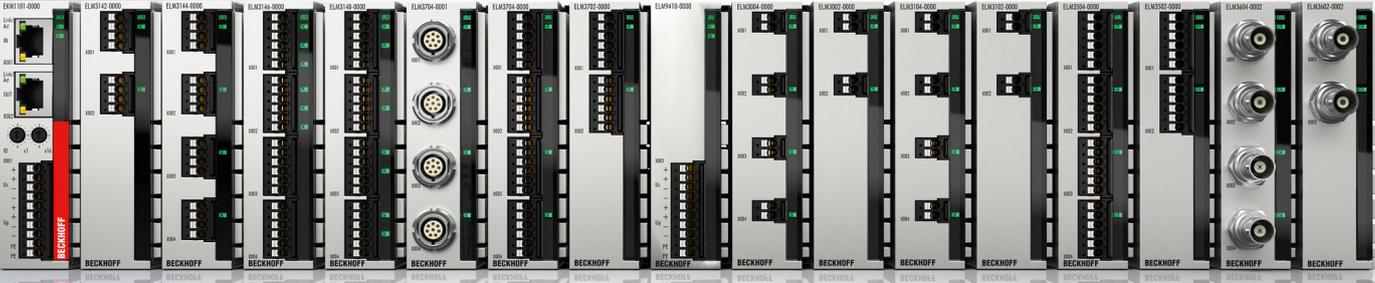


BECKHOFF New Automation Technology

Kurzdokumentation | DE

ELM3xxx

Messtechnik-Klemmen



1 Produktübersicht Messtechnik Klemmen

Diese Dokumentation beschreibt folgende EtherCAT Klemmen:

Spannungsmessung

[ELM3002-0000 \[► 28\]](#) (2-Kanal-Analog-Eingang, $\pm 30\text{ V} \dots \pm 20\text{ mV}$, 24 Bit, 20 kSps)

- [ELM3002-0030 / 000079851 \[► 28\]](#) (ELM3002-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ ISO 17025, externer Dienstleister)
- [ELM3002-0030 / 000079901 \[► 28\]](#) (ELM3002-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ DAkkS, externer Dienstleister)

[ELM3002-0205 \[► 57\]](#) (2-Kanal-Analog-Eingang, $\pm 60\text{ V} \dots \pm 1200\text{ V}$, 24 Bit, 50 kSps, galvanisch getrennt, 4-mm-Buchse)

[ELM3004-0000 \[► 28\]](#) (4-Kanal-Analog-Eingang, $\pm 30\text{ V} \dots \pm 20\text{ mV}$, 24 Bit, 10 kSps)

- [ELM3004-0030 / 000079852 \[► 28\]](#) (ELM3004-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ ISO 17025, externer Dienstleister)
- [ELM3004-0030 / 000079853 \[► 28\]](#) (ELM3004-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ DAkkS, externer Dienstleister)

Strommessung

[ELM3102-0000 \[► 74\]](#) (2-Kanal-Analog-Eingang, $-20/0/+4 \dots +20\text{ mA}$, 24 Bit, 20 kSps)

- [ELM3102-0030 / 000336124 \[► 74\]](#) (ELM3102-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ ISO 17025, externer Dienstleister)
- [ELM3102-0030 / 000336125 \[► 74\]](#) (ELM3102-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ DAkkS, externer Dienstleister)

[ELM3104-0000 \[► 74\]](#) (4-Kanal-Analog-Eingang, $-20/0/+4 \dots +20\text{ mA}$, 24 Bit, 10 kSps)

- [ELM3104-0020 \[► 74\]](#) (ELM3104-0000, werkskalibriert)
- [ELM3104-0030 / 000337409 \[► 74\]](#) (ELM3104-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ ISO 17025, externer Dienstleister)
- [ELM3104-0030 / 000337410 \[► 74\]](#) (ELM3104-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ DAkkS, externer Dienstleister)

Spannungs-/Strommessung

[ELM3102-0100 \[► 84\]](#) (2-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, $\pm 60\text{ V}$, $\pm 20\text{ mA}$, 24 Bit, 20 kSps, galvanisch getrennt)

- [ELM3102-0120 \[► 84\]](#) (ELM3102-0100, werkskalibriert)
- [ELM3102-0130 / 000336126 \[► 84\]](#) (ELM3102-0100 mit externem Kalibrierzertifikat Typ ISO 17025, externer Dienstleister)
- [ELM3102-0130 / 000336127 \[► 84\]](#) (ELM3102-0100 mit externem Kalibrierzertifikat Typ DAkkS, externer Dienstleister)

[ELM3142-0000 \[► 116\]](#) (2-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, $\pm 10 \dots \pm 1,25\text{ V}$, $\pm 20\text{ mA}$, 24 Bit, 1 kSps, Push-in, Wartungsstecker 4-polig)

[ELM3144-0000 \[► 116\]](#) (4-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, $\pm 10 \dots \pm 1,25\text{ V}$, $\pm 20\text{ mA}$, 24 Bit, 1 kSps, Push-in, Wartungsstecker 4-polig)

[ELM3146-0000 \[► 116\]](#) (6-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, $\pm 10 \dots \pm 1,25\text{ V}$, $\pm 20\text{ mA}$, 24 Bit, 1 kSps, Push-in, Wartungsstecker 6-polig)

[ELM3148-0000](#) [[▶ 116](#)] (8-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, $\pm 10 \dots \pm 1,25$ V, ± 20 mA, 24 Bit, 1 kSps, Push-in, Wartungsstecker 6-polig)

Temperatur, Thermoelement

[ELM3344-0000](#) [[▶ 142](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Temperatur, Thermoelement, 24 Bit, hochpräzise, 1 kSps, Push-in, Wartungsstecker 6-polig)

[ELM3348-0000](#) [[▶ 142](#)] (8-Kanal-Analog-Eingang, Temperatur, Thermoelement, 24 Bit, hochpräzise, 1 kSps, Push-in, Wartungsstecker 6-polig)

[ELM3344-0003](#) [[▶ 142](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Temperatur, Thermoelement, 24 Bit, hochpräzise, 1 kSps, Mini-TC Universal)

[ELM3348-0003](#) [[▶ 142](#)] (8-Kanal-Analog-Eingang, Temperatur, Thermoelement, 24 Bit, hochpräzise, 1 kSps, Mini-TC Universal)

Messbrückenauswertung/ DMS-Messung

[ELM3502-0000](#) [[▶ 200](#)] (2-Kanal-Analog-Eingang, Messbrücke, Voll-/Halb-/Viertelbrücke, 24 Bit, 20 kSps)

[ELM3504-0000](#) [[▶ 200](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Messbrücke, Voll-/Halb-/Viertelbrücke, 24 Bit, 10 kSps)

- [ELM3504-0030 / 000062615](#) [[▶ 200](#)] (ELM3504-0000 mit externem Kalibrierzertifikat Typ ISO 17025, externer Dienstleister)

[ELM3542-0000](#) [[▶ 240](#)] (2-Kanal-Analog-Eingang, Messbrücke, Voll-/Halb-/Viertelbrücke, 24 Bit, 1 kSps, TEDS)

[ELM3544-0000](#) [[▶ 240](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Messbrücke, Voll-/Halb-/Viertelbrücke, 24 Bit, 1 kSps)

IEPE/ Beschleunigungsmessung

[ELM3602-0000](#) [[▶ 245](#)] (2-Kanal-Analog-Eingang, IEPE/Beschleunigung, 24 Bit, 50 kSps, Push-in, Wartungsstecker 2-polig)

[ELM3602-0002](#) [[▶ 245](#)] (2-Kanal-Analog-Eingang, IEPE/Beschleunigung, 24 Bit, 50 kSps, BNC)

[ELM3604-0000](#) [[▶ 245](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, IEPE/Beschleunigung, 24 Bit, 20 kSps, Push-in, Wartungsstecker 2-polig)

[ELM3604-0002](#) [[▶ 245](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, IEPE/Beschleunigung, 24 Bit, 20 kSps, BNC)

Multifunktion

[ELM3702-0000](#) [[▶ 283](#)] (2-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, 24 Bit, 10 kSps)

[ELM3704-0001](#) [[▶ 283](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, 24 Bit, 10 kSps, LEMO)

[ELM3704-0000](#) [[▶ 283](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, 24 Bit, 10 kSps)

[ELM3704-0020](#) [[▶ 283](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, 24 Bit, 10 kSps, werkskalibriert)

[ELM3702-0101](#) [[▶ 447](#)] (2-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, 24 Bit, 10 kSps, galvanisch getrennt, LEMO)

[ELM3704-1001](#) [[▶ 283](#)] (4-Kanal-Analog-Eingang, Multifunktion, 24 Bit, 10 kSps, Push-in, Wartungsstecker 6-polig)

Inhaltsverzeichnis

1	Produktübersicht Messtechnik Klemmen.....	3
2	Vorwort.....	9
2.1	Hinweise zur Dokumentation	9
2.2	Sicherheitshinweise	10
2.3	Ausgabestände der Dokumentation.....	11
2.4	Wegweiser durch die Dokumentation	12
2.5	Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten	12
2.5.1	Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung	12
2.5.2	Versionsidentifikationen von ELM-Klemmen.....	13
2.5.3	Beckhoff Identification Code (BIC).....	13
2.5.4	Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC).....	15
2.5.5	BIC im CoE bei ELM3xxx.....	18
3	Produktübersicht	19
3.1	Beschreibung	19
3.2	Prozessdaten Interpretation	22
3.3	Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit.....	23
3.4	ELM300x	28
3.4.1	ELM300x - Einführung	28
3.4.2	ELM300x - Technische Daten.....	29
3.5	ELM3002-0205.....	57
3.5.1	ELM3002-0205 - Einführung.....	57
3.5.2	ELM3002-0205 – Sicherheitshinweise.....	59
3.5.3	ELM3002-0205 - Technische Daten	61
3.6	ELM310x	74
3.6.1	ELM310x - Einführung	74
3.6.2	ELM310x - Technische Daten.....	75
3.7	ELM3102-01x0	84
3.7.1	ELM3102-01x0 - Einführung	84
3.7.2	ELM3102-01x0 - Technische Daten.....	85
3.8	ELM314x	116
3.8.1	ELM314x - Einführung	116
3.8.2	ELM314x - Technische Daten.....	117
3.9	ELM334x	142
3.9.1	ELM334x – Einführung.....	142
3.9.2	ELM334x - Technische Daten.....	144
3.10	ELM350x	200
3.10.1	ELM350x - Einführung	200
3.10.2	ELM350x - Technische Daten.....	201
3.11	ELM354x	240
3.11.1	ELM354x - Einführung	240
3.11.2	ELM354x - Technische Daten.....	241
3.12	ELM360x	245
3.12.1	ELM360x - Einführung	245
3.12.2	ELM360x - Technische Daten.....	247

3.13	ELM370x	283
3.13.1	ELM370x-0000, ELM3704-0001, ELM3704-1001 - Einführung	283
3.13.2	ELM370x - Technische Daten	285
3.14	ELM3702-0101	447
3.14.1	ELM3702-0101 - Einführung	447
3.14.2	ELM3702-0101 - Technische Daten	449
3.15	Start	581
4	Inbetriebnahme	582
4.1	Hinweis zur Kurzdokumentation	582
4.2	Einstellungen im CoE	583
4.2.1	Allgemeiner Zugriff auf Online CoE-Werte	583
4.2.2	Vereinfachtes Handling der CoE-Parameter in ELM3xxx	588
4.2.3	ELM300x	589
4.2.4	ELM3002-0205	598
4.2.5	ELM310x	607
4.2.6	ELM3102-0100	616
4.2.7	ELM314x	626
4.2.8	ELM334x	634
4.2.9	ELM350x	644
4.2.10	ELM354x	658
4.2.11	ELM360x	673
4.2.12	ELM370x, ELM3704-0001, ELM3704-1001	683
4.2.13	ELM3702-0101	701
4.3	Beispielprogramme	717
4.3.1	Beispielprogramm 1 und 2 (Offset/Gain)	719
4.3.2	Beispielprogramm 3 (LookUp-Tabelle schreiben)	726
4.3.3	Beispielprogramm 4 (LookUp-Tabelle erzeugen)	728
4.3.4	Beispielprogramm 5 (Filterkoeffizienten schreiben)	730
4.3.5	Beispielprogramm 6 (Verschränken von Messwerten)	733
4.3.6	Beispielprogramm 7 (Allgemeine Dezimierung in der PLC)	739
4.3.7	Beispielprogramm 8 (Diagnose Nachrichten)	745
4.3.8	Beispielprogramm 9 (Messbereichskombination)	746
4.3.9	Beispielprogramm 10 (Lesen und Schreiben von TEDS Daten)	750
4.3.10	Beispielprogramm 11 (FB zur Echtzeit Diagnose)	753
4.3.11	Beispielprogramm 12 (Skripte zur Erzeugung und Transformation von Filterkoeffizienten)	756
4.3.12	Beispielprogramm 13 (R/W Signatur der Kalibrierung)	757
4.3.13	Beispielprogramm 14 (Auslesen der BIC aus dem CoE)	759
5	ELM Features	761
6	Inbetriebnahme am EtherCAT Master	762
6.1	Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT-Slave	762
6.2	TwinCAT Quickstart	770
6.2.1	TwinCAT 2	772
6.2.2	TwinCAT 3	782
6.3	TwinCAT Entwicklungsumgebung	796

6.3.1	Installation der TwinCAT Realtime-Treiber	796
6.3.2	Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung	802
6.3.3	TwinCAT ESI Updater	806
6.3.4	Unterscheidung Online / Offline	806
6.3.5	OFFLINE Konfigurationserstellung	807
6.3.6	ONLINE Konfigurationserstellung	812
6.3.7	EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration.....	820
6.3.8	Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI.....	830
6.4	EtherCAT-Grundlagen	837
6.5	EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden	838
6.6	Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung.....	840
6.7	EtherCAT State Machine	842
6.8	CoE-Interface	843
6.9	Distributed Clock	849
7	Gehäuse	850
7.1	Spezifikationen	851
8	Montage und Verdrahtung.....	852
8.1	Hinweise zu Stecker und Verdrahtung.....	852
8.2	Hinweise Anschlusstechnik.....	854
8.2.1	Anschlussbauform Push-In mit Wartungsstecker	854
8.2.2	Anschlussbauform BNC	855
8.2.3	Anschlussbauform LEMO	855
8.2.4	Anschlussbauform Mini Thermoelement.....	855
8.3	Hinweis zur Spannungsversorgung	857
8.4	Zubehör.....	858
8.4.1	Schirmanschluss	858
8.4.2	Schirmhaube ZS9100-0003	860
8.4.3	Ersatzstecker Push-In ZS2001-000x	863
8.4.4	LEMO Stecker ZS3000-000x	864
8.4.5	Mini-Thermoelement-Stecker ZS3000-010x	864
8.4.6	Konfektionierte LEMO Stecker ZK2003-8100.....	865
8.5	Allgemeine Hinweise zu den Power-Kontakten	866
8.6	Einbaulagen	867
8.7	Montage von passiven Klemmen	869
8.8	Schirmkonzept	870
8.9	Speisung, Potentialgruppen	873
8.10	Tragschienenmontage für ELM/EKM-Klemmen.....	889
8.11	Schutzerde (PE – protection earth).....	892
8.12	Bedeutung der LEDs	894
8.13	Powerkontakte ELM314x	896
8.14	Montage LEMO-Stecker bei ELM3702-0101	897
8.15	Entsorgung	898
9	Anhang.....	899
9.1	Diagnose - Grundlagen zu Diag Messages	899
9.2	TcEventLogger und IO	906

9.3	UL-Hinweise	910
9.4	Weiterführende Dokumentation zu ATEX und IECEx	912
9.5	EtherCAT AL Status Codes	912
9.6	Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx	912
9.6.1	Gerätebeschreibung ESI-File/XML	914
9.6.2	Erläuterungen zur Firmware.....	917
9.6.3	Update Controller-Firmware *.efw.....	917
9.6.4	FPGA-Firmware *.rbf.....	919
9.6.5	Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte.....	923
9.7	Firmware Kompatibilität.....	924
9.8	Firmware Kompatibilität - Passive Klemmen.....	927
9.9	Wiederherstellen des Auslieferungszustandes	927
9.10	ELM3xxx Betriebshinweise	928
9.11	Analogtechnische Hinweise zu EL3751/ ELM3xxx	928
9.12	Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen	929
9.13	Support und Service.....	930
9.14	Rücksendung und Retoure	930

2 Vorwort

HINWEIS

In dieser Kurzdokumentation liegen einige Kapitel nur in gekürzter Fassung vor. Bitte wenden Sie sich an den für Sie zuständigen Beckhoff Vertrieb um die vollständige Dokumentation zu erhalten.

2.1 Hinweise zur Dokumentation

Zielgruppe

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.

Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der Dokumentation und der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.

Das Fachpersonal ist verpflichtet, stets die aktuell gültige Dokumentation zu verwenden.

Das Fachpersonal hat sicherzustellen, dass die Anwendung bzw. der Einsatz der beschriebenen Produkte alle Sicherheitsanforderungen, einschließlich sämtlicher anwendbaren Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiterentwickelt.

Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.

Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

Marken

Beckhoff®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TC/BSD®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® und XPlanar® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH. Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Bezeichnungen führen.

Patente

Die EtherCAT-Technologie ist patentrechtlich geschützt, insbesondere durch folgende Anmeldungen und Patente: EP1590927, EP1789857, EP1456722, EP2137893, DE102015105702 mit den entsprechenden Anmeldungen und Eintragungen in verschiedenen anderen Ländern.



EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie lizenziert durch die Beckhoff Automation GmbH, Deutschland.

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

Zu widerhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

2.2 Sicherheitshinweise

Sicherheitsbestimmungen

Beachten Sie die folgenden Sicherheitshinweise und Erklärungen!
Produktspezifische Sicherheitshinweise finden Sie auf den folgenden Seiten oder in den Bereichen Montage, Verdrahtung, Inbetriebnahme usw.

Haftungsausschluss

Die gesamten Komponenten werden je nach Anwendungsbestimmungen in bestimmten Hard- und Software-Konfigurationen ausgeliefert. Änderungen der Hard- oder Software-Konfiguration, die über die dokumentierten Möglichkeiten hinausgehen, sind unzulässig und bewirken den Haftungsausschluss der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG.

Qualifikation des Personals

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs-, Automatisierungs- und Antriebstechnik, das mit den geltenden Normen vertraut ist.

Signalwörter

Im Folgenden werden die Signalwörter eingeordnet, die in der Dokumentation verwendet werden. Um Personen- und Sachschäden zu vermeiden, lesen und befolgen Sie die Sicherheits- und Warnhinweise.

Warnungen vor Personenschäden

GEFAHR

Es besteht eine Gefährdung mit hohem Risikograd, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge hat.

WARNUNG

Es besteht eine Gefährdung mit mittlerem Risikograd, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben kann.

VORSICHT

Es besteht eine Gefährdung mit geringem Risikograd, die eine mittelschwere oder leichte Verletzung zur Folge haben kann.

Warnung vor Umwelt- oder Sachschäden

HINWEIS

Es besteht eine mögliche Schädigung für Umwelt, Geräte oder Daten.

Information zum Umgang mit dem Produkt



Diese Information beinhaltet z. B.:
Handlungsempfehlungen, Hilfestellungen oder weiterführende Informationen zum Produkt.

2.3 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
2.18	<ul style="list-style-type: none"> • Aktualisierung im Vorwort, Unterkapitel „Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten“/ „Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC)“ • Aktualisierung der technischen Daten zu <ul style="list-style-type: none"> ◦ ELM334x: Eingangsimpedanzen sowie Diagramme zur Spezifikation der Messunsicherheit unter „Messung Thermoelement“ ◦ ELM360x: AC-Spezifikationswerte ◦ ELM370x: Diagramme zur Spezifikation der Messunsicherheit unter „Messung Thermoelement“ sowie AC-Spezifikationswerte • Produktergänzung: ELM3002-0205 (Kapitel „Produktübersicht“, „Technische Daten“, „Inbetriebnahme“/ „Einstellungen im CoE“, „Montage und Verkabelung“, „Firmware Kompatibilität“) • Aktualisierung im Kapitel „Inbetriebnahme am EtherCAT Master“ in den Unterkapiteln „EtherCAT-Verkabelung – Drahtgebunden“, „Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung“, „EtherCAT State Machine“ und „CoE-Interface“ • Aktualisierungen aller Unterkapitel zu den aufgeführten Klemmen in „Inbetriebnahme“/ „Einstellungen im CoE“ • Aktualisierungen im Kapitel „Montage und Verkabelung“, Unterkapitel „Hinweis zur Spannungsversorgung“

2.4 Wegweiser durch die Dokumentation

HINWEIS



Weitere Bestandteile der Dokumentation

Diese Dokumentation beschreibt gerätespezifische Inhalte. Sie ist Bestandteil des modular aufgebauten Dokumentationskonzepts für Beckhoff I/O-Komponenten. Für den Einsatz und sicheren Betrieb des in dieser Dokumentation beschriebenen Gerätes / der in dieser Dokumentation beschriebenen Geräte werden zusätzliche, produktübergreifende Beschreibungen benötigt, die der folgenden Tabelle zu entnehmen sind.

Titel	Beschreibung
EtherCAT System-Dokumentation (PDF)	<ul style="list-style-type: none"> • Systemübersicht • EtherCAT-Grundlagen • Kabel-Redundanz • Hot Connect • Konfiguration von EtherCAT-Geräten
I/O-Analog-Handbuch (PDF)	Hinweise zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen
Infrastruktur für EtherCAT/Ethernet (PDF)	Technische Empfehlungen und Hinweise zur Auslegung, Ausfertigung und Prüfung
Software-Deklarationen I/O (PDF)	Open-Source-Software-Deklarationen für Beckhoff-I/O-Komponenten

Die Dokumentationen können auf der Beckhoff-Homepage (www.beckhoff.com) eingesehen und heruntergeladen werden über:

- den Bereich „Dokumentation und Downloads“ der jeweiligen Produktseite,
- den [Downloadfinder](#),
- das [Beckhoff Information System](#).

Sollten Sie Vorschläge oder Anregungen zu unserer Dokumentation haben, schicken Sie uns bitte unter Angabe von Dokumentationstitel und Versionsnummer eine E-Mail an: dokumentation@beckhoff.com

2.5 Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten

2.5.1 Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung

Bezeichnung

Ein Beckhoff EtherCAT-Gerät hat eine 14-stellige technische Bezeichnung, die sich zusammen setzt aus

- Familienschlüssel
- Typ
- Version
- Revision

Beispiel	Familie	Typ	Version	Revision
EL3314-0000-0016	EL-Klemme 12 mm, nicht steckbare Anschlussebene	3314 4-kanalige Thermoelementklemme	0000 Grundtyp	0016
ES3602-0010-0017	ES-Klemme 12 mm, steckbare Anschlussebene	3602 2-kanalige Spannungsmessung	0010 hochpräzise Version	0017
CU2008-0000-0000	CU-Gerät	2008 8 Port FastEthernet Switch	0000 Grundtyp	0000

Hinweise

- Die oben genannten Elemente ergeben die **technische Bezeichnung**, im Folgenden wird das Beispiel EL3314-0000-0016 verwendet.

- Davon ist EL3314-0000 die Bestellbezeichnung, umgangssprachlich bei „-0000“ dann oft nur EL3314 genannt. „-0016“ ist die EtherCAT-Revision.
- Die **Bestellbezeichnung** setzt sich zusammen aus
 - Familienschlüssel (EL, EP, CU, ES, KL, CX, ...)
 - Typ (3314)
 - Version (-0000)
- Die **Revision** -0016 gibt den technischen Fortschritt wie z. B. Feature-Erweiterung in Bezug auf die EtherCAT Kommunikation wieder und wird von Beckhoff verwaltet. Prinzipiell kann ein Gerät mit höherer Revision ein Gerät mit niedrigerer Revision ersetzen, wenn nicht anders - z. B. in der Dokumentation - angegeben. Jeder Revision zugehörig und gleichbedeutend ist üblicherweise eine Beschreibung (ESI, EtherCAT Slave Information) in Form einer XML-Datei, die zum Download auf der Beckhoff Webseite bereitsteht. Die Revision wird seit Januar 2014 außen auf den IP20-Klemmen aufgebracht, siehe Abb. „EL2872 mit Revision 0022 und Seriennummer 01200815“.
- Typ, Version und Revision werden als dezimale Zahlen gelesen, auch wenn sie technisch hexadezimal gespeichert werden.

2.5.2 Versionsidentifikationen von ELM-Klemmen

Als Seriennummer/Date Code bezeichnet Beckhoff im IO-Bereich im Allgemeinen die 8-stellige Nummer, die auf dem Gerät aufgedruckt oder mit einem Aufkleber angebracht ist. Diese Seriennummer gibt den Bauzustand im Auslieferungszustand an und kennzeichnet somit eine ganze Produktions-Charge, unterscheidet aber nicht die Module innerhalb einer Charge.

Aufbau der Seriennummer: **KK YY FF HH**
 KK - Produktionswoche (Kalenderwoche)
 YY - Produktionsjahr
 FF - Firmware-Stand
 HH - Hardware-Stand

Beispiel mit Seriennummer 12 06 3A 02:
 12 - Produktionswoche 12
 06 - Produktionsjahr 2006
 3A - Firmware-Stand 3A
 02 - Hardware-Stand 02



Abb. 1: ELM3002-0000 mit eindeutiger BTN 0000www und Seriennummer 09200506

2.5.3 Beckhoff Identification Code (BIC)

Der Beckhoff Identification Code (BIC) wird vermehrt auf Beckhoff-Produkten zur eindeutigen Identitätsbestimmung des Produkts aufgebracht. Der BIC ist als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200) dargestellt, der Inhalt orientiert sich am ANSI-Standard MH10.8.2-2016.

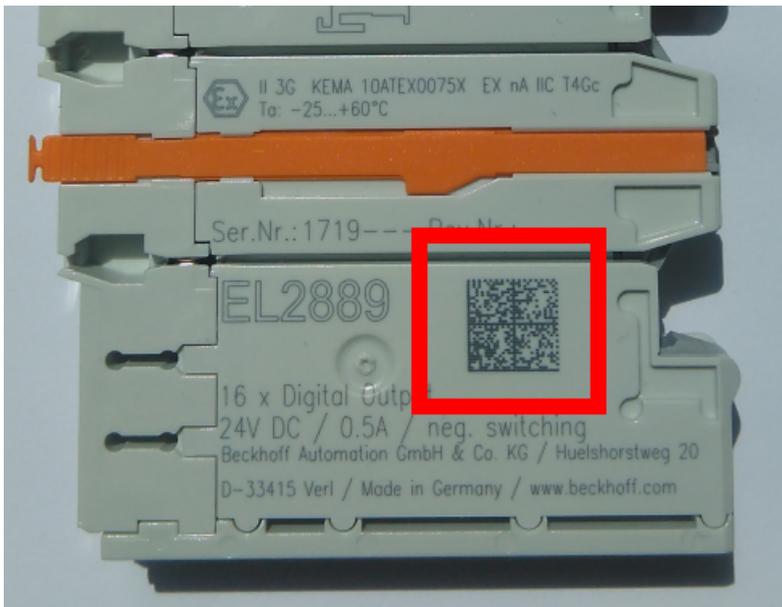


Abb. 2: BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200)

Die Einführung des BIC erfolgt schrittweise über alle Produktgruppen hinweg. Er ist je nach Produkt an folgenden Stellen zu finden:

- auf der Verpackungseinheit
- direkt auf dem Produkt (bei ausreichendem Platz)
- auf Verpackungseinheit und Produkt

Der BIC ist maschinenlesbar und enthält Informationen, die auch kundenseitig für Handling und Produktverwaltung genutzt werden können.

Jede Information ist anhand des so genannten Datenidentifikators (ANSI MH10.8.2-2016) eindeutig identifizierbar. Dem Datenidentifikator folgt eine Zeichenkette. Beide zusammen haben eine maximale Länge gemäß nachstehender Tabelle. Sind die Informationen kürzer, werden sie um Leerzeichen ergänzt.

Folgende Informationen sind möglich, die Positionen 1 bis 4 sind immer vorhanden, die weiteren je nach Produktfamilienbedarf:

Pos-Nr.	Art der Information	Erklärung	Datenidentifikator	Anzahl Stellen inkl. Datenidentifikator	Beispiel
1	Beckhoff-Artikelnummer	Beckhoff - Artikelnummer	1P	8	1P072222
2	Beckhoff Traceability Number (BTN)	Eindeutige Seriennummer, Hinweis s. u.	SBTN	12	SBTNk4p562d7
3	Artikelbezeichnung	Beckhoff Artikelbezeichnung, z. B. EL1008	1K	32	1KEL1809
4	Menge	Menge in Verpackungseinheit, z. B. 1, 10...	Q	6	Q1
5	Chargennummer	Optional: Produktionsjahr und -woche	2P	14	2P401503180016
6	ID-/Seriennummer	Optional: vorheriges Seriennummer-System, z. B. bei Safety-Produkten oder kalibrierten Klemmen	51S	12	51S678294
7	Variante	Optional: Produktvarianten-Nummer auf Basis von Standardprodukten	30P	32	30PF971, 2*K183
...					

Weitere Informationsarten und Datenidentifikatoren werden von Beckhoff verwendet und dienen internen Prozessen.

Aufbau des BIC

Beispiel einer zusammengesetzten Information aus den Positionen 1 bis 4 und dem o.a. Beispielwert in Position 6. Die Datenidentifikatoren sind in Fettschrift hervorgehoben:

1P072222**SB**TNk4p562d71**KEL**1809 Q1 **51S**678294

Entsprechend als DMC:

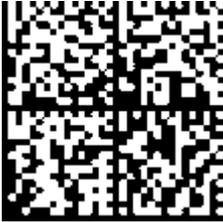


Abb. 3: Beispiel-DMC 1P072222SBTNk4p562d71KEL1809 Q1 51S678294

BTN

Ein wichtiger Bestandteil des BICs ist die Beckhoff Traceability Number (BTN, Pos.-Nr. 2). Die BTN ist eine eindeutige, aus acht Zeichen bestehende Seriennummer, die langfristig alle anderen Seriennummern-Systeme bei Beckhoff ersetzen wird (z. B. Chargenbezeichnungen auf IO-Komponenten, bisheriger Seriennummernkreis für Safety-Produkte, etc.). Die BTN wird ebenfalls schrittweise eingeführt, somit kann es vorkommen, dass die BTN noch nicht im BIC codiert ist.

HINWEIS

Diese Information wurde sorgfältig erstellt. Das beschriebene Verfahren wird jedoch ständig weiterentwickelt. Wir behalten uns das Recht vor, Verfahren und Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern. Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung geltend gemacht werden.

2.5.4 Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC)

Elektronischer BIC (eBIC)

Der Beckhoff Identification Code (BIC) wird auf Beckhoff-Produkten außen sichtbar aufgebracht. Er soll, wo möglich, auch elektronisch auslesbar sein.

Für die elektronische Auslesung ist die Schnittstelle entscheidend, über die das Produkt angesprochen werden kann.

K-Bus Geräte (IP20, IP67)

Für diese Geräte ist derzeit keine elektronische Speicherung und Auslesung geplant.

EtherCAT-Geräte (IP20, IP67)

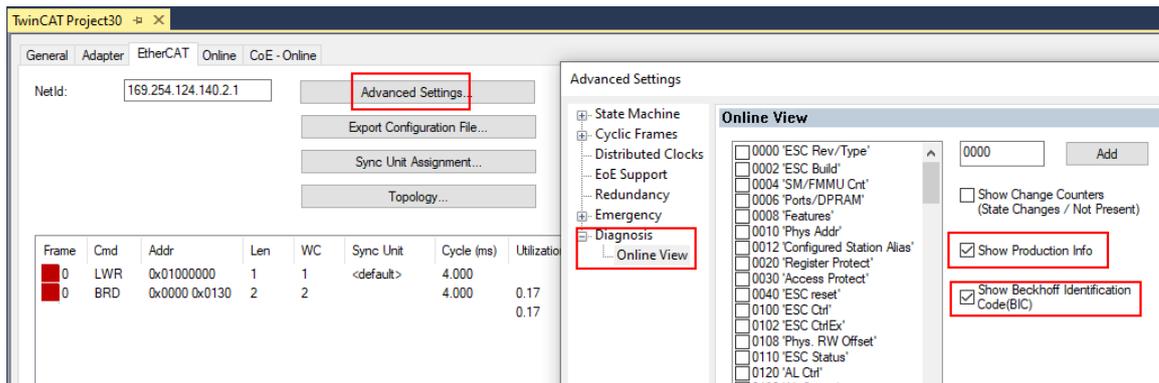
Alle Beckhoff EtherCAT-Geräte haben ein sogenanntes ESI-EEPROM, das die EtherCAT-Identität mit der Revision beinhaltet. Darin wird die EtherCAT-Slave-Information gespeichert, umgangssprachlich auch als ESI/XML-Konfigurationsdatei für den EtherCAT-Master bekannt. Zu den Zusammenhängen siehe die entsprechenden Kapitel im EtherCAT-Systemhandbuch ([Link](#)).

In das ESI-EEPROM wird durch Beckhoff auch die eBIC geschrieben. Die Einführung des eBIC in die Beckhoff-IO-Produktion (Klemmen, Box-Module) erfolgt ab 2020; Stand 2023 ist die Umsetzung weitgehend abgeschlossen.

Anwenderseitig ist die eBIC (wenn vorhanden) wie folgt elektronisch zugänglich:

- Bei allen EtherCAT-Geräten kann der EtherCAT-Master (TwinCAT) den eBIC aus dem ESI-EEPROM auslesen:
 - Ab TwinCAT 3.1 Build 4024.11 kann der eBIC im Online-View angezeigt werden.

- Dazu unter EtherCAT → Erweiterte Einstellungen → Diagnose das Kontrollkästchen „Show Beckhoff Identification Code (BIC)“ aktivieren:



- Die BTN und Inhalte daraus werden dann angezeigt:

No	Addr	Name	State	CRC	Fw	Hw	Production Data	ItemNo	BTN	Description	Quantity	BatchNo	SerialNo
1	1001	Term 1 (EK1100)	OP	0,0	0	0	---						
2	1002	Term 2 (EL1018)	OP	0,0	0	0	2020 KW36 Fr	072222	k4p562d7	EL1809	1		678294
3	1003	Term 3 (EL3204)	OP	0,0	7	6	2012 KW24 Sa						
4	1004	Term 4 (EL2004)	OP	0,0	0	0	---	072223	k4p562d7	EL2004	1		678295
5	1005	Term 5 (EL1008)	OP	0,0	0	0	---						
6	1006	Term 6 (EL2008)	OP	0,0	0	12	2014 KW14 Mo						
7	1007	Term 7 (EK1110)	OP	0	1	8	2012 KW25 Mo						

- Hinweis: ebenso können wie in der Abbildung zu sehen die seit 2012 programmierten Produktionsdaten HW-Stand, FW-Stand und Produktionsdatum per „Show Production Info“ angezeigt werden.
- Zugriff aus der PLC: Ab TwinCAT 3.1. Build 4024.24 stehen in der Tc2_EtherCAT Library ab v3.3.19.0 die Funktionen *FB_EcReadBIC* und *FB_EcReadBTN* zum Einlesen in die PLC bereit.
- Bei EtherCAT-Geräten mit CoE-Verzeichnis kann zusätzlich das Objekt 0x10E2:01 zur Anzeige der eigenen eBIC vorhanden sein, auch hierauf kann die PLC einfach zugreifen:
 - Das Gerät muss zum Zugriff in PREOP/SAFEOP/OP sein

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x015E1389 (22942601)
1008	Device name	RO	ELM3704-0000
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J0.1.27.0
1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
1018:0	Identity	RO	> 4 <
10E2:0	Manufacturer-specific Identification C...	RO	> 1 <
10E2:01	SubIndex 001	RO	1P158442SBTN0008jckp1KELM3704 Q1 2P482001000016
10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
10F3:0	Diagnosis History	RO	> 21 <
10F8	Actual Time Stamp	RO	0x170bfb277e

- Das Objekt 0x10E2 wird in Bestandsprodukten vorrangig im Zuge einer notwendigen Firmware-Überarbeitung eingeführt.
- Ab TwinCAT 3.1. Build 4024.24 stehen in der Tc2_EtherCAT Library ab v3.3.19.0 die Funktionen *FB_EcCoEReadBIC* und *FB_EcCoEReadBTN* zum Einlesen in die PLC zur Verfügung
- Zur Verarbeitung der BIC/BTN Daten in der PLC stehen noch als Hilfsfunktionen ab TwinCAT 3.1 Build 4024.24 in der *Tc2_Uutilities* zur Verfügung
 - *F_SplitBIC*: Die Funktion zerlegt den BIC sBICValue anhand von bekannten Kennungen in seine Bestandteile und liefert die erkannten Teil-Strings in einer Struktur *ST_SplittedBIC* als Rückgabewert
 - *BIC_TO_BTN*: Die Funktion extrahiert vom BIC die BTN und liefert diese als Rückgabewert

- Hinweis: bei elektronischer Weiterverarbeitung ist die BTN als String(8) zu behandeln, der Identifier „SBTN“ ist nicht Teil der BTN.
- Zum technischen Hintergrund:
Die neue BIC Information wird als Category zusätzlich bei der Geräteproduktion ins ESI-EEPROM geschrieben. Die Struktur des ESI-Inhalts ist durch ETG Spezifikationen weitgehend vorgegeben, demzufolge wird der zusätzliche herstellereigene Inhalt mithilfe einer Category nach ETG.2010 abgelegt. Durch die ID 03 ist für alle EtherCAT-Master vorgegeben, dass sie im Updatefall diese Daten nicht überschreiben bzw. nach einem ESI-Update die Daten wiederherstellen sollen.
Die Struktur folgt dem Inhalt des BIC, siehe dort. Damit ergibt sich ein Speicherbedarf von ca. 50..200 Byte im EEPROM.
- Sonderfälle
 - Bei einer hierarchischen Anordnung mehrerer ESC (EtherCAT Slave Controller) in einem Gerät trägt lediglich der oberste ESC die eBIC-Information.
 - Sind mehrere ESC in einem Gerät verbaut die nicht hierarchisch angeordnet sind, tragen alle ESC die eBIC-Information gleich.
 - Besteht das Gerät aus mehreren Sub-Geräten mit eigener Identität, aber nur das TopLevel-Gerät ist über EtherCAT zugänglich, steht im CoE-Objekt-Verzeichnis 0x10E2:01 die eBIC dieses ESC, in 0x10E2:nn folgen die eBIC der Sub-Geräte.

PROFIBUS-, PROFINET-, DeviceNet-Geräte usw.

Für diese Geräte ist derzeit keine elektronische Speicherung und Auslesung geplant.

2.5.5 BIC im CoE bei ELM3xxx

Übersicht zur Unterstützung des BIC-Eintrags: CoE Objekt 0x10E2 (BIC) ist ab der folgenden Klemmen-FW enthalten:

Klemme	ab FW
ELM3002	04
ELM3002-0205	01
ELM3004	06
ELM3102	05
ELM3104	05
ELM3142	03
ELM3144	03
ELM3146	04
ELM3148	05
ELM324x	01
ELM334x	01
ELM3502	07
ELM3504	06
ELM354x	01
ELM3602	07
ELM3604	07
ELM370x	01

Zur eindeutigen Identifizierung ist das Objekt 0x10E2 statt des bisher teilweise vorhandenen 0xF083 zu verwenden.

3 Produktübersicht



3.1 Beschreibung

Die analogen Eingangsklemmen der Serie ELM3xxx können zur Messung von elektrischen Größen in mehreren Messbereichen verwendet werden. Sie liefern die Messwerte über den Feldbus EtherCAT an die Steuerung weiter.

Die abgedeckten Messbereiche sind dabei derzeit:

- Spannung, bipolar $\pm 20\text{ mV} \dots \pm 1200\text{ V}$, unipolar $0\dots 5\text{ V}$, $0\dots 10\text{ V}$, $0\dots 20\text{ V}$,
- dadurch zusammen mit der Erfassung der Kaltstelle auch Temperaturmessung mit Thermoelementen (TC) und Thermoelement-Umrechnung (Typ K, E, T ...),
- Strom in den Bereichen von $\pm 20\text{ mA}$, $4\dots 20\text{ mA}$, $0\dots 20\text{ mA}$ und Fehleranzeige nach NAMUR NE43,
- Widerstandsbrücke, Dehnungsmessstreifen (DMS) im 2- bis 6-Leiteranschluss bis 32 mV/V :
 - 1/4-Brücke (Viertelbrücke, 2- bis 3-Leiter-Anschluss), $1000\ \Omega$, $350\ \Omega$, $120\ \Omega$,
 - 1/2-Brücke (Halbbrücke, 3- bis 5-Leiter-Anschluss) sowie
 - 1/1- Brücke (Vollbrücke, 4- bis 6-Leiter-Anschluss),
- elektr. Widerstand R: $0\dots 100\text{ k}\Omega$ im 2- bis 4-Leiteranschluss in diversen Messbereichen je nach Gerät,
- dadurch auch Temperatur mit RTD-Umrechnung im entsprechenden Widerstandsbereich (Pt100, Pt1000, ...),
- Potentiometer,
- Schwingungssensoren mit Stromspeisung nach IEPE-Standard (mit Ladungsausgang auf Anfrage), sowie
- LVDT/Trägerfrequenz auf Anfrage, siehe dazu ggf. die [EL5072](#).

Die Mehrheit der Klemmen verfügt über nicht-galvanisch-getrennte Kanäle, da dies im 24 V-Maschinenumfeld in der Regel nicht nötig ist und die Gerätekosten nur unnötig erhöhen würde. Einzelne Geräte wie die [ELM3702-0101](#) [► 447] verfügen wiederum über galvanisch getrennte Kanäle und eignen sich so hervorragend für Signale, die auf unterschiedlichen Potentialen liegen.

Die Messtechnik-Klemmen gliedern sich derzeit in zwei Serien

- **ELM3x0x – die Basis-Serie** (konkrete Eigenschaften: siehe Spezifikation der Klemmen)
 - Das ist die universelle Geräteklasse für dynamische (schnelle) Anwendungen
 - Max. Sampleraten je Kanal 10.000 bis 50.000 Sps
 - Simultanes Sampling der Kanäle in der Klemme (Kanäle messen gleichzeitig)
 - i.Allg. Grundgenauigkeit von 100 ppm_{MBE} @ 23°C
- **ELM3x4x – die Economy-Serie** (konkrete Eigenschaften: siehe Spezifikation der Klemmen)
 - Das ist die kostengünstige Geräteklasse für hochkanalige Anwendungen und langsam veränderliche Signale
 - Max. Sampleraten je Kanal bis 1.000 Sps
 - Multiplex-Sampling der Kanäle in der Klemme (nacheinander)
 - i.Allg. Genauigkeit von 100 ppm_{MBE} @ 10...40°C
 - einfache Eigenversorgung durch 24V-Powerkontakte und Anschlussmöglichkeit für 24V Sensorversorgung

Ergänzend hierzu zwei Zusatzfamilien:

- Die **Systemkomponenten EKM1101, ELM9410**
 - Der EtherCAT-Koppler EKM1101 und die Einspeiseklemme ELM9410 arbeiten vergleichbar den Standardkomponenten EK1101 bzw. EL9410, bieten aber zusätzlich
 - Umfangreiche Echtzeit-Diagnose: zu/abgehende Spannungen und Ströme, Temperatur, Schwingungen etc.
 - Galvanische Trennung von E-Bus- und Powerkontaktversorgung zum störungsfreien Messbetrieb der angeschlossenen Klemmen
 - Sie können ergänzend zu den ELM3xxx Klemmen eingesetzt werden, wenn Ihre Eigenschaften Vorteile bringen, es besteht jedoch keine Verpflichtung dazu. ELM3xxx können auch mit den Standardkopplern und EL9410 verwendet werden. Entsprechend können EKM1101/ELM9410 auch an Standard EL/ES-Klemmen eingesetzt werden.
 - Konkrete Eigenschaften: siehe Dokumentation der Systemkomponenten
- **Signalumschalter für messtechnische Belange ELM2xxx**
 - Mit den ELM26xx, ELM27xx Klemmen stehen mehrere hochwertige elektronische Schalter für Analogsignale zur Verfügung, z.B. um Multiplex-Applikationen zu realisieren.
 - Die ELM26xx sind mit Reed-Relais ausgerüstet, ELM27xx mit Halbleiterschaltern (MosFET, SolidState). Einsatzhinweise und technische Daten siehe in der entsprechenden Dokumentation.
 - Analogsignale können ebenfalls mit anderen Schaltern wie EL2xxx geroutet werden.

Der Namensschlüssel der ELM3xxx-Klemmen lautet wie folgt

ELM3abc-defg

a: Schnittstelle	b: Serie	c: Kanäle	def: Variante	g: Anschluss
0: Spannung	0: Basis	1	Isolierte Kanäle	0: PushIn
1: Strom	4: Economy	2	Kalibriert	1: LEMO
2: R/RTD		4	Kundenspezifisch	2: BNC
3: TC		6	...	3: Mini TC universal
5: DMS, Brücken		8		4: Mini TC Typ K
6: IEPE				5: 4 mm Laborbuchse
7: Multiinterface				

Die Geräte verfügen über einige technische Features, die den Messbetrieb erleichtern. Verfügbarkeit je nach Gerät und Serie, bitte spezifische Dokumentation beachten.

- Die Kanäle eines Geräts arbeiten einstellungsseitig unabhängig und sind getrennt parametrierbar.
- Es werden ab Werk verschiedene steckbare Anschlussebenen angeboten, bei ELM3xxx derzeit BNC, PushIn und LEMO sowie IEC Thermoelement-Buchse.

- Ein Analogkanal kann über den o.a. nominellen Bereich hinaus messen. Dadurch werden Inbetriebnahmen und Fehlersuche vereinfacht. Der so gebildete technische Messbereich liegt bei ~107% vom Nominellen. Diese Eigenschaft „extended Range“ des erweiterten Messbereichs ist abschaltbar, somit ist auch das kompatible Verhalten zur EL30/31/36xx Serie als „Legacy Range“ herstellbar.
- Durchgehend arbeiten die hier beschriebenen Geräte mit 24 Bit analoger Auflösung. Der Datentransport erfolgt aber IEC-konform über 32 Bit (4 Byte) großer Variablen, dies ist bei Buslastberechnungen zu beachten.
Eine reduzierte Auflösung mit 16 oder 8 Bit kann bei einigen Geräten eingestellt werden.
- Jeder Kanal arbeitet mit EtherCAT DistributedClocks. Jeder Messwert hat also einen konkreten Zeitstempel mit ns-Auflösung.
- Es gibt Geräte mit singulärer Funktion, z.B. nur Spannungsmessung, aber auch Multifunktionsklemmen, die mehrere/alle der o.a. Messbereiche unterstützen.
- Auch die singulären Typen verfügen über eine hohe Messbereichsflexibilität, wie z.B. die ELM35xx für Dehnmessstreifen/Wägetechnik. Durch die integrierte Versorgung und die schaltbaren Ergänzungswiderstände ist der direkte Anschluss einer Widerstandsbrücke (Dehnmessstreifen DMS) oder Wägezelle in 2/3/4/6-Leiter Anschlusstechnik, eines ohmschen Festwiderstandes, PTC/NTC-Elements oder Potentiometers möglich.
- Die Kanäle arbeiten mit einer festen Abtastrate, je nach Gerät derzeit 1.000 bis 50.000 Sps (samples per second). Falls in der Applikation weniger benötigt wird, kann jeder Kanal selbstständig und zur Laufzeit veränderlich dezimieren.
- Die Hardware-Filterung ist zur Vermeidung von Aliasing auf den üblichen -3dB-Punkt ausgelegt
- Jeder Kanal verfügt über zwei einstellbare numerische Softwarefilter bis FIR 39.Ordnung (40 Taps) bzw. IIR 6.Ordnung. Beide Filter können entweder nach integrierter Liste (einige Tiefpass-, Hochpass-, Mittelwertfilter) oder nach freier Koeffiziententabelle gesetzt werden. Das Filterdesign kann mit dem TwinCAT FilterDesigner oder üblichen Tools (Matlab®, Octave) durchgeführt werden, Anleitung dazu hier im Dokument.
- Nichtlineare Sensor Kennlinien können durch eine integrierte Stützstellentabelle flexibel korrigiert werden; es sind auch einfache mathematische Operationen möglich.
- Eine bequeme Sensorinbetriebnahme wird durch die AutoScale-Funktion an zwei Messpunkten unterstützt.
- Jedes Gerät verfügt über eine eindeutige, aufgedruckte und elektronisch auslesbare ID-Nummer (BIC/ BTN).
- Kalibrierzertifikate sind für die Geräte als bestellbare Option teilweise möglich, sowohl als Beckhoff Werkskalibrierzertifikat als auch extern kalibriert als ISO17025 oder DAkkS. Rekalibrierung ist über den Beckhoff Service möglich. Details dazu kann der Beckhoff Vertrieb liefern.

Im Folgenden werden die einzelnen Geräte vorgestellt.

HINWEIS

Dokumentationsstand von Funktionen

Die ELM3xxx Geräte befinden sich in kontinuierlicher Fortentwicklung, sowohl was neue Geräte als auch neue Softwarefunktionen betreffen. Dadurch kann es vorkommen, dass in ausgelieferten Geräten auffindbare Einstellungen z.B. in den CoE/PDO/DC-Dialogen noch nicht dokumentiert sind. Die Verwendung solcher nicht-dokumentierter Eigenschaften ist unzulässig, falls sie nicht unter ausdrücklicher Begleitung durch den Beckhoff Support geschieht.

3.2 Prozessdaten Interpretation

Der gesamte Messbereich stellt sich in Bezug auf die Ausgabe über die zyklischen Prozessdaten folgendermaßen dar:

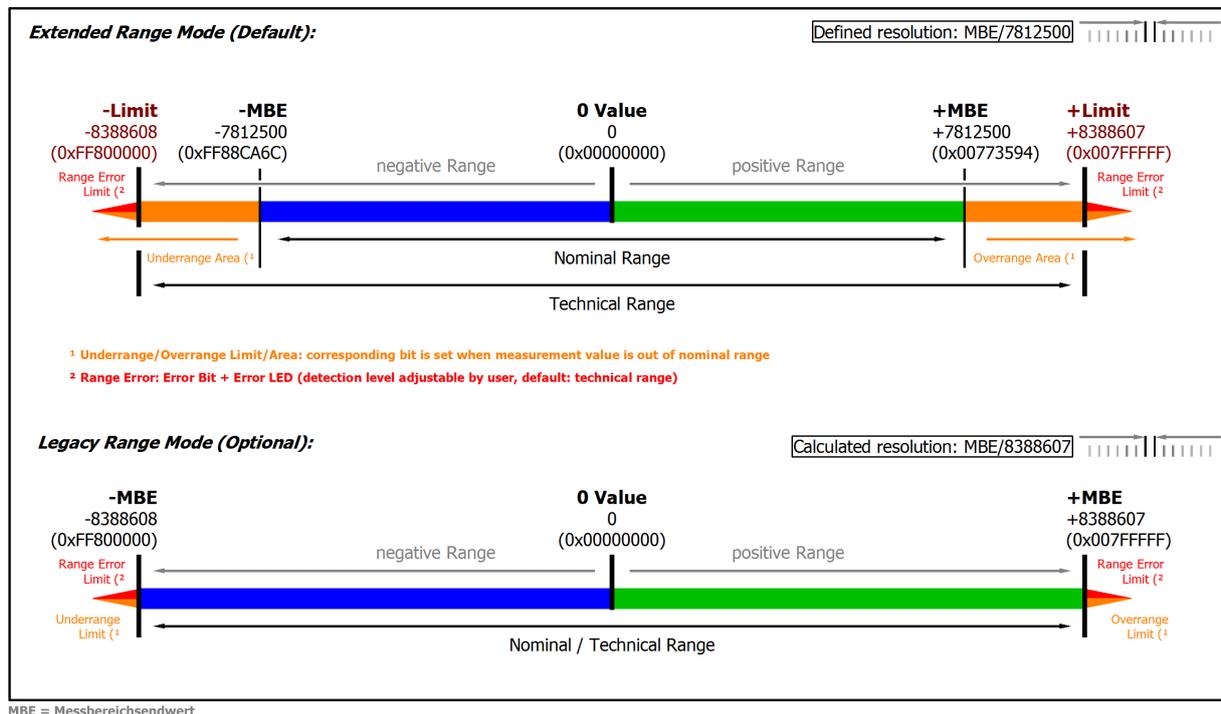


Abb. 4: Basis Bereich eines Prozessdatenwertes

Der Kanal dieser Klemme verfügt über die Möglichkeit, den Messbereich entweder auf die bei Beckhoff bisher übliche Art „nomineller Messbereichsendwert = PDO Endwert: LegacyRange“ oder die neue Methode „technischer Messbereichsendwert = PDO Endwert: ExtendedRange“ einzustellen.

- Für den Extended Range Modus gilt:
 - Technischer Messbereichsendwert = PDO Endwert 0x007FFFFFFF.
 - Der Kanal kann zu informativen Zwecken ca. 107 % über den nominellen Bereich hinaus messen, Genauigkeitsspezifikationen etc. sind dann allerdings nicht mehr gültig.
 - Außerhalb des nominellen Messbereichs wird das Overrange bzw. Underrange-Bit gesetzt.
 - Zur weiteren Diagnose wird das Error-Bit und die Error-LED gesetzt, wenn einstellbare Grenzen über- bzw. unterschritten werden. Diese sind auf den technischen Messbereich voreingestellt (default), können aber anwenderseitig auf einen schmaleren Bereich verändert werden. Beispiel: im Messbereich 4...20 mA ist die untere Grenze auf 0 mA gesetzt, sie kann aber kundenseitig im CoE z.B. auf 3,6 mA hochgesetzt werden, um ggf. einen Sensorfehler früher zu erkennen.
 - Der Extended Range Modus ist bei Werkseinstellung der Klemme voreingestellt (default).
 - Der Modus ist definiert durch die nicht-periodische rationale LSB Schrittweite **und** einen ganzzahligen Endwert. Dadurch ist die Schrittweite ohne Rundungsfehler in einem PLC-Programm verwendbar.
- Für den Legacy Range Modus gilt:
 - Nomineller Messbereichsendwert = PDO Endwert.
 - Kompatibel zur bisherigen Schnittstelle aus EL30xx/EL31xx/EL36xx.
 - Overrange/Underrange, Error-Bit und Error-LED werden zugleich bei Überschreiten des nominellen/technischen Messbereichs gesetzt.
 - Für die Klemme optional aktivierbar.
 - Der Modus ist definiert durch einen ganzzahligen Endwert; unter Inkaufnahme, dass die LSB Schrittweite keine ganze Zahl mehr ist.

3.3 Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit

Zur grundsätzlichen Einordnung nachfolgender Erläuterungen ist das Kapitel „Hinweise zu analogen Datenwerten“ unter [Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen \[► 929\]](#) insbesondere zum Messbereichsendwert zu beachten!

Es lohnt sich diese Anleitung aufmerksam zu lesen und die Ratschläge zu befolgen – Sie ersparen sich Mühe, Zeit und vermutlich auch Geld.

Die genaue Kenntnis dieser Anleitung kann Ihnen die leichte Beherrschung der Technik bei allen Anwendungen vermitteln und damit Freude bereiten.

Grundsätzliches zur Messtechnik:

Mit Messgeräten wird mit mehr oder weniger Aufwand versucht, den „wahren Wert“ einer Messgröße z.B. Umgebungstemperatur zu bestimmen. Dies ist aus verschiedenen praktischen Gründen nicht endgültig möglich. Die Messung/der Messwert unterliegt je nach Aufwand einem zufälligen, nicht eliminierbaren Messfehler. Beckhoff gibt mit seinen praktisch ermittelten Spezifikationsangaben eine Handhabe, um theoretisch die verbleibende Messunsicherheit im Einsatzfall berechnen zu können. Dazu dienen die folgenden Absätze.

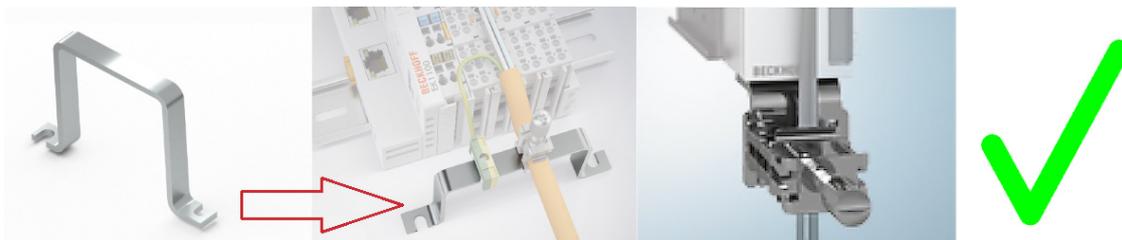
Allgemeine Hinweise

Es ist keine besondere Wartung erforderlich, für die Klemme wird allerdings eine jährliche Überprüfung empfohlen.

Falls ein Werkskalibrierzertifikat für das Gerät vorliegt, gilt für das Rekalibrierintervall eine Empfehlung von 1 Jahr, falls nicht anders angegeben.

Hinweise zu den Spezifikationsdaten:

- Spezifikationsangaben lauten üblicherweise „% vom nominellen Messbereichsendwert“ = „% MBE“ wenn nicht anders angegeben
- In Zusammenhang mit einem einzelnen Wert bedeutet „typisch“, dass diese Kenngröße durchschnittlich den angegebenen Wert hat. Bei individuellen Klemmen kann die Kenngröße vom typischen Wert jedoch abweichen. Ein Beispiel ist der Stromverbrauch.
- In Zusammenhang mit einer Grenze (Kenngröße ist typisch max./min. X) oder mit zwei Grenzen (Kenngröße ist typisch zwischen X und Y) bedeutet „typisch“, dass diese Kenngröße bei individuellen Klemmen überwiegend zwischen den Grenzen liegt. Abweichungen sind jedoch möglich, siehe Konfidenzniveau. Ein Beispiel ist das Rauschen. Es werden üblicherweise keine Messungen unternommen, um Angaben über Standardabweichung oder Ergebnis-Häufigkeiten machen zu können. Ein typischer Wert wird üblicherweise mit der Abkürzung „typ.“ hinter der Einheit gekennzeichnet.
- Das Konfidenzniveau/ Vertrauenslevel liegt, wenn nicht anders angegeben, bei 95%.
- Beim Betrieb in EMV-gestörter Umgebung ist zur Einhaltung der Spezifikation verdrehte und geschirmte Signalleitung, mindestens einseitig geerdet zu verwenden. Es wird der Einsatz von Beckhoff Schirmzubehör ZB8511 oder ZS9100-0002 empfohlen:



Die Hutschienenbefestigung ZB8520 wird in Bezug auf analoge Schutzwirkung nicht empfohlen:



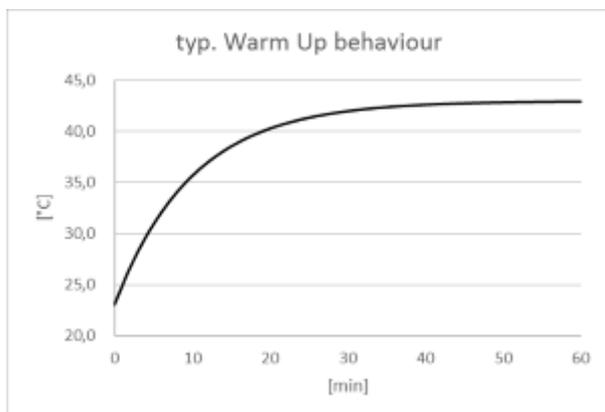
- Wenn nicht anders spezifiziert, werden Messfehler etc. im DC-Betrieb angegeben (keine Wechselgrößen). Bei Messung eines AC-Signals beeinflusst der Frequenzgang des Analogeingangs die Messung selbst.

Hinweis zur Temperatur

Die Temperatur innerhalb/außerhalb des Gerätes hat Einfluss auf die Messung durch die Elektronik. So weist eine messtechnische Schaltung in der Regel eine Temperaturabhängigkeit auf, die u.a. in der Angabe der Temperaturdrift spezifiziert wird. Die Spezifikationsangaben gelten für eine konstante Umgebungstemperatur – veränderliche Verhältnisse (Aufheizen des Schaltschranks, Temperatursturz durch Öffnen des Schaltschranks bei kalter Witterung), also ein Temperaturübergang, kann unter Umständen zu einer Veränderung von Messwerten durch dynamische und heterogene Temperaturverteilung führen. Zur Bereinigung solcher Effekte kann die Geräte-Innentemperatur online aus dem CoE ausgelesen und ggf. zur Verrechnung herangezogen werden. Manche Geräte zeigen auch elektronisch an, dass sie sich thermisch stabilisiert haben, siehe dazu die Diagnose Eigenschaften.

Die Spezifikationsdaten gelten

- nach einer Aufwärmzeit des Gerätes unter Betriebsspannung und Feldbusbetrieb von mind. 60 Minuten bei konstanter Umgebungstemperatur
 - Praktischer Hinweis: nach dem Einschalten erwärmt sich das Gerät in der Regel exponentiell derart, dass der wesentliche Anteil der Erwärmung je nach Gerät bereits innerhalb kurzer Zeit in ca. 10-15 Minuten durchlaufen ist und sich die Messeigenschaften innerhalb der Spezifikationsgrenzen bewegen.
 - Zur Verdeutlichung: typischer Verlauf einer Innentemperatur (ohne konkrete Aussagekraft für ein bestimmtes Gerät):



- Einige Geräte zeigen im [CoE-Objekt 0xF900:02 \[► 597\]](#) an, dass sie innerlich thermisch stabilisiert sind und ΔT im Gerät sehr klein ist. Das kann durch eine Applikation ausgewertet werden,
- bei waagerechter Einbaulage unter Beachtung der Mindestabstände,
- bei freier Konvektion (keine Zwangslüftung),

- bei Beachtung der Spezifikationsangaben.

Liegen andere Bedingungen vor, ist ein anwenderspezifischer Abgleich nötig.

Hinweise zur Rechnung mit den Spezifikationsangaben:

Die unabhängigen Spezifikationsangaben lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

- die Angaben zur Offset-/Gain-Abweichung, Nichtlinearität, Wiederholgenauigkeit, deren Wirkung auf die Messung nicht vom Anwender beeinflussbar ist. Diese werden von Beckhoff nach der u.a. Rechnung zur sogenannten „Grundgenauigkeit bei 23°C“ zusammengefasst.
- die Spezifikationsangaben, deren Wirkung auf die Messung vom Anwender beeinflussbar sind, dazu gehören:
 - das Rauschen: Auswirkung beeinflussbar durch Samplerate, Filtern sowie
 - die Temperatur: Auswirkung beeinflussbar durch Schaltschrankklimatisierung, Abschirmung, Kühlung, ...

Die unabhängigen Einzel-Genauigkeitsangaben sind nach der u.a. Formel quadratisch zu addieren, um eine Gesamt-Messgenauigkeit zu ermitteln - wenn keine besonderen Bedingungen vorliegen, die gegen eine Gleichverteilung und damit den quadratischen Ansatz sprechen (englisch: RSS – root of the sum of the squares).

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + (Tk_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise, PtP}})^2 + (Tk_{\text{Offset}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

Für Messbereiche, bei denen der Temperaturkoeffizient nur als Tk_{Terminal} spezifiziert ist:

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise, PtP}})^2 + (Tk_{\text{Terminal}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

- F_{Offset} : Offset-Spezifikation (bei 23°C)
- F_{Gain} : Gain/Scale-Spezifikation (bei 23°C)
- $F_{\text{Noise, PtP}}$: Rausch-Spezifikation als Peak-to-Peak-Wert (gültig für alle Temperaturen)
- MW : Gemessener Wert
- MBE : Messbereichsendwert
- F_{Lin} : Nichtlinearitätsfehler über den gesamten Messbereich (gültig für alle Temperaturen)
- F_{Rep} : Wiederholgenauigkeit (gültig für alle Temperaturen)
- Tk_{Offset} : Temperaturkoeffizient Offset
- Tk_{Gain} : Temperaturkoeffizient Gain
- Tk_{Terminal} : Temperaturkoeffizient der Klemme
- ΔT : Differenz der Umgebungstemperatur zur spezifizierten Grundtemperatur (23°C wenn nicht anders angegeben)
- F_{Age} : Fehlerkoeffizient der Alterung
- N_{Years} : Anzahl Jahre
- F_{Gesamt} : Theoretisch berechneter Gesamtfehler

Beispielsweise seien bei einem ermittelten Messwert $MW = 8,13 \text{ V}$ im 10 V Messbereich ($MBE = 10 \text{ V}$) die folgenden Werte vorliegend ($N_{\text{Years}} = 0$):

- Gain-Spezifikation: $F_{\text{Gain}} = 60 \text{ ppm}$
- Offset-Spezifikation: $F_{\text{Offset}} = 70 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- Nichtlinearität: $F_{\text{Lin}} = 25 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- Wiederholgenauigkeit: $F_{\text{Rep}} = 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- Rauschen (ohne Filterung): $F_{\text{Noise, PtP}} = 100 \text{ ppm}_{\text{peak-to-peak}}$
- Temperaturkoeffizienten:
 - $Tk_{\text{Gain}} = 8 \text{ ppm/K}$
 - $Tk_{\text{Offset}} = 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K}$

Dann berechnet sich die theoretisch mögliche Gesamt-Messgenauigkeit bei $\Delta T = 12\text{K}$ zur Grundtemperatur wie folgt:

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(60 \text{ ppm} \cdot 0,813)^2 + (12\text{K} \cdot 8 \text{ ppm/K} \cdot 0,813)^2 + (70 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (25 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (20 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (50 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (12\text{K} \cdot 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}/\text{K}})^2}$$

$$= 143,16 \cdot \text{ppm}_{\text{MBE}}$$

bzw. = $\pm 0,0143 \cdot \%_{\text{MBE}}$

Anmerkungen: ppm $\triangleq 10^{-6}$ % $\triangleq 10^{-2}$

Allgemein kann also wie folgt gerechnet werden:

- Wenn nur der Einsatz bei 23°C zu betrachten ist:
Gesamt-Messgenauigkeit = Grundgenauigkeit & Rauschen nach o.a. Formel
- Wenn der Einsatz bei 23°C mit langsamer Messung (=Mittelwertbildung/Filterung) zu betrachten ist:
Gesamt-Messgenauigkeit = Grundgenauigkeit
- Wenn der allgemeine Einsatz bei bekannter Temperaturspanne und inkl. Rauschen zu betrachten ist:
Gesamt-Messgenauigkeit = Grundgenauigkeit & Rauschen & Temperaturwerte nach o.a. Formel

Beckhoff gibt die Spezifikationsdaten üblicherweise symmetrisch in $[\pm\%]$ an, also z.B. $\pm 0,01\%$ oder ± 100 ppm. Entsprechend wäre das vorzeichenlose Gesamtfenster also der doppelte Wert. Auch eine Peak-to-peak-Angabe ist eine Gesamtfensterangabe, der symmetrische Wert also die Hälfte davon. In der u.a. quadratischen Verrechnung ist der symmetrische „einseitige“ Wert ohne Vorzeichen einzusetzen. Rauschangaben erfolgen üblicherweise in peak-to-peak-Form, deshalb enthält die Formel für den Rauschwert schon den Teilungsfaktor 2.

Beispiel:

- symmetrische Angabe: $\pm 0,01\%$ (entspricht ± 100 ppm) z.B. bei Offset-Spezifikation
- Gesamtfenster: 0,02% (200 ppm)
- Zur Verwendung in der Formel: 0,01% (100 ppm)

Der so berechnete Gesamtfehler ist wieder als symmetrischer Maximalwert zu sehen und somit zur weiteren Verwendung mit \pm und \leq zu versehen.

Beispiel:

- $F_{\text{Gesamt}} = 100$ ppm
- Zur weiteren Verwendung: „ $\leq \pm 100$ ppm“

Das heißt gesprochen: „Die Verrechnung der Einzel-Genauigkeitsangaben unter den geg. Bedingungen erbrachte ein Fenster von 200 ppm, das symmetrisch um dem einzelnen Messwert liegt. Die Messwertangabe x hat damit eine Unsicherheit von $x \pm 100$ ppm, der *wahre* Wert liegt damit zu 95% in diesem Bereich“.

i Der Rauschanteil kann entfallen

Der Anteil des Rauschens F_{Noise} in der o.a. Formel kann entfallen (= 0 ppm), wenn nicht ein einzelnes Sample sondern ein gemittelter Wert über einen Satz von Samples in Betracht gezogen wird. Die Mittelung kann in der PLC, aber auch durch einen der Filter im Analogkanal erfolgen. Der Ausgabewert einer gleitenden Mittelwertbildung über viele Samples hat einen annähernd eliminierten Rauschanteil. Die erzielbare Genauigkeit steigt somit, wenn der Rauschanteil verringert wird.

● Fehlerkoeffizient der Alterung

i Wird der Spezifikationswert zur Alterung von Beckhoff (noch) nicht spezifiziert, muss er bei Messunsicherheitsbetrachtungen wie im o.a. Beispiel zu 0 ppm angenommen werden, auch wenn in der Realität über die Betriebszeit davon auszugehen ist, dass sich die Messunsicherheit des betrachteten Gerätes ändert, umgangssprachlich der Messwert "driftet".

Erfahrungsgemäß kann als Größenordnung für eine Jahres-Veränderung (10.000 h) bei spezifikationsgemäßem Betrieb die Grundgenauigkeit des betrachteten Gerätes angenommen werden. Dies ist eine informative Aussage, ohne Spezifikationscharakter, Ausnahmen möglich. Generell wird die Alterungsveränderung sehr applikationsspezifisch ausfallen, eine allgemeine Alterungsspezifikation von Seiten Beckhoff wird daher bei Veröffentlichung eher Richtwertcharakter als garantierte Obergrenze darstellen.

Ergibt die Messunsicherheitsbetrachtung in der Applikation, dass die Alterung über die gewünschte Betriebszeit den Messerfolg gefährden kann, empfiehlt Beckhoff die zyklische Überprüfung (Rekalibrierung) des Messkanals, sowohl was Sensor, Verkabelung als auch die Beckhoff Messklemmen betrifft. Dadurch können potentielle Langzeitveränderungen in der Messkette frühzeitig entdeckt und ggf. sogar der Auslöser (z.B. Übertemperatur) eliminiert werden. Siehe dazu auch [Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen](#) [▶ 929].

● Grundgenauigkeit, erweiterte Grundgenauigkeit und Mittelwertbildung

- i** ✓ Die Grundgenauigkeit wird zur vereinfachten Verwendung extra ausgewiesen.
- a) Die Grundgenauigkeit beinhaltet Offset-/Gain-Abweichung, Nichtlinearität und Wiederholgenauigkeit, nicht aber den Temperaturkoeffizienten und das Rauschen und ist damit eine Teilmenge der o.a. vollständigen Rechnung. Es besteht die Möglichkeit mittels der Offset-Korrektur die Messgenauigkeit über die Grundgenauigkeit hinaus zu steigern. Hinweis: Die „erweiterte Grundgenauigkeit“ beinhaltet zusätzlich durch den Temperaturkoeffizienten das Temperaturverhalten über den angegebenen Betriebstemperaturbereich z.B. 0...60 °C.
 - b) „Mittelwertbildung“ bedeutet, dass der Wert aus der arithmetischen Mittelung über i.d.R. 100.000 Werte zur Eliminierung des Rauschens gewonnen wurde. Dabei muss nicht unbedingt die in der Klemme integrierte Mittelwert-Funktion genutzt werden - es kann im Falle noch vorhandener Ressourcen die Mittelwertbildung ebenso in der PLC durchgeführt werden.

● Messgenauigkeit vom Messwert (vom Messwert)

i Manchmal ist statt der Genauigkeitsangabe „Genauigkeit bezogen auf den Messbereichsendwert (MBE)“ (englisch: percentage of range) die „Genauigkeit bezogen auf den aktuellen Messwert“ d.h. „Genauigkeit vom Wert (v.W.)“ gesucht (englisch: percentage of reading). Aus den in der Spezifikation gegebenen Daten kann dieser Wert einfach ermittelt werden, denn die Gesamtgenauigkeit setzt sich nach der Formel aus einem vom Messwert und Messbereichsendwert abhängigen Teil und einem ausschließlich vom Messbereichsendwert abhängigen Teil zusammen:

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{\underbrace{\left(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE} \right)^2 + \left(Tk_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE} \right)^2}_{\text{Fehleranteil, abhängig vom Messwert}} + \underbrace{F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise,PIP}} \right)^2 + \left(Tk_{\text{Offset}} \cdot \Delta T \right)^2 + \left(F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}} \right)^2}_{\text{Fehleranteil, ausschließlich abhängig vom Messbereichsendwert}}}$$

3.4 ELM300x

3.4.1 ELM300x - Einführung



Abb. 5: ELM3002-0000, ELM3004-0000

2- und 4-Kanal-Analog-Eingangsklemme $\pm 30\text{ V}$.. $\pm 20\text{ mV}$, 24 Bit, 10/ 20 kSps

Die EtherCAT-Klemmen ELM300x sind auf flexible Spannungsmessung von 20 mV bis 30 V in elf Messbereichen ausgelegt. Der Messbereich ist im CoE auszuwählen, ebenso wie die anderen Einstellmöglichkeiten, wie z. B. die Filterparameter. Unabhängig von der Signalauslegung verfügen alle ELM3xxx-Klemmen über die gleichen technologischen Eigenschaften, die ELM300x für Spannungsmessung bieten dabei eine maximale Samplingrate von 10.000 bzw. 20.000 Samples je Sekunde. Der 2-polige Stecker (Push-in) ist zu Wartungszwecken abnehmbar, ohne die einzelnen Adern zu lösen.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- Mit Werkskalibrierzertifikat als ELM300x-0020: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkks) als ELM300x-0030: verfügbar
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[► 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 589\]](#)

3.4.2 ELM300x - Technische Daten

Technische Daten	ELM3002-00x0	ELM3004-00x0
Analoge Eingänge	2 Kanal (differenziell)	4 Kanal (differenziell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird	
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate	
	5,12 MSps	8 MSps
Grenzfrequenz Eingangsfiler Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 30 kHz Typ Butterworth 3.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung:	
	Tiefpass -3 dB @ 5,3 kHz, Anstiegszeit 150 μ s	Tiefpass -3 dB @ 2,6 kHz, Anstiegszeit 300 μ s
	Typ sinc3/Mittelwertfilter <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>	
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
Anschlusstechnik	2 Leiter	
Samplingrate (je Kanal, simultan)	50 μ s/20 kSps	100 μ s/10 kSps
	freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor	
Oversampling	1...100 wählbar	
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms	
	DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms	
	FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms	
	FreeRun: wird noch nicht unterstützt	
Anschlussdiagnose	Drahtbruch/Kurzschluss	
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden	
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf -Uv (interne Masse)	+IN1, -IN1: bei ca. 12 \pm 0,5 V (im 30 V-Modus bei ca. 37 \pm 1 V)	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 330 mA	typ. 470 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-	
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W	
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen \pm I1, \pm I2, +Uv und -Uv: Unversorgt \pm 40 V, Versorgt \pm 36 V	
	Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung während bestimmungsgemäßem Betrieb zwischen \pm I1 und \pm I2: typ. \pm 10 V gegen -Uv	
	Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	

Allgemeine Daten	ELM3002-00x0	ELM3004-00x0
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit << 1 μ s	
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

²⁾ siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3002-00x0	ELM3004-00x0
Anschlussart	2 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3002-00x0	ELM3004-00x0
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]	
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715	
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854]	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	ELM300x-0000: -25...+60 °C ELM300x-0030: 0...+55 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	ELM300x-0000: -40...+85 °C ELM300x-0030: -25...+85 °C	

Umweltangaben	ELM3002-00x0	ELM3004-00x0
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)	
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung	
Schutzart	IP 20	

Normative Angaben	ELM3002-00x0	ELM3004-00x0
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]	
EMV Hinweise	Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu ±MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 auf einen Kabelschirm kann zu Messabweichungen von bis zu ±MBE führen.	

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.4.2.1 ELM300x Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±30 V	Extended	±32,212.. V
			Legacy	±30 V
		±10 V	Extended	±10,737.. V
			Legacy	±10 V
		±5 V	Extended	±5,368.. V
			Legacy	±5 V
		±2,5 V	Extended	±2,684.. V
			Legacy	±2,5 V
		±1,25 V	Extended	±1,342.. V
			Legacy	±1,25 V
		±640 mV	Extended	±687,2.. mV
			Legacy	±640 mV
		±320 mV	Extended	±343,6.. mV
			Legacy	±320 mV
		±160 mV	Extended	±171,8.. mV
			Legacy	±160 mV
±80 mV	Extended	±85,9.. mV		
	Legacy	±80 mV		
±40 mV	Extended	±42,95.. mV		
	Legacy	±40 mV		
±20 mV	Extended	±21,474.. mV		
	Legacy	±20 mV		
Spannung	2-Leiter	+10 V	Extended	0... 10,737.. V
			Legacy	0... 10 V
		+5 V	Extended	0... 5,368.. V
			Legacy	0... 5 V

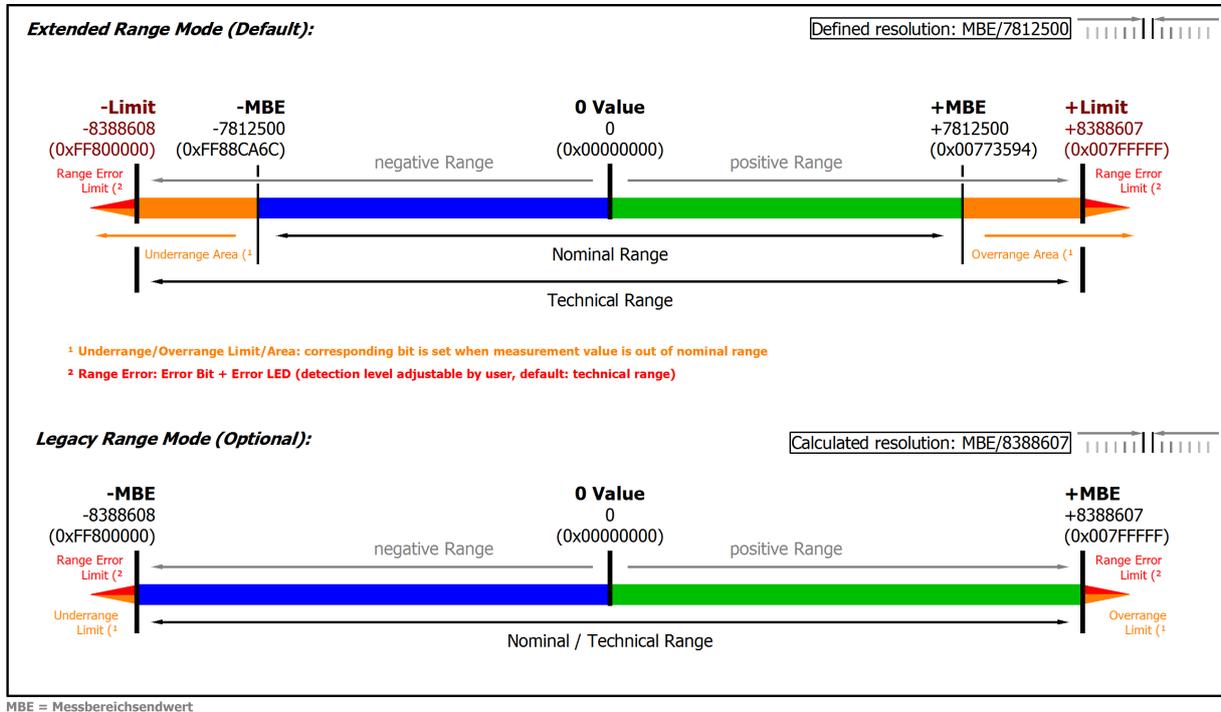


Abb. 6: Übersicht Messbereiche, Bipolar

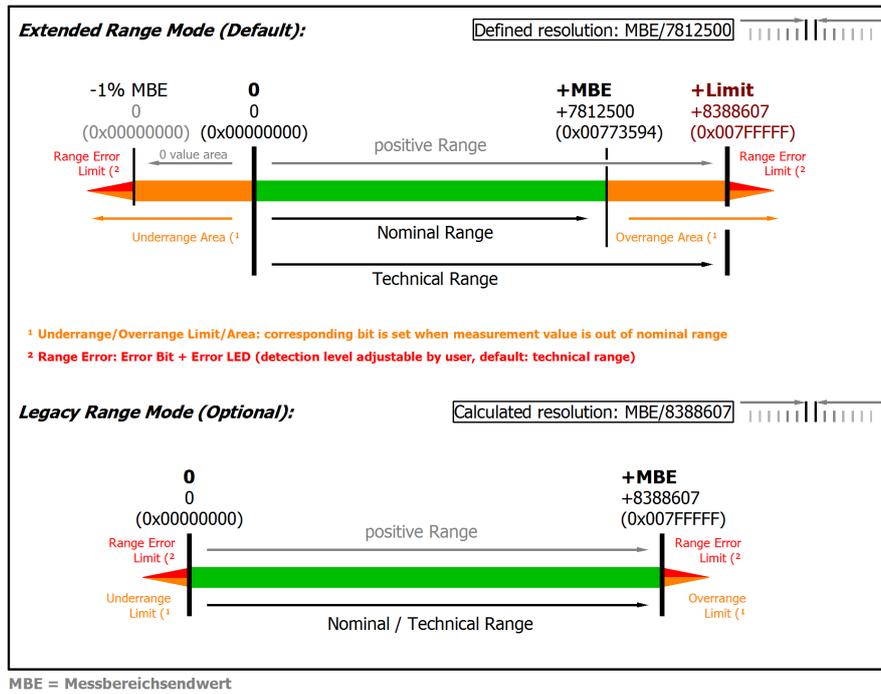


Abb. 7: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.2 Messung ±30 V

ELM300x

Messung Modus	±30 V	
Messbereich, nominell	-30...+30 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	30 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-32,212...+32,212 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	3,84 µV	983,04 µV
PDO LSB (Legacy Range)	3,576.. µV	915,55.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,0075 %, < ±75 ppm _{MBE} typ. < ±2,25 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,011 %, < ±110 ppm _{MBE} typ. < ±3,30 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 45 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 660 kΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

1) Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

2) Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 2,10 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,36 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 3,60		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 270,0 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 45 μV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: >100 dB	50 Hz: >80 dB	1 kHz: >60 dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: >100 dB	50 Hz: >100 dB	1 kHz: >100 dB

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 1,80 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,36 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 5,09		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 0,24 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 45 μV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: >100 dB	50 Hz: >80 dB	1 kHz: >60 dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: >100 dB	50 Hz: >100 dB	1 kHz: >100 dB

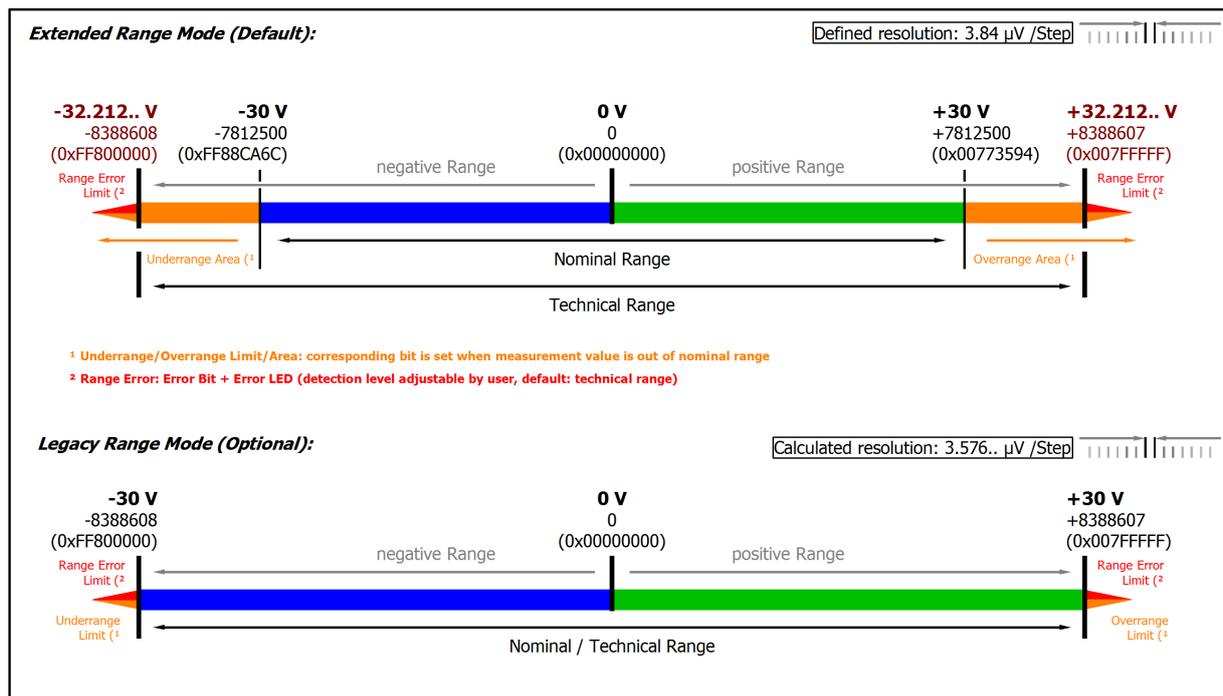


Abb. 8: Darstellung $\pm 30\text{ V}$ Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.3 Messung ±10 V, 0...10 V

ELM300x

Messung Modus		±10 V		0...10 V	
Messbereich, nominell		-10...+10 V		0...10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)		10 V			
Messbereich, technisch nutzbar		-10,737...+10,737 V		0...10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		1,28 µV	327,68 µV	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)		1,192.. µV	305,18.. µV	1,192.. µV	305,18.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,50 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,90 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}			
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm			
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}			
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}			
Temperaturkoeffizient ¹⁾	TK _{Gain}	< 2 ppm/K typ.			
	TK _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 10 µV/K typ.			
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.			
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND			

¹⁾ Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,70 mV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 1,20		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 90 μV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 15 μV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 0,60 mV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 1,70		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 80 μV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 15 μV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB

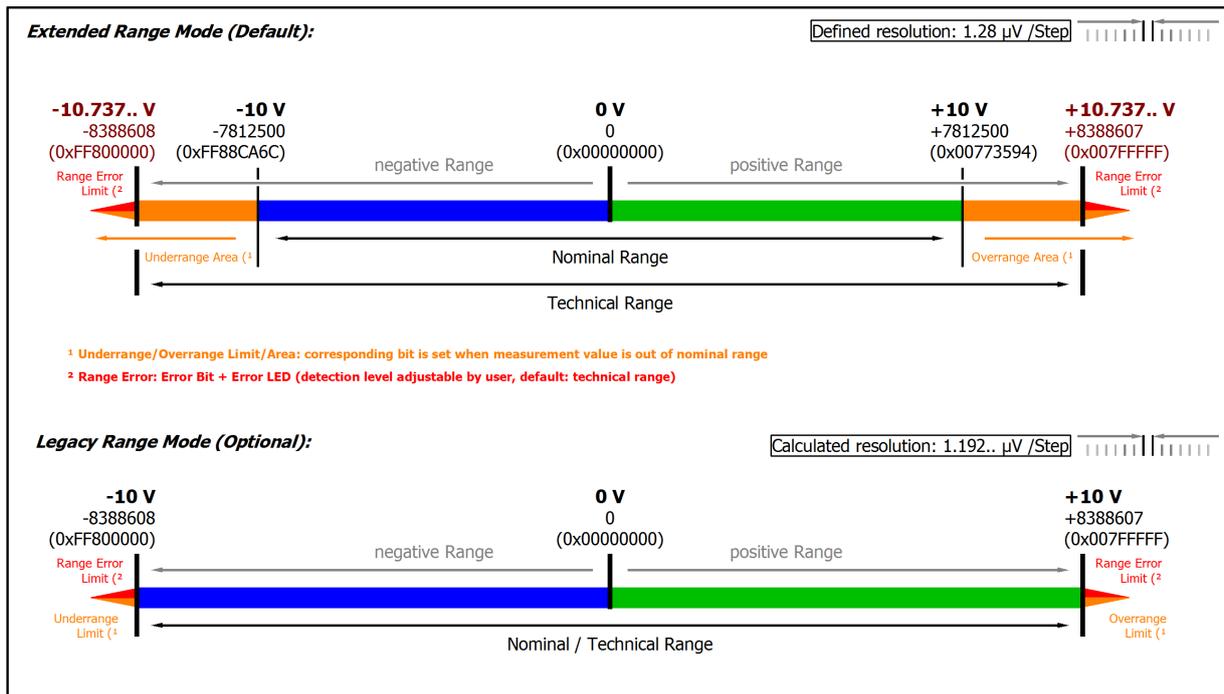


Abb. 9: Darstellung ±10 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

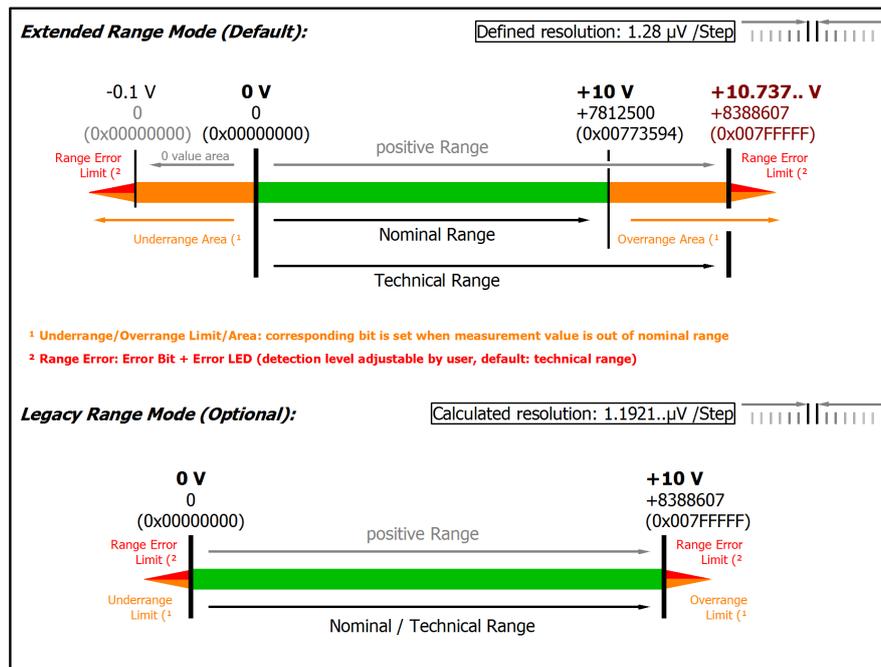


Abb. 10: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.4.2.4 Messung ±5 V, 0...5 V

ELM300x

Messung Modus		±5 V		0...5 V	
Messbereich, nominell		-5...+5 V		0...5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)		5 V			
Messbereich, technisch nutzbar		-5,368...+5,368 V		0... 5,368 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		640 nV	163,84 µV	640 nV	163,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)		596.. nV	152,59.. µV	596.. nV	152,59.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,25 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,45 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}			
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm			
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}			
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}			
Temperaturkoeffizient ¹⁾	TK _{Gain}	< 2 ppm/K typ.			
	TK _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 5 µV/K typ.			
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.			
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND			

1) Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

2) Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,35 mV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,60		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 45 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 7,5 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 0,30 mV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,85		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 40 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 7,5 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

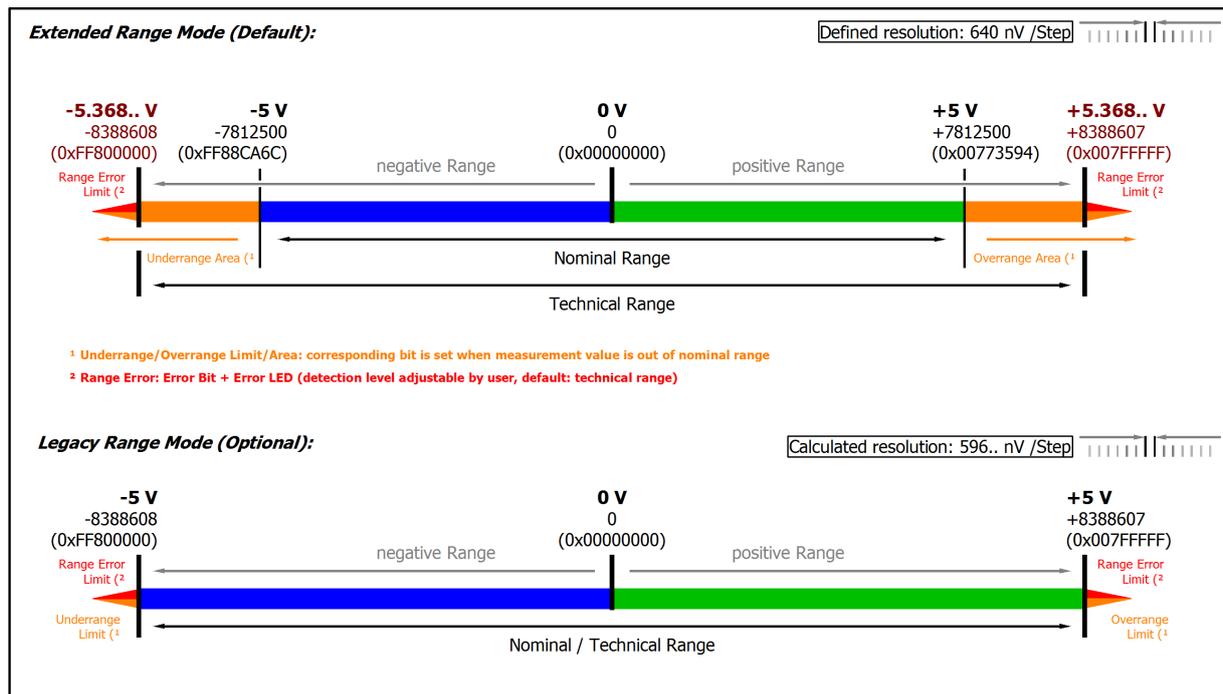


Abb. 11: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

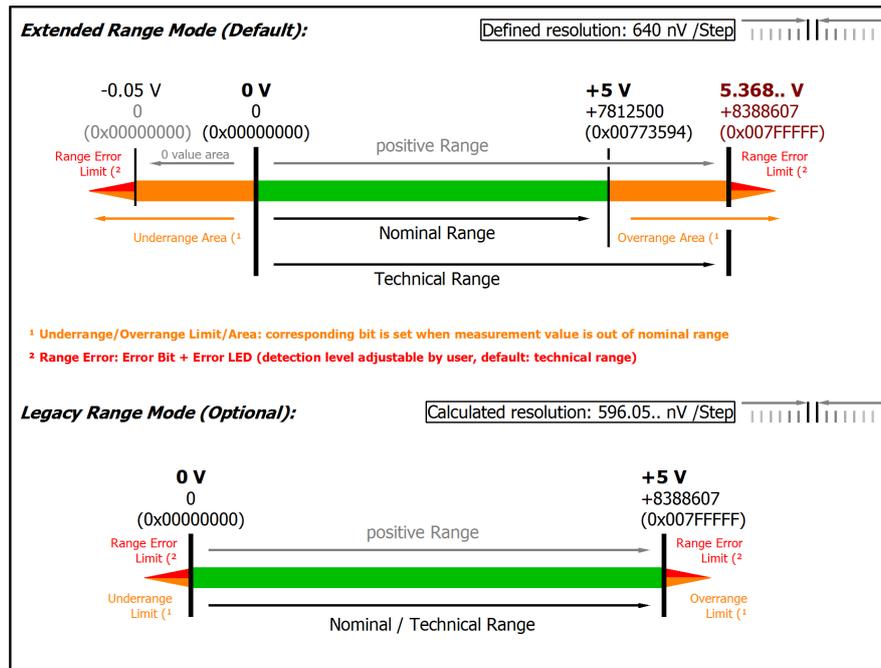


Abb. 12: Darstellung 0...5 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt `0x80n0:32` [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von `0x00000000` wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.4.2.5 Messung ±2,5 V

ELM300x

Messung Modus		±2,5 V
Messbereich, nominell		-2,5...+2,5 V
Messbereich, Endwert (MBE)		2,5 V
Messbereich, technisch nutzbar		-2,684...+2,684 V
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		320 nV 81,92 µV
PDO LSB (Legacy Range)		298.. nV 76,29.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,13 mV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,23 mV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 2,50 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND

1) Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

2) Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,18 mV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,30		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 22,50 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 3,75 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 0,15 mV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,42		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 20 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 3,75 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB

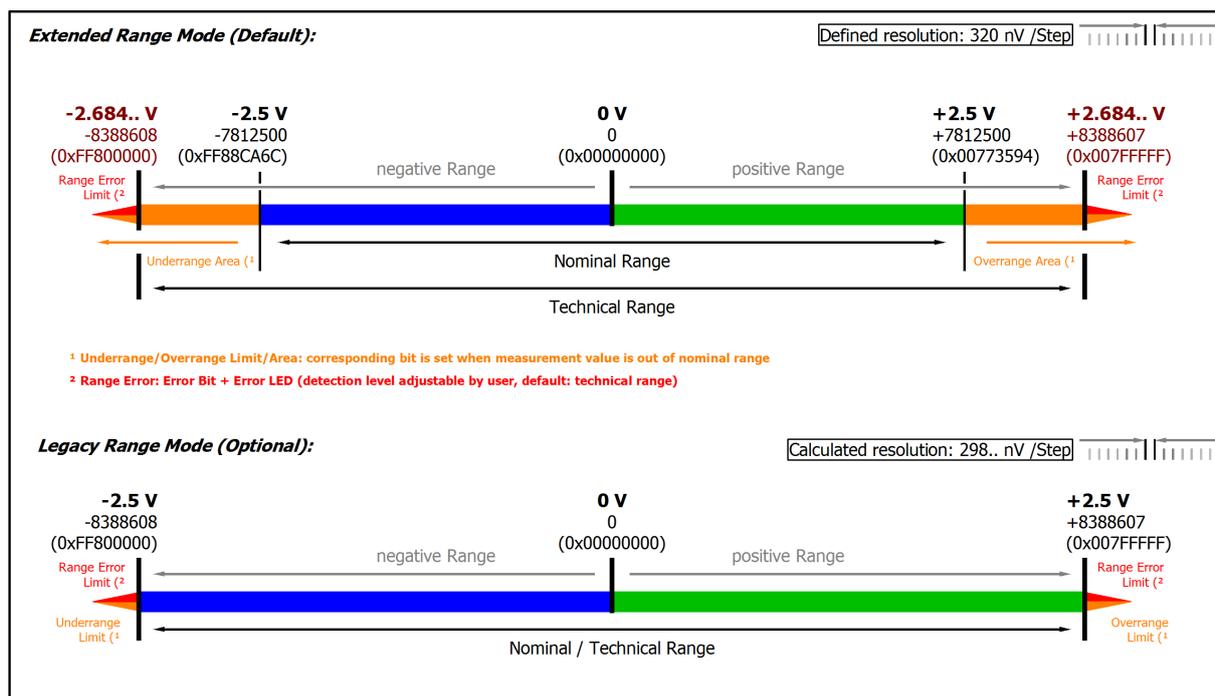


Abb. 13: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.6 Messung ±1,25 V

ELM300x

Messung Modus		±1,25 V
Messbereich, nominell		-1,25...+1,25 V
Messbereich, Endwert (MBE)		1,25 V
Messbereich, technisch nutzbar		-1,342...+1,342 V
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit
		16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		160 nV
		40,96 µV
PDO LSB (Legacy Range)		149.. nV
		38,14.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±62,5 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,1 mV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 1,25 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND

1) Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

2) Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 87,50 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,15		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 11,25 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 1,88 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 75 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,21		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 10 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 1,88 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

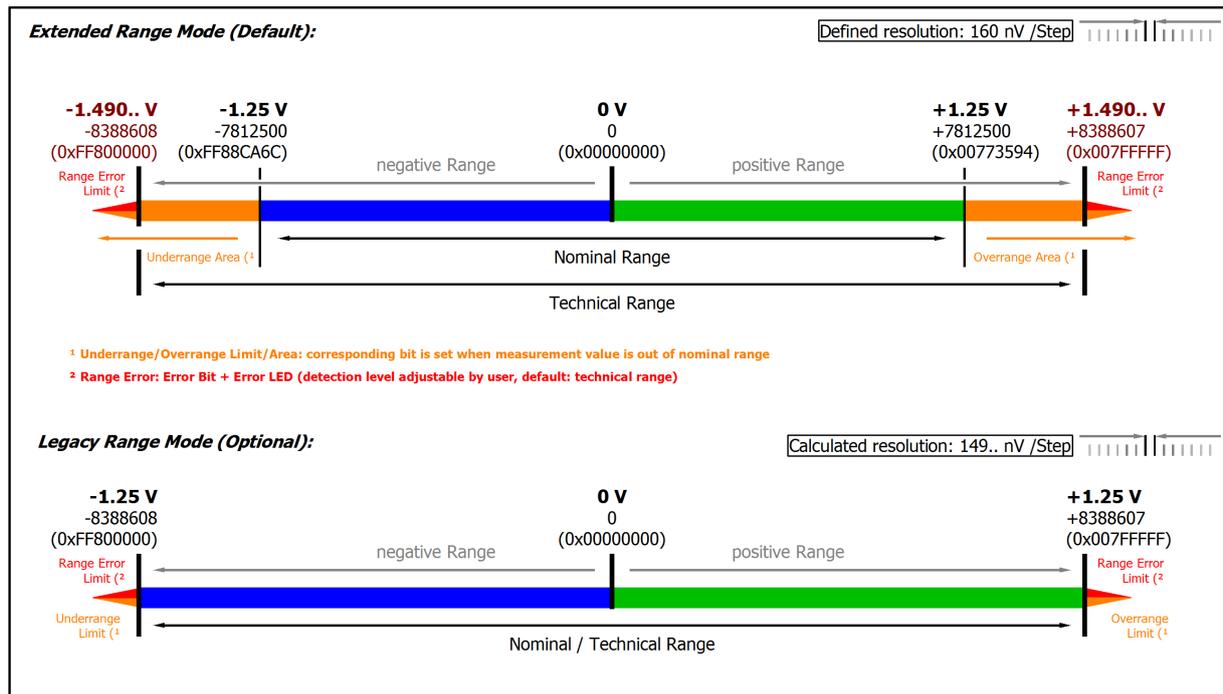


Abb. 14: Darstellung ±1,25 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.7 Messung ±640 mV

ELM300x

Messung Modus		±640 mV
Messbereich, nominell		-640...+640 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		640 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-687,2...+687,2 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		81,92 nV 20,97152 µV
PDO LSB (Legacy Range)		76,29.. nV 19,53.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±32,0 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,0095 %, < ±95 ppm _{MBE} typ. < ±60,8 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,96 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND

¹⁾ Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 44,80 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,08		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 5,76 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 0,96 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< 60 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 44,80 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 14 ppm _{MBE}	< 109 digits	< 8,96 µV
	Max. SNR	> 97,1 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,13		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 5,12 µV
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 0,96 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

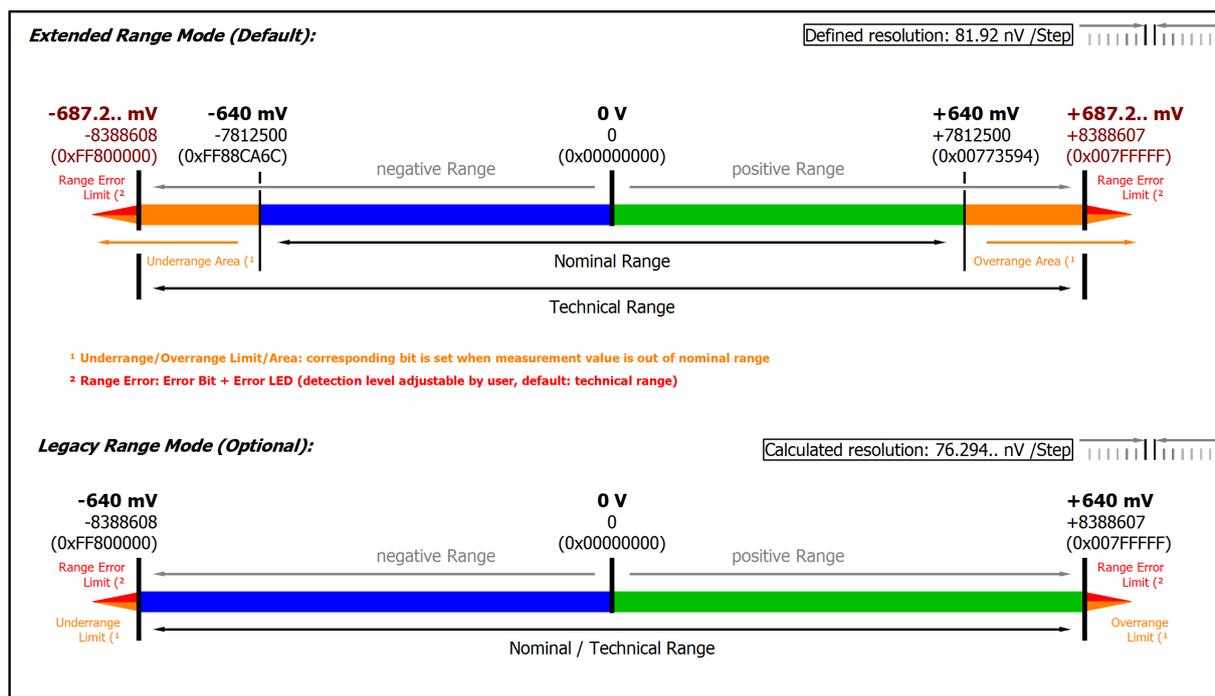


Abb. 15: Darstellung ±640 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.8 Messung ±320 mV

ELM300x

Messung Modus		±320 mV
Messbereich, nominell		-320...+320 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		320 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-343,6...+343,6 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		40,96 nV 10,48576 µV
PDO LSB (Legacy Range)		38,14.. nV 9,765.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,0065 %, < ±65 ppm _{MBE} typ. < ±20,8 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,0115 %, < ±115 ppm _{MBE} typ. < ±36,8 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 40 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 2,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,64 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND

¹⁾ Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 25,60 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 14 ppm _{MBE}	< 109 digits	< 4,48 µV
	Max. SNR	> 97,1 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 44,80		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 2,88 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 0,48 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 25,60 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 16 ppm _{MBE}	< 125 digits	< 5,12 µV
	Max. SNR	> 95,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 72,41		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 2,56 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 1,6 ppm _{MBE}	< 13 digits	< 0,51 µV
	Max. SNR	> 115,9 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

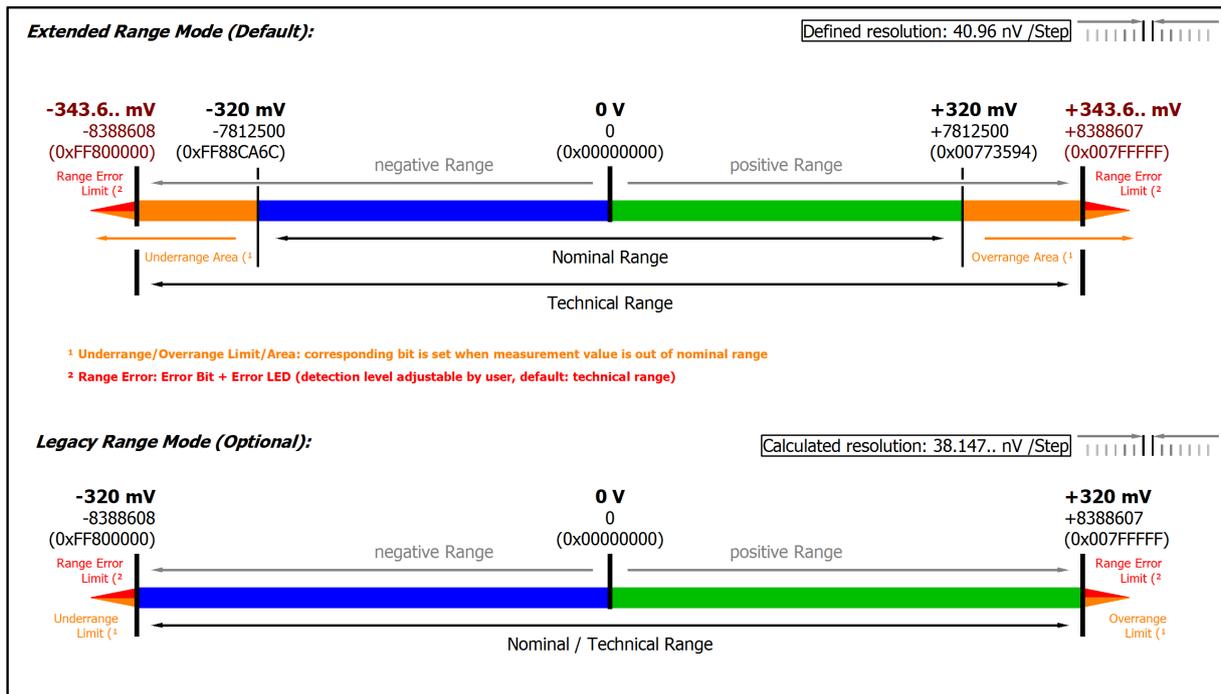


Abb. 16: Darstellung ±320 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.9 Messung ±160 mV

ELM300x

Messung Modus		±160 mV	
Messbereich, nominell		-160...+160 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)		160 mV	
Messbereich, technisch nutzbar		-171,8...+171,8 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		20,48 nV	5,24288 µV
PDO LSB (Legacy Range)		19,07.. nV	4,882.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,0085 %, < ±85 ppm _{MBE} typ. < ±13,6 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,0155 %, < ±155 ppm _{MBE} typ. < ±24,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 65 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 35 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 3,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,56 µV/K typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

¹⁾ Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 110 ppm _{MBE}	< 859 digits	< 17,60 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 19 ppm _{MBE}	< 148 digits	< 3,04 μV
	Max. SNR	> 94,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 30,40		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 1,92 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,32 μV
	Max. SNR	> 114 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 95 ppm _{MBE}	< 742 digits	< 15,20 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 2,88 μV
	Max. SNR	> 94,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 40,73		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 10 ppm _{MBE}	< 78 digits	< 1,60 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,32 μV
	Max. SNR	> 114 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

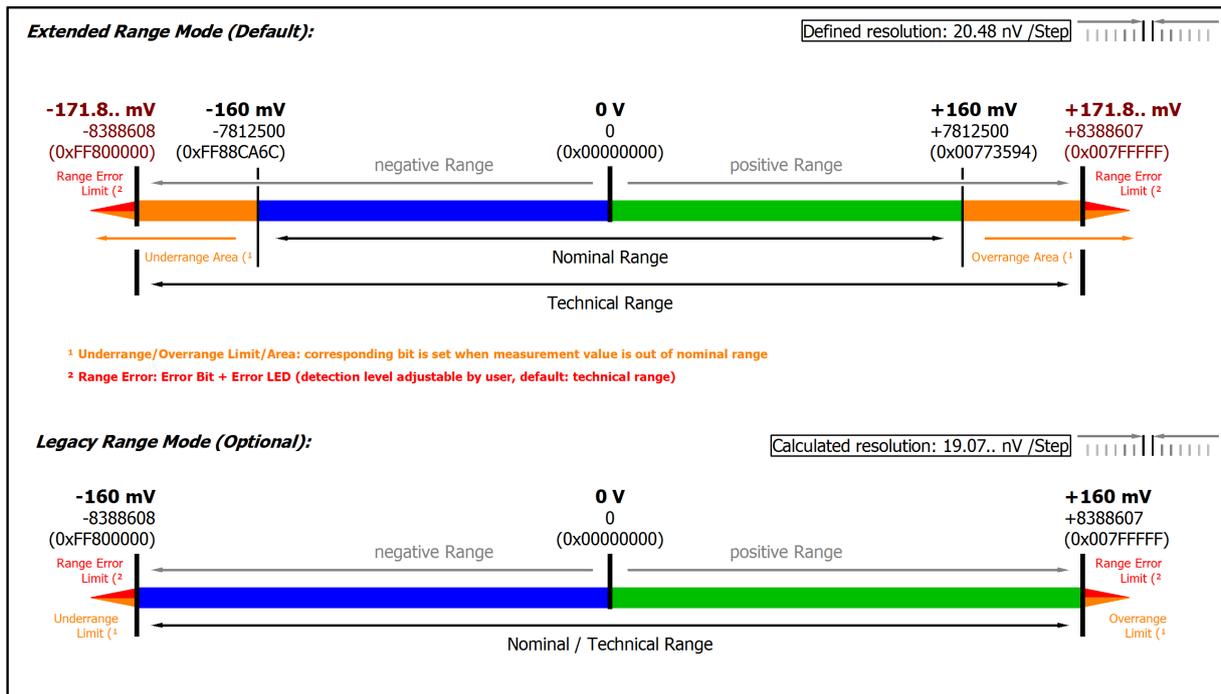


Abb. 17: Darstellung ± 160 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.10 Messung ±80 mV

ELM300x

Messung Modus		±80 mV
Messbereich, nominell		-80...+80 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-85,9...+85,9 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		10,24 nV 2,62144 µV
PDO LSB (Legacy Range)		9,536.. nV 2,441.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,011 %, < ±110 ppm _{MBE} typ. < ±8,8 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±16,4 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 95 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 7,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 5,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND

¹⁾ Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 190 ppm _{MBE}	< 1484 digits	< 15,20 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 32 ppm _{MBE}	< 250 digits	< 2,56 μV
	Max. SNR	> 89,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 25,60		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 20 ppm _{MBE}	< 156 digits	< 1,60 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 4,0 ppm _{MBE}	< 31 digits	< 0,32 μV
	Max. SNR	> 108 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 150 ppm _{MBE}	< 1172 digits	< 12,0 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 27 ppm _{MBE}	< 211 digits	< 2,16 μV
	Max. SNR	> 91,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 30,55		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 16 ppm _{MBE}	< 125 digits	< 1,28 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 3,5 ppm _{MBE}	< 27 digits	< 0,28 μV
	Max. SNR	> 109,1 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

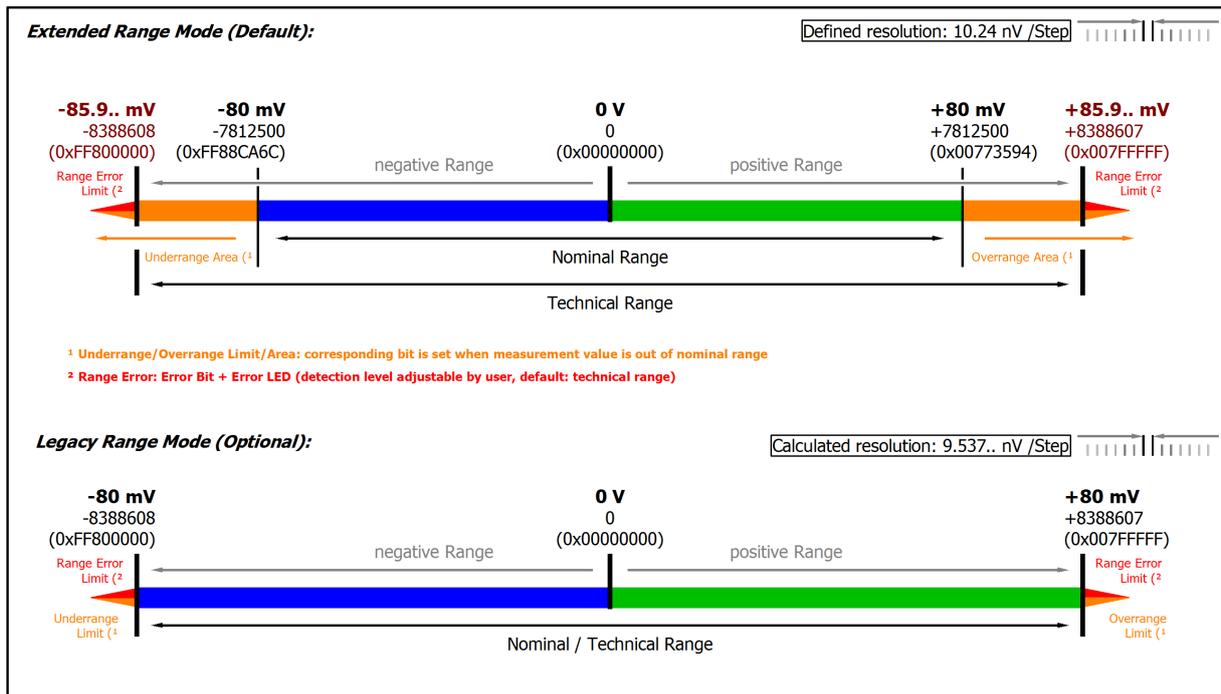


Abb. 18: Darstellung ± 80 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.11 Messung ±40 mV

ELM300x

Messung Modus		±40 mV
Messbereich, nominell		-40...+40 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		40 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-42,95...+42,95 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		5,12 nV 1,31072 µV
PDO LSB (Legacy Range)		4,768.. nV 1,220.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±8,2 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,0395 %, < ±395 ppm _{MBE} typ. < ±15,8 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 190 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 50 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 60 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 10,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 3 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 10,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND

¹⁾ Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 360 ppm _{MBE}	< 2813 digits	< 14,40 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 2,40 μV
	Max. SNR	> 84,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 24,0		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 40 ppm _{MBE}	< 313 digits	< 1,60 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 8,0 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 0,32 μV
	Max. SNR	> 101,9 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 280 ppm _{MBE}	< 2188 digits	< 11,20 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 50 ppm _{MBE}	< 391 digits	< 2,0 μV
	Max. SNR	> 86,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 28,28		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 34 ppm _{MBE}	< 266 digits	< 1,36 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 7,0 ppm _{MBE}	< 55 digits	< 0,28 μV
	Max. SNR	> 103,1 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

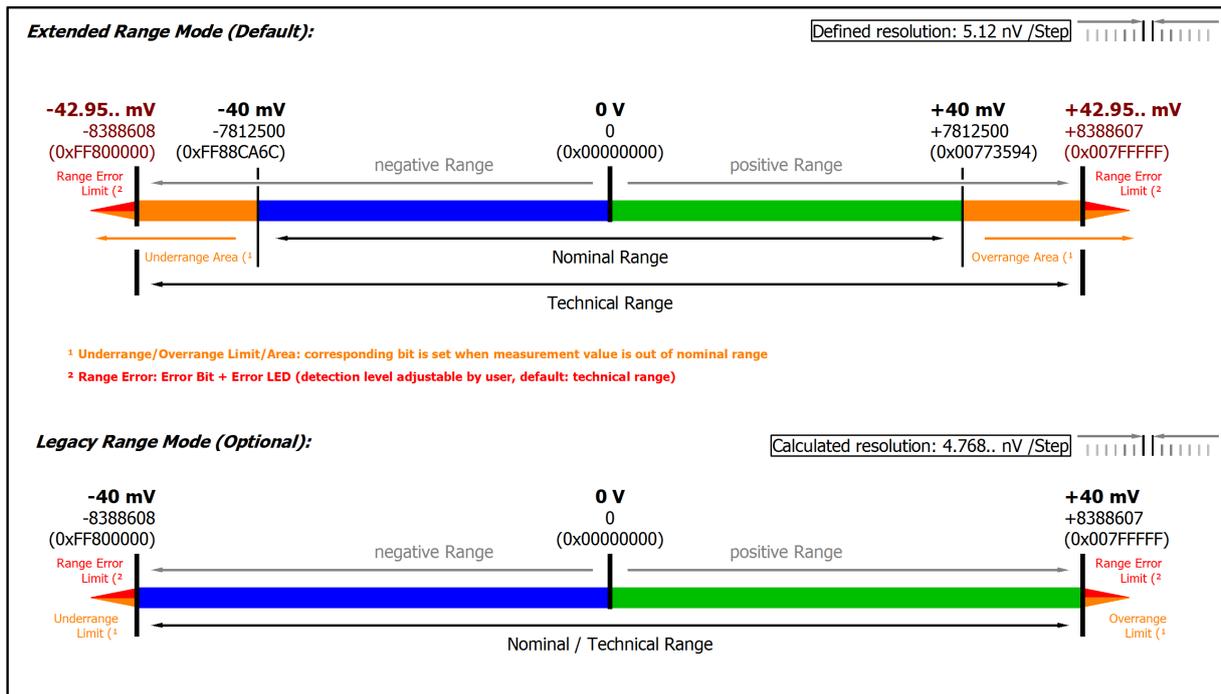


Abb. 19: Darstellung ± 40 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.4.2.12 Messung ±20 mV

ELM300x

Messung Modus		±20 mV
Messbereich, nominell		-20...+20 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		20 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-21,474...+21,474 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		2,56 nV 655,36 nV
PDO LSB (Legacy Range)		2,384.. nV 610,37.. nV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,04 %, < ±400 ppm _{MBE} typ. < ±8,0 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾		< ±0,077 %, < ±770 ppm _{MBE} typ. < ±15,4 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 380 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 100 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 25,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 4 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 20,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		< ±0,04% = 400 ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND

1) Gültig für ELM3002 ab HW04, ELM3004 ab HW05, in Produktion ab Mitte 2021; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

2) Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 700 ppm _{MBE}	< 5469 digits	< 14,00 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 120 ppm _{MBE}	< 938 digits	< 2,40 µV
	Max. SNR	> 78,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 24,0		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 1,60 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 16,0 ppm _{MBE}	< 125 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 95,9 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

ELM3004 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 560 ppm _{MBE}	< 4375 digits	< 11,20 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 100 ppm _{MBE}	< 781 digits	< 2,0 µV
	Max. SNR	> 80,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 28,28		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< 70 ppm _{MBE}	547	< 1,40 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 14,0 ppm _{MBE}	< 109 digits	< 0,28 µV
	Max. SNR	> 97,1 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >105 dB	1 kHz: >80 dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >115 dB	50 Hz: >115 dB	1 kHz: >115 dB	

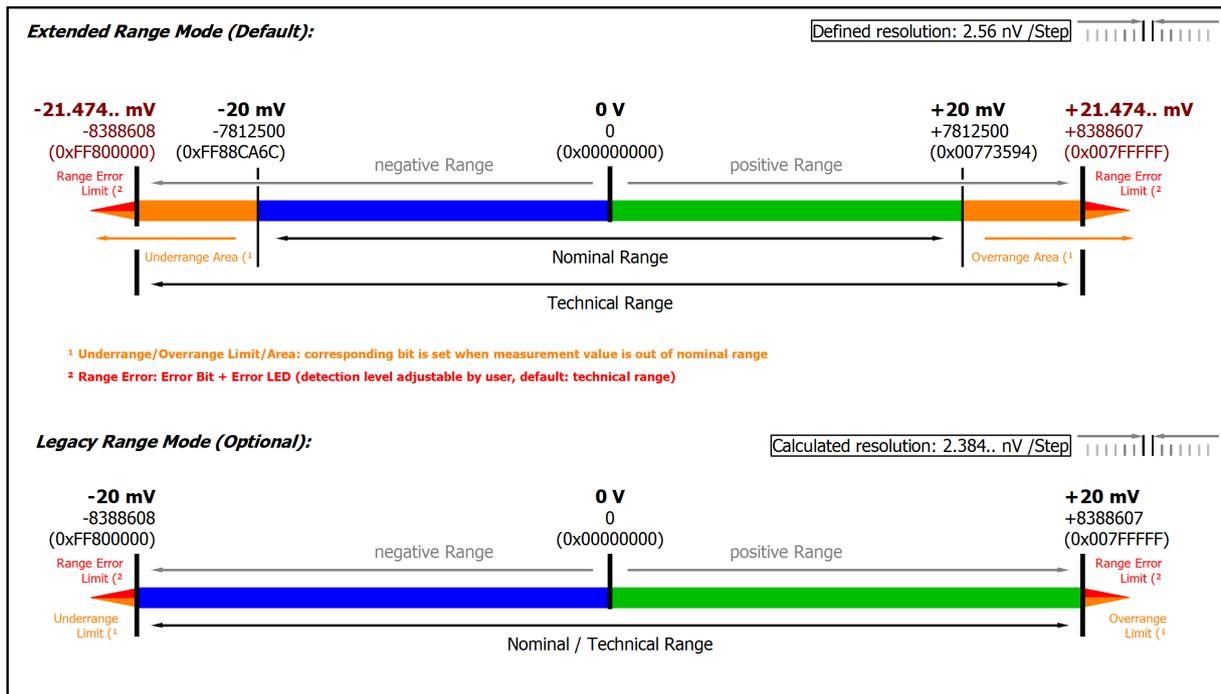


Abb. 20: Darstellung ±20 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.5 ELM3002-0205

3.5.1 ELM3002-0205 - Einführung

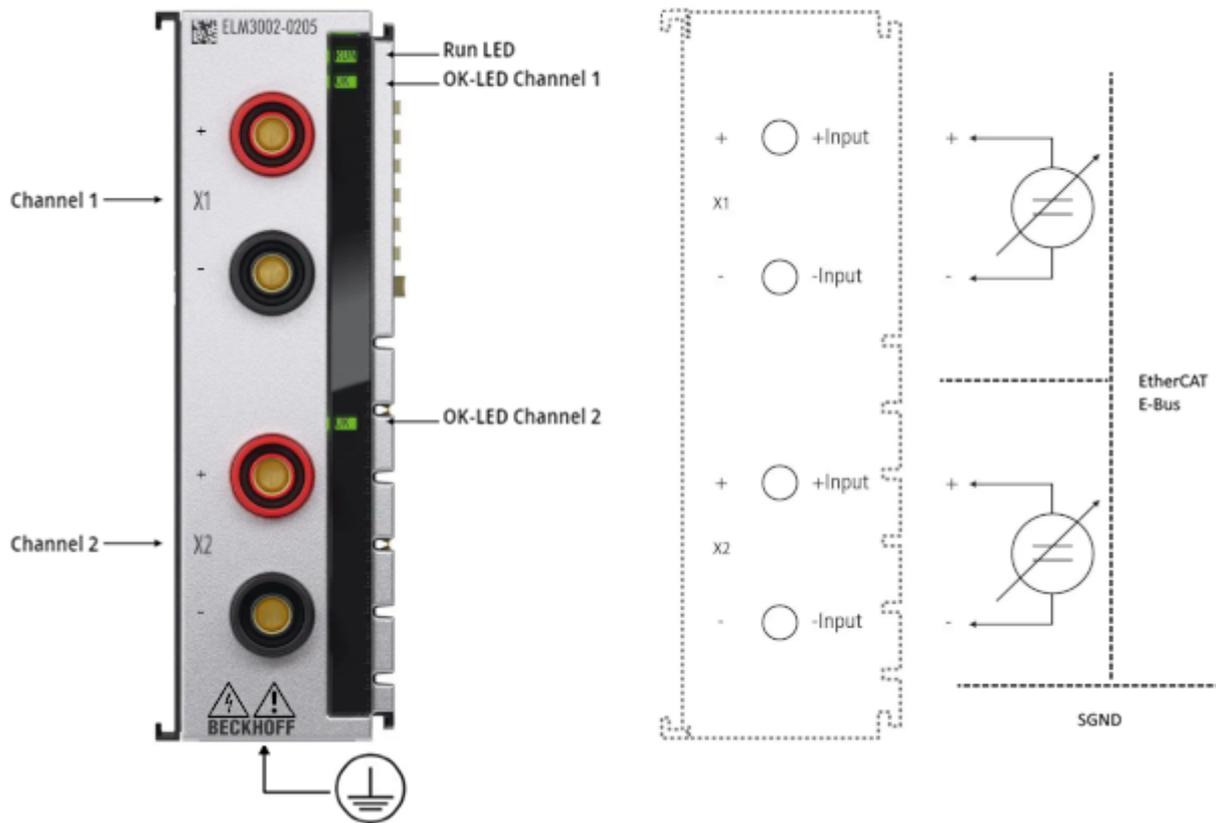


Abb. 21: ELM3002-0205

⚠ GEFAHR	
	Gerät zum Anschluss an gefährliche Spannung, Hinweise beachten! [► 59]

2-Kanal-Analog-Eingangsklemme ±60 V...±1200 V, 24 Bit, 50 kSps, galvanisch getrennt, 4-mm-Buchse

Die EtherCAT-Klemme ELM3002-0205 der Basisserie ist auf Hochvolt-Spannungsmessung an Batterien und Generatoren ausgelegt und unterstützt dafür die Messbereiche 60/360/600 und 1200 V. Der Messbereich wird im CoE ausgewählt, ebenso wie die anderen Einstellmöglichkeiten, z. B. die Filterparameter. Unabhängig von der Signalauslegung verfügen alle ELM3x0x-Klemmen über ähnliche technologischen Eigenschaften, die ELM3002-0205 mit Oversampling bietet dabei eine maximale Samplingrate von 50.000 Samples je Sekunde und Kanal. Die Klemme ist mit 4-mm-Sicherheits-Laborbuchsen ausgestattet.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- mit Werkskalibrierzertifikat als ELM3002-0225: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkkS) als ELM3002-0235: verfügbar
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage.

Über den Beckhoff Vertrieb, den Support oder messtechnik@beckhoff.de ist eine umfangreiche Dokumentation verfügbar.

Quick-Links

- [ELM3002-0205 – Sicherheitshinweise \[► 59\]](#)
- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- Anschlussbilder
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 589\]](#)

Sehen Sie dazu auch

- 📄 [ELM3002-0205 – Sicherheitshinweise \[► 59\]](#)

3.5.2 ELM3002-0205 – Sicherheitshinweise

⚠️ WARNUNG



Verletzungsgefahr durch Stromschlag/Lichtbogen/Verbrennung

Folgende Hinweise (Teil I) sind zu beachten

- Der Betreiber muss sicherstellen, dass dieses Produkt nur in einwandfreiem, funktionstüchtigem Zustand und von ausreichend qualifiziertem und autorisiertem Personal installiert und betrieben wird.
- Bestimmungsgemäße Verwendung (intended use): industrieller, stationärer Einsatz im Innenbereich:
Die ELM3xxx-Klemmen erweitern das Einsatzfeld des Beckhoff Busklemmen-Systems um Funktionen zur Messung von Sensorsignalen via Spannung, Strom oder Widerstand. Das angestrebte Einsatzgebiet sind Datenerfassungs- und Steuerungsaufgaben in der industriellen Automatisierung. Eine Verwendung der Klemme, die über diese bestimmungsgemäße Verwendung hinausgeht, ist nicht zulässig.
- Die Einsatzentscheidung und Betriebsfreigabe ist von einer elektrotechnischen Fachkraft nach den für die Anwendung anzuwendenden Sicherheitsregeln (Arbeitsschutz) zu treffen. Ggf. sind nationale Vorgaben zu beachten.
- Die verwendeten Leitungen und Stecker müssen der erforderlichen Messkategorie entsprechen oder für die applizierten Spannungen zugelassen sein. Hinweis: beim Verlegen solcher Leitungen kann die Einhaltung von Installationsvorgaben erforderlich sein, wie z.B. in EN 60204 genannt.
- Die metallischen Klemmenteile müssen mit dem Anlagen-Schutzleiter (PE, protectional earth) verbunden sein (mitgelieferte Gehäuseschraube M4x8 und Ringkabelschuh derart dass mind. 2 mm tragende Gewindelänge im ELM-Gehäuse greifen). Es ist ein Drehmoment von 1 – 1,2 Nm aufzubringen. Längere Schrauben sind nicht zulässig.
- Zum Schutz gegen direktes Berühren ist die Klemme in einen Schaltschrank einzubauen, der mindestens der Schutzklasse IP54 gemäß EN 60529 entspricht. Der Schaltschrank ist mit dem Anlagen-Schutzleiter (PE, protectional earth) zu verbinden. Die Zuleitung von Spannungen > 60 V DC/ 48 V AC bei geöffnetem Schaltschrank ist nicht zulässig.
- Benutzen Sie die Klemme nicht in einer feuchten oder explosionsgefährdeten Umgebung. Die Installation ist regelmäßig auf Verschmutzung zu prüfen.
- Bei Messung von ungeerdeten Potentialen ist ein Isolationswächter vorzusehen, ein Weiterbetrieb bei Erdschluss ist nicht gestattet.
- Prüfen sie die Klemme vor, während und nach der Installation und wiederholt in Betriebspausen auf sichtbare Beschädigungen z.B. beschädigte/gerissene Buchsen/ Leitungen/Stecker und nicht festsitzende Teile. Liegen Beschädigungen vor, ist die Inbetriebnahme oder der Weiterbetrieb untersagt.
- Es ist darauf zu achten, dass das Gerät und die Verdrahtung bei der Installation/ Montage/Überprüfung/Demontage feldseitig und busseitig spannungsfrei ist. Es sind die 5 Sicherheitsregeln der Elektrotechnik zu beachten:
 - Spannungsfrei schalten
 - Gegen Wiedereinschalten sichern
 - Spannungsfreiheit feststellen
 - Erden und Kurzschließen
 - Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken
- Das Öffnen der Klemme und jeglicher Eingriff in den Klemmeninnenraum ist untersagt.
- Die Klemme darf nur in Bereichen mit einem Verschmutzungsgrad von mindestens 2 (nicht leitfähige Verschmutzung) nach IEC 60664-1 verwendet werden.
- Die Umgebungsbedingungen bezüglich Temperatur, Feuchtigkeit, Wärmeableitung, EMV und Vibrationen, wie in der Betriebsanleitung unter technischen Daten angegeben, müssen eingehalten werden.

⚠️ WARNUNG**Verletzungsgefahr durch Stromschlag/Lichtbogen/Verbrennung**

Folgende Hinweise (Teil II) sind zu beachten

- Besteht die Möglichkeit, dass sich die unverriegelten 4mm Stecker durch Vibration lösen und dadurch eine Gefahr entsteht, ist die Schirmhaube ZS9100-0003 (Zubehörteil) zu montieren oder eine andere Methode der Steckerbefestigung zu wählen.
- Bei Betrieb in warmer Umgebung kann das Klemmgehäuse heiß werden, die gut wärmeleitende metallische Oberfläche verstärkt das Temperaturempfinden bei Berührung. Ein längerer Kontakt mit der Oberfläche ist dann zu vermeiden.
- Nach endgültiger Außerbetriebnahme oder bei Vorliegen einer Beschädigung ist die Klemme entsprechend deutlich zu kennzeichnen und ggf. zu entsorgen damit keine Gefahr durch unbedachten Einsatz entsteht.

HINWEIS**Betriebshinweise**

Folgende Hinweise sind zu beachten

- Die Klemme benötigt zum Betrieb eine Kopfstation (embeddedPC, Koppler) der die E Bus Spannung erzeugt. Damit die Isolationsfestigkeit nicht überschritten wird muss das Potential des E Bus zum PE Potential (Gehäuse) definiert sein. Die Klemme verfügt deshalb intern über eine hochohmige Verbindung zwischen PE/SGND und dem E Bus. Deshalb gilt für Wahl der Kopfstation der Klemme zwingend
 - EKM1101/ELM9410: möglich da E Bus Versorgung galvanisch getrennt erzeugt wird
 - EK11xx/EK15xx/CXxxx: diese Geräte erzeugen die E Bus Versorgung ggf. ohne galvanische Trennung zu Us/Up. Die zur Versorgung eingespeisten Us/Up müssen entweder galvanisch getrennt erzeugt oder geerdet sein (negativer Pol, Masse → PE), es darf keine Verbindung zu anderem Potential bestehen.
 - Hinweis: Um diese Vorgabe prüfbar einzuhalten kann es sinnvoll sein die Klemme(n) an einer eigene Kopfstation zu betreiben.
- Die Installation eines externen Transientenschutzes von max. 6 kV wird empfohlen, um kurzzeitige Überspannungen vom Messgerät fernzuhalten. Seine Funktionsfähigkeit ist zu überwachen.
- Die auf der Hutschiene gesteckte Klemme muss rechtsseitig abgedeckt sein, entweder von einer Folgeklemme oder der Busendkappe EL9011.
- Zur Versorgung dieses Geräts müssen SELV/PELV-Stromkreise (Schutzkleinspannung, Sicherheitskleinspannung) nach IEC 61010-2-201 verwendet werden.
- Es ist empfehlenswert die Signalzuleitungen nach dem Stand der Technik abzusichern, max. aber mit 1 A.

3.5.3 ELM3002-0205 - Technische Daten

Technische Daten	ELM3002-0205
Analoge Eingänge	2 Kanal
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen, wenn DistributedClocks genutzt wird
ADC-Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate 8 MSps
Massebezug	differenziell
Grenzfrequenz Eingangsfilter Hardware (siehe Erläuterungen in Kapitel Firmware Filter Konzept, ELM3xxx-Dokumentation)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 330 kHz, Typ Butterworth 4.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: einstellbarer Tiefpass-Filter - für kurze Einschwingzeit: Sinc3/Mittelwert-Filter, -3 dB@13,1 kHz, Einschwingzeit tbd - für flachen Frequenzgang: Weitbereichs-LowRipple-Filter, -3 dB @ 21,7 kHz, <-100 dB @ 25 kHz, Einschwingzeit > 10ms Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/Einschwingzeit/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)
Anschlusstechnik	2-Leiter
Samplingrate	20 μ s/50 kSps je Kanal, fix Danach freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor
Oversampling	1...100 wählbar
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt
Anschlussdiagnose	-
Interne analoge Masse AGND	Nicht zugänglich
Überspannungsschutz der Eingänge, bezogen auf AGND (interne Masse)	-
Eigenversorgung	über E-Bus
Stromaufnahme E-Bus	typ. 400 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	Siehe Angaben zur Potentialtrennung
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	Siehe Angaben zur Potentialtrennung

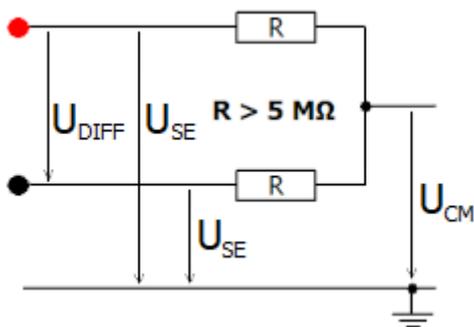
Allgemeine Daten	ELM3002-0205
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit << 1 μ s
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 % und 400 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differentiator, nichtlineares Scaling, PeakHold
Funktionale Diagnose ¹⁾	Ja
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	Verstärkte Isolierung gemäß EN 61010-2-030, EN60664-1 Produktionstest 6 kV DC, 5 sek Rampe, 2 sek Halten Type Test: 13 kV DC, 1 min Max. Einsatzspannungsbereich (dauerhaft, Betrieb ohne CAT-Messungskategorie also ohne transiente Überspannungen): $U_{Diff}: \pm 1288 V_{Peak}$ $U_{SE}: \pm 1000 V DC / AC_{eff}$ $U_{CM}: \pm 1000 V DC / AC_{eff}$ Begriffserläuterung siehe ³⁾
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	Verstärkte Isolierung gemäß EN 61010-2-030, EN60664-1 Produktionstest 6 kV DC, 5 sek Rampe, 2 sek Halten Type Test: 13 kV DC, 1 min Max. Einsatzspannungsbereich (dauerhaft, Betrieb ohne CAT-Messungskategorie also ohne transiente Überspannungen): $U_{Diff}: \pm 1288 V_{Peak}$ $U_{SE}: \pm 1000 V DC / AC_{eff}$ $U_{CM}: \pm 1000 V DC / AC_{eff}$ Begriffserläuterung siehe ³⁾
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	Verstärkte Isolierung gemäß EN 61010-2-030, EN60664-1 Produktionstest 6 kV DC, 5 sek Rampe, 2 sek Halten Type Test: 13 kV DC, 1 min

Allgemeine Daten	ELM3002-0205
	Max. Einsatzspannungsbereich (dauerhaft, Betrieb ohne CAT-Messungskategorie also ohne transiente Überspannungen): $U_{DIFF}: \pm 1288 V_{Peak}$ $U_{SE}: \pm 1000 V DC / AC_{eff}$ $U_{CM}: \pm 1000 V DC / AC_{eff}$ Begriffserläuterung siehe ³⁾
Messkategorie / Überspannungskategorie	1000 V CAT II; nach EN 61010-2-030 in Vorbereitung: 1000 V CAT III, 600 V CAT IV; nach EN 61010-2-030 1500 V DC auf Anfrage Hinweise: - die Definition der Messkategorie ist eine Umgebungsdefinition, sie kennzeichnet u.a. die erwarteten Überspannungen - die Spannungswerte stehen für DC und AC_{eff} bei sinusförmigem Signal. Aus $MBE_{max} = 1200 V$ erfolgt so eine max. Sinus-förmige Spannung von U_{AC} , $offset = 848 V_{eff}$. Bei nicht-sinus-förmigen Signalen darf der Spitzenwert (peak) nicht höher sein als der spezifizierte DC-Wert.
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT
Hinweis zur Leitungslänge	-

1) siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

2) siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“ / „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

3) Erläuterung U_{DIFF} , U_{SE} , U_{CM}



Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3002-0205
Anschlussart	4 mm Sicherheits-Labor-Buchse, berührgeschützt, Wartungsstecker
Abmessungen (B x H x T)	30 mm x 100 mm x 102 mm, siehe Kapitel Gehäuse [► 850], ELM3xxx-Dokumentation
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715
Hinweis Montage	Stecker nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854], ELM3xxx-Dokumentation
Gewicht	ca. 350 g
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0...+55 °C (Freigabe -25...+60 °C in Vorbereitung)
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-40...+85 °C

Umweltangaben	ELM3002-0205
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (gemäß EN 61010-1)
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung
Schutzart	IP 20
Verschmutzungsgrad	2 oder besser (gemäß EN 61010-1)

Normative Angaben	ELM3002-0205
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE UL in Vorbereitung

Normative Angaben	ELM3002-0205
EMV Hinweise	Kontaktentladungen auf das Klemmengehäuse nach EN61000-6-4 können zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE in allen Kanälen führen. Bei schnellen transienten Störungen gemäß EN 61000-4-4 (Burst), die den gesamten Aufbau betreffen, wird der Einsatz von EKM1101 oder EL9540-0010 empfohlen

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

Sehen Sie dazu auch

 [UL-Hinweise \[▶ 910\]](#)

3.5.3.1 ELM3002-0205 Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE / Interface	Modus	angezeigter Maximalwert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±1200 V with Extended Overrange **)	Extended 400% *)	ca. ±5 kV
			Legacy ***)	ca. ±5 kV
		±1200 V	Extended 107% *)	±1288,44.. V
			Legacy	±1200 V
		±600 V	Extended 107% *)	±644,22.. V
			Legacy	±600 V
		±360 V	Extended 107% *)	±386,532.. V
			Legacy	±360 V
±60 V	Extended 107% *)	±64,422.. V		
	Legacy	±60 V		

*) Die Messunsicherheit im Overrange-Bereich ist nicht spezifiziert.

**) Spannungen > 1200V nur zum Zwecke der Transientenbeobachtung vorgesehen, nicht als permanente Messspannung, Kanal misst bis zum technischen MBE

***) In ±1200 V with Extended Overrange, Legacy entspricht 0x007FFFFFFF ~ 1200V, es wird aber in Abweichung zu den anderen Legacy Betriebsarten auch Overrange bis zum angeg. Maximalwert gemessen, siehe folgende Grafik

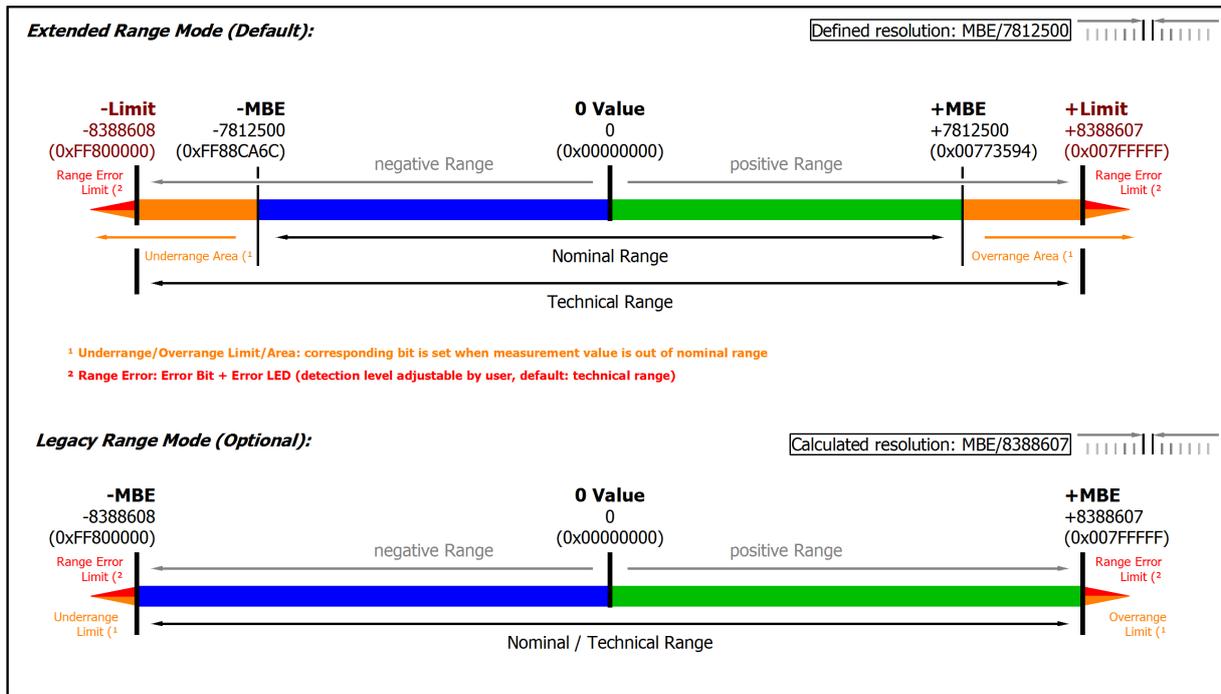


Abb. 22: Übersicht Messbereiche, Bipolar

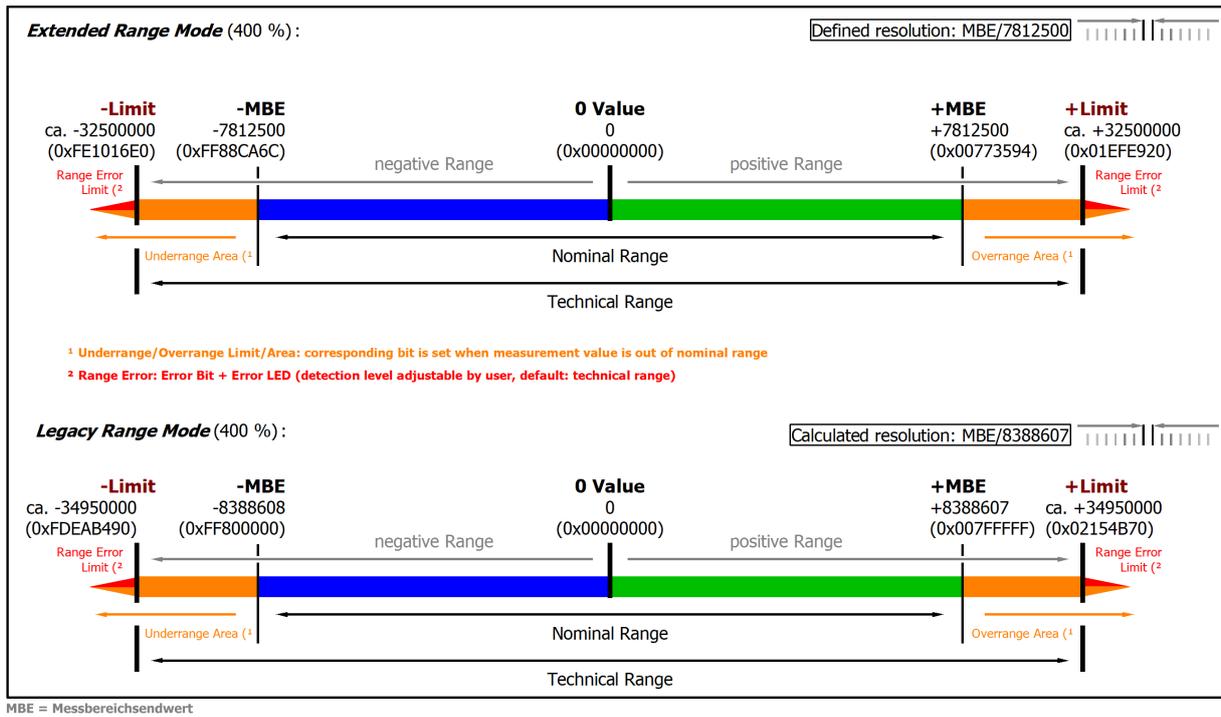


Abb. 23: Übersicht Messbereiche, Bipolar, 400% FSV Range

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.5.3.2 Messung ±1200 V

ELM3002-0205 (vorläufige Angaben)

Messung Modus	±1200 V	
Messbereich, nominell	-1200 ...+1200 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	1200 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-1288,49...+1288,49 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	153,6 µV	39,32.. mV
PDO LSB (Legacy Range)	143,05.. µV	36,62.. mV

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	±1200 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	$< \pm 0,02\%_{\text{MBE}}, < \pm 200 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$ $< \pm 0,24 \text{ V typ.}$	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	$< \pm \text{tbd.}, < \pm \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$ $< \pm \text{tbd. } \mu\text{V typ.}$	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	$< \text{tbd. ppm}$
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Wiederholgenauigkeit ¹⁾	F _{Rep}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	$< 50 \text{ ppm/K typ.}$
	Tk _{Offset}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$ $< \text{tbd. } \mu\text{V/K typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	$< \pm \text{tbd.} = \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	<i>differentiell typ. ca. > 10 MΩ < 1nF</i> <i>CommonMode typ. gegen SGND: tbd.</i>	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002-0205 (50 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB

3.5.3.3 Messung ±600 V

ELM3002-0205 (vorläufige Angaben)

Messung Modus	±600 V	
Messbereich, nominell	-600 ...+600 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	600 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-644,24...+644,24 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	76,8 µV	19,66.. mV
PDO LSB (Legacy Range)	71,52.. µV	18,31.. mV

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	±600 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	$< \pm 0,02 \%_{\text{MBE}}, < \pm 200 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$ $< \pm 0,12 \text{ V typ.}$	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	$< \pm \text{tbd.}, < \pm \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$ $< \pm \text{tbd. } \mu\text{V typ.}$	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	$< \text{tbd. ppm}$
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Wiederholgenauigkeit ¹⁾	F _{Rep}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	$< 50 \text{ ppm/K typ.}$
	Tk _{Offset}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$ $< \text{tbd. } \mu\text{V/K typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	$< \pm \text{tbd.} = \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	<i>differentiell typ. ca. > 10 MΩ < 1nF</i> <i>CommonMode typ. gegen SGND: tbd.</i>	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002-0205 (50 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	< tbd. $\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB

3.5.3.4 Messung ±360 V

ELM3002-0205 (vorläufige Angaben)

Messung Modus	±360 V	
Messbereich, nominell	-360 ...+360 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	360 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-386,547...+386,547 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	46,08 µV	11,79.. mV
PDO LSB (Legacy Range)	42,91.. µV	10,98.. mV

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	±360 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,02% _{MBE} , < ± 200 ppm _{MBE} typ. < ± 72 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ± tbd., < ± tbd. ppm _{MBE} typ. < ± tbd. µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< tbd. ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit ¹⁾	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 50 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K typ. < tbd. µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	< ± tbd. = tbd. ppm _{MBE} typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	differentiell typ. ca. > 10 MΩ < 1nF CommonMode typ. gegen SGND: tbd.	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002-0205 (50 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB

3.5.3.5 Messung ±60 V

ELM3002-0205 (vorläufige Angaben)

Messung Modus	±60 V	
Messbereich, nominell	-60 ...+60 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	60 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-64,414...+64,414 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	7,68 µV	1,966 mV
PDO LSB (Legacy Range)	7,152.. µV	1,831.. mV

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	±60 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	$< \pm 0,02 \%_{\text{MBE}}, < \pm 200 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$ $< \pm 12 \text{ mV typ.}$	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	$< \pm \text{tbd.}, < \pm \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$ $< \pm \text{tbd. } \mu\text{V typ.}$	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	$< \text{tbd. ppm}$
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Wiederholgenauigkeit ¹⁾	F _{Rep}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}$
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	$< 50 \text{ ppm/K typ.}$
	Tk _{Offset}	$< \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$ $< \text{tbd. } \mu\text{V/K typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	$< \pm \text{tbd.} = \text{tbd. ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	differentiell typ. ca. $> 10 \text{ M}\Omega \parallel < 1 \text{ nF}$ CommonMode typ. gegen SGND: tbd.	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3002-0205 (50 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	< tbd. $\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. μV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.		DC: > tbd. dB	50 Hz: > tbd. dB	1 kHz: > tbd. dB

3.6 ELM310x

3.6.1 ELM310x - Einführung



Abb. 24: ELM3102-0000, ELM3104-0000

2- und 4-Kanal-Analog-Eingangsklemme -20/0/+4...+20 mA, 24 Bit, 10/ 20 kSps

Die EtherCAT-Klemmen ELM310x sind auf flexible Strommessung im Bereich -20 bis +20 mA ausgelegt. Dabei bieten sie auswählbare Messbereiche von -20/0/4 bis ± 20 mA ebenso wie Strommessung nach NAMUR NE43.

Der Messbereich ist im CoE auszuwählen, ebenso wie die anderen Einstellmöglichkeiten, wie z. B. die Filterparameter. Unabhängig von der Signalauslegung verfügen alle ELM3xxx-Klemmen über die gleichen technologischen Eigenschaften, die ELM310x für Strommessung bieten dabei eine maximale Samplingrate von 10.000 bzw. 20.000 Samples je Sekunde. Der 2-polige Stecker (Push-in) ist zu Wartungszwecken abnehmbar, ohne die einzelnen Adern zu lösen.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- Mit Werkskalibrierzertifikat als ELM310x-0020: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkks) als ELM310x-0030: auf Anfrage
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[► 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 607\]](#)

3.6.2 ELM310x - Technische Daten

Technische Daten	ELM3102-0000	ELM3104-0000, ELM3104-0020, ELM3104-0030
Analoge Eingänge	2 Kanal (differentiell)	4 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird	
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate	
	5,12 MSps	8 MSps
Grenzfrequenz Eingangsfiler Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 30 kHz Typ Butterworth 3.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung:	
	Tiefpass -3 dB @ 5,3 kHz, Anstiegszeit 150 μ s	Tiefpass -3 dB @ 2,6 kHz, Anstiegszeit 300 μ s
	Typ sinc3/Mittelwertfilter <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>	
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
Anschluss technik	2 Leiter	
Samplingrate (je Kanal, simultan)	50 μ s/20 kSps	100 μ s/10 kSps
	freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor	
Oversampling	1...100 wählbar	
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt	
Anschlussdiagnose	Keine; Empfehlung: 4...20 mA Messbereich	
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden	
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf -Uv (interne Masse)	+IN1, -IN1: bei ca. 12 \pm 0,5 V	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 340 mA	typ. 490 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-	
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W	
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen \pm I1, \pm I2, +Uv und -Uv: Unversorgt \pm 40 V, Versorgt \pm 36 V Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung während bestimmungsgemäßem Betrieb zwischen \pm I1 und \pm I2: typ. \pm 10 V gegen -Uv Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	

Allgemeine Daten	ELM3102-0000	ELM3104-0000, ELM3104-0020, ELM3104-0030
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit \ll 1 μ s	
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

²⁾ siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3102-0000	ELM3104-0000, ELM3104-0020, ELM3104-0030
Anschlussart	2 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]	
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715	
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854]	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	ELM310x-0000: -25...+60 °C ELM3104-0020/ ELM310x-0030: 0...+55 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	ELM310x-0000: -40...+85 °C ELM3104-0020/ ELM310x-0030: -25...+85 °C	
Umweltangaben	ELM3102-0000	ELM3104-0000, ELM3104-0020, ELM3104-0030
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)	
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung	
Schutzart	IP 20	
Normative Angaben	ELM3102-0000	ELM3104-0000, ELM3104-0020, ELM3104-0030
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]	
EMV Hinweise	Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 auf einen Kabelschirm kann zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE führen.	

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.6.2.1 ELM310x Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Strom	2-Leiter	±20 mA (-20...20 mA)	Extended	±21,474.. mA
			Legacy	±20 mA
		+20 mA (0...20 mA)	Extended	0...21,474.. mA
			Legacy	0...20 mA
		+20 mA (4...20 mA)	Extended	0...21,179 mA
			Legacy	4...20 mA
+20 mA (4...20 mA NAMUR)	Extended	3,6...21 mA		
	Legacy	4...20 mA		

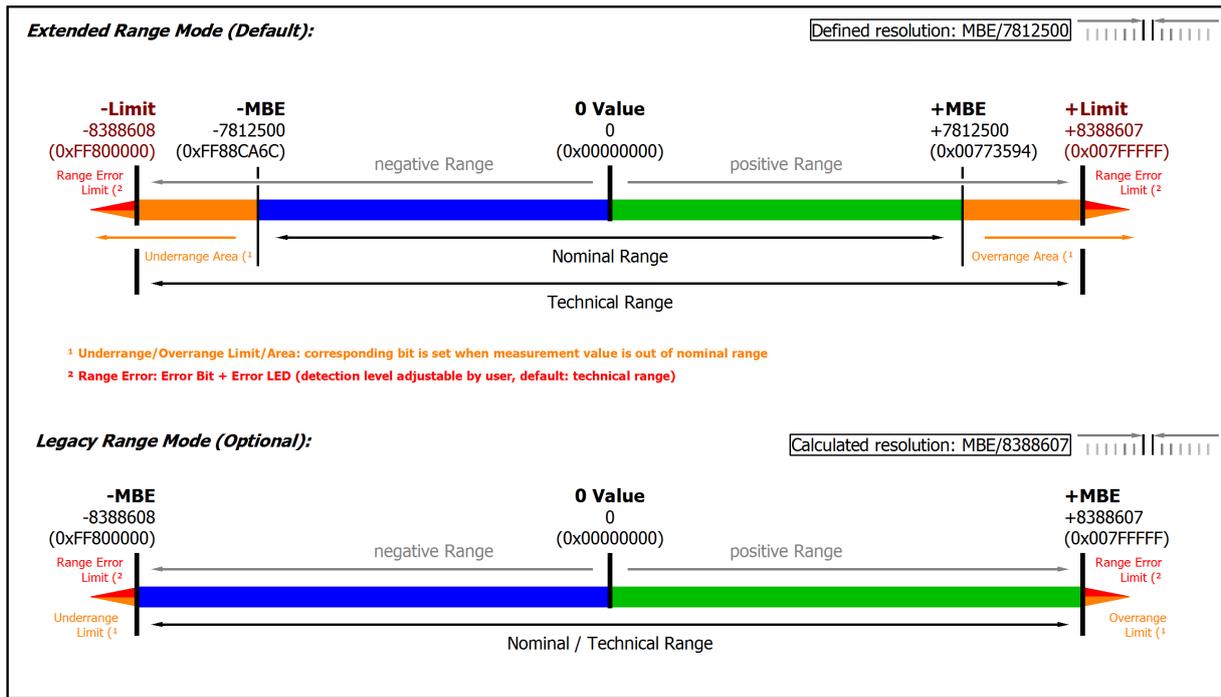


Abb. 25: Übersicht Messbereiche, Bipolar

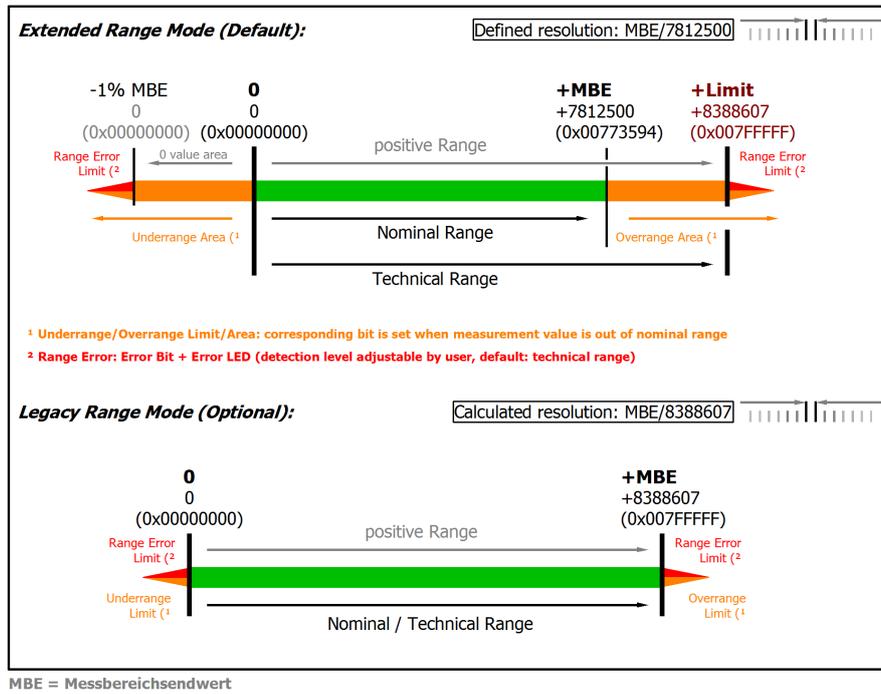


Abb. 26: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.6.2.2 Messung ±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43

ELM310x

Messung Modus	±20 mA		0...20 mA		4...20 mA		3,6...21 mA (NAMUR NE43)	
Messbereich, nominell	-20...+20 mA		0...20 mA		4...20 mA		4...20 mA	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mA							
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,179 mA, überstromgeschützt		3,6...21 mA, überstromgeschützt	
Absicherung	Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest							
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nA	655,36 nA	2,56 nA	655,36 nA	2,048 nA	524,288 nA	2,048 nA	524,288 nA
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nA	610,37.. nA	2,384.. nA	610,37.. nA	1,907.. nA	488,29.. nA	n.a.	
Gleichtaktspannung U _{cm}	max. ±10V bezogen auf –U _v (interne Masse)							
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 150 Ω 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND							

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben:

Messung Modus		±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾		< ± 0,008 %, < ± 80 ppm _{MBE} typ. < ±1,6 µA typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾		< ±0,0135 %, < ±135 ppm _{MBE} typ. < ± 2,7 µA typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 25 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 45 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 10 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 3 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,03 nA/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		<i>Wert folgt...</i> ppm _{MBE} typ.

³⁾ Gültig für ELM3102-00x0 ab HW02; gültig für ELM3104-00x0 ab HW04; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3102 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	F_{Noise_PIP}	< 150 ppm _{MBE}	< 1172 [digits]	< 3,00 µA
	F_{Noise_RMS}	< 25 ppm _{MBE}	< 195 [digits]	< 0,50 µA
	Max. SNR	> 92,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nA}{\sqrt{Hz}}$ < 5,0		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F_{Noise_PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 [digits]	< 0,24 µA
	F_{Noise_RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 [digits]	< 40,0 nA
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: < 5,5 nA/V	50 Hz: < 70 nA/V	1 kHz: < 2 µA/V	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: < 5,5 nA/V	50 Hz: < 20 nA/V	1 kHz: < 20 nA/V	

ELM3104 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	F_{Noise_PIP}	< 118 ppm _{MBE}	< 922 [digits]	< 2,36 µA
	F_{Noise_RMS}	< 19 ppm _{MBE}	< 148 [digits]	< 0,38 µA
	Max. SNR	> 94,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nA}{\sqrt{Hz}}$ < 5,37		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F_{Noise_PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 [digits]	< 0,24 µA
	F_{Noise_RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 [digits]	< 40,0 nA
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: < 5,5 nA/V	50 Hz: < 70 nA/V	1 kHz: < 2 µA/V	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: < 5,5 nA/V	50 Hz: < 20 nA/V	1 kHz: < 20 nA/V	

Strommessbereich ±20 mA

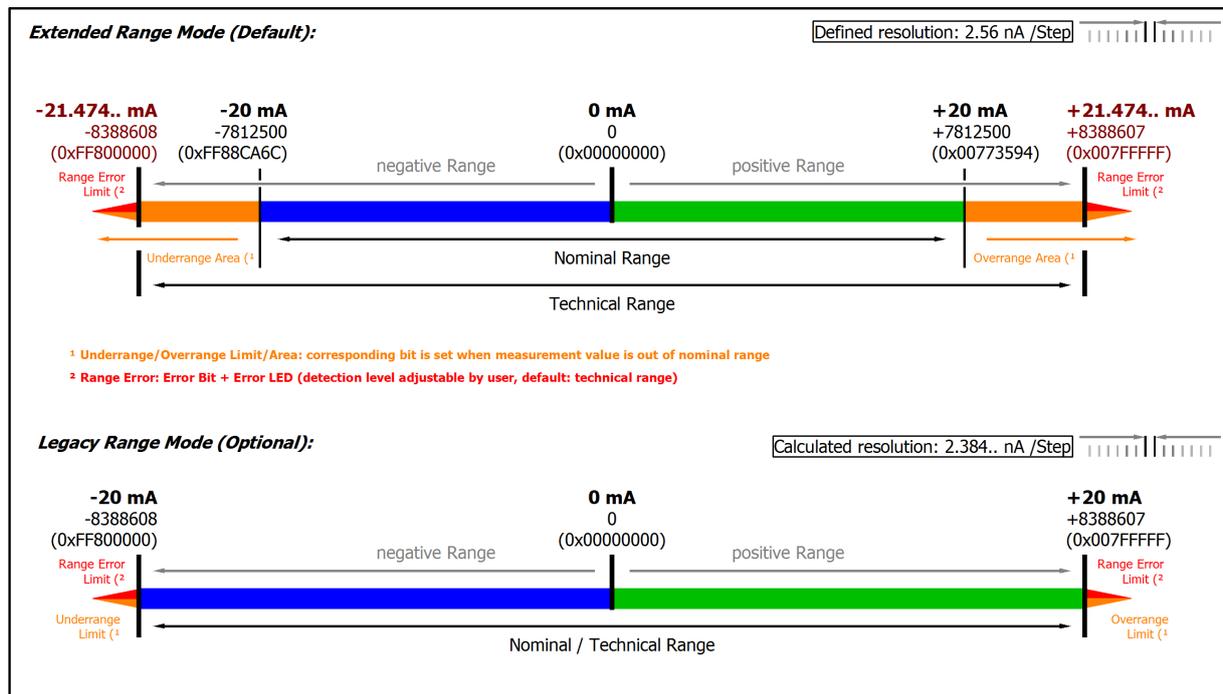


Abb. 27: Darstellung Strommessbereich ±20 mA

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange-Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Strommessbereich 0...20 mA

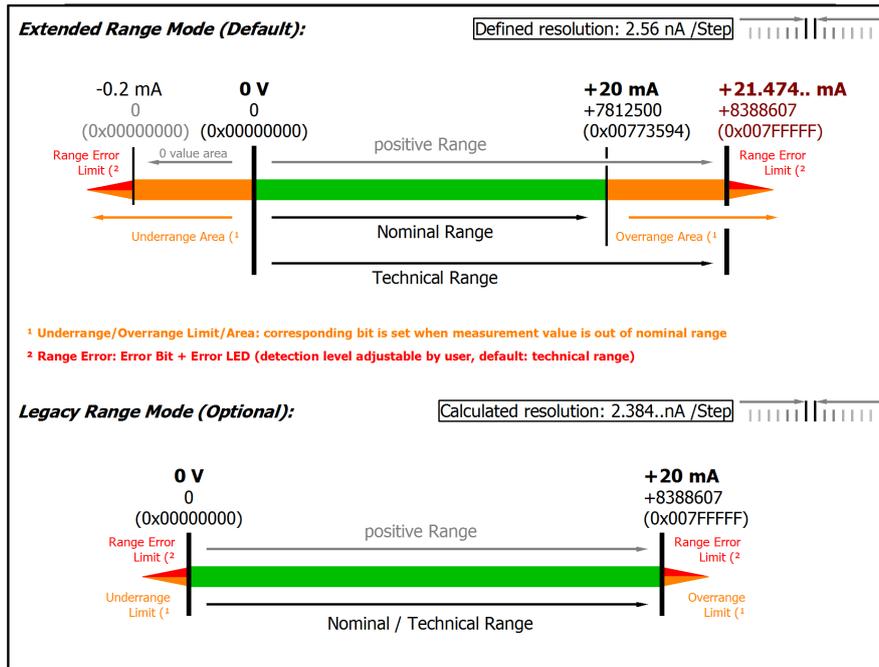


Abb. 28: Darstellung Strommessbereich 0...20 mA

Strommessbereich 4...20 mA

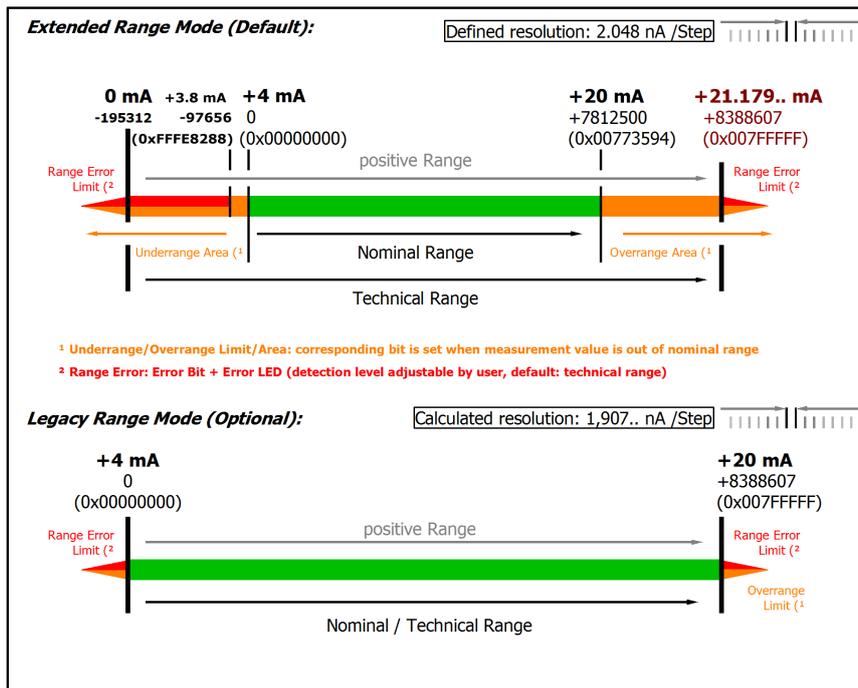


Abb. 29: Darstellung Strommessbereich 4...20 mA

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

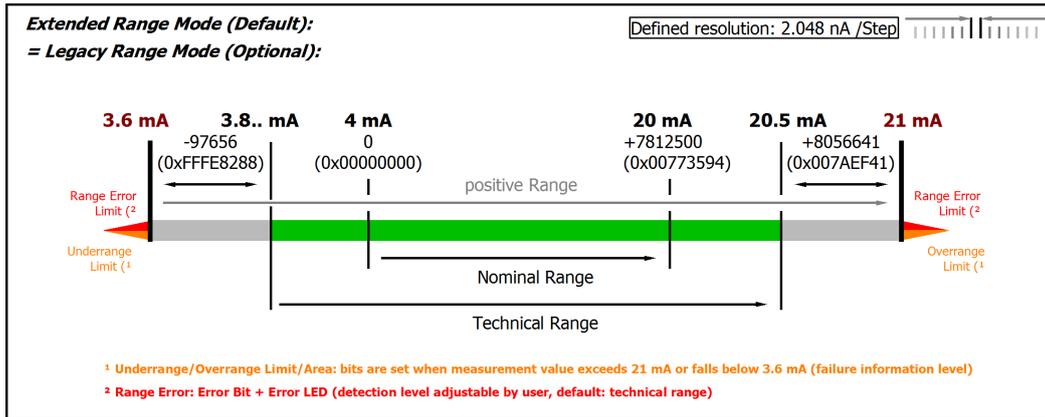


Abb. 30: Darstellung Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

i Nur Extended Range Mode bei Messbereich 4 mA NAMUR

In diesem Messbereich ist kein Legacy Range Mode verfügbar. Eine Umstellung auf den Extended Range Mode erfolgt automatisch und ein Schreibzugriff auf das entsprechende CoE Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird zwar nicht abgelehnt, führt aber zu keiner Änderung des Parameters.

3.7 ELM3102-01x0

3.7.1 ELM3102-01x0 - Einführung



Abb. 31: ELM3102-01x0

2-Kanal-Analog-Eingangsklemme ± 60 V.. ± 20 mV, -20/0/+4...+20 mA, 24 Bit, 20 kSps, 2 pol. Push-in

Die EtherCAT-Klemmen der ELM3xxx-Serie wurden entwickelt, um die gängigen elektrischen Signale im industriellen Umfeld hochwertig messtechnisch erfassen zu können. Besonders im Labor- und Prüftechnikumfeld sind flexibel einsetzbare Messgeräte gewünscht. Deshalb verfügt die Multifunktionsklemme ELM3102-0100 über zwei Kanäle, die über EtherCAT auf 17 verschiedene Messbereiche im 2-Leiteranschluss eingestellt werden können: auf Spannung ± 60 V bis ± 20 mV und Strom ± 20 mA. Somit sind die elektrischen Messaufgaben für Spannung und Strom mit nur einer Klemme lösbar. Die beiden Kanäle sind nicht nur wie in allen ELM3xxx-Klemmen während des Betriebs unabhängig voneinander einstellbar sondern auch untereinander und gegen den EtherCAT-Bus galvanisch getrennt.

Der Messbereich ist im CoE auszuwählen, ebenso wie die anderen Einstellmöglichkeiten, wie z. B. die Filterparameter. Unabhängig von der Signalauslegung verfügen alle ELM3xxx-Klemmen über die gleichen technologischen Eigenschaften, die ELM3102-0100 für Spannungs-/ Strommessung bietet dabei eine maximale Samplingrate von 20.000 Samples je Sekunde und Kanal. Der 2-polige Stecker (Push-in) ist zu Wartungszwecken abnehmbar, ohne die einzelnen Adern zu lösen.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkks) als ELM3102-0130: auf Anfrage
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[► 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 616\]](#)

3.7.2 ELM3102-01x0 - Technische Daten

Technische Daten	ELM3102-0100/ ELM3102-0120/ ELM3102-0130
Analoge Eingänge	2 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate 5,12 MSps
Grenzfrequenz Eingangsfilter Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 30 kHz Typ Butterworth 3.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass -3 dB @ 5,3 kHz, Anstiegszeit 150 μ s Typ sinc3/Mittelwertfilter <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)
Anschlusstechnik	2-/3-/4-/5-/6-Leiter
Samplingrate (je Kanal, simultan)	50 μ s/20 kSps freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor
Oversampling	1...100 wählbar
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt
Innenwiderstand	> 500 k Ω (60 V); > 4 M Ω (andere) ; 150 Ω (Strom)
Einsatzbereich Spannungsmessung	\pm 60/10/5/2,5/1,25 V, \pm 640/320/160/80/40/20 mV, 0...5/10 V, 2-Leiter-Anschluss
Einsatzbereich Strommessung	\pm 20 mA, 0/4...20 mA, NAMUR NE43, 2-Leiter-Anschluss
Anschlussdiagnose	Drahtbruch/Kurzschluss
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf GND	Wert folgt
Eigenversorgung	über E-Bus
Stromaufnahme E-Bus	typ. 390 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen \pm 11, \pm 12, +Uv und -Uv: Unversorgt \pm 40 V, Versorgt \pm 36 V Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung während bestimmungsgemäßem Betrieb zwischen \pm 11 und \pm 12: typ. \pm 35 V gegen -Uv im 60 V-Messbereich \pm 10 V gegen -Uv in allen anderen Messbereichen Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND

Allgemeine Daten	ELM3102-0100/ ELM3102-0120/ ELM3102-0130
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit << 1 μ s
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)
Potentialtrennung Kanal/GND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.

1) siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

2) siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3102-0100/ ELM3102-0120/ ELM3102-0130
Anschlussart	2 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel <u>Gehäuse</u> [► 850]
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel <u>Hinweise Anslusstechnik</u> [► 854]
Gewicht	ca. 350 g
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0...+55 °C
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C

Umweltangaben	ELM3102-0100/ ELM3102-0120/ ELM3102-0130
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung
Schutzart	IP 20

Normative Angaben	ELM3102-0100/ ELM3102-0120/ ELM3102-0130
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]
EMV Hinweise	Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 auf einen Kabelschirm kann zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE führen.

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.7.2.1 ELM3102-01x0 Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±60 V	Extended	±64,414.. V
			Legacy	±60 V
		±10 V	Extended	±10,737.. V
			Legacy	±10 V
		±5 V	Extended	±5,368.. V
			Legacy	±5 V
		±2,5 V	Extended	±2,684.. V
			Legacy	±2,5 V
		±1,25 V	Extended	±1,342.. V
			Legacy	±1,25 V
		±640 mV	Extended	±687,2.. mV
			Legacy	±640 mV
		±320 mV	Extended	±343,6.. mV
			Legacy	±320 mV
		±160 mV	Extended	±171,8.. mV
			Legacy	±160 mV
		±80 mV	Extended	±85,9.. mV
			Legacy	±80 mV
±40 mV	Extended	±42,95.. mV		
	Legacy	±40 mV		
±20 mV	Extended	±21,474.. mV		
	Legacy	±20 mV		
Spannung	2-Leiter	+10 V	Extended	0... 10,737.. V
			Legacy	0... 10 V
		+5 V	Extended	0... 5,368.. V
			Legacy	0... 5 V
Strom	2-Leiter	±20 mA (-20...20 mA)	Extended	±21,474.. mA
			Legacy	±20 mA
		+20 mA (0...20 mA)	Extended	0... 21,474.. mA
			Legacy	0... 20 mA
		+20 mA (4...20 mA)	Extended	0... 21,179 mA
			Legacy	4... 20 mA
		+20 mA (4...20 mA NAMUR)	Extended	3,6... 21 mA
			Legacy	4... 20 mA

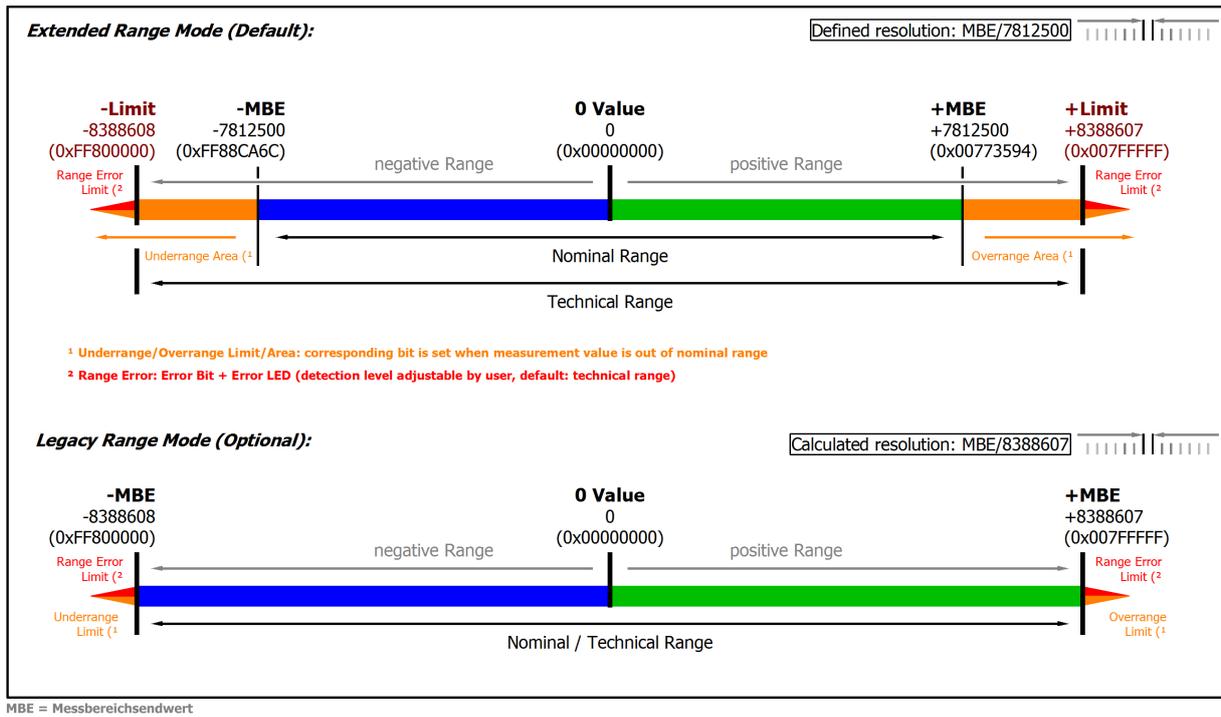


Abb. 32: Übersicht Messbereiche, Bipolar

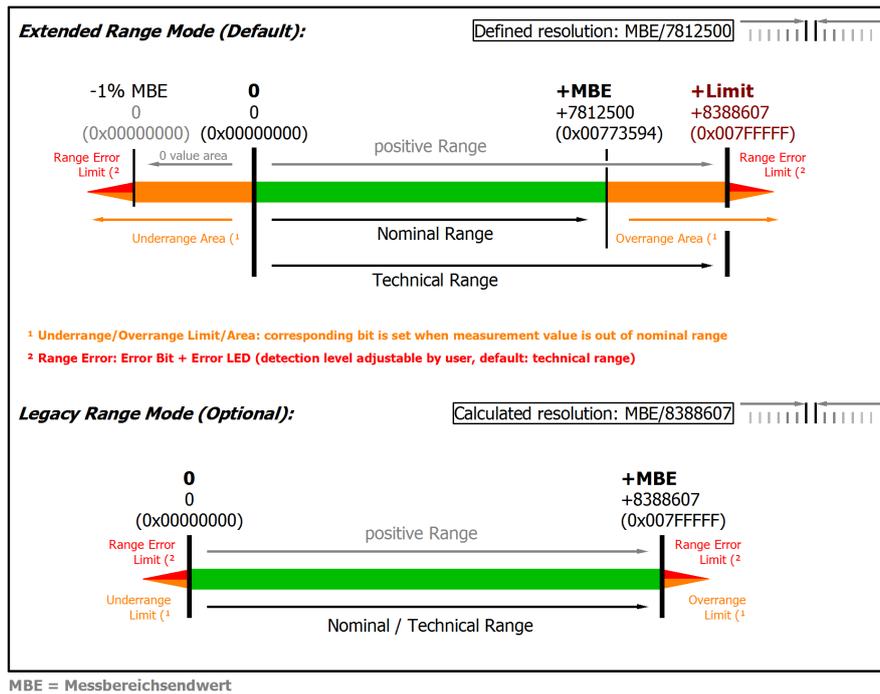


Abb. 33: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2 Messung 5V/ 10V/ ±20 mV..±60 V

3.7.2.2.1 Messung ±60 V

Messung Modus		±60 V
Messbereich, nominell		-60...+60 V
Messbereich, Endwert (MBE)		60 V
Messbereich, technisch nutzbar		-64,414...+64,414 V
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		7,68 µV 1,966 mV
PDO LSB (Legacy Range)		7,152.. µV 1,831.. mV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,03 %, < ±300 ppm _{MBE} typ. < ±18 mV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,04 %, < ±400 ppm _{MBE} typ. < ±24 mV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 100 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 280 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 10,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 8 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 2,0 ppm _{MBE} /K typ. < 120 µV/K typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 485 kΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±60 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 75 ppm _{MBE}	< 586 digits	< 4,50 mV
	F _{Noise, RMS}	< 13 ppm _{MBE}	< 98 digits	< 0,75 mV
	Max. SNR	> 98,1 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 10,61		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,72 mV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >td. dB typ.	50 Hz: >td. dB typ.	1 kHz: >td. dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >td. dB typ.	50 Hz: >td. dB typ.	1 kHz: >td. dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±td. % = tbd. ppm _{MBE} typ.		

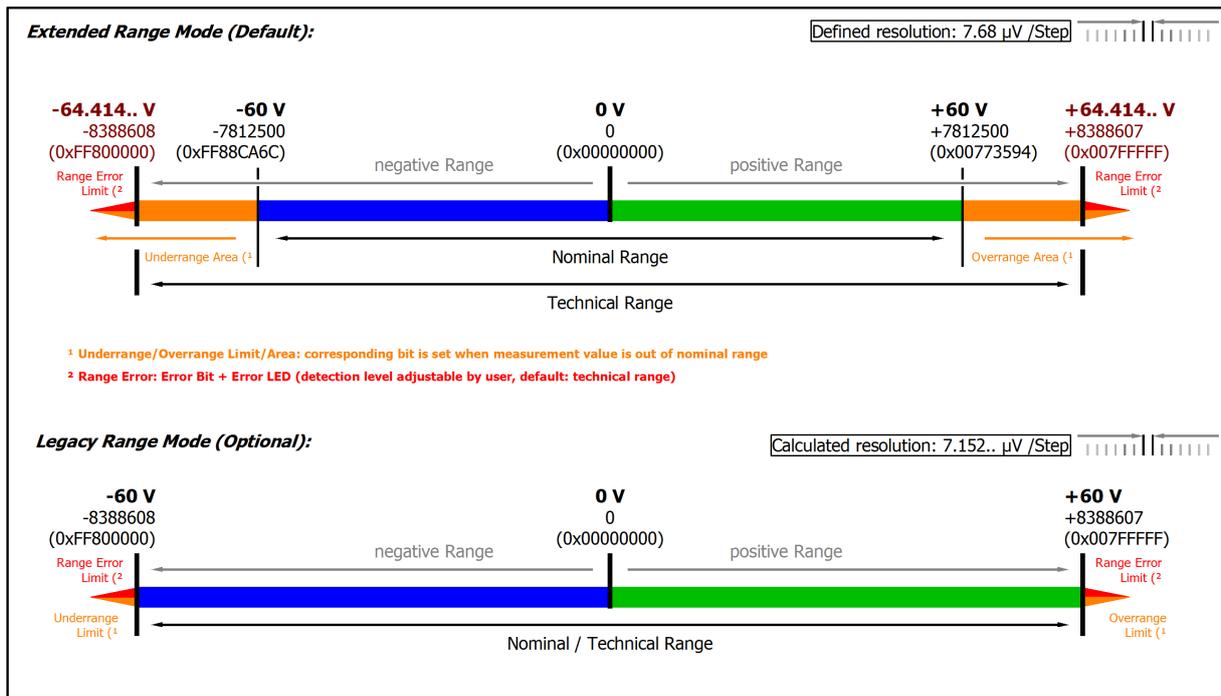


Abb. 34: Darstellung $\pm 60\text{ V}$ Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.2 Messung ±10 V, 0...10 V

Messung Modus	±10 V		0...10 V	
Messbereich, nominell	-10...+10 V		0...10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V			
Messbereich, technisch nutzbar	-10,737...+10,737 V		0...10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV	1,192.. µV	305,18.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,50 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,90 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	TK _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 10 µV/K typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF			
	CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND			

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±10 V, 0...10 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,70 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 1,70		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 120,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 20,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.			

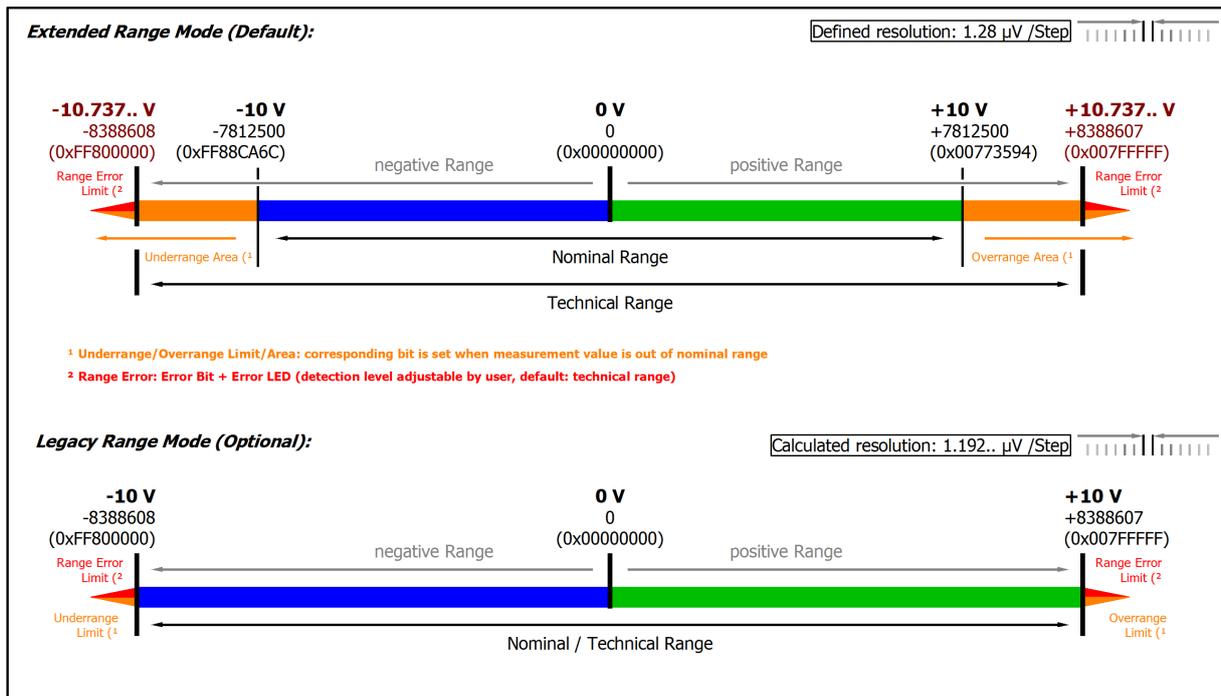


Abb. 35: Darstellung $\pm 10\text{ V}$ Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

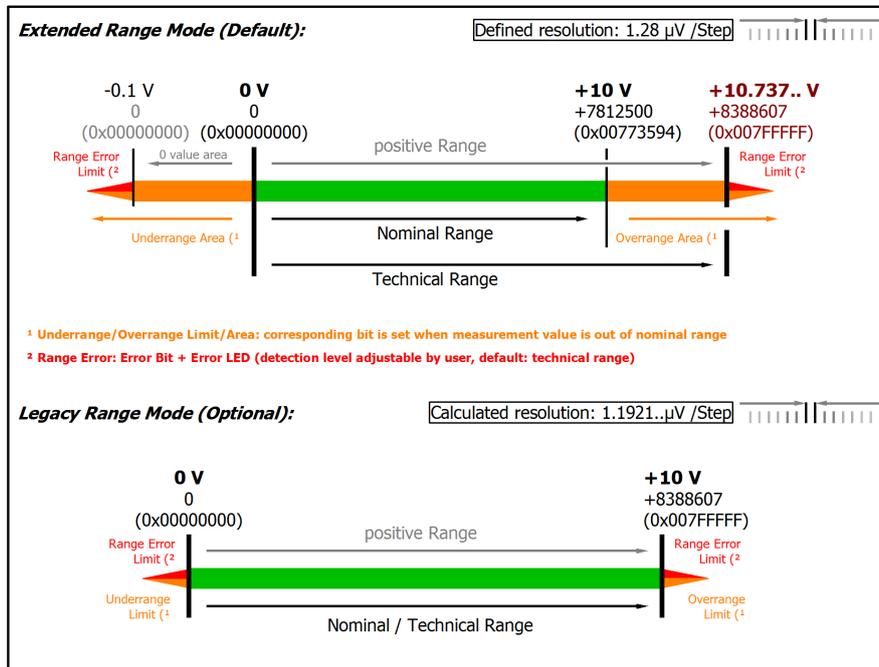


Abb. 36: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.7.2.2.3 Messung ±5 V, 0...5 V

Messung Modus		±5 V		0...5 V	
Messbereich, nominell		-5...+5 V		0...5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)		5 V			
Messbereich, technisch nutzbar		-5,368...+5,368 V		0... 5,368 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		640 nV	163,84 µV	640 nV	163,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)		596.. nV	152,59.. µV	596.. nV	152,59.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,25 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,45 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}			
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm			
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}			
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}			
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< 2 ppm/K typ.			
	TK _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 5 µV/K typ.			
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND			

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±5 V, 0...5 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,35 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,85		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 10,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

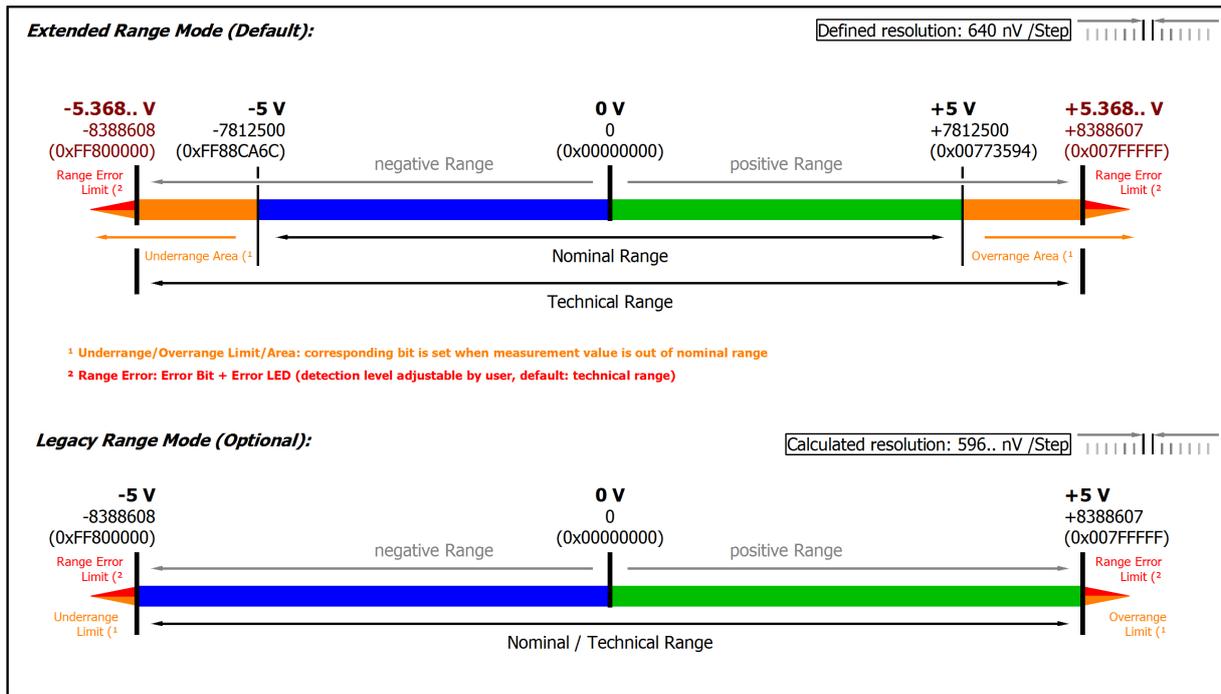


Abb. 37: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

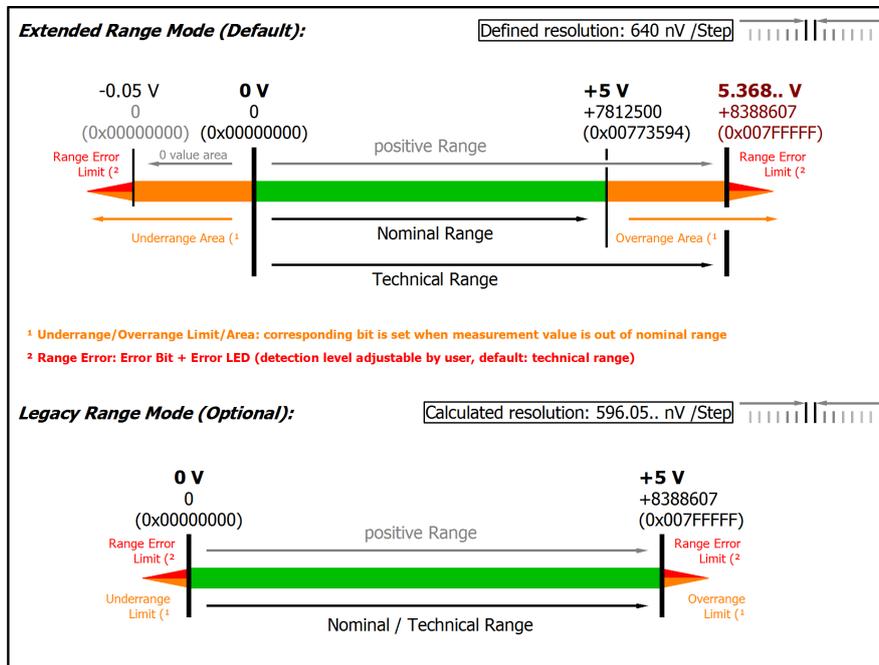


Abb. 38: Darstellung 0...5 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.7.2.2.4 Messung ±2,5 V

Messung Modus		±2,5 V	
Messbereich, nominell		-2,5...+2,5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)		2,5 V	
Messbereich, technisch nutzbar		-2,684...+2,684 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		320 nV	81,92 µV
PDO LSB (Legacy Range)		298.. nV	76,29.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,13 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,23 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 2,50 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582|

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ |> 23| zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±2,5 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,18 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,42		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 5,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

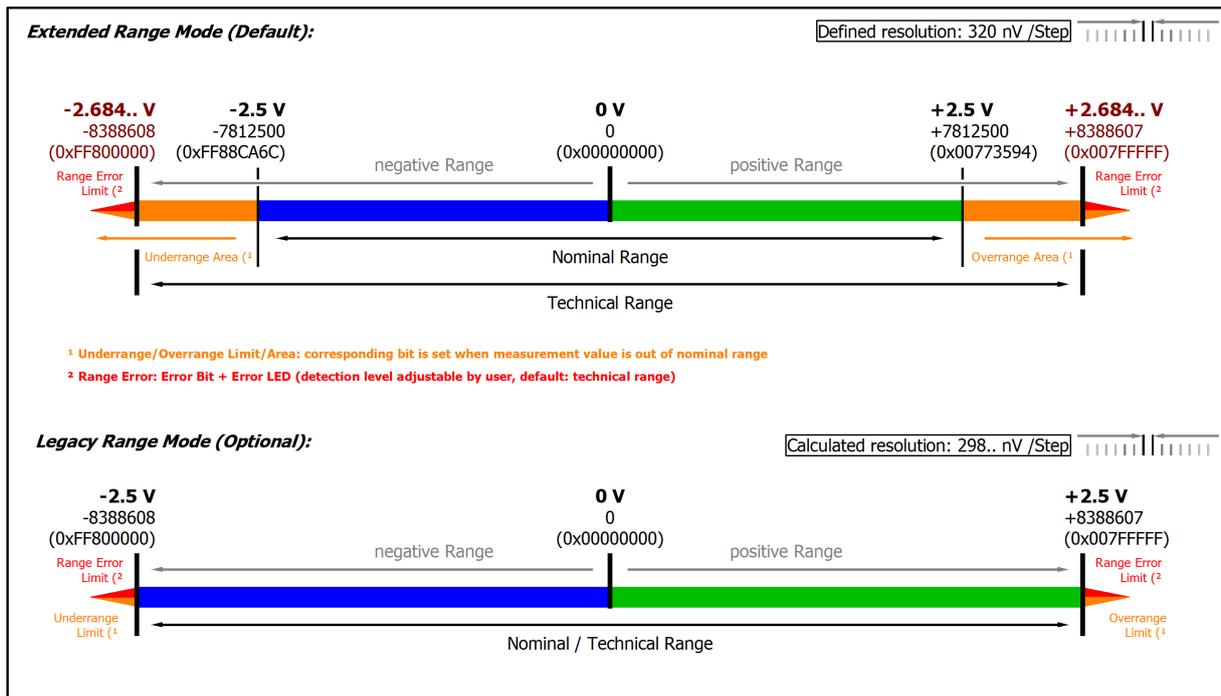


Abb. 39: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.5 Messung ±1,25 V

Messung Modus		±1,25 V	
Messbereich, nominell		-1,25...+1,25 V	
Messbereich, Endwert (MBE)		1,25 V	
Messbereich, technisch nutzbar		-1,342...+1,342 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		160 nV	40,96 µV
PDO LSB (Legacy Range)		149.. nV	38,14.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±62,5 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,1 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 1,25 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ |> 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±1,25 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 87,50 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,21		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 2,50 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

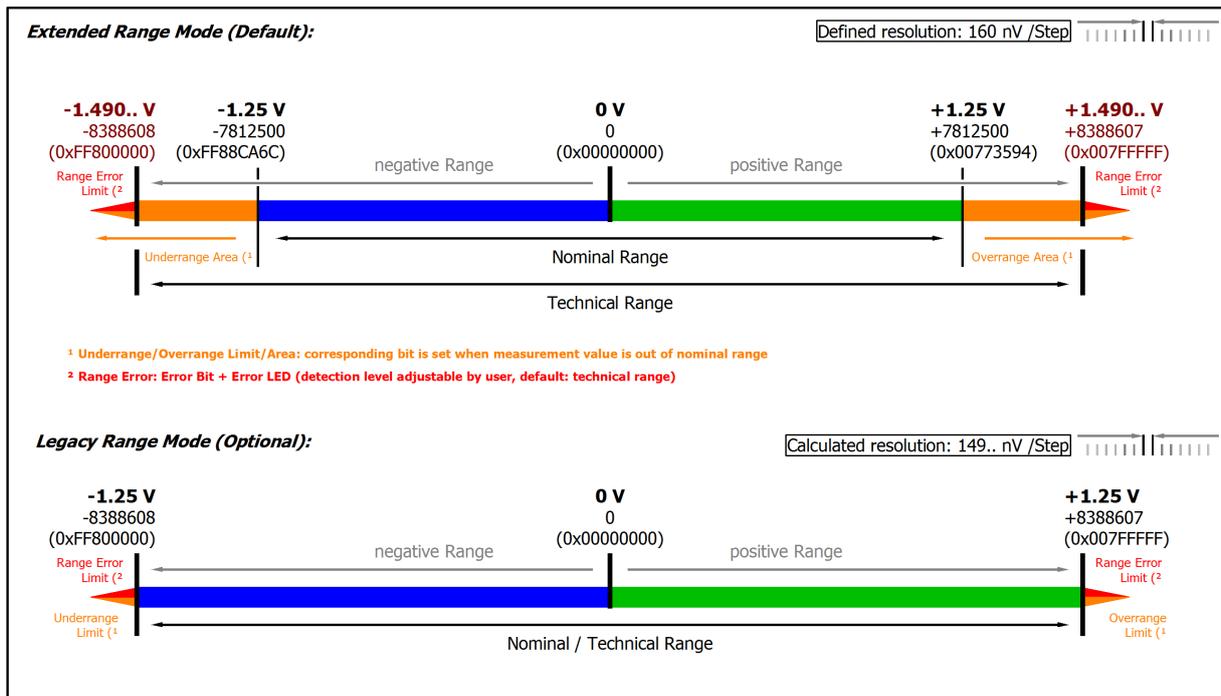


Abb. 40: Darstellung ±1,25 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.6 Messung ±640 mV

Messung Modus		±640 mV	
Messbereich, nominell		-640...+640 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)		640 mV	
Messbereich, technisch nutzbar		-687,2...+687,2 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		81,92 nV	20,97152 µV
PDO LSB (Legacy Range)		76,29.. nV	19,53.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±32,0 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,0095 %, < ±95 ppm _{MBE} typ. < ±60,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,96 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23](#) zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±640 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 44,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,11		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 1,28 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

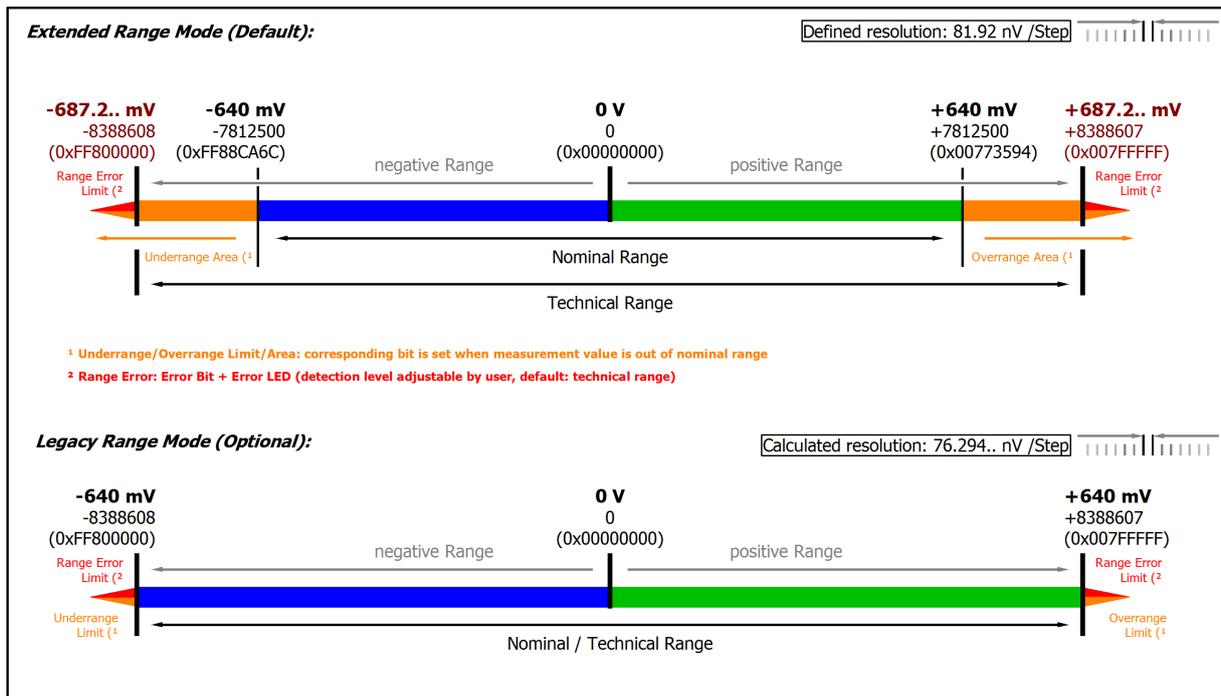


Abb. 41: Darstellung ±640 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.7 Messung ±320 mV

Messung Modus		±320 mV	
Messbereich, nominell		-320...+320 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)		320 mV	
Messbereich, technisch nutzbar		-343,6...+343,6 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		40,96 nV	10,48576 µV
PDO LSB (Legacy Range)		38,14.. nV	9,765.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,0065 %, < ±65 ppm _{MBE} typ. < ±20,8 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,0115 %, < ±115 ppm _{MBE} typ. < ±36,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 40 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 2,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,64 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23](#) zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±320 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 22,40 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 3,84 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,05		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 3,84 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,64 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

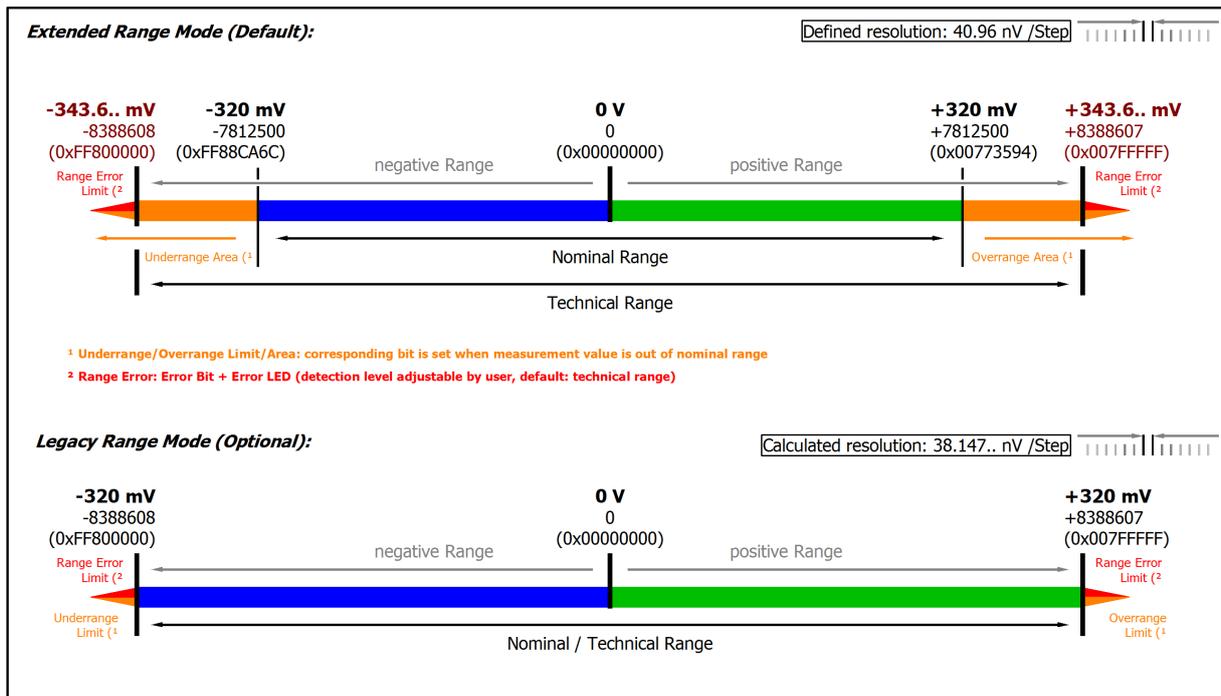


Abb. 42: Darstellung ±320 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.8 Messung ±160 mV

Messung Modus		±160 mV	
Messbereich, nominell		-160...+160 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)		160 mV	
Messbereich, technisch nutzbar		-171,8...+171,8 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		20,48 nV	5,24288 µV
PDO LSB (Legacy Range)		19,07.. nV	4,882.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,0085 %, < ±85 ppm _{MBE} typ. < ±13,6 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,0155 %, < ±155 ppm _{MBE} typ. < ±24,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 65 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 35 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 3,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,56 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23](#) zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±160 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 14,40 µV
	F _{Noise, RMS}	< 15 ppm _{MBE}	< 117 digits	< 2,40 µV
	Max. SNR	> 96,5 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 2,88 µV
	F _{Noise, RMS}	< 3,0 ppm _{MBE}	< 23 digits	< 0,48 µV
	Max. SNR	> 110,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

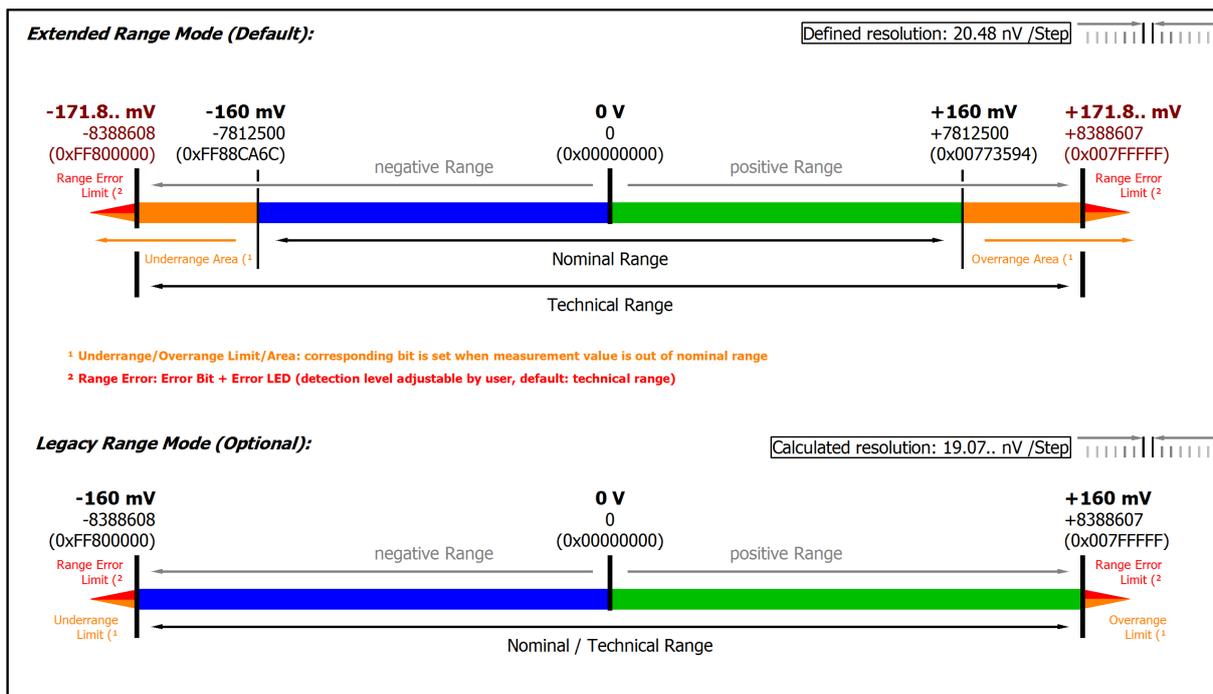


Abb. 43: Darstellung ±160 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.9 Messung ±80 mV

Messung Modus		±80 mV	
Messbereich, nominell		-80...+80 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)		80 mV	
Messbereich, technisch nutzbar		-85,9...+85,9 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		10,24 nV	2,62144 µV
PDO LSB (Legacy Range)		9,536.. nV	2,441.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,011 %, < ±110 ppm _{MBE} typ. < ±8,8 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±16,4 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 95 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 7,5 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 5,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582|

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ |> 23| zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±80 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 150 ppm _{MBE}	< 1172 digits	< 12,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 25 ppm _{MBE}	< 195 digits	< 2,00 µV
	Max. SNR	> 92,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 24 ppm _{MBE}	< 188 digits	< 1,92 µV
	F _{Noise, RMS}	< 4,0 ppm _{MBE}	< 31 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 108,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

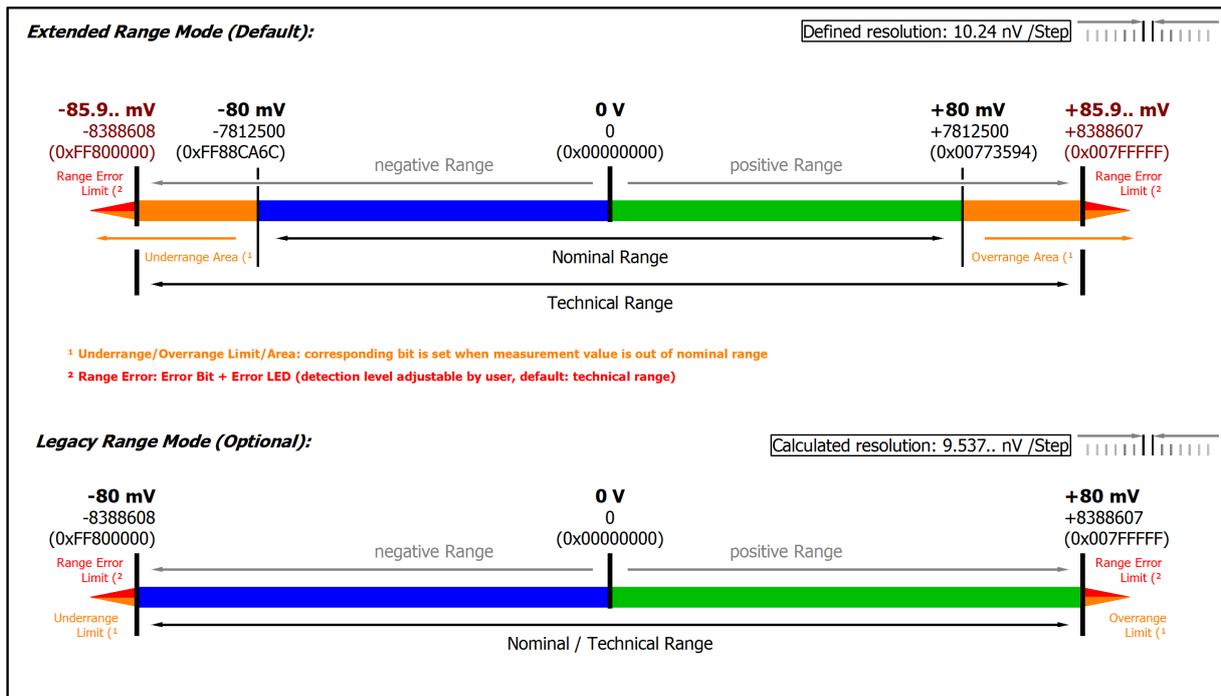


Abb. 44: Darstellung ±80 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.10 Messung ±40 mV

Messung Modus		±40 mV	
Messbereich, nominell		-40...+40 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)		40 mV	
Messbereich, technisch nutzbar		-42,95...+42,95 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		5,12 nV	1,31072 µV
PDO LSB (Legacy Range)		4,768.. nV	1,220.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±8,2 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,0395 %, < ±395 ppm _{MBE} typ. < ±15,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 190 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 50 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 60 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 10,0 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 3 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 10,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582|

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ |> 23| zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±40 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 270 ppm _{MBE}	< 2109 digits	< 10,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 45 ppm _{MBE}	< 352 digits	< 1,80 µV
	Max. SNR	> 86,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 48 ppm _{MBE}	< 375 digits	< 1,92 µV
	F _{Noise, RMS}	< 8,0 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 101,9 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		Wert folgt		

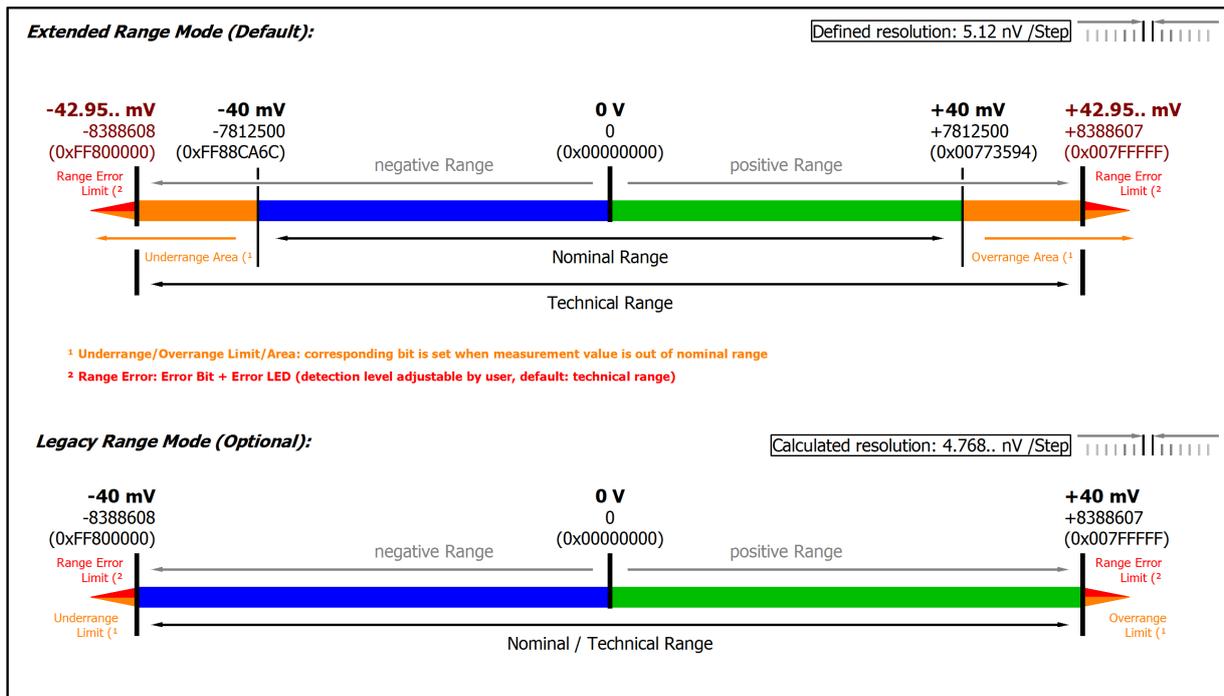


Abb. 45: Darstellung ±40 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.2.11 Messung ±20 mV

Messung Modus		±20 mV	
Messbereich, nominell		-20...+20 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)		20 mV	
Messbereich, technisch nutzbar		-21,474...+21,474 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		2,56 nV	655,36 nV
PDO LSB (Legacy Range)		2,384.. nV	610,37.. nV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,04 %, < ±400 ppm _{MBE} typ. < ±8,0 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,077 %, < ±770 ppm _{MBE} typ. < ±15,4 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 380 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 60 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 100 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25,0 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 4 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 20,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ |> 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben

Messung Modus		±20 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 540 ppm _{MBE}	< 4219 digits	< 10,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 1,80 µV
	Max. SNR	> 80,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 1,60 µV
	F _{Noise, RMS}	< 13,0 ppm _{MBE}	< 102 digits	< 0,26 µV
	Max. SNR	> 97,7 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		Wert folgt		

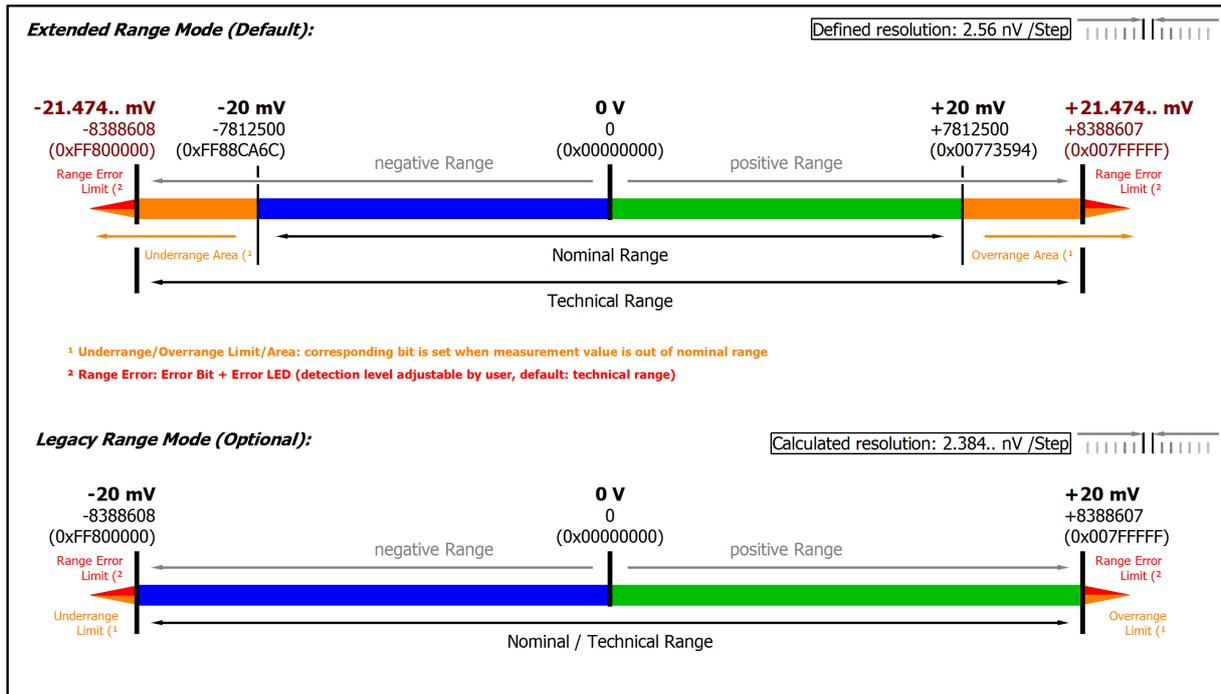


Abb. 46: Darstellung ±20 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.7.2.3 Messung ±20 mA/ 0..20 mA/ 4..20 mA/NAMUR

3.7.2.3.1 Messung ±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43

Messung Modus	±20 mA		0...20 mA		4...20 mA		3,6...21 mA (NAMUR NE43)	
Messbereich, nominell	-20...+20 mA		0...20 mA		4...20 mA		4...20 mA	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mA							
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,179 mA, überstromgeschützt		3,6...21 mA, überstromgeschützt	
Absicherung	Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest							
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nA	655,36 nA	2,56 nA	655,36 nA	2,048 nA	524,288 nA	2,048 nA	524,288 nA
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nA	610,37.. nA	2,384.. nA	610,37.. nA	1,907.. nA	488,29.. nA	n.a.	
Gleichtaktspannung U _{cm}	max. ±10V bezogen auf -U _v (interne Masse)							
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 150 Ω 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND							

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,01% = 100 ppm _{MBE} typ.		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 65 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 50 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 40 ppm _{MBE}	
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 100 ppm _{MBE}	< 781 [digits]
	F _{Noise, RMS}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 [digits]
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nA}{\sqrt{Hz}}$ < 5,09	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 10 ppm _{MBE}	< 78 [digits]
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 15 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ.	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 5 nA/V typ.	1 kHz: < 80 nA/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 3 nA/V typ.	1 kHz: < 3 nA/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt [ppm] typ. (MBE)		

Strommessbereich ±20 mA

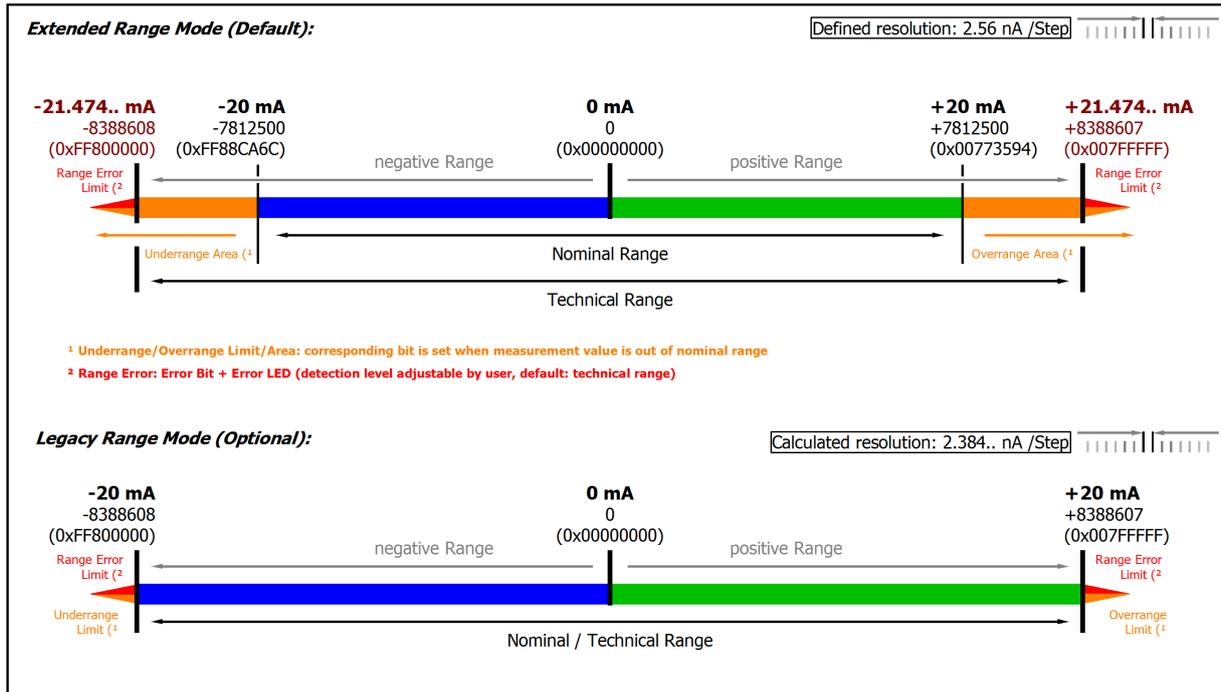


Abb. 47: Darstellung Strommessbereich ±20 mA

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Strommessbereich 0...20 mA

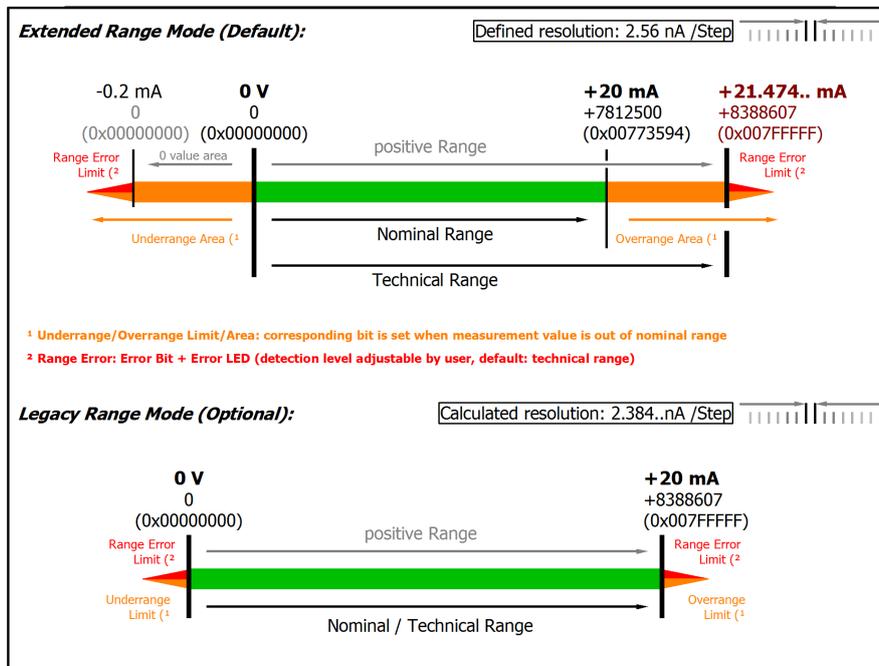


Abb. 48: Darstellung Strommessbereich 0...20 mA

Strommessbereich 4...20 mA

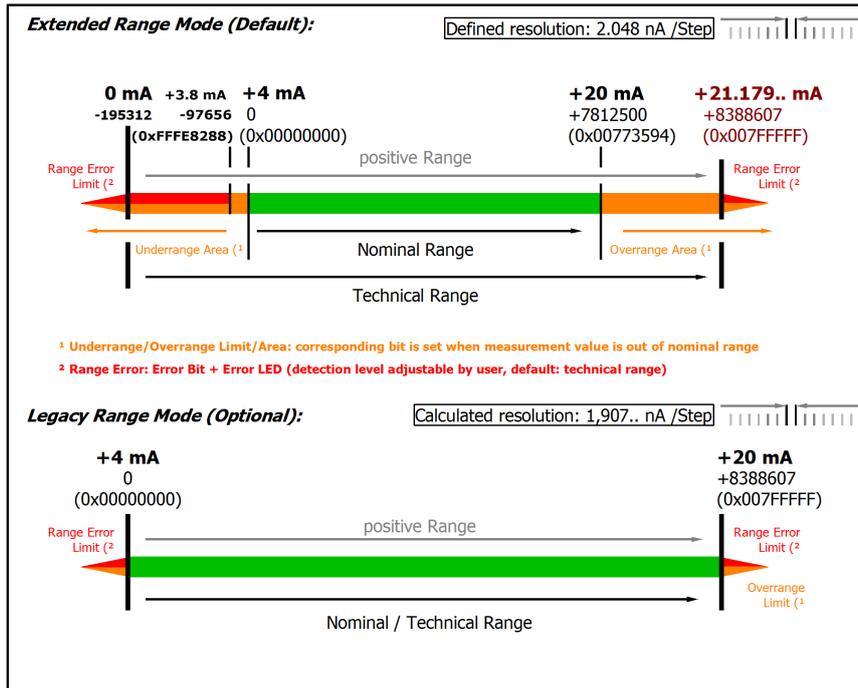


Abb. 49: Darstellung Strommessbereich 4...20 mA

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

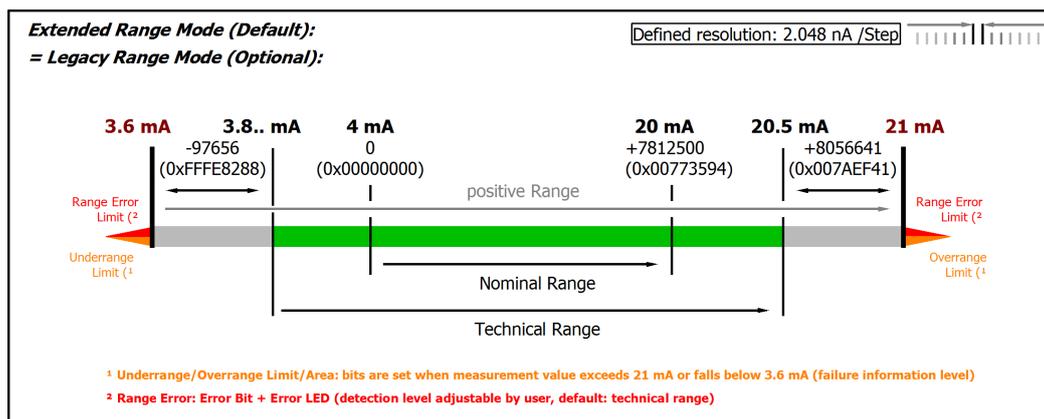


Abb. 50: Darstellung Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

i Nur Extended Range Mode bei Messbereich 4 mA NAMUR

In diesem Messbereich ist kein Legacy Range Mode verfügbar. Eine Umstellung auf den Extended Range Mode erfolgt automatisch und ein Schreibzugriff auf das entsprechende CoE Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird zwar nicht abgelehnt, führt aber zu keiner Änderung des Parameters.

3.8 ELM314x

3.8.1 ELM314x - Einführung

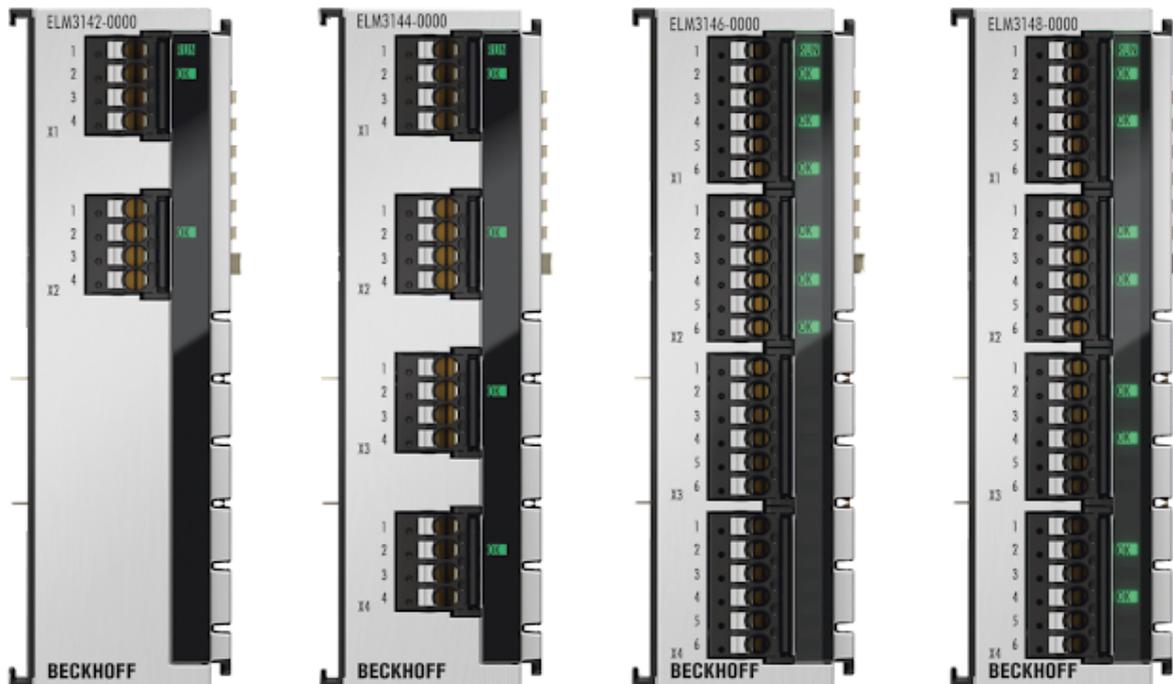


Abb. 51: ELM314x

2, 4, 6 und 8-Kanal-Analog-Eingang $\pm 10 \dots \pm 1,25$ V, ± 20 mA, 24 Bit, 1 kSps

Die 2-, 4-, 6- oder 8-kanaligen EtherCAT-Klemmen ELM314x der Economyserie lassen sich kanalweise auf Strom- oder Spannungsmessung einstellen und bieten Samplingraten von bis zu 1 kSps je Kanal. Es können analoge Signale im Bereich von $\pm 1,25$ bis ± 10 V, von 0 bis 10 V, von ± 20 mA oder von 0/4 bis 20 mA verarbeitet werden. Jeder Kanal wird über die Steuerung mit TwinCAT durch das CoE-Interface auf U- oder I-Messung und den entsprechenden Messbereich eingestellt. Hier können auch die umfangreichen Diagnosefeatures für den bedienerlosen Langzeiteinsatz eingestellt werden. Die 2-, 4- oder 6-poligen Push-in-Stecker sind zu Wartungszwecken abnehmbar und ermöglichen die direkte Versorgung des angeschlossenen Sensors. Die seitlichen Powerkontakte vereinfachen die Potenzialverteilung direkt auf der Hutschiene. Die typischen EtherCAT-Features sind verfügbar: Distributed-Clocks-Funktionalität mit Zeitstempel und die bekannten Daten-Features der Basisserie wie Filterung, True-RMS-Berechnung etc.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- Mit Werkskalibrierzertifikat als ELM314x-0020: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkkS) als ELM314x-0030: auf Anfrage
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[► 582\]](#)
- [Powerkontakte ELM314x \[► 896\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 626\]](#)

3.8.2 ELM314x - Technische Daten

Technische Daten	ELM3142-0000	ELM3144-0000	ELM3146-0000	ELM3148-0000
Analoge Eingänge	2 Kanal (differentiell)	4 Kanal (differentiell)	6 Kanal (differentiell)	8 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Aufeinanderfolgende Wandlung aller Kanäle in der Klemme (multiplex), synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird. Zeitstempel je Kanal, typ. Sampling-Offset bezogen auf Kanal 1:			
	Ch.1: 0 µs Ch.2: +200 µs	Ch.1: 0 µs Ch.2: +200 µs Ch.3: +400 µs Ch.4: +600 µs	Ch.1: 0 µs Ch.2: +100 µs Ch.3: +200 µs Ch.4: +300 µs Ch.5: +400 µs Ch.6: +500 µs	Ch.1: 0 µs Ch.2: +100 µs Ch.3: +200 µs Ch.4: +300 µs Ch.5: +400 µs Ch.6: +500 µs Ch.7: +600 µs Ch.8: +700 µs
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate 8 MSps			
Grenzfrequenz Eingangfilter Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 330 Hz Typ Butterworth 1.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass -3 dB @ 2,75 kHz Typ sinc5/Mittelwertfilter <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>			
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
Anschlusstechnik	2-/3-/4-Leiter			
Samplingrate (je Kanal)	1 ms/ 1 kSps freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor, mögliches effektives Abtastungsintervall je Kanal: 1 ms + n · 25 µs			
Oversampling	1...20 wählbar			
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 µs + n · 25 µs (n = 0, 1, 2, ..); max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 µs + n · 25 µs (n = 0, 1, 2, ..); max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt			
Anschlussdiagnose	Drahtbruch/Kurzschluss			
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden			
Überspannungsschutz der Eingänge	nicht vorhanden			
Eigenversorgung	über E-Bus			
Stromaufnahme E-Bus	typ. 250 mA			typ. 300 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-			
Thermische Verlustleistung	typ. 2 W			
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen: ±30 V			
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung an +Input, -Input, bezogen auf die interne analoge Masse (AGND) („bestimmungsgemäßer Betrieb“): ±12,5 V			

Allgemeine Daten	ELM3142-0000	ELM3144-0000	ELM3146-0000	ELM3148-0000
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit << 1 µs			
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold, schaltbare Verbindung AGND/Up-			
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja			
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein			
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)			
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)			
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT			
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.			

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

²⁾ siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3142-0000	ELM3144-0000	ELM3146-0000	ELM3148-0000
Anschlussart	4 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker		6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]			
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715			
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854]			
Gewicht	ca. 350 g			
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	-25...+60 °C			
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-40...+85 °C			

Umweltangaben	ELM3142-0000	ELM3144-0000	ELM3146-0000	ELM3148-0000
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)			
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung			
Schutzart	IP 20			

Normative Angaben	ELM3142-0000	ELM3144-0000	ELM3146-0000	ELM3148-0000
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27			
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4			
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]			
EMV Hinweise	Bei PushIn Steckern können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 auf einen Kabelschirm kann zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE führen.			

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.8.2.1 ELM314x Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±10 V	Extended	±10,737.. V
			Legacy	±10 V
		±5 V	Extended	±5,368.. V
			Legacy	±5 V
		±2,5 V	Extended	±2,684.. V
			Legacy	±2,5 V
		±1,25 V	Extended	±1,342.. V
			Legacy	±1,25 V
Spannung	2-Leiter	+10 V	Extended	0...10,737.. V
			Legacy	0...10 V
		+5 V	Extended	0...5,368.. V
			Legacy	0...5 V
Strom	2-Leiter	±20 mA (-20...20 mA)	Extended	±21,474.. mA
			Legacy	±20 mA
		+20 mA (0...20 mA)	Extended	0...21,474.. mA
			Legacy	0...20 mA
		+20 mA (4...20 mA)	Extended	0...21,179 mA
			Legacy	4...20 mA
		+20 mA (4...20 mA NAMUR)	Extended	3,6...21 mA
			Legacy	4...20 mA

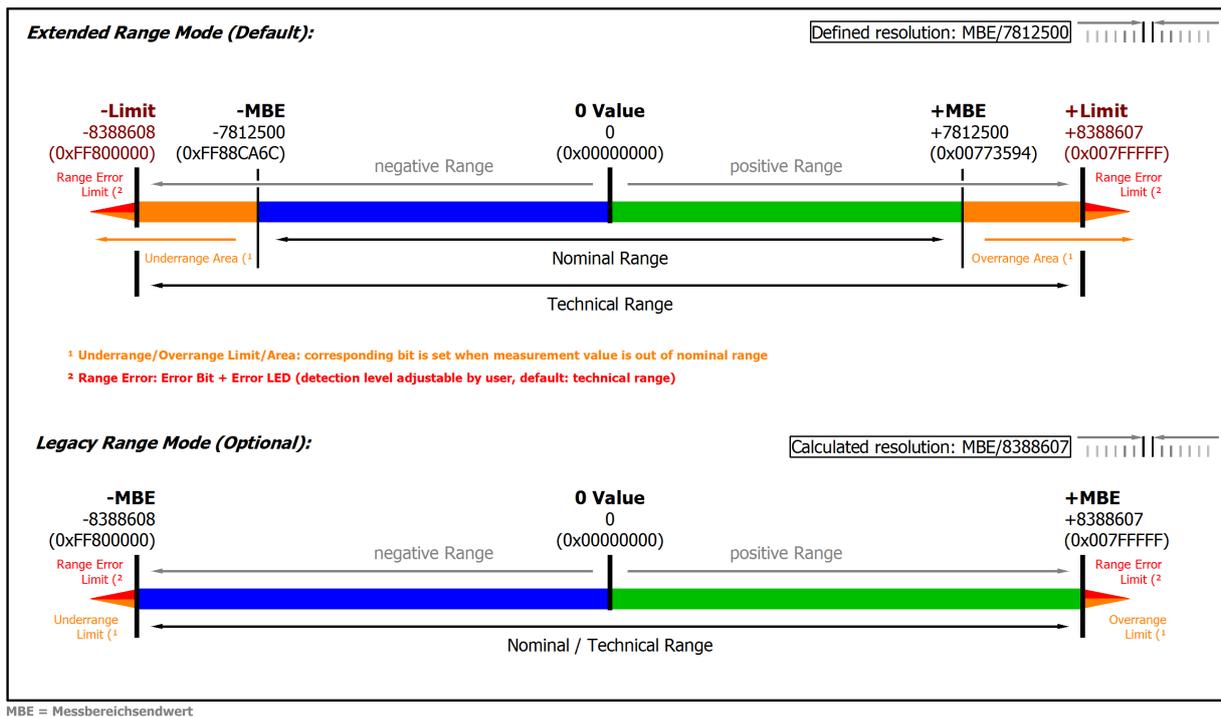


Abb. 52: Übersicht Messbereiche, Bipolar

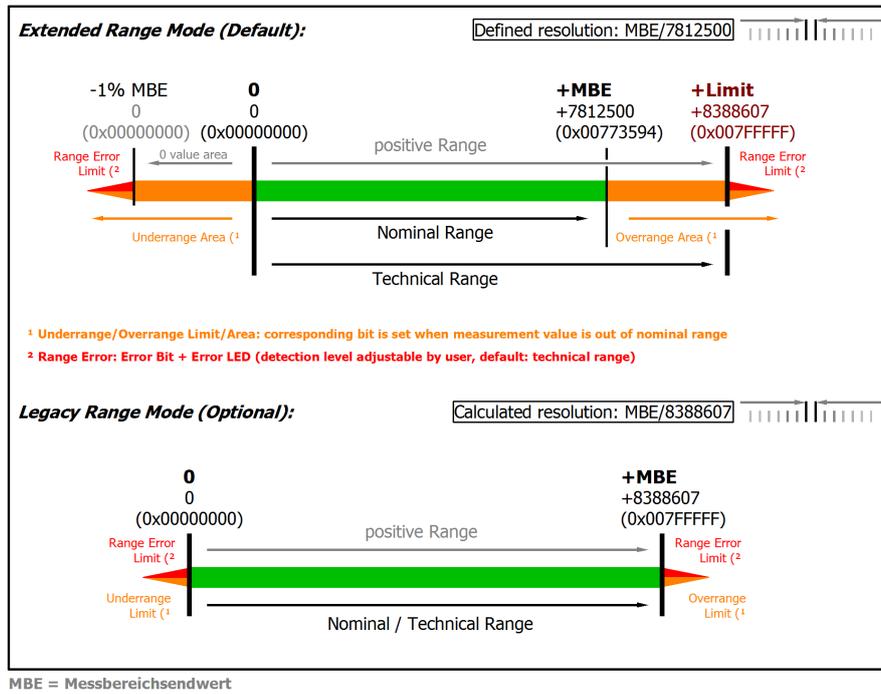


Abb. 53: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.8.2.2 Messung ±10 V, 0...10 V

ELM314x

Messung Modus		±10 V	0...10 V
Messbereich, nominell		-10...+10 V	0...10 V
Messbereich, Endwert (MBE)		10 V	
Messbereich, technisch nutzbar		-10,737...+10,737 V	0...10,737 V
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
PDO LSB (Extended Range)		1,28 µV	
PDO LSB (Legacy Range)		1,192.. µV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,0055 %, < ±55 ppm _{MBE} < ±0,6 mV	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾⁶⁾		< ±0,0095 %, < ±95 ppm _{MBE} < ±1,0 mV	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	TK _{Gain}	< 2,2 ppm/K	
	TK _{Offset}	< 0,4 ppm _{MBE} /K < 4 µV/K	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ²⁾	DC	>115 dB typ.	
	50 Hz	>105 dB typ.	
	1 kHz	>80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ²⁾	DC	>115 dB typ.	
	50 Hz	>115 dB typ.	
	1 kHz	>115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ²⁾		±0,05 % = 500 ppm _{MBE} typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. 10 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

¹⁾ Gültig für ELM3148-00x0 ab HW05, ELM3146-00x0 ab HW03, ELM3144-00x0 ab HW03, ELM3142-00x0 ab HW02; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ vorläufige Angaben

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Messung Modus		±10 V, 0...10 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, P1P}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 0,90 mV
	F _{Noise, RMS}	< 15 ppm _{MBE}	< 117 digits	< 0,15 mV
	Max. SNR	> 96,5 dB		
	Rauschdichte@1kHz	< 6,71 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, P1P}	< 21 ppm _{MBE}	< 164 digits	< 0,21 mV
	F _{Noise, RMS}	< 3,5 ppm _{MBE}	< 27 digits	< 35,00 μV
	Max. SNR	> 109,1 dB		

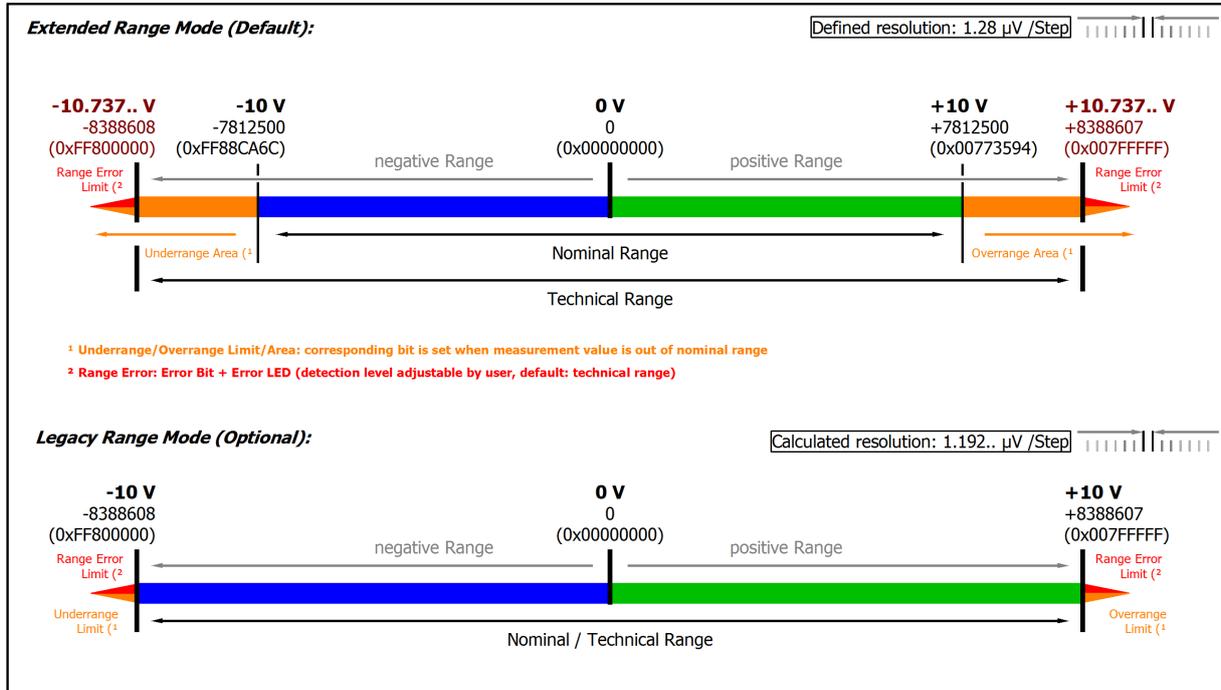


Abb. 54: Darstellung ±10 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

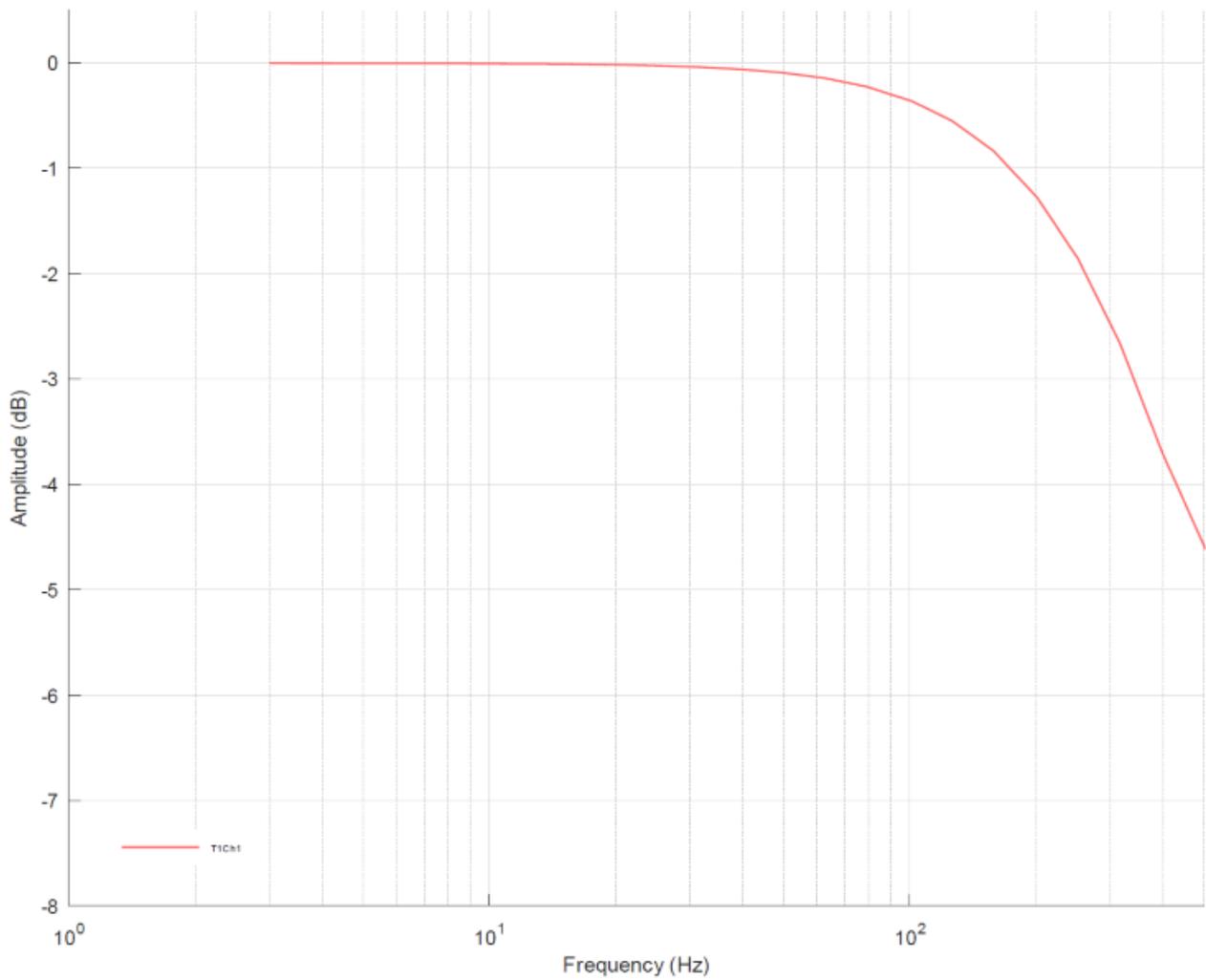


Abb. 55: Frequenzgang ± 10 V Messbereich, $f_{\text{sampling}} = 1$ kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert

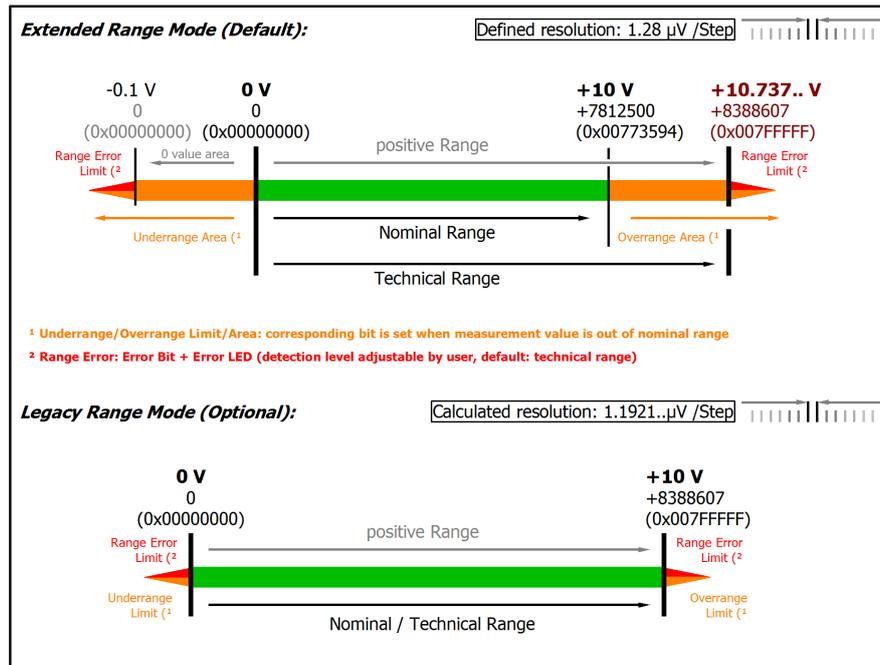


Abb. 56: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

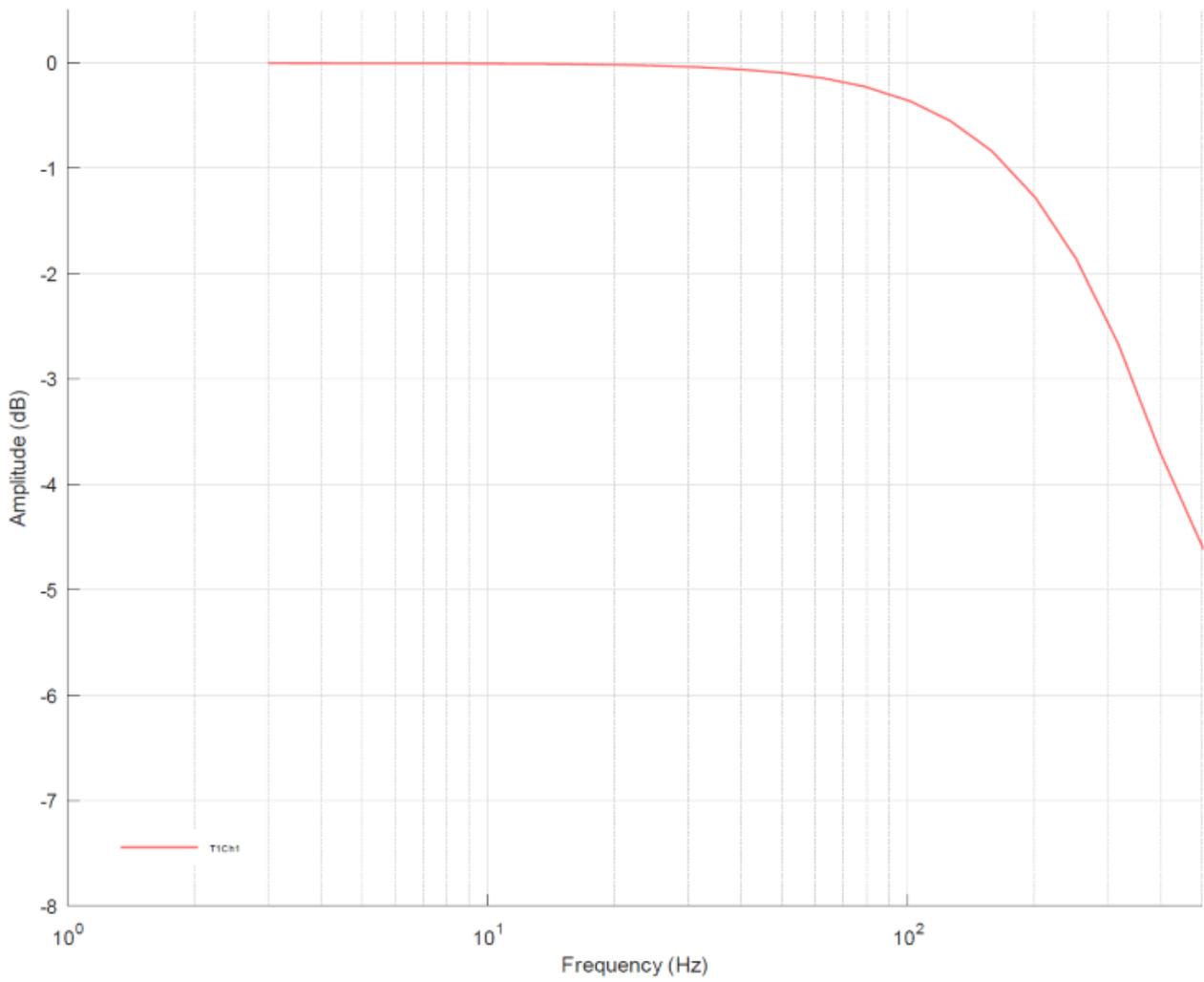


Abb. 57: Frequenzgang 0..10 V Messbereich, fsampling = 1 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert

3.8.2.3 Messung ±5 V, 0...5 V

Messung Modus	±5 V	0...5 V	
Messbereich, nominell	-5...+5 V	0...5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	5 V		
Messbereich, technisch nutzbar	-5,368...+5,368 V	0... 5,368 V	
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)	640 nV		
PDO LSB (Legacy Range)	596.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,0055 %, < ±55 ppm _{MBE} < ±0,3 mV		
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾⁶⁾	< ±0,0095 %, < ±95 ppm _{MBE} < ±0,5 mV		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2,2 ppm/K	
	Tk _{Offset}	< 0,4 ppm _{MBE} /K < 2 µV/K	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ²⁾	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ²⁾	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ²⁾	±0,05 % = 500 ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 10 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND		

¹⁾ Gültig für ELM3148-00x0 ab HW05, ELM3146-00x0 ab HW03, ELM3144-00x0 ab HW03, ELM3142-00x0 ab HW02; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ vorläufige Angaben

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [D 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Messung Modus		±5 V	0...5 V	
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, P1P}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 0,45 mV
	F _{Noise, RMS}	< 15 ppm _{MBE}	< 117 digits	< 0,08 mV
	Max. SNR	> 96,5 dB		
	Rauschdichte@1kHz	< 3,35 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, P1P}	< 21 ppm _{MBE}	< 164 digits	< 0,11 mV
	F _{Noise, RMS}	< 3,5 ppm _{MBE}	< 27 digits	< 17,50 μV
	Max. SNR	> 109,1 dB		

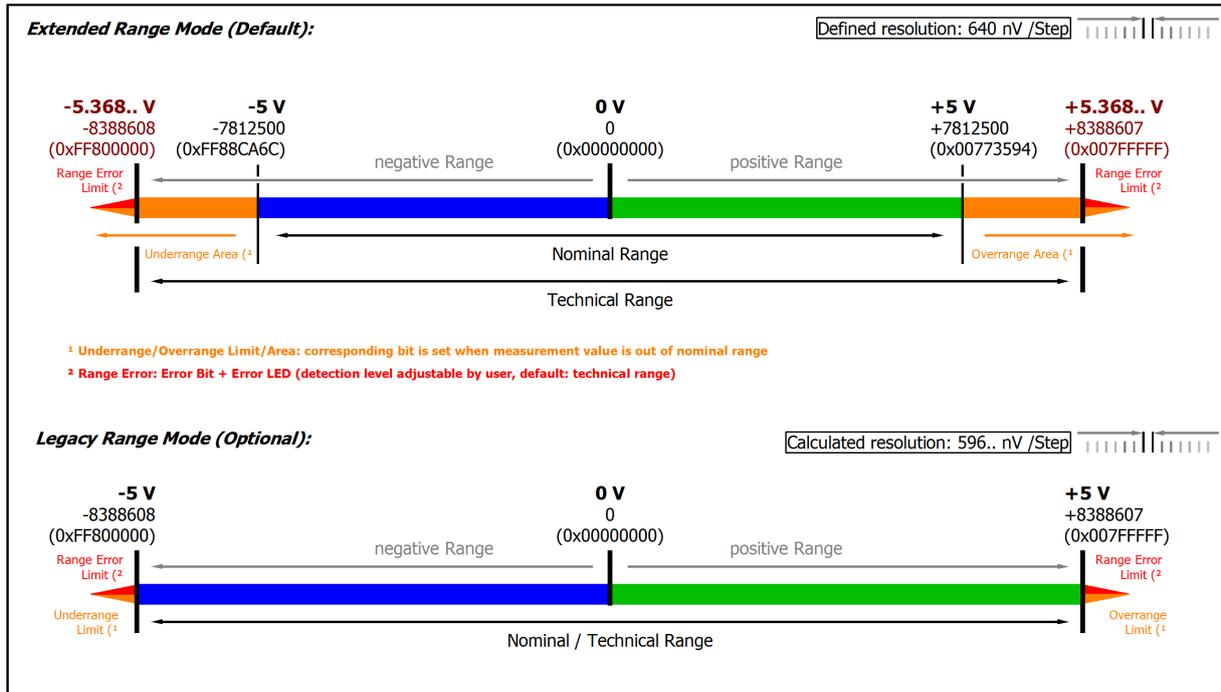


Abb. 58: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

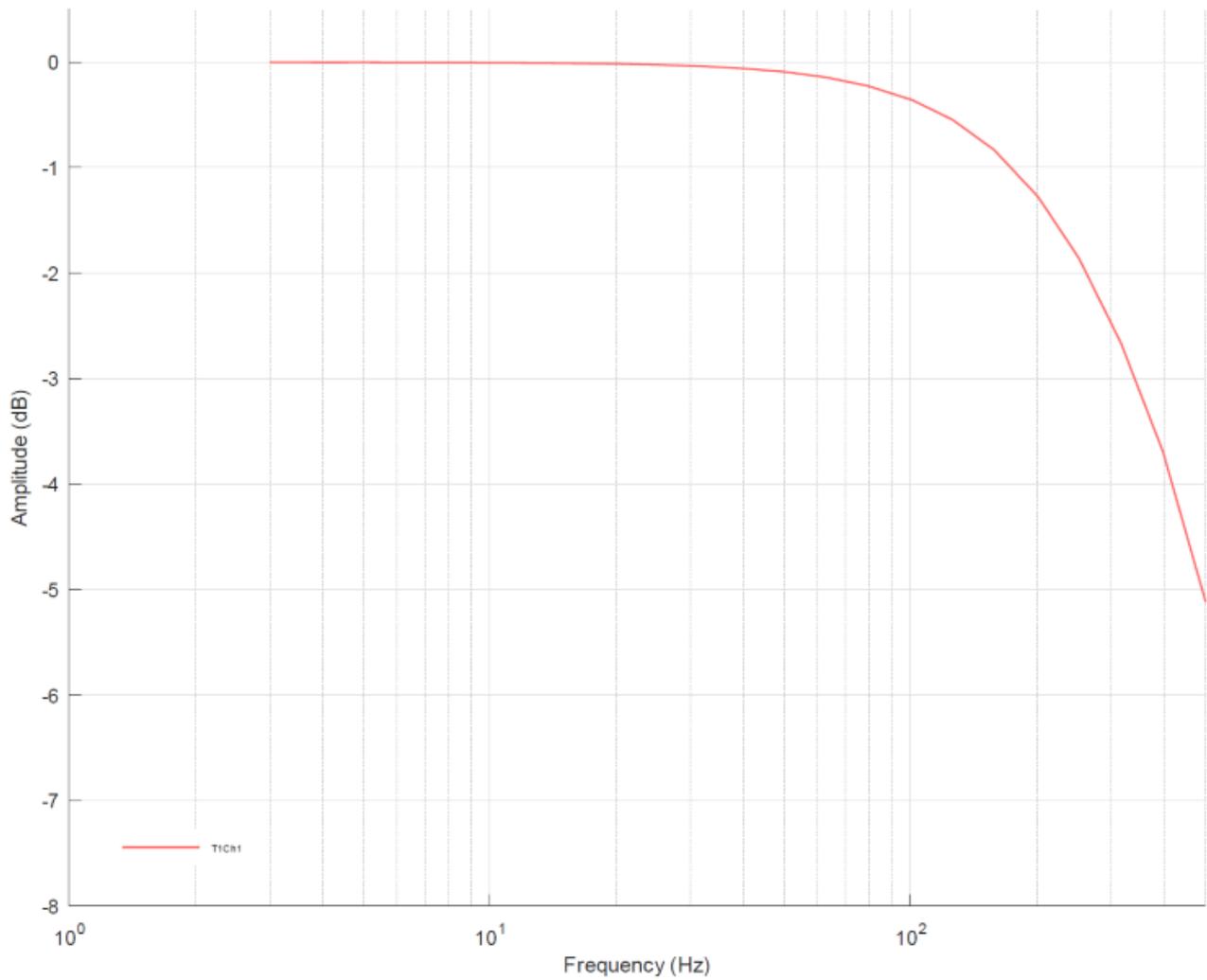


Abb. 59: Frequenzgang ±5 V Messbereich, $f_{\text{sampling}} = 1 \text{ kHz}$, integrierte Filter 1/2 deaktiviert

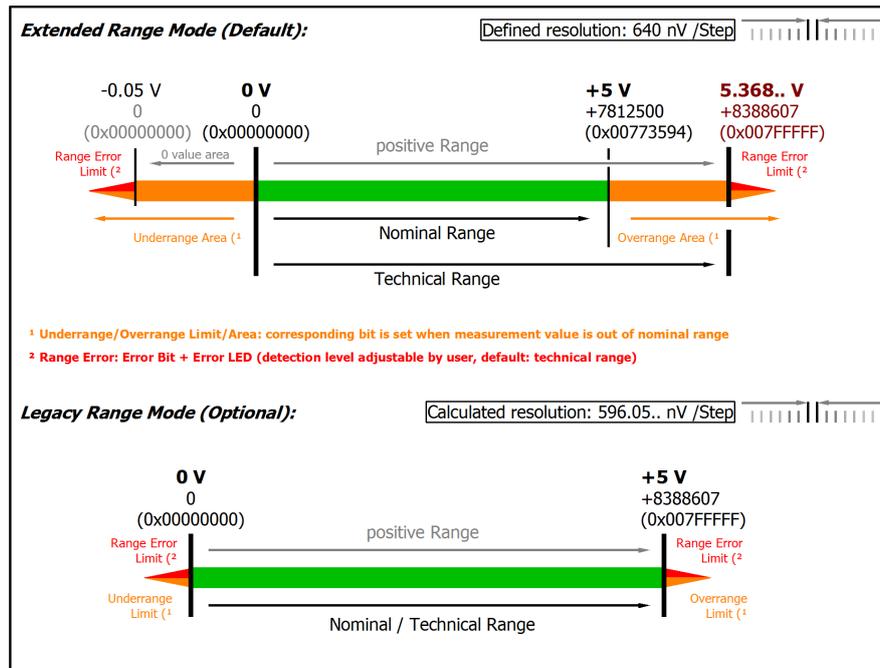


Abb. 60: Darstellung 0...5 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

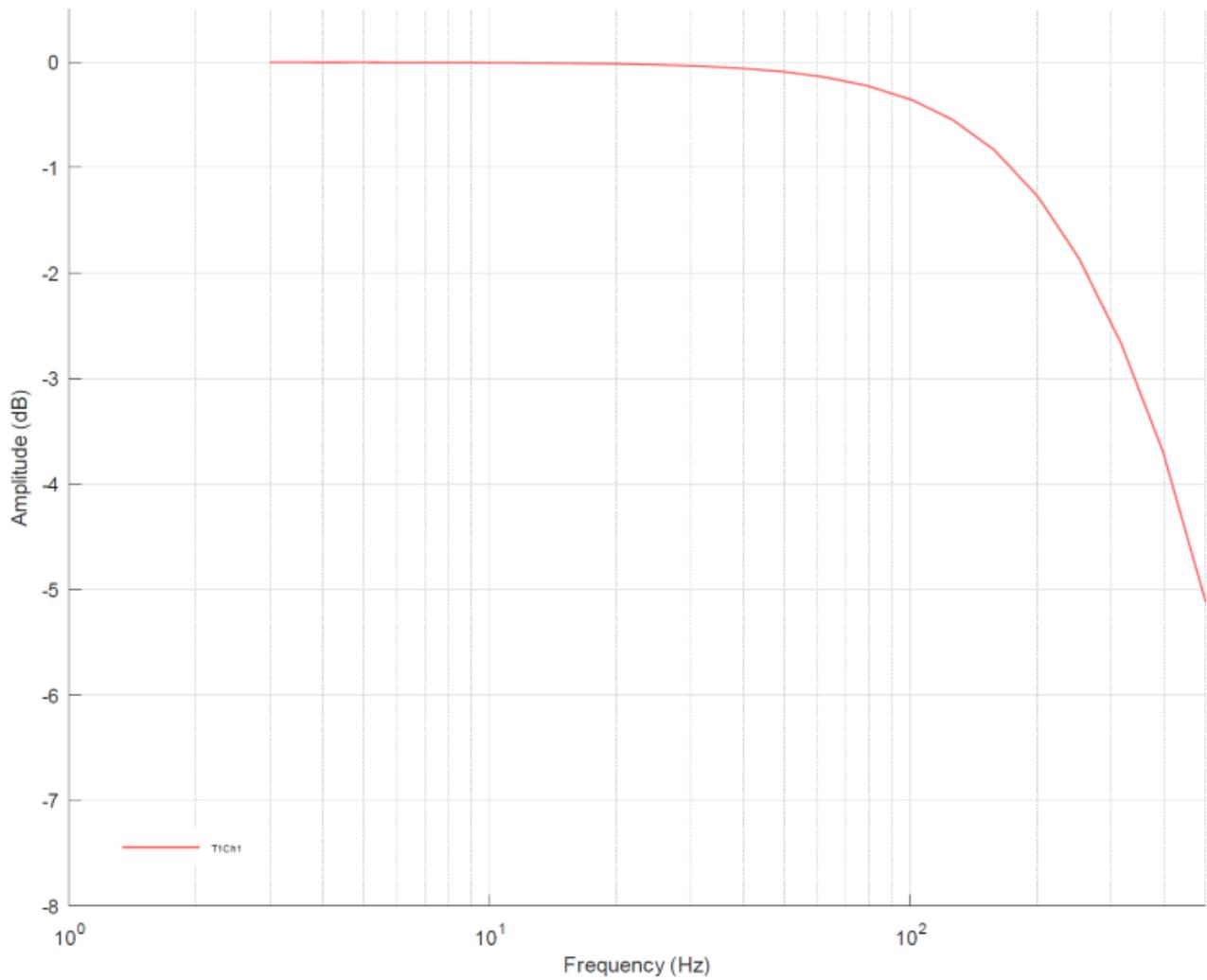


Abb. 61: Frequenzgang 0..5 V Messbereich, fsampling = 1 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert

3.8.2.4 Messung ±2,5 V

Messung Modus		±2,5 V		
Messbereich, nominell		-2,5...+2,5 V		
Messbereich, Endwert (MBE)		2,5 V		
Messbereich, technisch nutzbar		-2,684...+2,684 V		
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		320 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		298.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		< ±0,0055 %, < ±55 ppm _{MBE} < ±0,1 mV		
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾⁶⁾		< ±0,0095 %, < ±95 ppm _{MBE} < ±0,2 mV		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2,2 ppm/K		
	Tk _{Offset}	< 0,4 ppm _{MBE} /K < 1 µV/K		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ²⁾		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ²⁾		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ²⁾		±0,05 % = 500 ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. 10 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND		

¹⁾ Gültig für ELM3148-00x0 ab HW05, ELM3146-00x0 ab HW03, ELM3144-00x0 ab HW03, ELM3142-00x0 ab HW02; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ vorläufige Angaben

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [D 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Messung Modus	±2,5 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, P1P}	< 100 ppm _{MBE}	< 781 digits	< 0,25 mV
	F _{Noise, RMS}	< 16 ppm _{MBE}	< 125 digits	< 0,04 mV
	Max. SNR	> 95,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	< 1,79 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, P1P}	< 21 ppm _{MBE}	< 164 digits	< 0,05 mV
	F _{Noise, RMS}	< 3,5 ppm _{MBE}	< 27 digits	< 8,75 μV
	Max. SNR	> 109,1 dB		

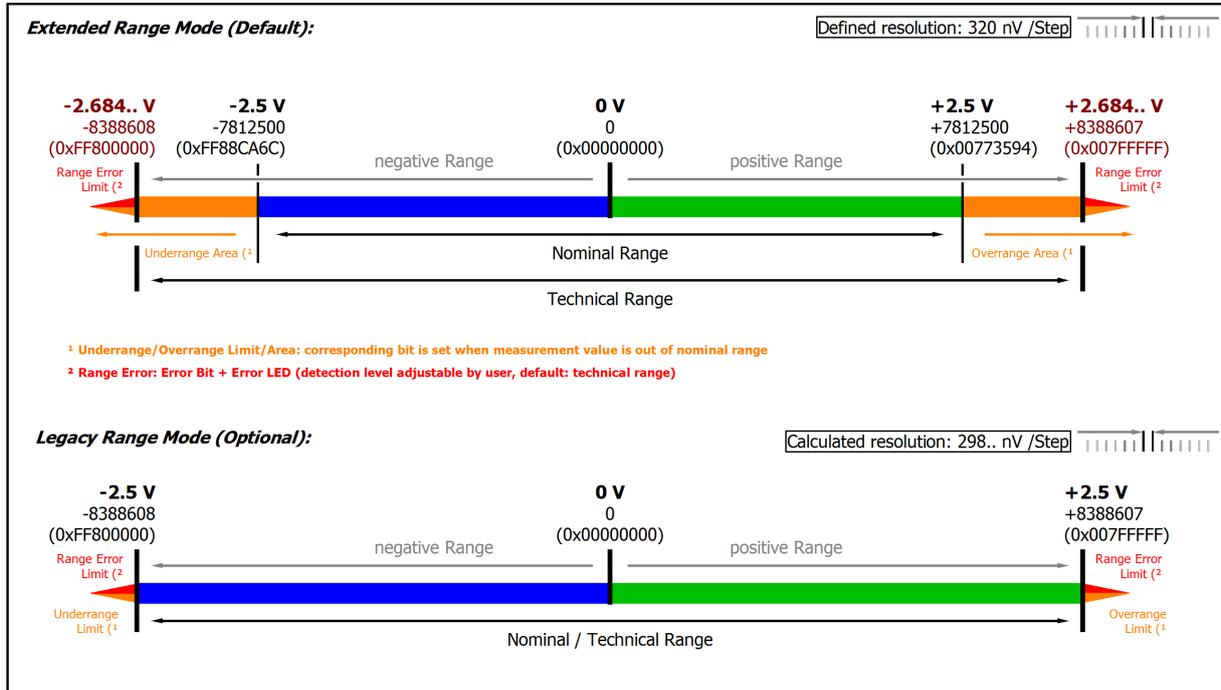


Abb. 62: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

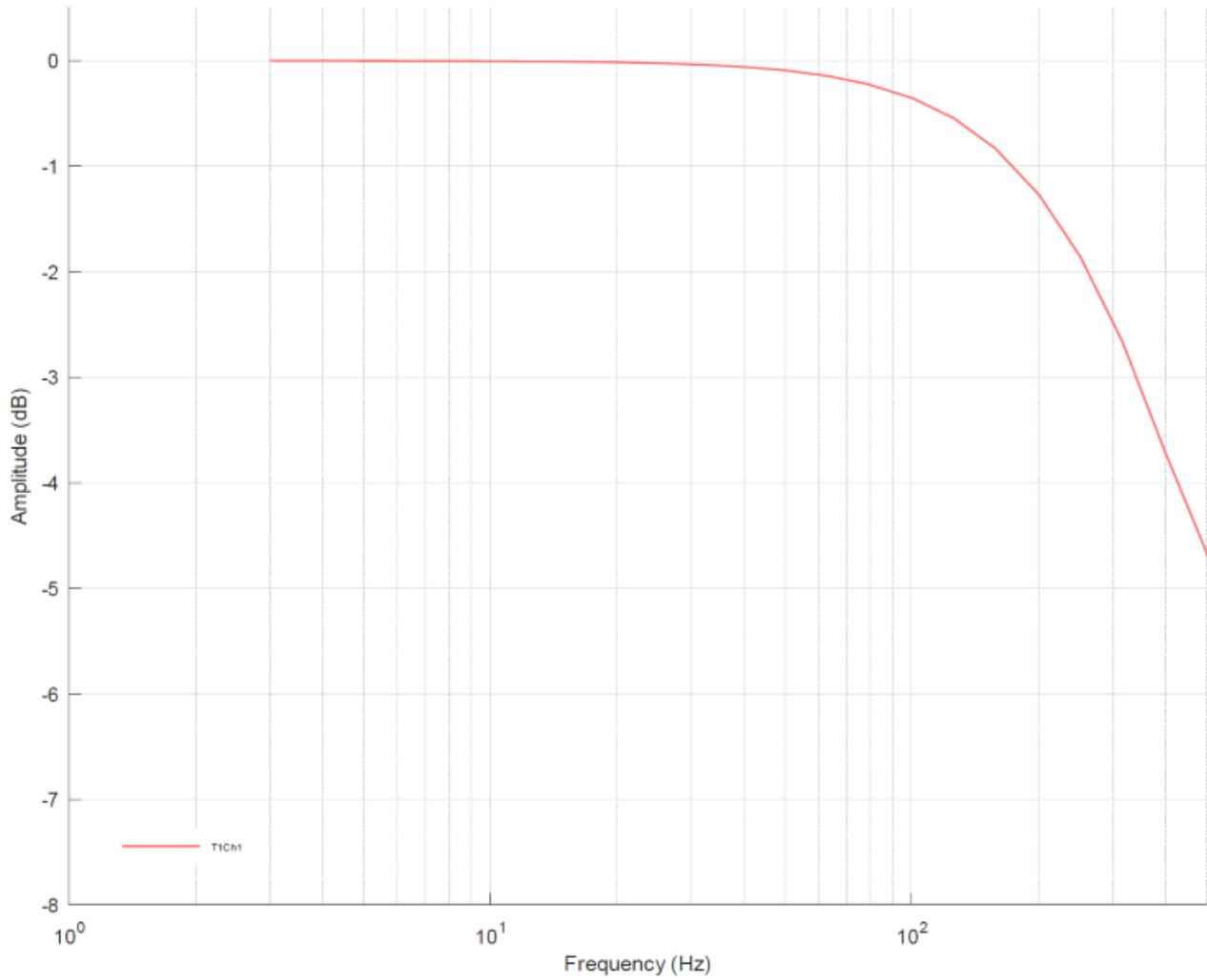


Abb. 63: Frequenzgang ±2,5 V Messbereich, $f_{\text{sampling}} = 1 \text{ kHz}$, integrierte Filter 1/2 deaktiviert

3.8.2.5 Messung $\pm 1,25$ V

Messung Modus		$\pm 1,25$ V		
Messbereich, nominell		-1,25...+1,25 V		
Messbereich, Endwert (MBE)		1,25 V		
Messbereich, technisch nutzbar		-1,342...+1,342 V		
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		160 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		149.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾		$< \pm 0,0055 \%$, $< \pm 55 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 0,1 \text{ mV}$		
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾⁶⁾		$< \pm 0,014 \%$, $< \pm 140 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 0,2 \text{ mV}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F_{Offset}	$< 15 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F_{Gain}	$< 40 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F_{Lin}	$< 30 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F_{Rep}	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	TK_{Gain}	$< 4 \text{ ppm/K}$		
	TK_{Offset}	$< 0,4 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K}$ $< 0,50 \mu\text{V/K}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ²⁾		DC: $> 115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $> 105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $> 80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ²⁾		DC: $> 115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $> 115 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $> 115 \text{ dB typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ²⁾		$\pm 0,05 \%$ = $500 \text{ ppm}_{\text{MBE typ.}}$		
Eingangsimpedanz $\pm \text{Input 1}$ (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. $10 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$ CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND		

¹⁾ Gültig für ELM3148-00x0 ab HW05, ELM3146-00x0 ab HW03, ELM3144-00x0 ab HW03, ELM3142-00x0 ab HW02; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ vorläufige Angaben

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [D 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Messung Modus		±1,25 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 100 ppm _{MBE}	< 781 digits	< 0,13 mV
	F _{Noise, RMS}	< 16 ppm _{MBE}	< 125 digits	< 0,02 mV
	Max. SNR	> 95,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 0,89 \frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 21 ppm _{MBE}	< 164 digits	< 0,03 mV
	F _{Noise, RMS}	< 3,5 ppm _{MBE}	< 27 digits	< 4,38 μV
	Max. SNR	> 109,1 dB		

Vorläufige Angaben:

Messung Modus		±1,25 V		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		±0,005% = 50 ppm _{MBE} typ.		
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...60°C, mit Mittelwertbildung		±0,01% = 100 ppm _{MBE} typ.		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 55 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< 8 ppm/K typ.		
	TK _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ.		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,05% = 500 ppm _{MBE} typ.		

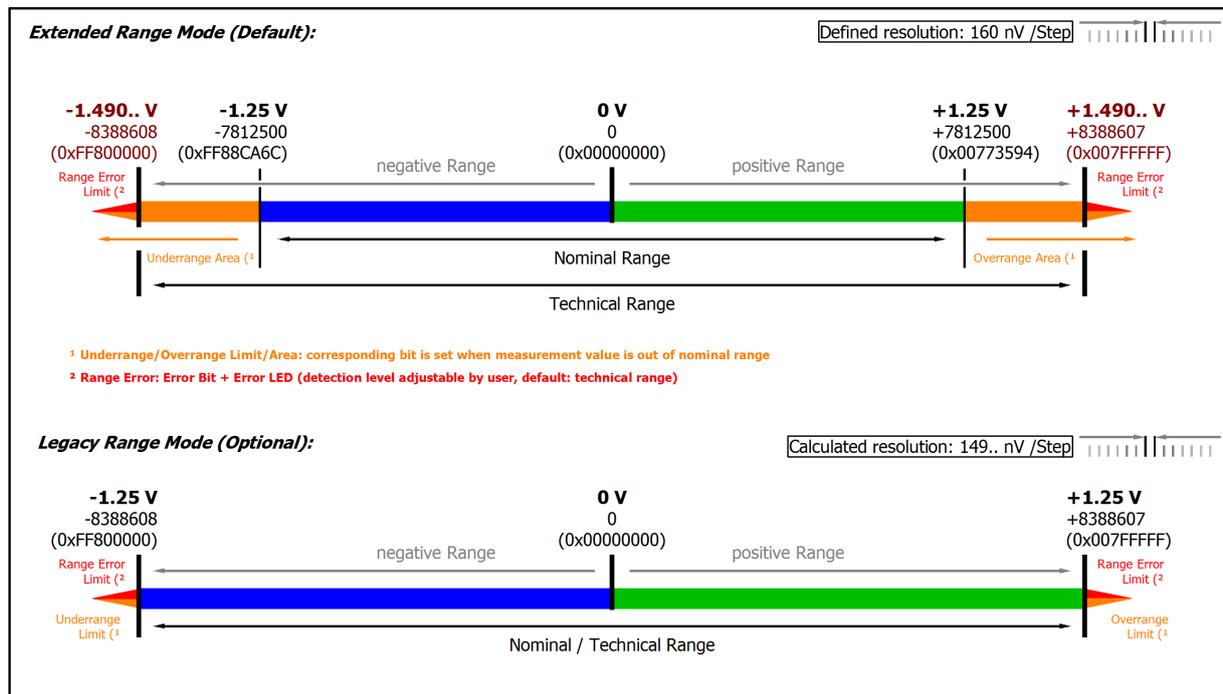


Abb. 64: Darstellung ±1,25 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

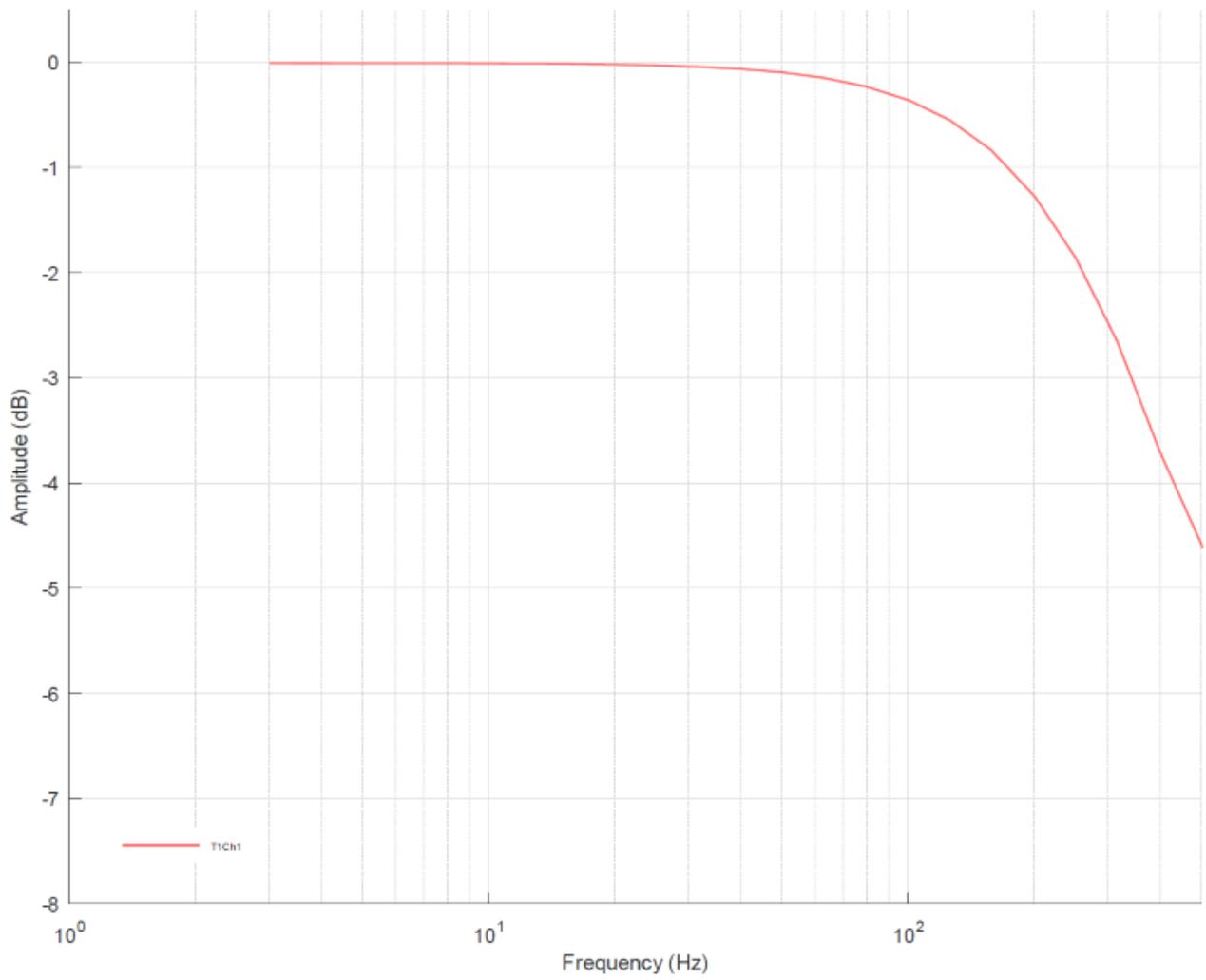


Abb. 65: Frequenzgang $\pm 1,25$ V Messbereich, $f_{\text{sampling}} = 1$ kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert

3.8.2.6 Messung ±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43

Messung Modus	±20 mA	0...20 mA	4...20 mA	3,6...21 mA (NAMUR NE43)
Messbereich, nominell	-20...+20 mA	0...20 mA	4...20 mA	4...20 mA
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mA			
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mA, überstromgeschützt	0...21,474 mA, überstromgeschützt	0...21,179 mA, überstromgeschützt	3,6...21 mA, überstromgeschützt
Absicherung	Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest			
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit			
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nA		2,048 nA	
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nA		1,907.. nA	n.a.

Messung Modus		±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾		< ±0,008 %, < ±80 ppm _{MBE} < ±1,6 µA		
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...60°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾⁶⁾		< ±0,018 %, < ±180 ppm _{MBE} < ±3,6 µA		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 45 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 10 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	Tk _{Gain}	< 5 ppm/K		
	Tk _{Offset}	< 0,5 ppm _{MBE} /K < 10 nA/K		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ²⁾		DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 5 nA/V typ.	1 kHz: < 80 nA/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ²⁾		DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 3 nA/V typ.	1 kHz: < 3 nA/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ²⁾		±0,05 % = 500 ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. ca. 150 Ω 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND		
Gleichtaktspannung U _{cm}		max. ±10V bezogen auf -U _v (interne Masse)		

¹⁾ Gültig für ELM3148-00x0 ab HW05, ELM3146-00x0 ab HW03, ELM3144-00x0 ab HW03, ELM3142-00x0 ab HW02; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

²⁾ vorläufige Angaben

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Messung Modus	±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, 3,6...21 mA (NAMUR NE43)			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 165 ppm _{MBE}	< 1289 digits	< 3,30 µA
	F _{Noise, RMS}	< 25 ppm _{MBE}	< 195 digits	< 0,50 µA
	Max. SNR	> 92,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	< 22,36 $\frac{nA}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 39 ppm _{MBE}	< 305 digits	< 0,78 µA
	F _{Noise, RMS}	< 6,5 ppm _{MBE}	< 51 digits	< 130,00 nA
	Max. SNR	> 103,7 dB		

Strommessbereich ±20 mA

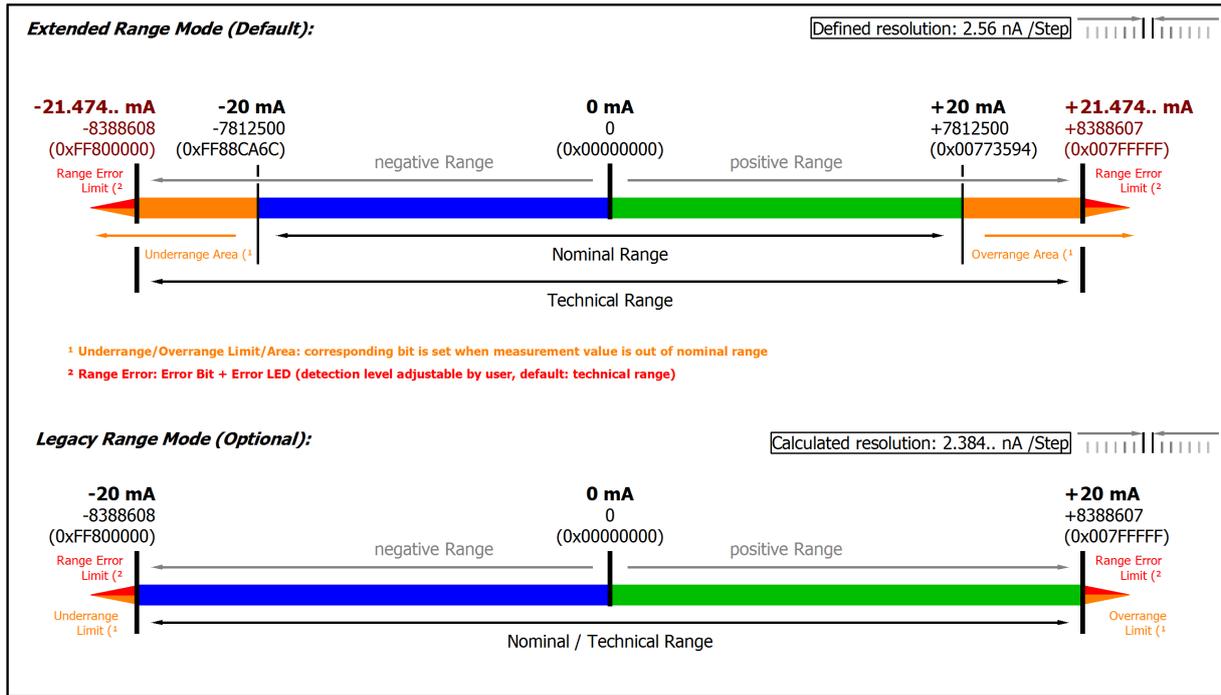


Abb. 66: Darstellung Strommessbereich ±20 mA

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Strommessbereich 0...20 mA

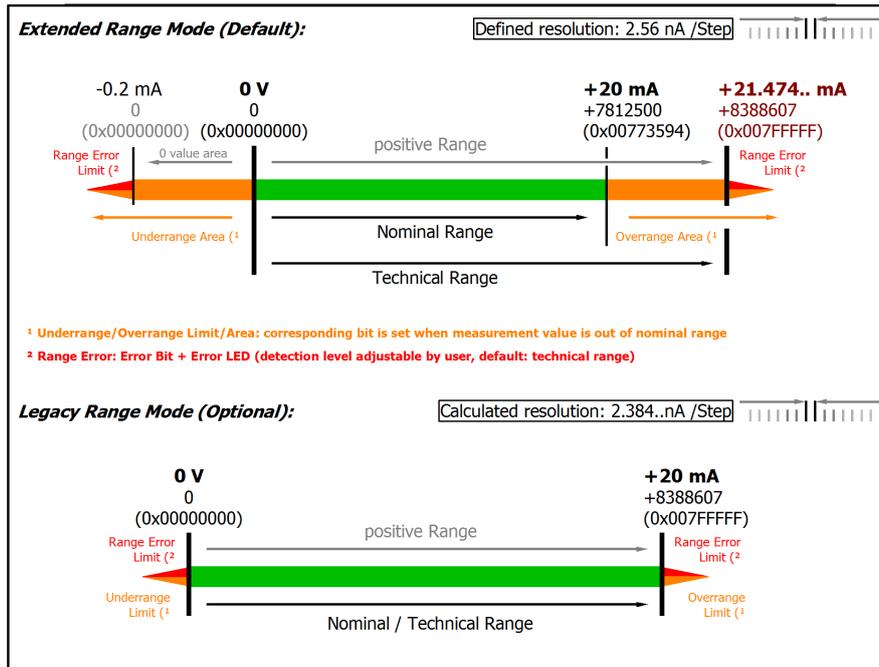


Abb. 67: Darstellung Strommessbereich 0...20 mA

Strommessbereich 4...20 mA

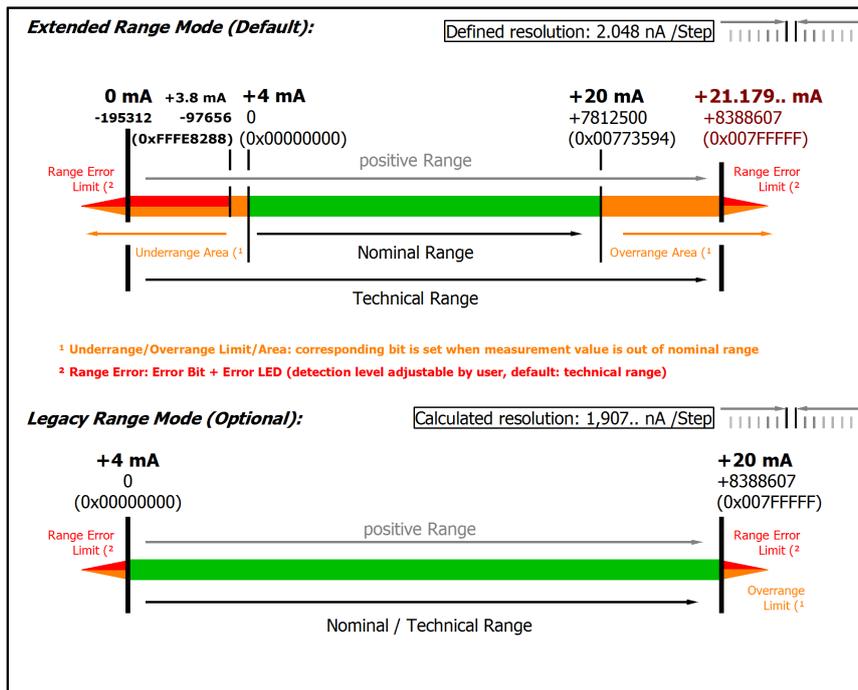


Abb. 68: Darstellung Strommessbereich 4...20 mA

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mΩ, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

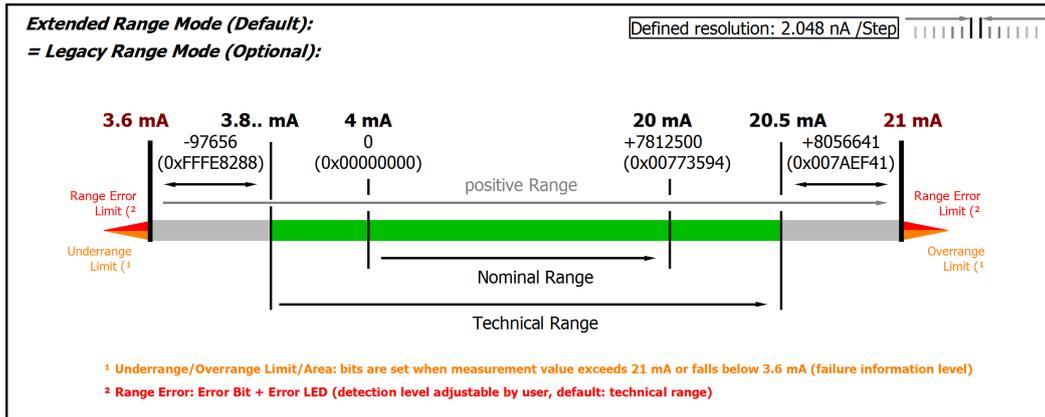


Abb. 69: Darstellung Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

i Nur Extended Range Mode bei Messbereich 4 mA NAMUR

In diesem Messbereich ist kein Legacy Range Mode verfügbar. Eine Umstellung auf den Extended Range Mode erfolgt automatisch und ein Schreibzugriff auf das entsprechende CoE Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird zwar nicht abgelehnt, führt aber zu keiner Änderung des Parameters.

3.9 ELM334x

3.9.1 ELM334x – Einführung



Abb. 70: ELM3344-0000, ELM3348-0000, ELM3344-0003, ELM3348-0003

4- und 8-Kanal-Analog-Eingangsklemme, Temperatur, Thermoelement, 24 Bit, hochpräzise, 1 kSps

Die 4- und 8-kanaligen EtherCAT-Klemmen ELM334x der Economyserie sind ausgelegt für die Temperaturmessung mit Thermoelementen. Abgedeckt werden alle üblichen Thermoelementtypen, mit einer Samplingrate von 1 kSps je Kanal sind auch schnelle Vorgänge gut erfassbar. Die Auflösung ist einstellbar bis 0,001 °C. Die Kanaleigenschaften sind per CoE für jeden Kanal einzeln einstellbar. Durch die präzise Messung der internen Kaltstelle wird eine außerordentlich hohe Messgenauigkeit erreicht.

Bei der ELM334x-0000-Variante ist der 6-polige Stecker (Push-In) zu Wartungszwecken abnehmbar, ohne die einzelnen Adern zu lösen. An ihm ist auch die interne Masse zum externen Anschluss verfügbar, um Potenzialdifferenzen zwischen Kanälen zu vermeiden. Darüber hinaus können die ELM334x Potenzialdifferenzen auch kontinuierlich messen, um Beeinträchtigungen aufzudecken.

Für höchste Anforderungen an die Genauigkeit ist in dieser Serie die Version ELM334x-0003 mit weißer Thermoelementbuchse "universal" konzipiert. Dadurch kann das Thermoelement ohne Materialwechsel bis in die Klemme geführt und somit noch besser gemessen werden. Der Sensorwechsel im Laborbetrieb wird mit der Mini-Buchse noch einfacher.

Die ELM334x unterstützen wie alle ELM3xxx-Klemmen den TE1310 TwinCAT Filter Designer zur anwendungsgerechten Filterauslegung und die ELM3xxx-typischen internen Funktionen zur Datenverarbeitung wie True-RMS-Berechnung, Schleppzeiger etc.

Die durchgeführten Powerkontakte vereinfachen die Potenzialverteilung direkt auf der Hutschiene. Zur Reduzierung von Umgebungslufteffekten kann die als Zubehör verfügbare Schirmhaube ZS9100-0003 auf der Klemme montiert werden.

Als Variante mit Werkskalibrierzertifikat oder ISO 17025-/DAkKS-Zertifikat und Rekalibrierung durch den Beckhoff Rekalibrierservice auf Anfrage verfügbar.

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)

- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[► 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 634\]](#)

3.9.2 ELM334x - Technische Daten

Technische Daten	ELM3344-000x	ELM3348-000x
Analoge Eingänge	4 Kanal (differentiell)	8 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Aufeinanderfolgende Wandlung aller Kanäle in der Klemme (multiplex), synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird. Zeitstempel je Kanal, typ. Sampling-Offset bezogen auf Kanal 1:	
	Ch.1: 0 µs Ch.2: +200 µs Ch.3: +400 µs Ch.4: +600 µs	Ch.1: 0 µs Ch.2: +100 µs Ch.3: +200 µs Ch.4: +300 µs Ch.5: +400 µs Ch.6: +500 µs Ch.7: +600 µs Ch.8: +700 µs
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate 8 MSps	
Grenzfrequenz Eingangsfilter Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 330 Hz Typ Butterworth 2.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass: -3 dB @ 10,9 kHz Typ sinc3/Mittelwertfilter <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>	
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
Anschlusstechnik	2-Leiter	
Samplingrate (je Kanal)	1 ms/ 1 kSps freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor	
Oversampling	1...25 wählbar	
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 200 µs + n · 25 µs (n = 0, 1, 2, ..); max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 µs + n · 25 µs (n = 0, 1, 2, ..); max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt	
Anschlussdiagnose	Drahtbruch	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 220 mA	typ. 260 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-	
Thermische Verlustleistung	typ. 2 W	
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen: ±30 V	
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung an +Input, -Input, bezogen auf die interne analoge Masse (AGND) („bestimmungsgemäßer Betrieb“): ±12,5 V	

Allgemeine Daten	ELM3344-000x	ELM3348-000x
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...25, Genauigkeit << 1 µs	
Besondere Eigenschaften	AGND herausgeführt (bei ELM334x-0000), Common-Mode-Messung, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

²⁾ siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3344-000x	ELM3348-000x
Anschlussart	ELM3344-0000 / ELM3348-0000: 6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	
	ELM3344-0003 / ELM3348-0003: Mini-Thermoelement-Buchse universal	
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]	
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715	
Hinweis Montage	ELM334x-0000: Stecker im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik/ Anschlussbauform Push-In mit Wartungsstecker [► 854]	
	ELM334x-0003: Stecker nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik/ Anschlussbauform Mini Thermoelement [► 855]	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0...+55 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C	

Umweltangaben	ELM3344-000x	ELM3348-000x
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)	
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung	
Schutzart	IP 20	

Normative Angaben	ELM3344-000x	ELM3348-000x
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC	
EMV Hinweise	Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu ±MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 in die Up Versorgung (Powerkontakt) bei gesetzter Verbindung „Connect Up- to GNDA“ bzw. „Connect Up- to AGND“ im CoE (F800:01) können zu Messabweichungen von bis zu ±MBE führen.	

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.9.2.1 ELM334x Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±320 mV	REAL32	±343,6.. mV
			INT32 Extended	±343,6.. mV
			INT32 Legacy	±320 mV
		±80 mV	REAL32	±85,9.. mV
			INT32 Extended	±85,9.. mV
			INT32 Legacy	±80 mV
		±40 mV	REAL32	±42,95.. mV
			INT32 Extended	±42,95.. mV
			INT32 Legacy	±40 mV
		±20 mV	REAL32	±21,474.. mV
			INT32 Extended	±21,474.. mV
			INT32 Legacy	±20 mV
Temperatur Thermoelement (TC)	2-Leiter	±80 mV	Temperature 0,01°C	Je nach Typ bis zu 2320°C

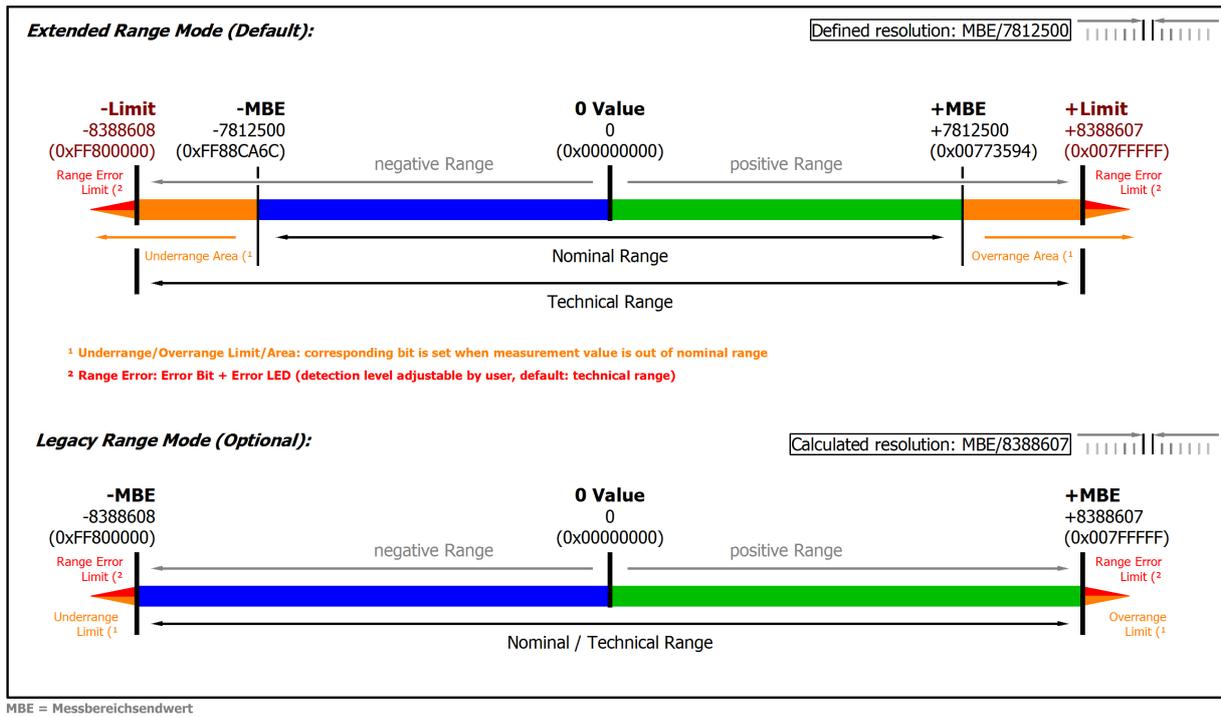


Abb. 71: Übersicht Messbereiche, Bipolar

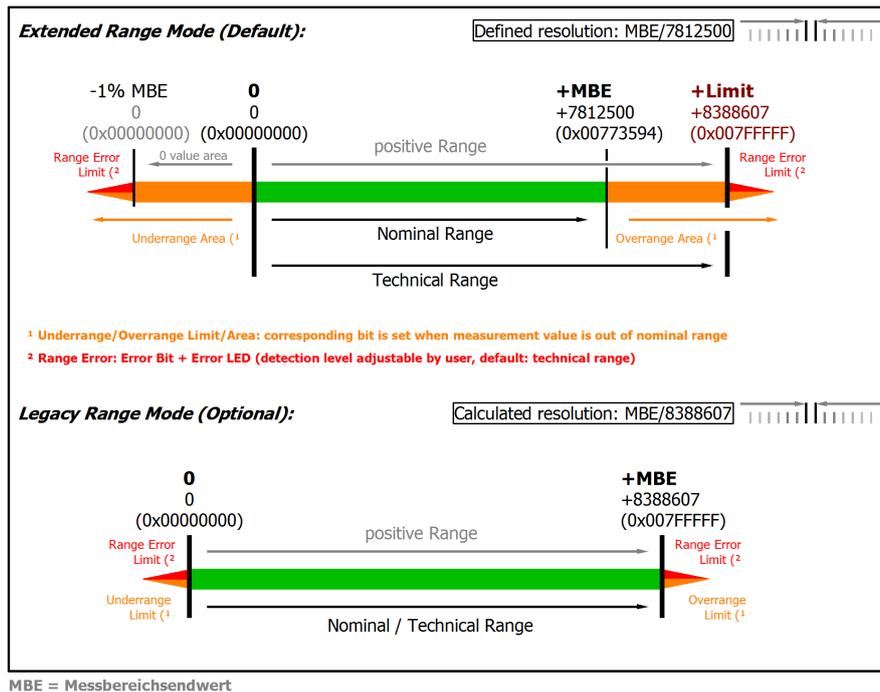


Abb. 72: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.9.2.2 Messung ±20 mV..±320 mV

3.9.2.2.1 Messung ±320 mV

ELM334x

Messung Modus		±320 mV
Messbereich, nominell		-320...+320 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		320 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-343,6...+343,6 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit
		16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		40,96 nV
PDO LSB (Legacy Range)		38,14.. nV
		9,765.. μV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,015 %, < ±150 ppm _{MBE} typ. < ±48 μV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,0225 %, < ±225 ppm _{MBE} typ. < ±72 μV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 40 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 140 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 10 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 5 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K typ.
		< 0,32 μV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±tbd. % = tbd. ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 10 MΩ 6 nF CommonMode typ. ca. 20 nF gegen SGND Common Mode typ. 500 kΩ 0.2 nF gegen AGND

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3344 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

ELM3348 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

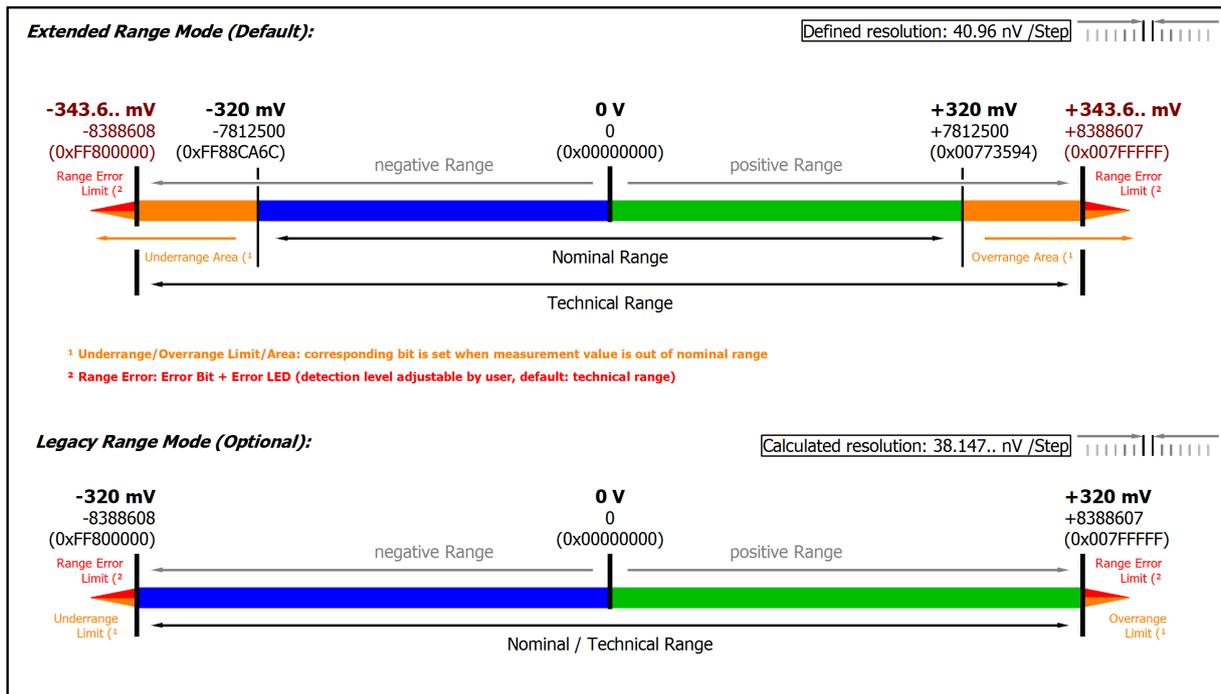


Abb. 73: Darstellung ±320 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.9.2.2.2 Messung ±80 mV

ELM334x

Messung Modus		±80 mV
Messbereich, nominell		-80...+80 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-85,9...+85,9 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		10,24 nV 2,62144 µV
PDO LSB (Legacy Range)		9,536.. nV 2,441.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,02 %, < ±200 ppm _{MBE} typ. < ±16 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,027 %, < ±270 ppm _{MBE} typ. < ±21,6 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 120 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 150 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 50 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 5 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 2,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,2 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±tbd. % = tbd. ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 10 MΩ 6 nF CommonMode typ. ca. 20 nF gegen SGND Common Mode typ. 500 kΩ 0.2 nF gegen AGND

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3344 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

ELM3348 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

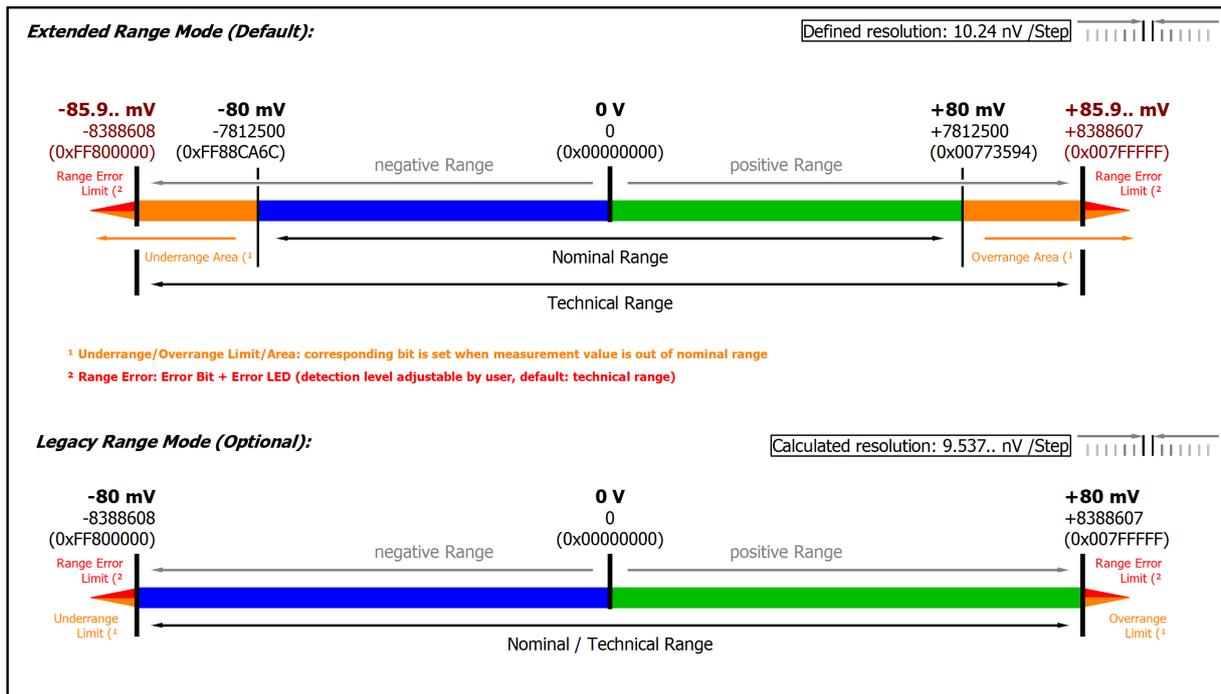


Abb. 74: Darstellung ±80 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.9.2.2.3 Messung ±40 mV

ELM334x

Messung Modus		±40 mV
Messbereich, nominell		-40...+40 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		40 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-42,95...+42,95 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		5,12 nV 1,31072 µV
PDO LSB (Legacy Range)		4,768.. nV 1,220.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,03 %, < ±300 ppm _{MBE} typ. < ±12 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,042 %, < ±420 ppm _{MBE} typ. < ±16,8 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 230 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 170 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 80 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 30 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 7,5 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,2 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±tbd. % = tbd. ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 10 MΩ 6 nF CommonMode typ. ca. 20 nF gegen SGND Common Mode typ. 500 kΩ 0.2 nF gegen AGND

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3344 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

ELM3348 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

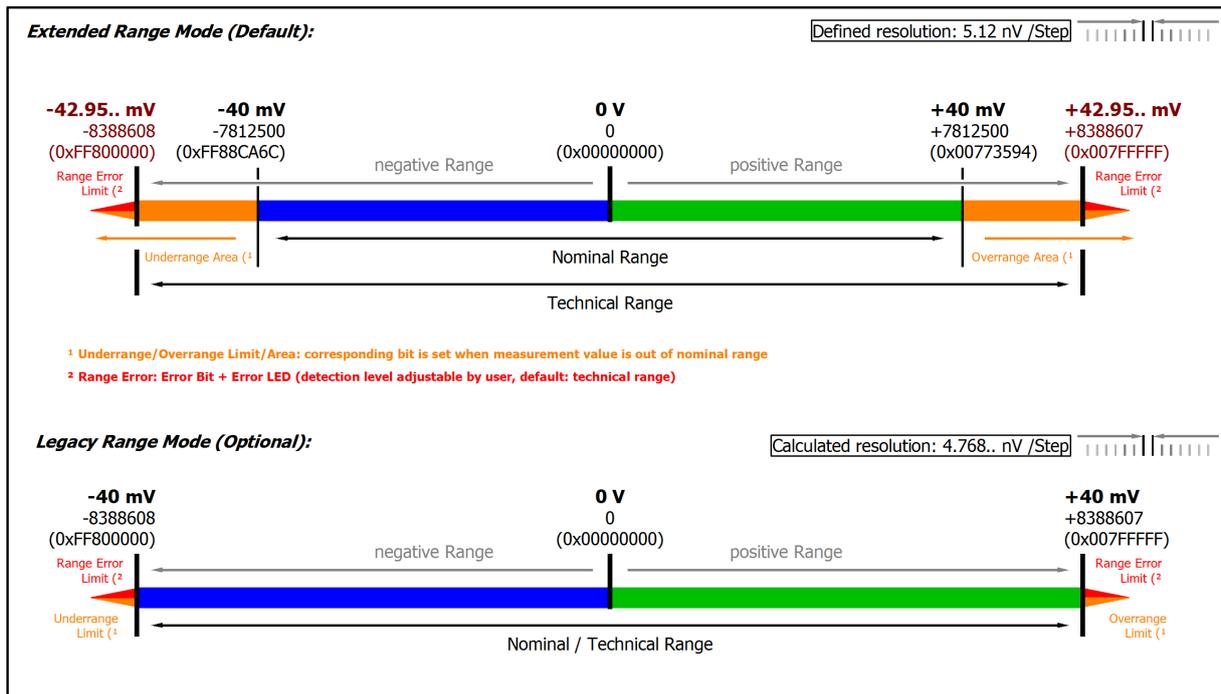


Abb. 75: Darstellung ±40 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.9.2.2.4 Messung ±20 mV

ELM334x

Messung Modus		±20 mV
Messbereich, nominell		-20...+20 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		20 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-21,474...+21,474 mV
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)		24 Bit 16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)		2,56 nV 655,36 nV
PDO LSB (Legacy Range)		2,384.. nV 610,37.. nV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,055 %, < ±550 ppm _{MBE} typ. < ±11 µV typ.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾		< ±0,0905 %, < ±905 ppm _{MBE} typ. < ±18,1 µV typ.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 490 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 190 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 150 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 50 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 10 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 20 ppm _{MBE} /K typ. < 0,4 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		< ±tbd. % = tbd. ppm _{MBE} typ.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. ca. 10 MΩ 6 nF CommonMode typ. ca. 20 nF gegen SGND Common Mode typ. 500 kΩ 0.2 nF gegen AGND

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3344 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

ELM3348 (1 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. µV
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter), typ.	DC: >tbd. dB	50 Hz: >tbd. dB	1 kHz: >tbd. dB	

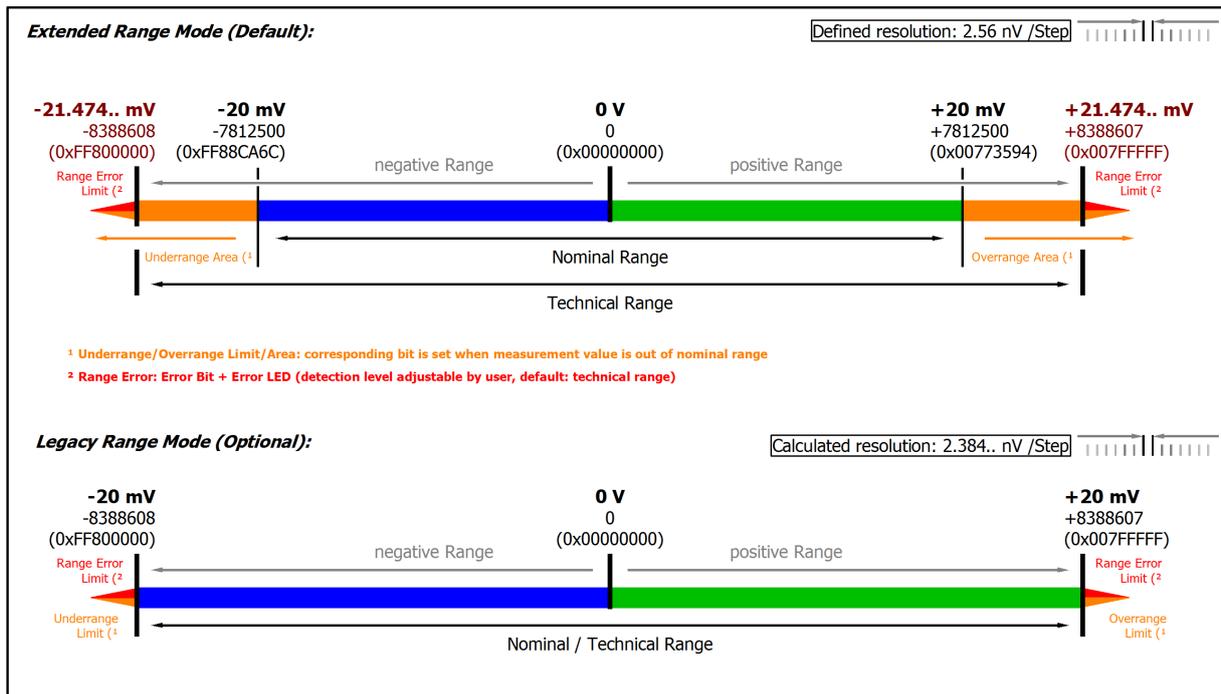


Abb. 76: Darstellung ±20 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.9.2.3 Messung Thermoelement

HINWEIS

Grundlagen Thermoelemente

Die im Folgenden beschriebenen Inhalte setzen die Kenntnis des im Kapitel „Grundlagen der Thermoelement-Technologie“ Beschriebenen voraus.

Anwendung auf die ELM334x

Die Klemme unterstützt die Messung von Spannungen und die Konvertierung diverser Thermoelement-Typen, siehe folgende Liste.

Zur Spannungsmessung wird der der beim jeweiligen TC-Typ angegebene elektrische Messbereich mit seiner angegebenen Spezifikation verwendet.

Es müssen isolierte (also nicht-geerdete) Thermoelemente verwendet werden. Bei Einsatz von geerdeten Thermoelementen ist damit zu rechnen, dass Störungen aus dem unklaren Erd-Potential die Messung beeinträchtigen.

TC-Messbereich

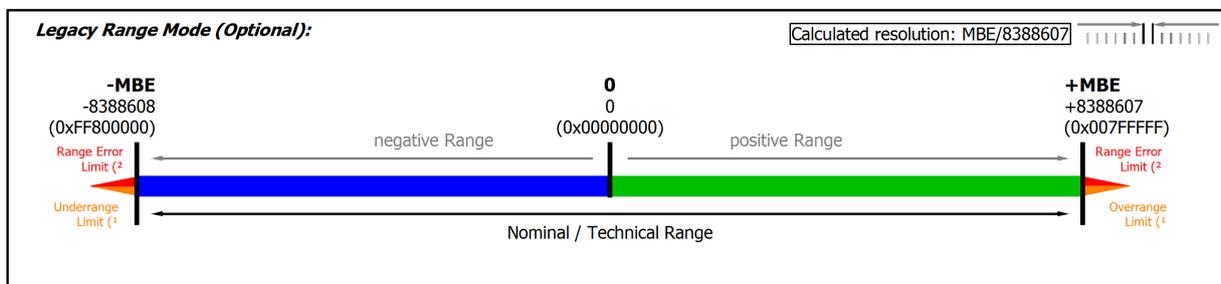


Abb. 77: Darstellung Thermoelement-Messbereich

Im Temperatur-Modus steht nur der Legacy-Range zur Verfügung, der „Extended Range Modus“ ist nicht verfügbar.

Die Temperaturdarstellung in [°C/digit] (z.B. 0,1°/digit oder 0,01°/digit) ist unabhängig von der elektrischen Messung, sie ist „nur“ eine Anzeigeeinstellung und ergibt sich aus der PDO-Einstellung, siehe Kapitel Inbetriebnahme.

Von der ELM334x unterstützte TC-Typen:

- A-1 0...2500°C
- A-2 0...1800°C
- A-3 0...1800°C
- Au/Pt 0...1000°C
- B 200...1820°C
- C 0...2320°C
- D 0...2490°C
- E -270...1000°C
- G 1000...2300°C
- J -210...1200°C
- K -270...1372°C
- L -50...900°C
- N -270...1300°C
- P (PLII) 0...1395°C
- Pt/Pd 0...1500°C
- R -50...1768°C

- S -50...1768°C
- T -270...400°C
- U -50...600°C

Im Folgenden werden die Spezifikationsdaten je Typ aufgeführt.

3.9.2.3.1 Thermoelement (TC) Messung mit Beckhoff Klemmen

Thermoelement-Spezifikation und Konvertierung

Die Temperaturmessung mit Thermoelementen umfasst generell drei Schritte:

- Messung der elektrischen Spannung,
- optional: Temperaturmessung der internen Kaltstelle,
- optional: Konvertierung (Umrechnung) der Spannung per Software in einen Temperaturwert nach eingestelltem Thermoelement-Typ (K, J, ...).

Alle drei Schritte können lokal im Beckhoff-Messgerät stattfinden. Die Transformation im Gerät kann auch deaktiviert werden, wenn sie übergeordnet in der Steuerung gerechnet werden soll. Je nach Gerätetyp können mehrere Thermoelement-Konvertierungen implementiert sein, die sich dann nur in Software unterscheiden.

Dies bedeutet für Beckhoff Thermoelement-Messgeräte, dass

- eine Spezifikation der elektrischen Spannungsmessung gegeben ist und
- darauf aufbauend im Folgenden je nach unterstütztem Thermoelement-Typ die Auswirkung für die Temperaturmessung angegeben wird. Zu beachten ist, dass Thermoelement-Kennlinien immer als Formeln höherer Ordnung oder durch eine Stützsteltentabelle in der Software realisiert werden, so dass eine direkte, lineare Übertragung $U \rightarrow T$ nur in einem engen Bereich sinnvoll ist.

i **Angaben zu den Sensortypen in nachfolgender Tabelle**

Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte zu den Sensortypen werden hier lediglich zu informativen Zwecken als Orientierungshilfe dargestellt. Alle Angaben sind ohne Gewähr und müssen mit dem Datenblatt des jeweiligen verwendeten Sensors überprüft werden.

Die Thermoelement-Messung umfasst eine Verkettung von Mess- und Rechenelementen die auf die erzielbare Messabweichung einwirken:

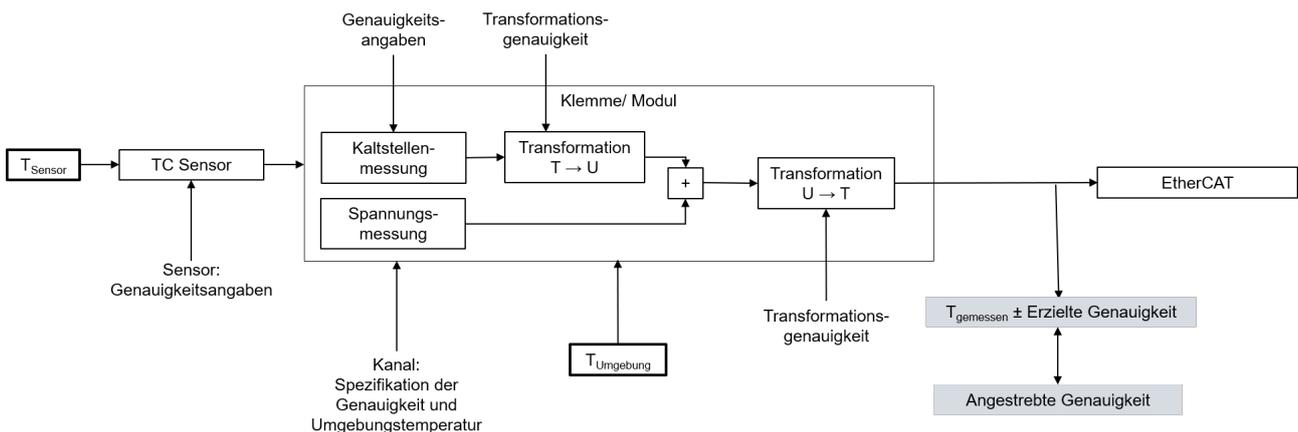


Abb. 78: Verkettung der Unsicherheiten in der Temperaturmessung mit Thermoelementen

Maßgebend für die erzielbare Temperatur-Messgenauigkeit ist die angegebene Spannungs-Spezifikation. Im Folgenden wird sie auf die möglichen Thermoelement-Typen angewendet.

Aufgrund

- der bei Thermoelementen vorhandenen, starken Nichtlinearität, die eine sinnvolle Verwendung dessen in einem nur eingeschränkten Temperaturbereich nahelegt (wenn möglich),
- des Einflusses der ggf. verwendeten internen Kaltstelle,

- der möglichen Verwendung einer externen Kaltstelle, deren Spezifikation an dieser Stelle nicht bekannt ist und
- des Einflusses der Umgebungstemperatur auf das verwendete Auswerte-Einheit bei der Spannungs- und Kaltstellenmessung (führt zu einer Veränderung von T_{measured} aufgrund von $\Delta T_{\text{ambient}}$)

werden im Folgenden keine detaillierten Temperatur-Spezifikationstabellen angegeben, sondern je Thermoelement-Typ

- eine Kurztabelle:
 - Mit Angabe des verwendeten elektrischen Messbereichs der Spannungsmessung.
 - Mit Angabe des vom Gerät unterstützen, gesamten technisch nutzbaren Messbereichs. Das ist auch der Linearisierungsbereich der Temperaturtransformation, in der Regel der normativ gegebene Einsatzbereich des jeweiligen Thermoelements.
Hinweis: der elektrische Messbereich ist so ausgelegt, dass der gesamte Linearisierungsbereich abgedeckt wird. Es kann also der gesamte Temperaturmessbereich genutzt werden.
 - Mit Angabe des von Beckhoff empfohlenen Messbereichs für diesen Typ. Er ist eine Teilmenge des technisch nutzbaren Messbereichs und deckt den industriell üblicherweise verwendeten Messbereich ab, in dem noch eine relativ geringe Messunsicherheit erreicht wird.
Da Thermoelemente über den gesamten implementierten Messbereich - wie im Grundlagenkapitel zu Thermoelementen gezeigt - eine nichtlineare Kennlinie haben, wäre die Angabe der Messunsicherheit über diesen gesamten Bereich als sog. Grundgenauigkeit praxisfremd und sogar irreführend. Im industriell üblicherweise genutzten Temperaturbereich wird eine deutlich kleinere Unsicherheit erreicht. Dennoch ist eine Verwendung des Geräts außerhalb des „empfohlenen Messbereichs“ (aber innerhalb des „technisch nutzbaren Messbereichs“) natürlich möglich.
 - Mit der spezifizierten Messunsicherheit im „empfohlenen Messbereich“ bei 23 °C und 55 °C Umgebungstemperatur, wobei die Angabe der Messunsicherheit bei 55 °C dem Wert für 23 °C ± 32 °C entspricht.
Damit kann die Messunsicherheit bei anderen Umgebungstemperaturen im empfohlenen Messbereich näherungsweise interpoliert bzw. extrapoliert werden. Die Werte können auch aus dem Spezifikations-Plot entnommen werden.
Achtung: Bei Ermittlung des Temperaturkoeffizienten (T_k [K/Kamb]): die angegebenen Werte müssen nicht unbedingt beim gleichen T_{sens} vorliegen! Zur T_k -Ermittlung am besten aus dem Plot bei T_{sens} die Messunsicherheitswerte ablesen und T_k berechnen.
- der „Spezifikations-Plot“: Eine umfassende Spezifikationsaussage als grafische Darstellung der Messunsicherheit über T_{sens} bei den beiden genannten Umgebungstemperaturen und zusätzlich 39 °C im gesamten technisch nutzbaren Messbereich. Die Darstellung der Messunsicherheit bei 39 °C Umgebungstemperatur (mittlere Temperatur zwischen 23 °C und 55 °C) zeigt den nichtlinearen Einfluss der Temperatur auf die Messunsicherheit.
Werden Genauigkeitswerte außerhalb des „empfohlenen Messbereichs“ benötigt, können sie also hier grafisch abgelesen werden.
- einige Formeln, um weitere Kenngrößen (Offset / Gain / Nichtlinearität / Wiederholgenauigkeit / Rauschen) bei Bedarf aus der Spezifikation beim gewünschten Betriebspunkt zu berechnen.

Hinweise zur Berechnung detaillierter Spezifikationsangaben

Sind weitere Spezifikationsangaben von Interesse, können bzw. müssen sie aus den in der Spannungsspezifikation gegebenen Werten berechnet werden.

Zum Ablauf:

- Allgemein: Die Umrechnung wird hier nur für einen Messpunkt (ein bestimmtes Eingangssignal) erklärt, bei mehreren Messpunkten (bis hin zum ganzen Messbereich) müssen die Schritte einfach wiederholt werden.
- Die Ermittlung des gesamten Temperaturfehlers an einem Messpunkt ergibt sich aus zwei Schritten:
 - Ermittlung des Temperaturfehlers aus dem Fehler der Spannungsmessung und
 - Ermittlung des Fehlers durch die Kaltstellenmessung an der Temperatur des Messpunkts.
 - Hinweis: Aufgrund der Nichtlinearität der Thermoelemente ist keine einfache Addition der Temperaturfehler möglich.

- Falls die gemessene Spannung bei dem gemessenen Temperaturmesspunkt nicht bekannt ist, muss der Messwert $MW = U_{\text{Messpunkt}}(T_{\text{Messpunkt}})$ mithilfe einer $U \rightarrow T$ Tabelle ermittelt werden:
- Bei diesem Spannungswert wird die Abweichung berechnet:
 - Über die Gesamtformel

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + (TK_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise, PtP}})^2 + (TK_{\text{Offset}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

- oder einen Einzelwert, z. B. $F_{\text{Einzel}} = 15 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- muss die Messunsicherheit in [mV] berechnet werden:
 $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Gesamt}}(U_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder: $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Einzel}}(U_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder (falls schon bekannt) z.B.: $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = 0,003 \text{ mV}$
- Auch für die Berechnung des Kaltstellenfehlers, der für weitere Berechnungen benötigt wird, muss der gesamte Fehler über die obige Formel berechnet werden.
- Dann muss die Steigung an der verwendeten Stelle ermittelt werden:
 $\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = [U(T_{\text{Messpunkt}} + 1^\circ\text{C}) - U(T_{\text{Messpunkt}})] / 1^\circ\text{C}$
 mithilfe einer $U \rightarrow T$ Tabelle
- Der Kaltstellenfehler ist als Temperatur in °C angegeben. Der Temperaturfehler muss dann über die Steigung an dem Temperaturmesspunkt in eine Spannungsfehler in [mV] umgerechnet werden:
 $F_{\text{CJC, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{CJC, T}} \cdot \Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}})$
- Über eine quadratische Addition des Spannungsfehlers und des Kaltstellenfehlers muss dann der kombinierte Fehler in [mV] berechnet werden:

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \sqrt{(F_{\text{Spannung}})^2 + (F_{\text{CJC, U}})^2}$$

- Bei kalibrierten Thermoelementen kann auch der Fehler des Thermoelements an dieser Stelle von mit einbezogen werden, um den kombinierten Fehler des gesamten Systems in mV zu ermitteln. Dazu müssen alle drei Fehlereinflüsse in [mV] (Spannung, Kaltstelle, Thermoelement) quadratisch addiert werden.
- Über die Spannungs-Messunsicherheit und die Steigung kann die Temperatur-Messunsicherheit berechnet werden
 $F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}}(T_{\text{Messpunkt}})) / (\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}))$

In den folgenden drei Beispielen dienen die verwendeten Zahlenwerte der Veranschaulichung. Maßgebend bleiben die in den technischen Daten genannten Spezifikationswerte.

Beispiel 1:

Grundgenauigkeit einer ELM3704 bei 35°C Umgebung, Messung von 400°C mit Thermoelement Typ K, ohne Rausch- und Alterungs-Einflüsse:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$MW = U_{\text{Typ K, 400}^\circ\text{C}} = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{\left(55 \text{ ppm} \cdot \frac{16,397 \text{ mV}}{80 \text{ mV}}\right)^2 + \left(8 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K} \cdot \frac{16,397 \text{ mV}}{80 \text{ mV}}\right)^2 + (70 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (25 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (20 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + \left(5 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K}\right)^2}$$

$$= 100,196 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = 100,196 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 8,016 \text{ } \mu\text{V}$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ }^\circ\text{C}) - U(400 \text{ }^\circ\text{C})) / (1 \text{ }^\circ\text{C}) = 42,243 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, T}} = \text{td}$$

$$F_{\text{CJC, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{td } ^\circ\text{C} \cdot 42,243 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{td } \mu\text{V}$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{td}$$

$$F_{\text{ELM3704@35}^\circ\text{C, Typ K, 400}^\circ\text{C}} = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu\text{V}) / (42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) \approx \text{tbd } ^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^\circ\text{C)}$$

Beispiel 2:

Betrachtung allein der Wiederholgenauigkeit unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$MW = U_{\text{Messpunkt}} (400 \text{ } ^\circ\text{C}) = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Einzel}} = 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}} = 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 1,6 \mu\text{V}$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ } ^\circ\text{C}) - U(400 \text{ } ^\circ\text{C})) / (1 \text{ } ^\circ\text{C}) = 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel}} = \text{tbd } ^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{tbd } ^\circ\text{C} \cdot 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{tbd } \mu\text{V}$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{tbd}$$

$$F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu\text{V}) / (42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) \approx \text{tbd } ^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^\circ\text{C)}$$

Beispiel 3:

Betrachtung allein des RMS-Rauschens ohne Filter unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$MW = U_{\text{Messpunkt}} (400 \text{ } ^\circ\text{C}) = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Einzel}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 2,96 \mu\text{V}$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ } ^\circ\text{C}) - U(400 \text{ } ^\circ\text{C})) / (1 \text{ } ^\circ\text{C}) = 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel}} = \text{tbd } ^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{tbd } ^\circ\text{C} \cdot 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{tbd } \mu\text{V}$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{tbd}$$

$$F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu\text{V}) / (42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) \approx \text{tbd } ^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^\circ\text{C)}$$

3.9.2.3.2 Spezifikation Hinweise

Die nachfolgenden Tabellen mit der TC-Spezifikation gelten nur bei der Verwendung der internen Kaltstelle. In der ELM334x/ ELM370x verfügt jeder Kanal über einen eigenen Kaltstellensensor.

Die Klemme kann auch bei Bedarf mit externer Kaltstelle verwendet werden. Die Unsicherheiten müssen dann für die externe Kaltstelle anwendungsseitig ermittelt werden. Der Temperaturwert der externen Kaltstelle muss der Klemme dann über die Prozessdaten zur eigenen Verrechnung mitgeteilt werden. Die Auswirkung auf die TC-Messung ist dann anlagenseitig zu berechnen.

Thermische Stabilisierung

Die hier angegebenen Spezifikationswerte für die Messung der Kaltstelle gelten nur bei Einhaltung folgender Zeiten zur thermischen Stabilisierung bei konstanter Umgebungstemperatur

- nach dem Einschalten: 60 min
- nach Änderung von Verdrahtung/Steckern: 15 min

Umgebungsluft in Bewegung

Für eine konstante TC-Messung sind thermisch stabile Umgebungsbedingungen um die ELM-Klemme herum wichtig. Luftbewegungen um die Klemme mit ggf. veränderlicher Lufttemperatur sind zu vermeiden. Wenn diese nicht vermeidbar sind, sollte die separat erhältliche Schirmhaube ZS9100-0003 zur thermischen Abschirmung verwendet werden. Die nachfolgende Spezifikation wurde ohne Schirmhaube an ruhender Umgebung erstellt.



Abb. 79: Schirmhaube ZS9100-0003

Drahtquerschnitt am Push-In Stecker

Der TC-Draht führt Wärme je nach Temperaturgefälle in den ELM-Stecker zu oder ab. Auch bei thermischen konstanten Bedingungen führt dies dann zu einer Offset-Abweichung. Wenn eine sehr genaue Messung benötigt wird, kann dies störenden Einfluss haben. Die im Weiteren spezifizierten Werte gelten für Leitungsdicke 0,2 mm (0,0314 mm²). Bei dickeren Drähten entsteht durch das Wärmegefälle eine Offset-Abweichung nach folgendem Diagramm:

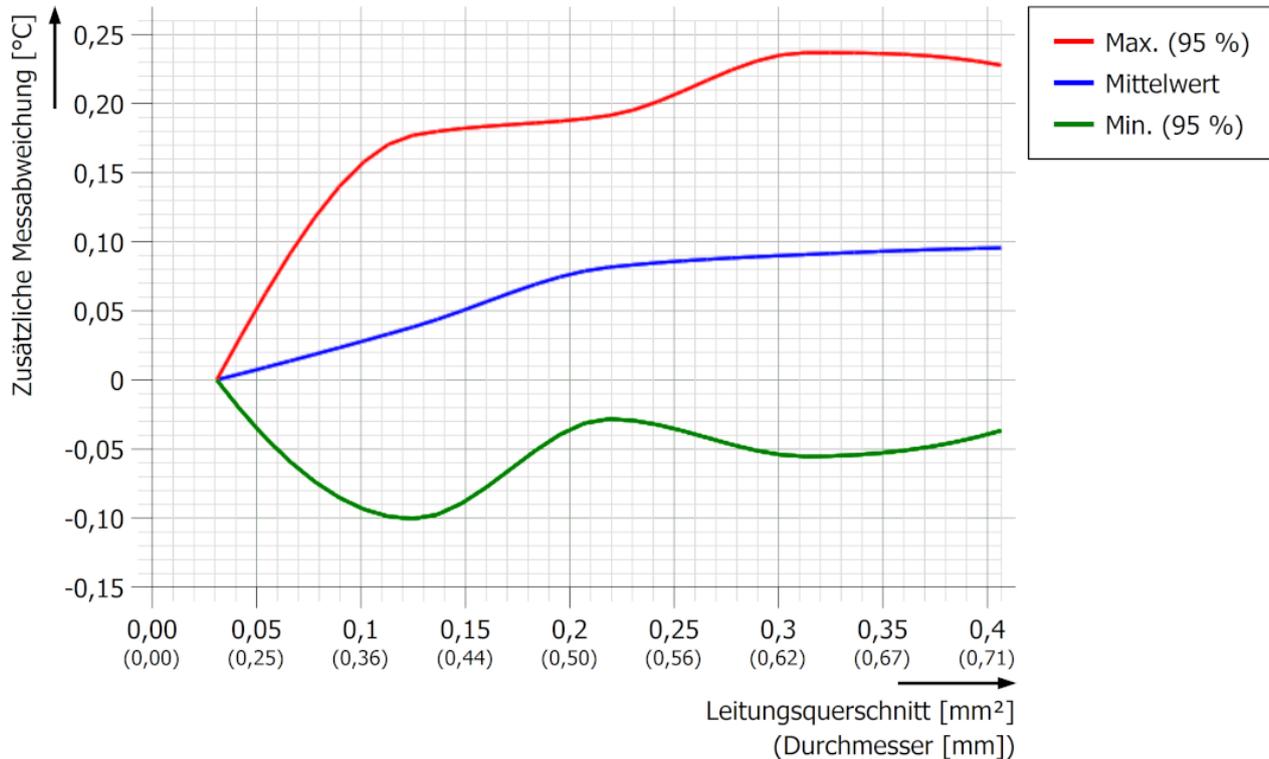


Abb. 80: Zusätzliche Abweichung in Abhängigkeit vom TC-Drahtdurchmesser/ Querschnitt bei ELM334x-0000 mit Push-In Stecker

Die Klemme misst also „zu warm“ und der angegebene Betrag muss entsprechend vom Messwert des Kanals abgezogen werden.

Das Diagramm wurde bei Raumtemperatur (23 °C) ermittelt und entsprechender Klemmenbetriebstemperatur. Eine abweichende Raumtemperatur hat keinen nennenswerten Einfluss, da sich die Klemmenbetriebstemperatur wieder entsprechend einstellt und das Wärmegefälle gleich bleibt.

Hinweis: Die zusätzliche Messabweichung in Abhängigkeit vom TC-Drahtdurchmesser/ Querschnitt ist bei LEMO- und MiniTC-Steckertypen vernachlässigbar klein.“

Spezifikation der internen Kaltstellenmessung

Messung Modus	Kaltstelle	
	ELM3348-0000, ELM3344-0000	ELM3348-0003, ELM3344-0003
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,5 °C	< ±0,4 °C
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep} < 25 mK	< 25 mK
Temperaturkoeffizient	T _k < 7,5 mK/K	< 7,5 mK/K

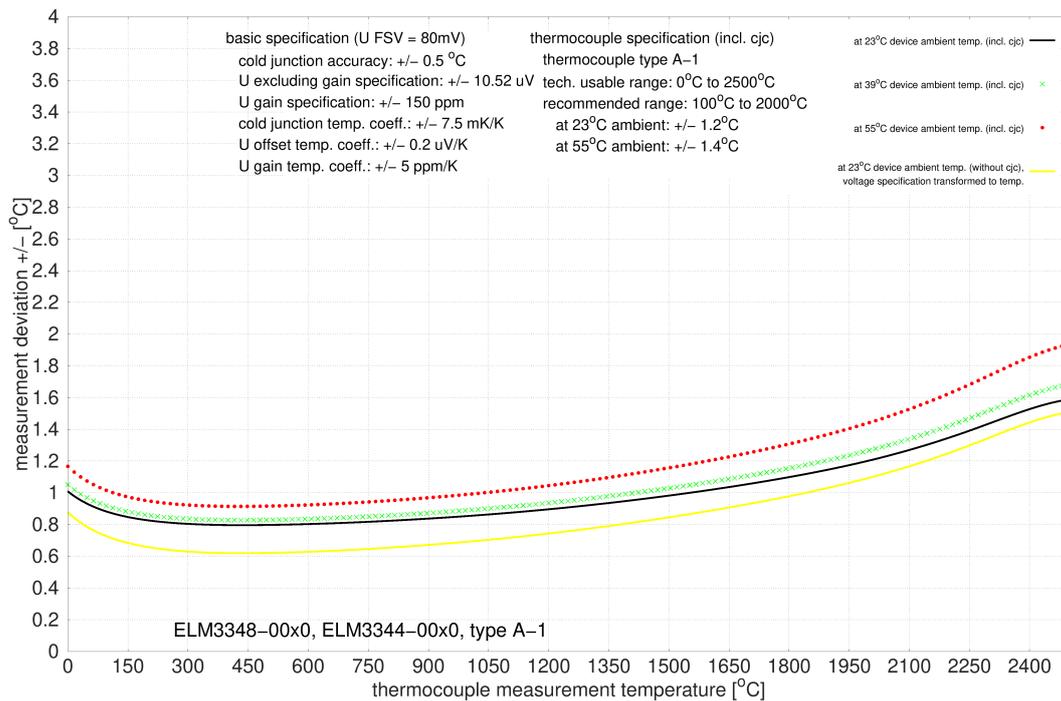
Im Folgenden wird nun für die einzelnen TC-Typen die erzielbare Temperaturmessunsicherheit angegeben, dem Typ nach in aufsteigender Reihenfolge.

3.9.2.3.3 ELM3348-00x0, ELM3344-00x0

3.9.2.3.3.1 Spezifikation Typ A-1

Temperaturmessung TC		Typ A-1
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +2500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2500 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,4 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

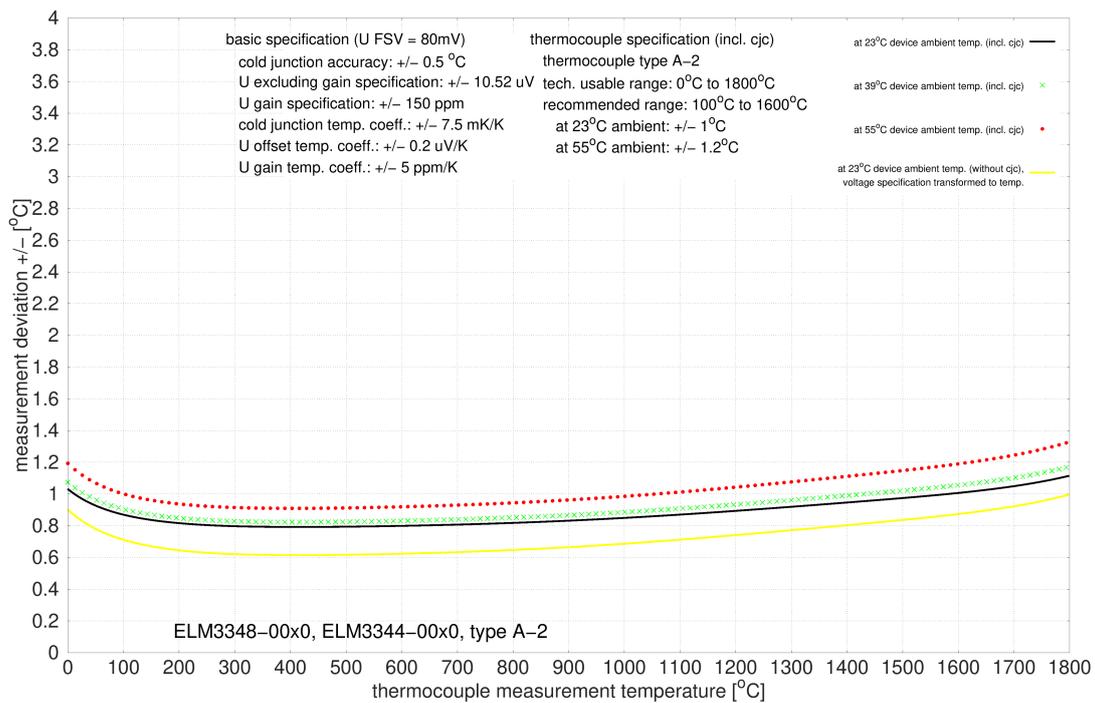
Messunsicherheit für TC Typ A-1:



3.9.2.3.3.2 Spezifikation Typ A-2

Temperaturmessung TC		Typ A-2
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

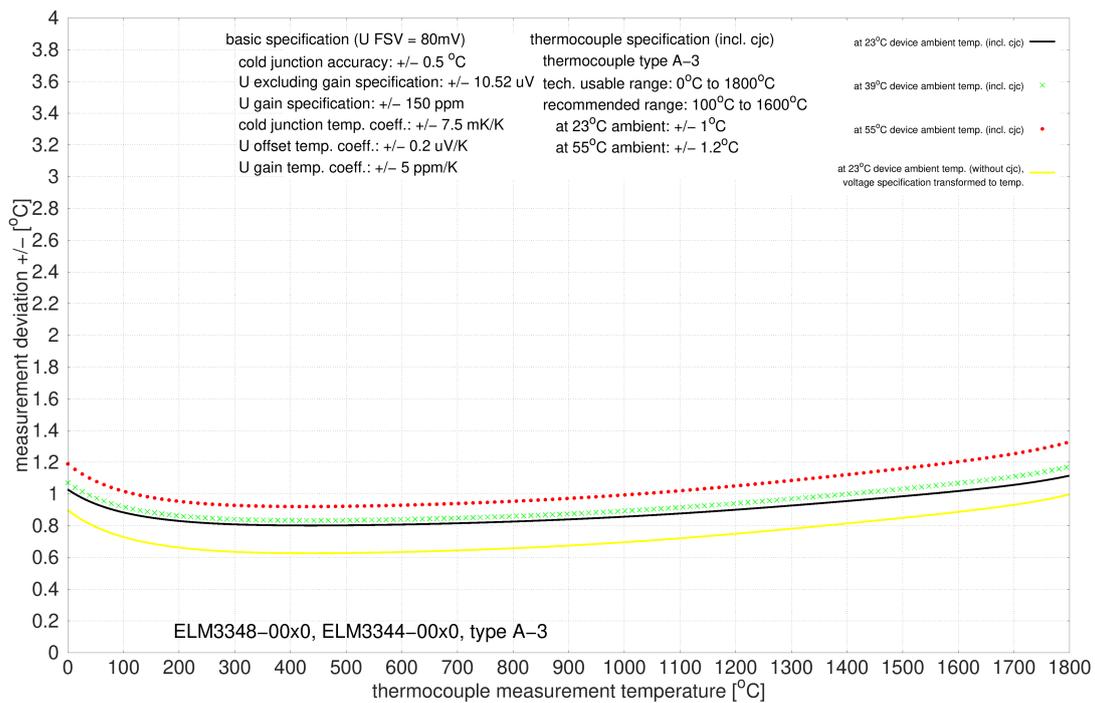
Messunsicherheit für TC Typ A-2:



3.9.2.3.3 Spezifikation Typ A-3

Temperaturmessung TC		Typ A-3
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

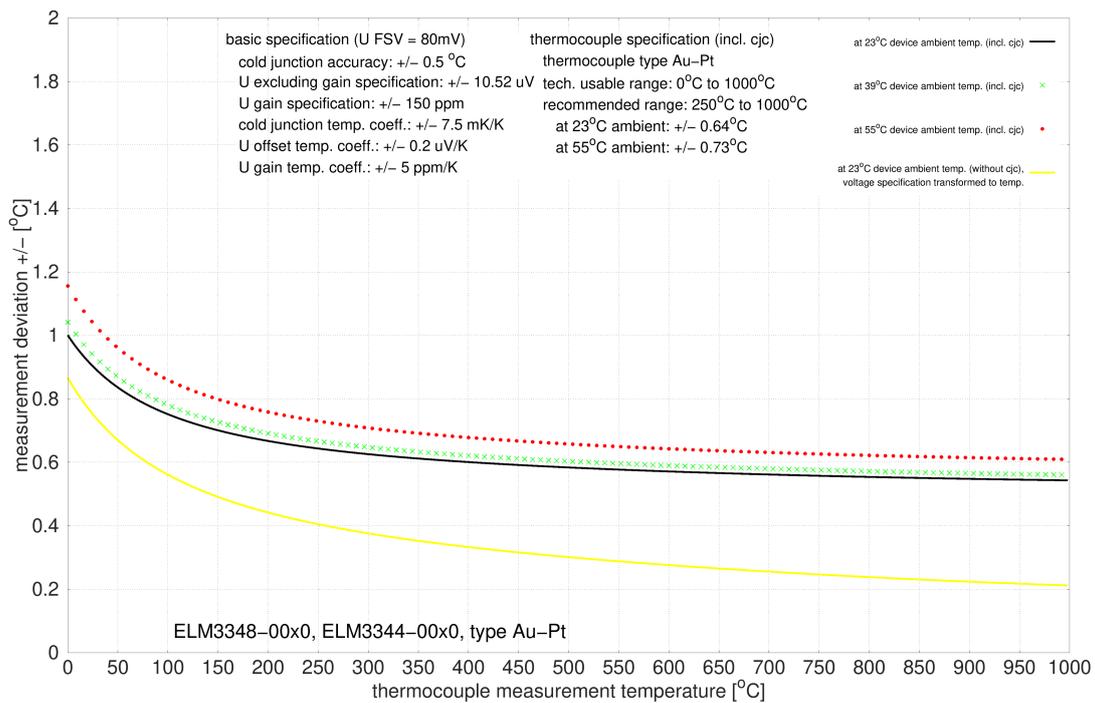
Messunsicherheit für TC Typ A-3:



3.9.2.3.3.4 Spezifikation Typ Au/Pt

Temperaturmessung TC		Typ Au/Pt
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1000 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,64 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,73 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

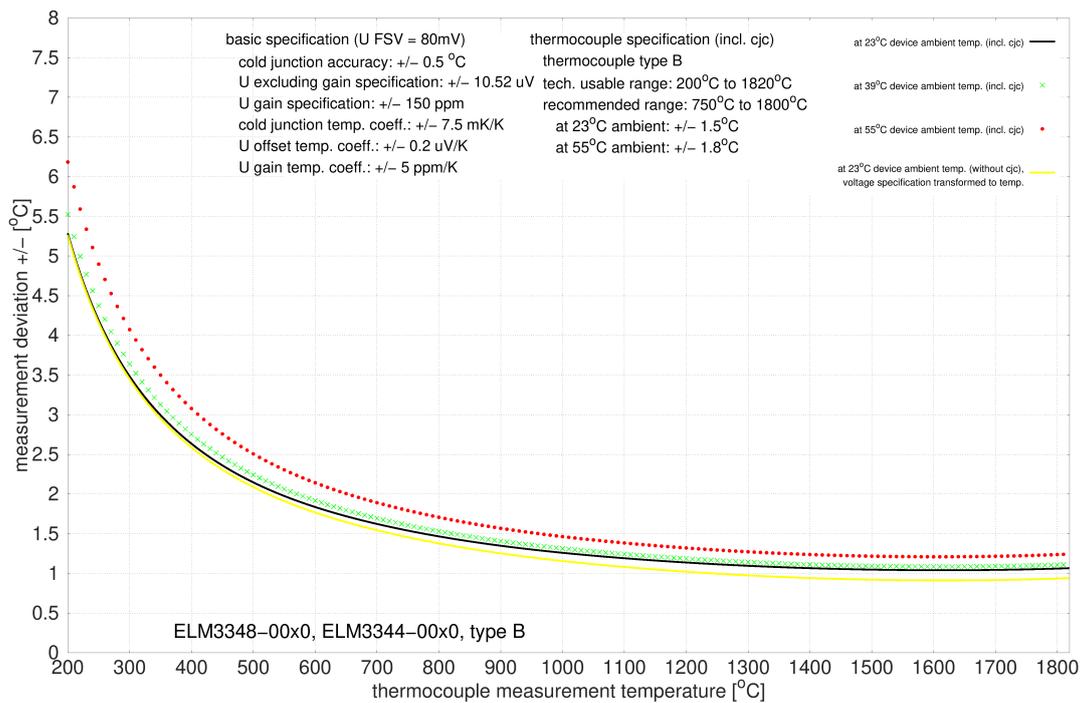
Messunsicherheit für TC Typ Au/Pt:



3.9.2.3.3.5 Spezifikation Typ B

Temperaturmessung TC		Typ B
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+200 °C ≈ 0,178 mV ... +1820 °C ≈ 13,820 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1820 °C
Messbereich, empfohlen		+750 °C ... +1800 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,5 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,8 K ≈ ±0,1 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

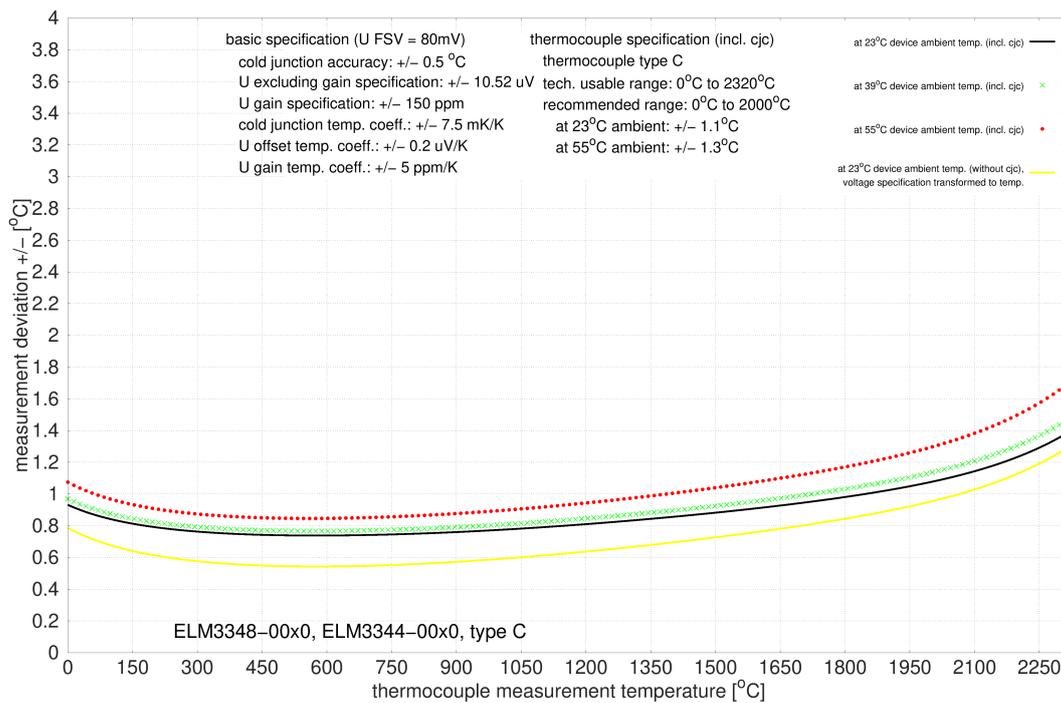
Messunsicherheit für TC Typ B:



3.9.2.3.3.6 Spezifikation Typ C

Temperaturmessung TC		Typ C
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ≈ 0 mV ... +2320 °C ≈ 37,107 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+2320 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,1 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,3 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

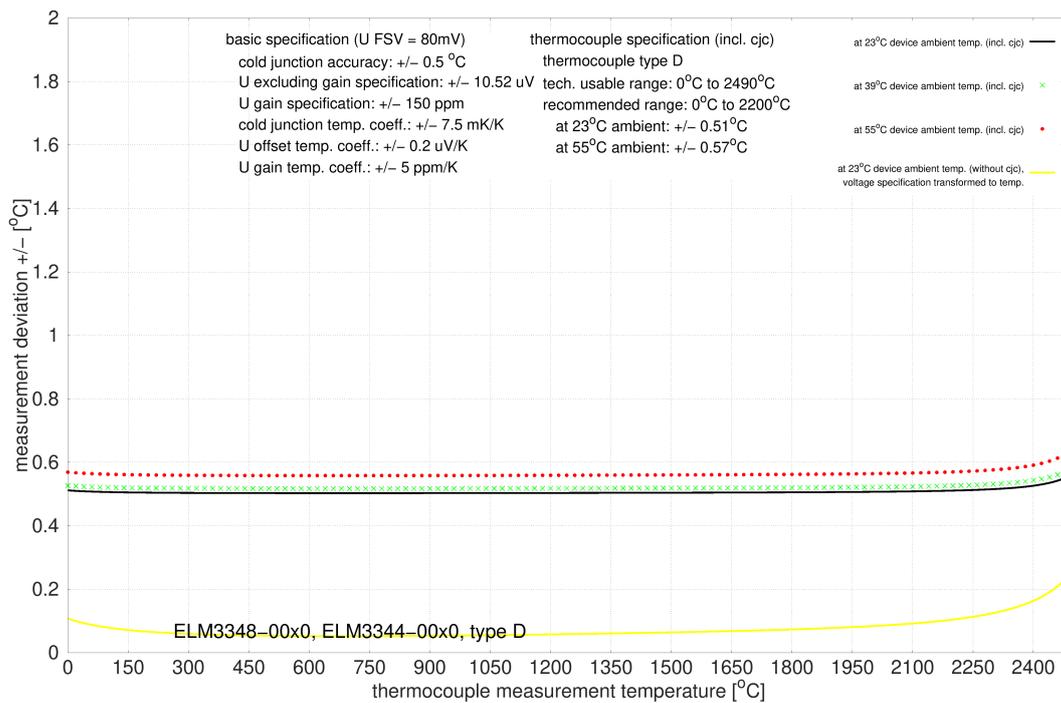
Messunsicherheit für TC Typ C:



3.9.2.3.3.7 Spezifikation Typ D

Temperaturmessung TC		Typ D
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 ° ... +2490 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2490 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,51 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,57 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

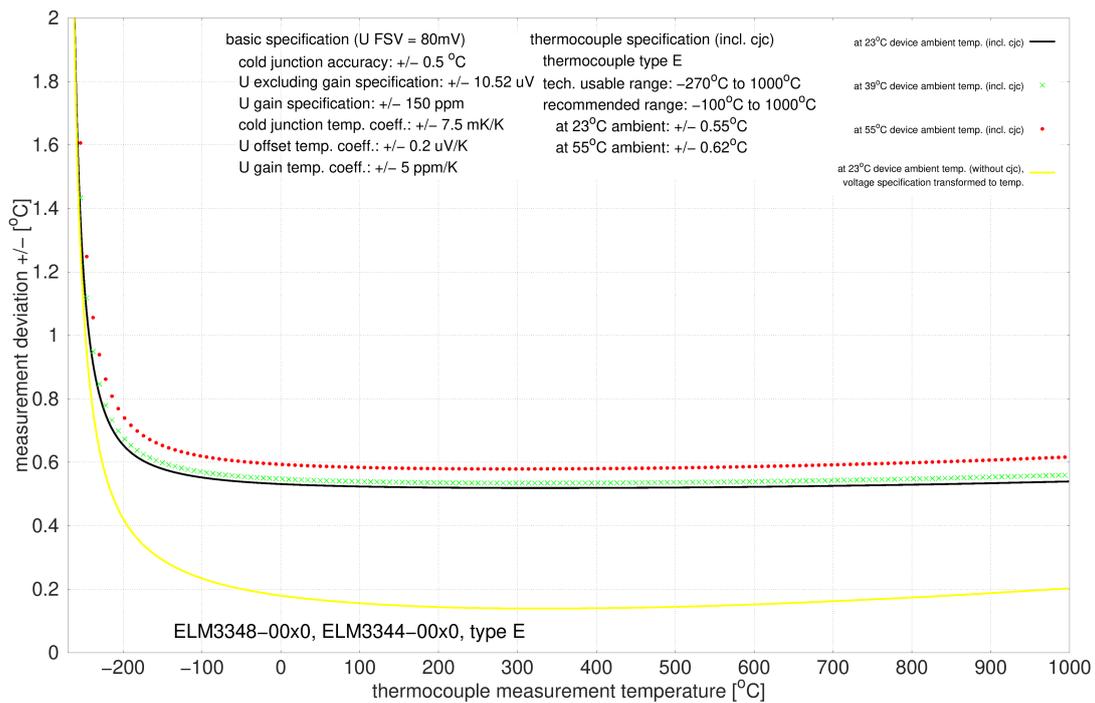
Messunsicherheit für TC Typ D:



3.9.2.3.3.8 Spezifikation Typ E

Temperaturmessung TC		Typ E
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -9,835 mV ... +1000 °C ≈ 76,373 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,55 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,62 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

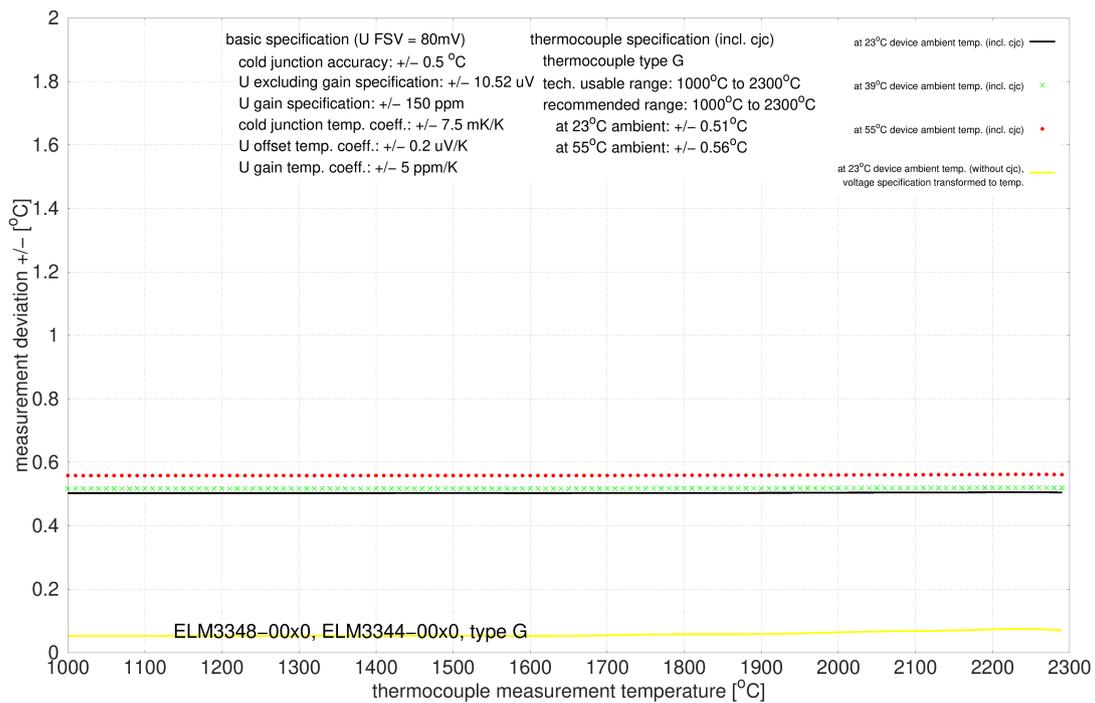
Messunsicherheit für TC Typ E:



3.9.2.3.3.9 Spezifikation Typ G

Temperaturmessung TC		Typ G
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+1000 ° ... +2300 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2300 °C
Messbereich, empfohlen		+1000 °C ... +2300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,51 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,56 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

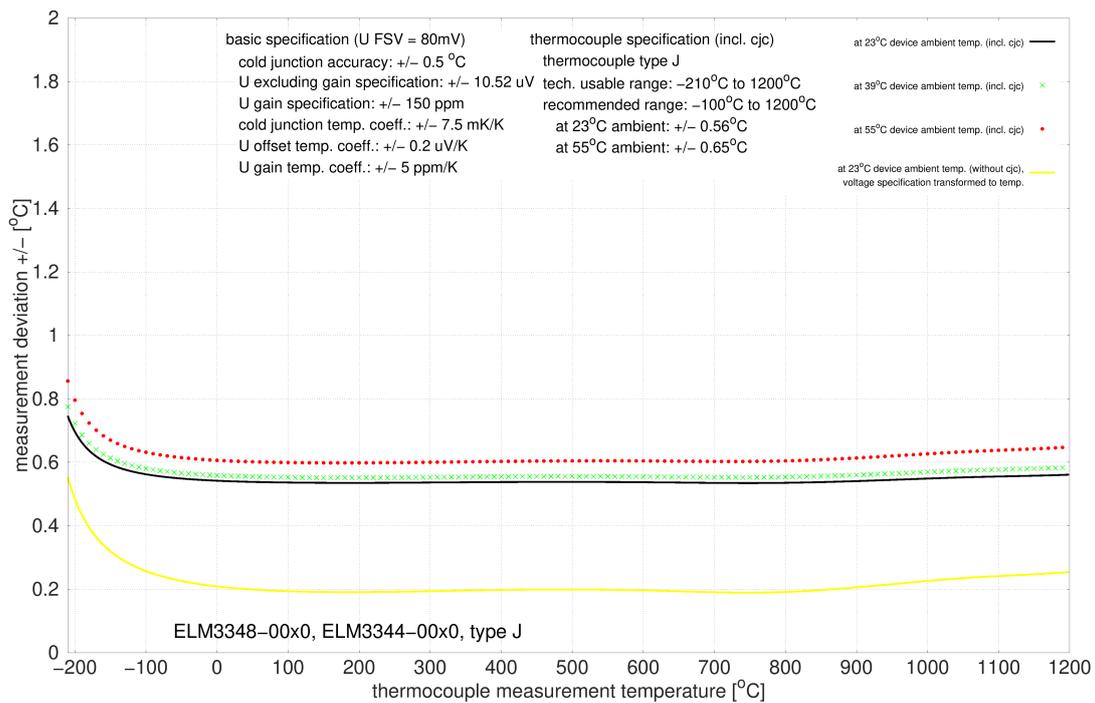
Messunsicherheit für TC Typ G:



3.9.2.3.3.10 Spezifikation Typ J

Temperaturmessung TC		Typ J
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-210 °C ≈ -8,095 mV ... +1200 °C ≈ +69,553 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1200 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,56 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,65 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

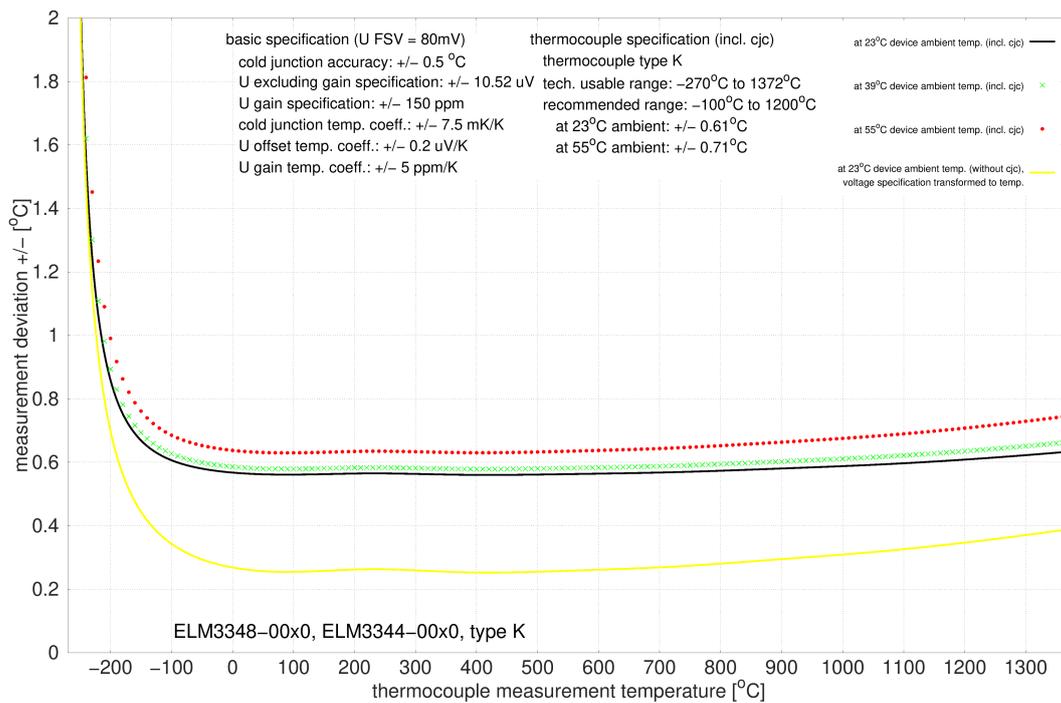
Messunsicherheit für TC Typ J:



3.9.2.3.3.11 Spezifikation Typ K

Temperaturmessung TC		Typ K
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,458 mV ... 1372 °C ≈ 54,886 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1372°C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,61 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,71 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

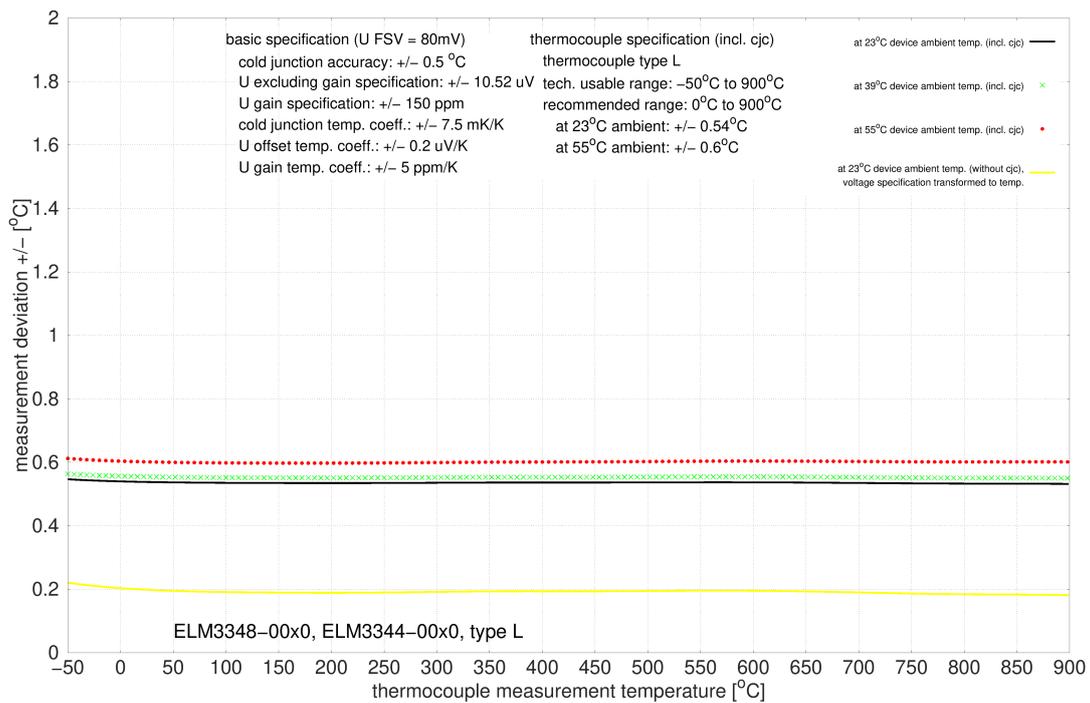
Messunsicherheit für TC Typ K:



3.9.2.3.3.12 Spezifikation Typ L

Temperaturmessung TC		Typ L
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -2,510 mV ... +900 °C ≈ 52,430 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+900 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +900 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,54 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,6 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

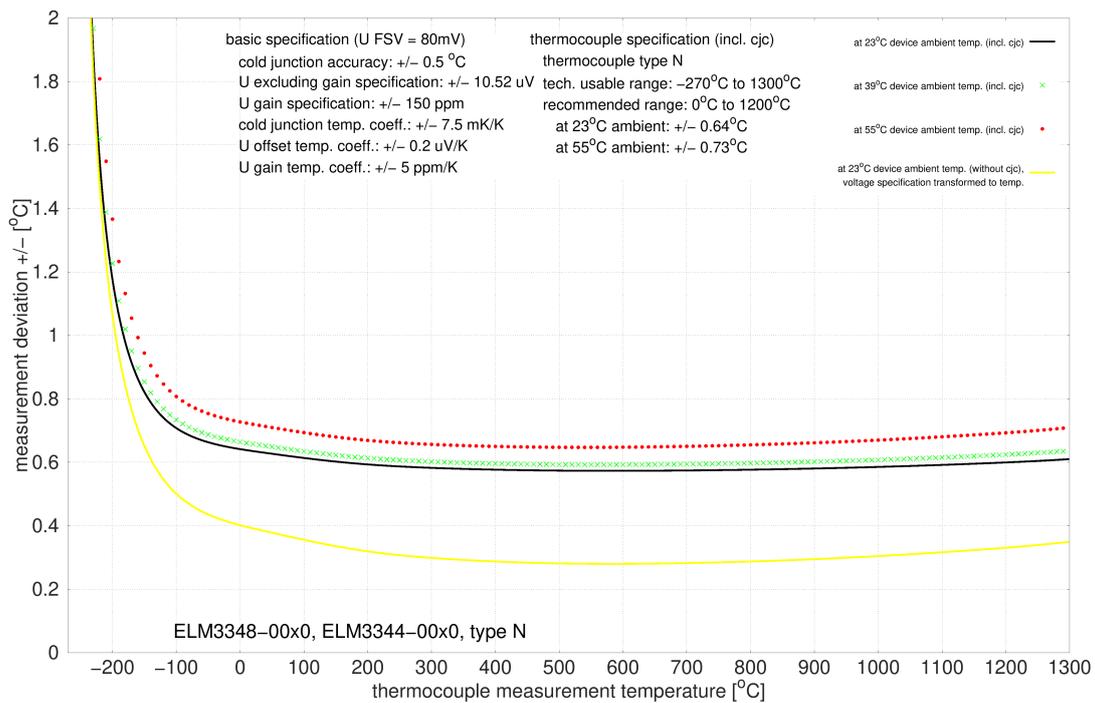
Messunsicherheit für TC Typ L:



3.9.2.3.3.13 Spezifikation Typ N

Temperaturmessung TC		Typ N
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -4,346 mV ... +1300 °C ≈ 47,513 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1300 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,64 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,73 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

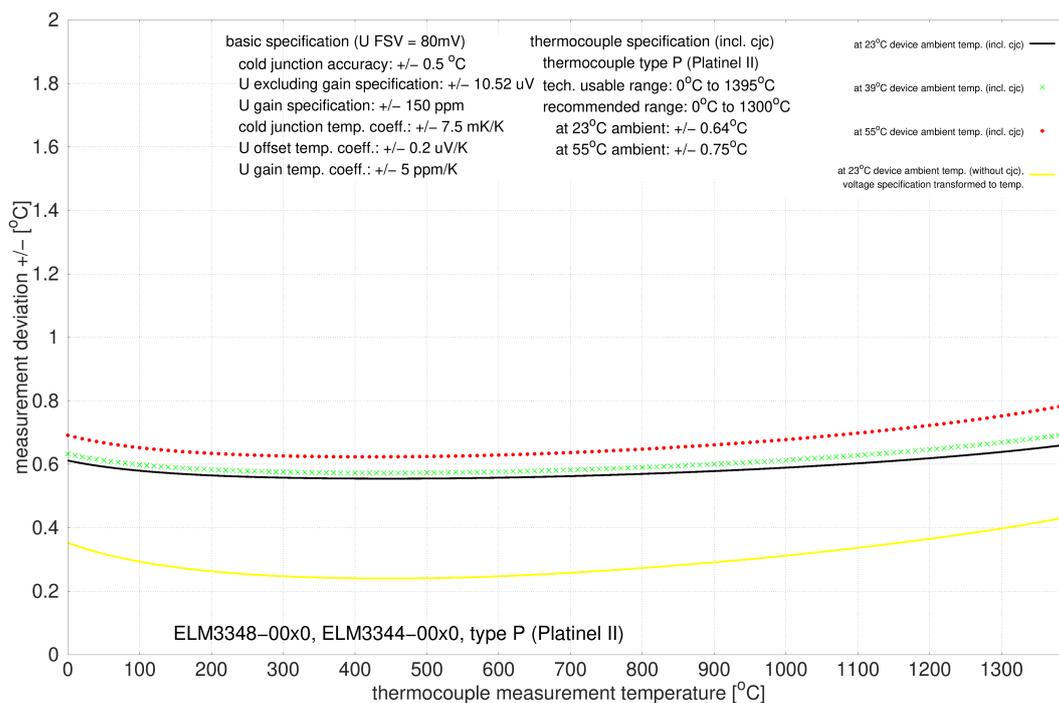
Messunsicherheit für TC Typ N:



3.9.2.3.3.14 Spezifikation Typ P

Temperaturmessung TC		Typ P
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1395 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1395 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,64 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,75 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

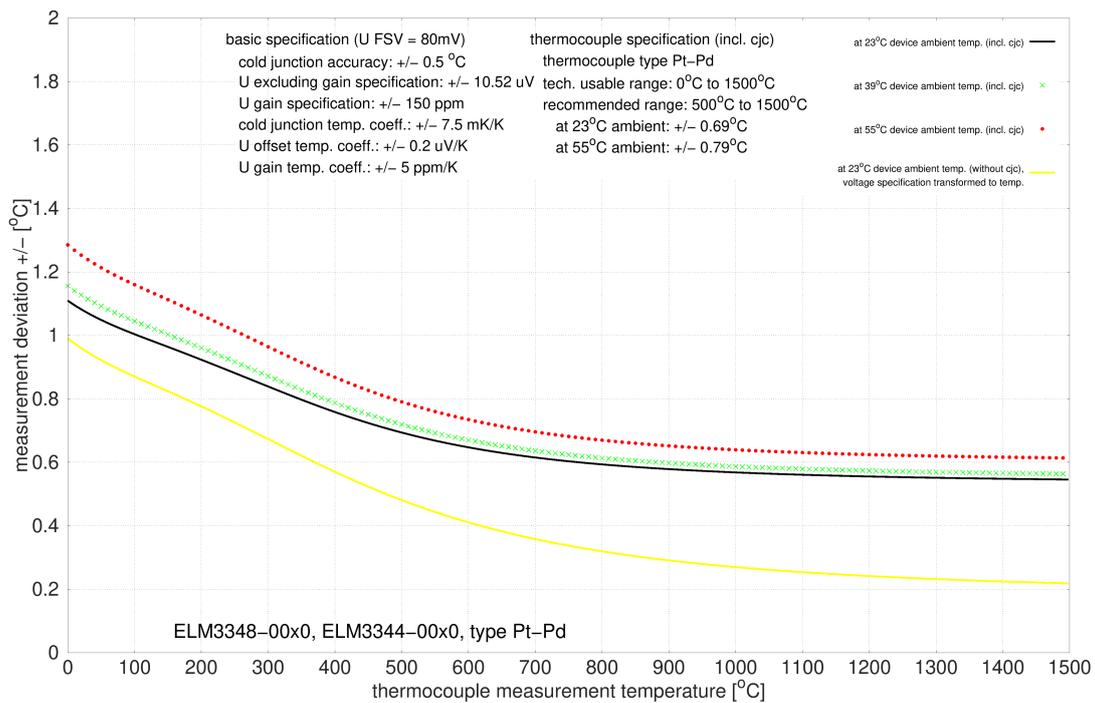
Messunsicherheit für TC Typ P:



3.9.2.3.3.15 Spezifikation Typ Pt/Pd

Temperaturmessung TC		Typ Pt/Pd
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1500 °C
Messbereich, empfohlen		+500 °C ... +1500 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,69 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,79 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

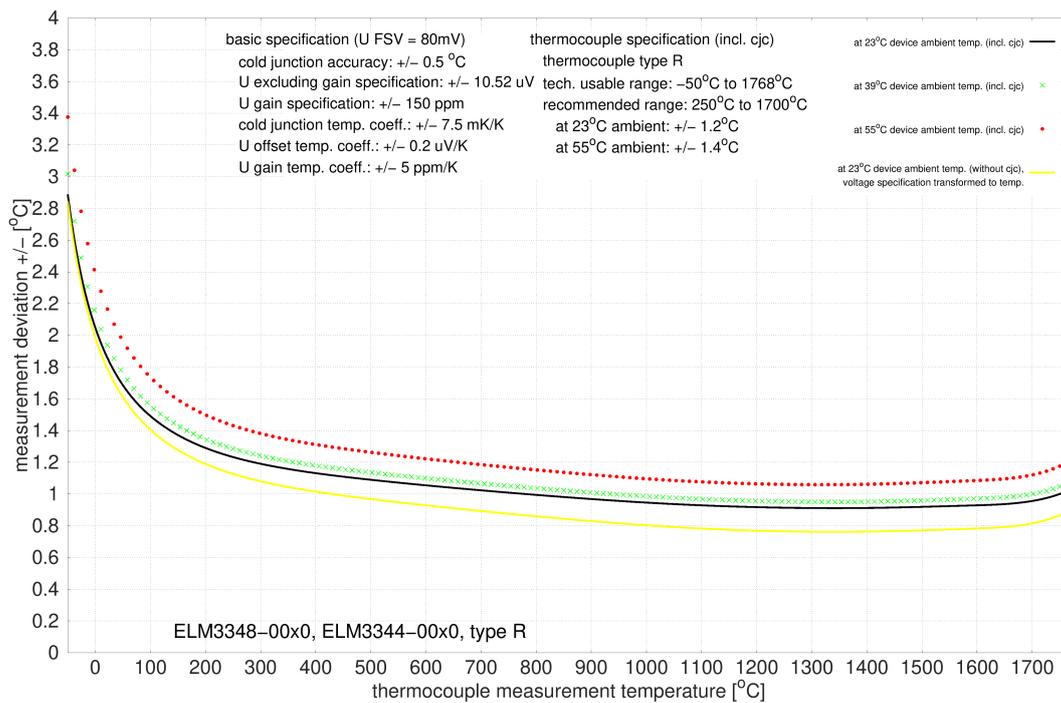
Messunsicherheit für TC Typ Pt/Pd:



3.9.2.3.3.16 Spezifikation Typ R

Temperaturmessung TC		Typ R
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,226 mV ... +1768 °C ≈ 21,101 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,4 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

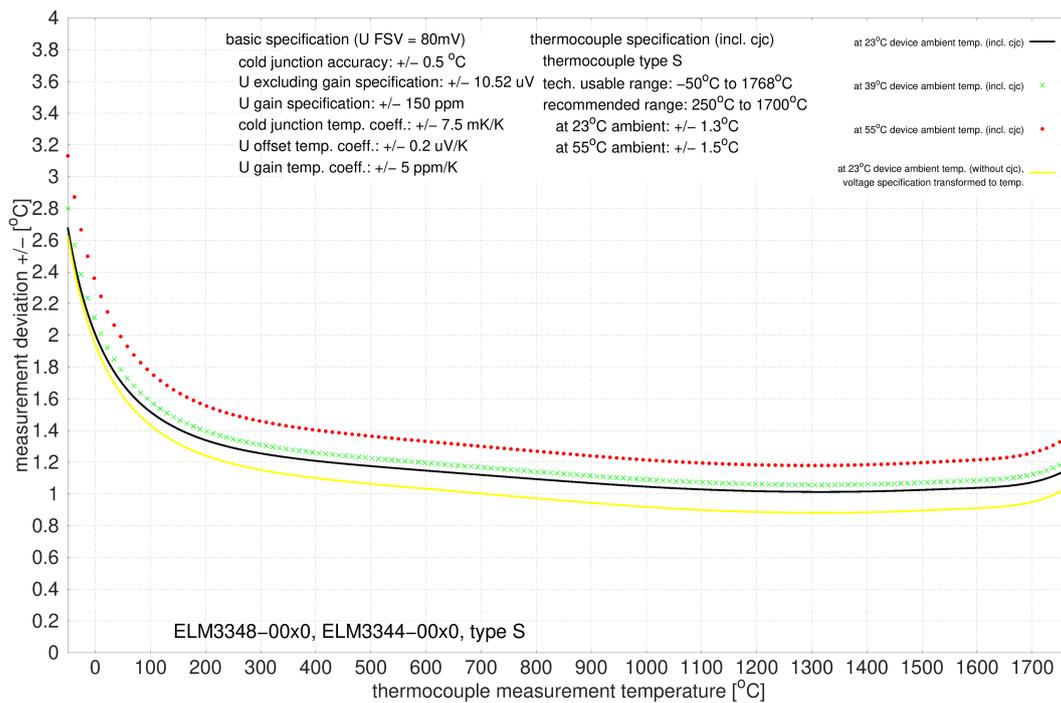
Messunsicherheit für TC Typ R:



3.9.2.3.3.17 Spezifikation Typ S

Temperaturmessung TC		Typ S
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,236 mV ... +1768 °C ≈ 18,693 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,3 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,5 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

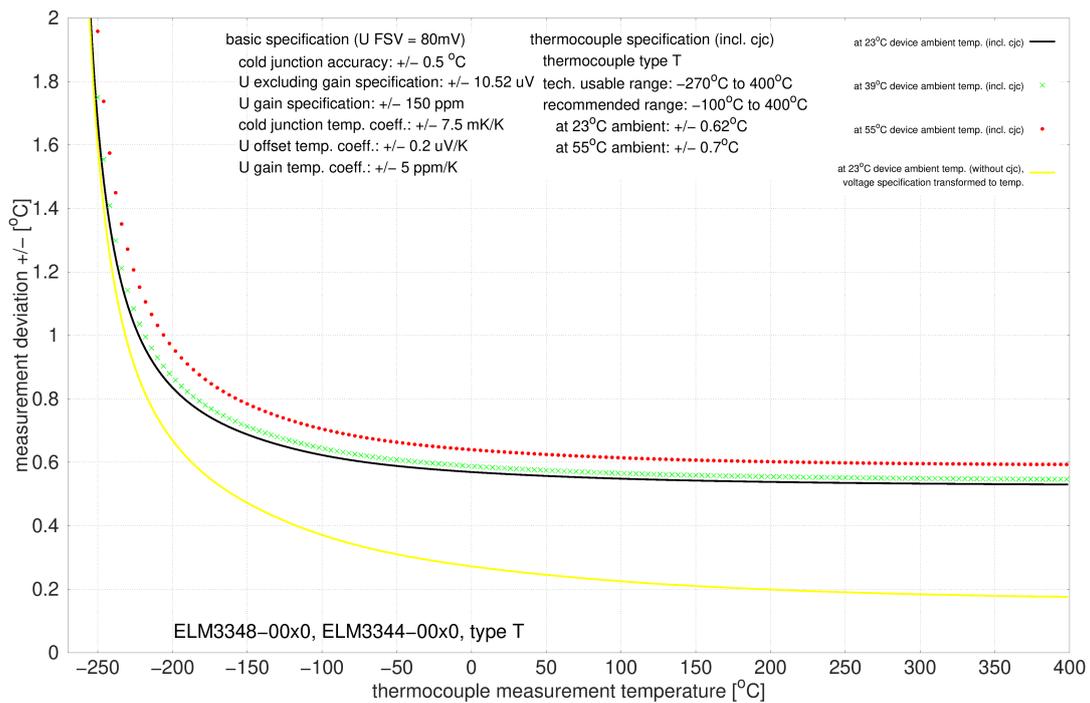
Messunsicherheit für TC Typ S:



3.9.2.3.3.18 Spezifikation Typ T

Temperaturmessung TC		Typ T
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,258 mV +400 °C ≈ 20,872 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+400 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +400 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,62 K ≈ ±0,15 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,7 K ≈ ±0,17 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

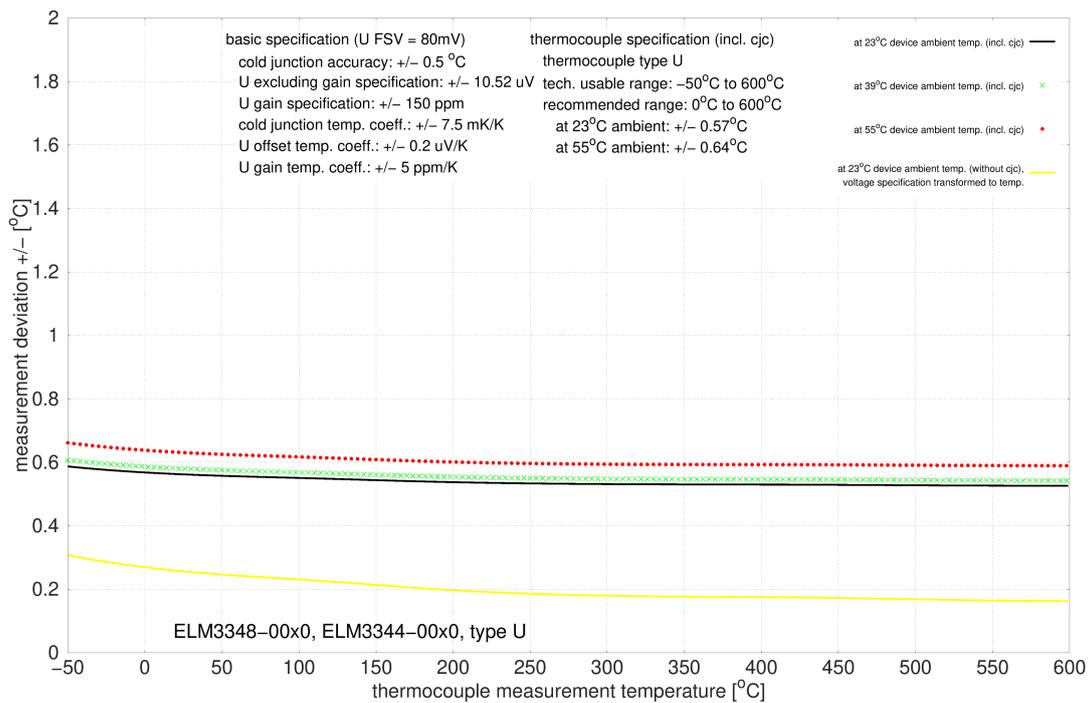
Messunsicherheit für TC Typ T:



3.9.2.3.3.19 Spezifikation Typ U

Temperaturmessung TC		Typ U
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -1,850 mV ... +600 °C ≈ 33,600 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+600 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,57 K ≈ ±0,09 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,64 K ≈ ±0,11 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

Messunsicherheit für TC Typ U:

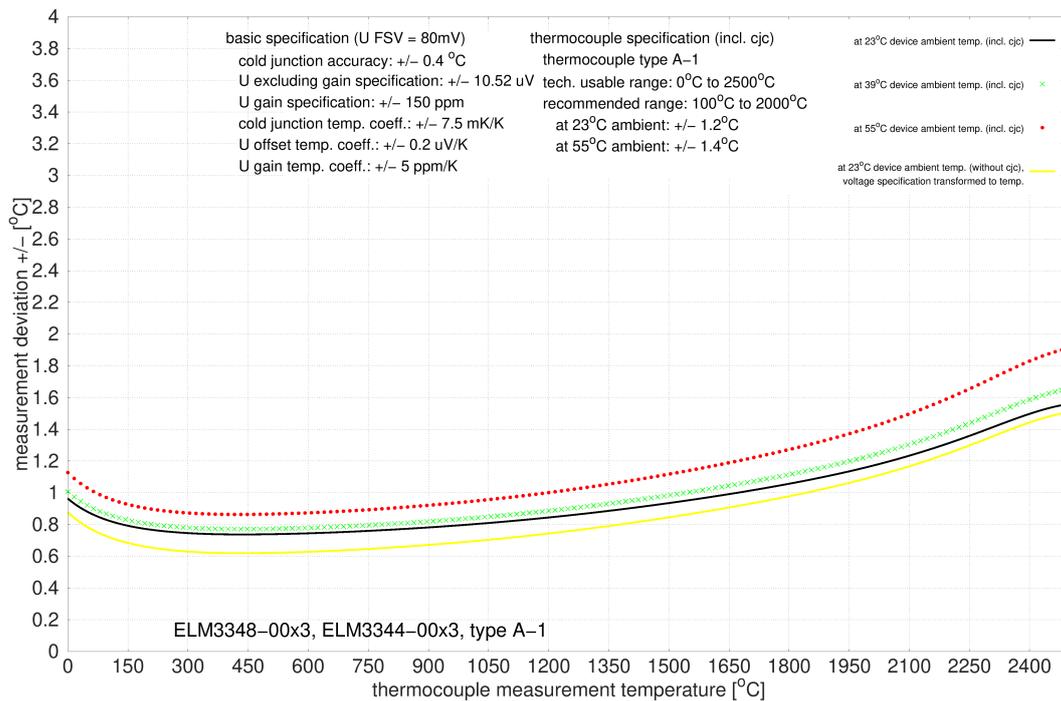


3.9.2.3.4 ELM3348-00x3, ELM3344-00x3

3.9.2.3.4.1 Spezifikation Typ A-1

Temperaturmessung TC		Typ A-1
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +2500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2500 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,4 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

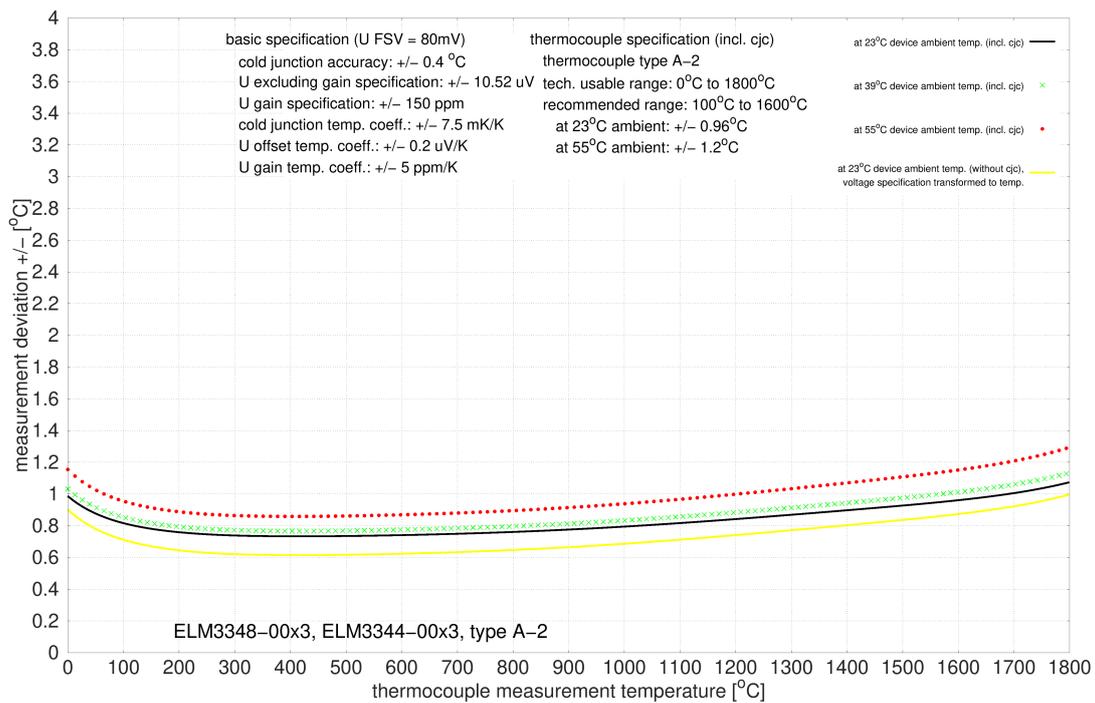
Messunsicherheit für TC Typ A-1:



3.9.2.3.4.2 Spezifikation Typ A-2

Temperaturmessung TC		Typ A-2
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,96 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

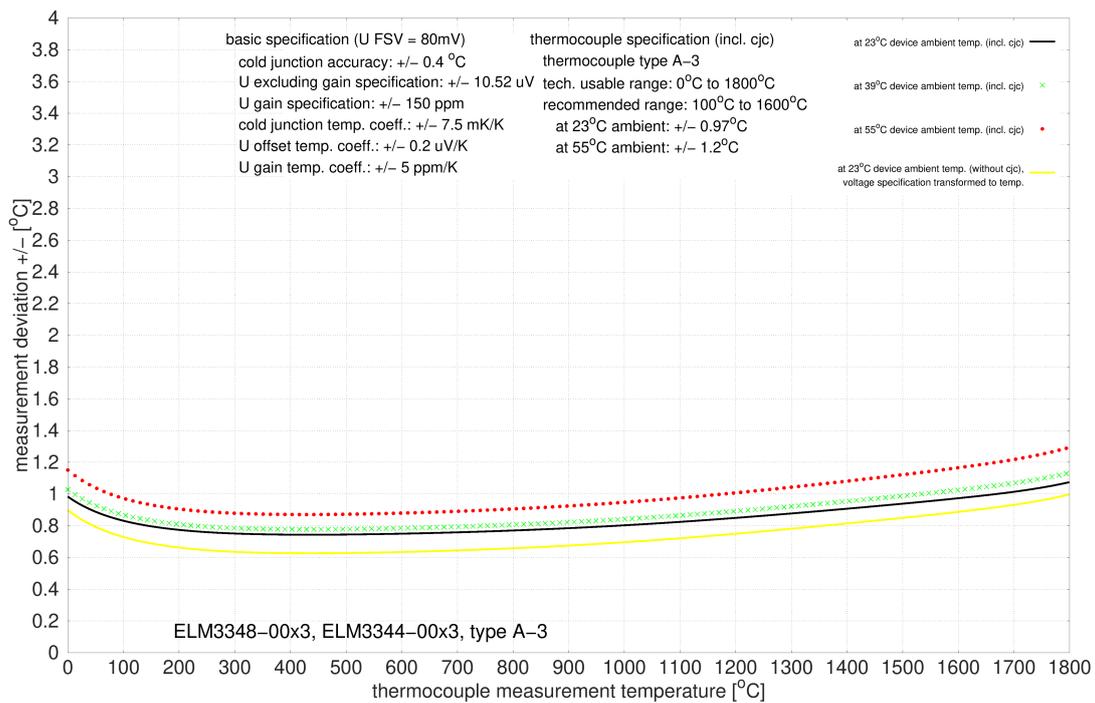
Messunsicherheit für TC Typ A-2:



3.9.2.3.4.3 Spezifikation Typ A-3

Temperaturmessung TC		Typ A-3
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,97 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

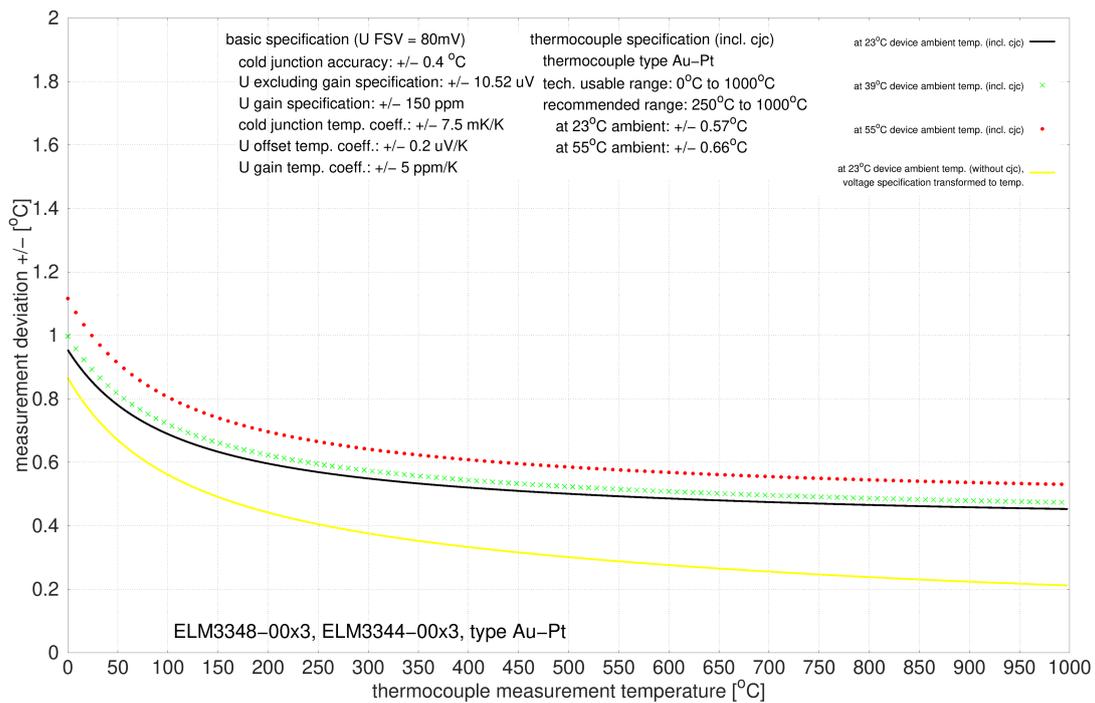
Messunsicherheit für TC Typ A-3:



3.9.2.3.4.4 Spezifikation Typ Au/Pt

Temperaturmessung TC		Typ Au/Pt
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1000 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,57 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,66 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

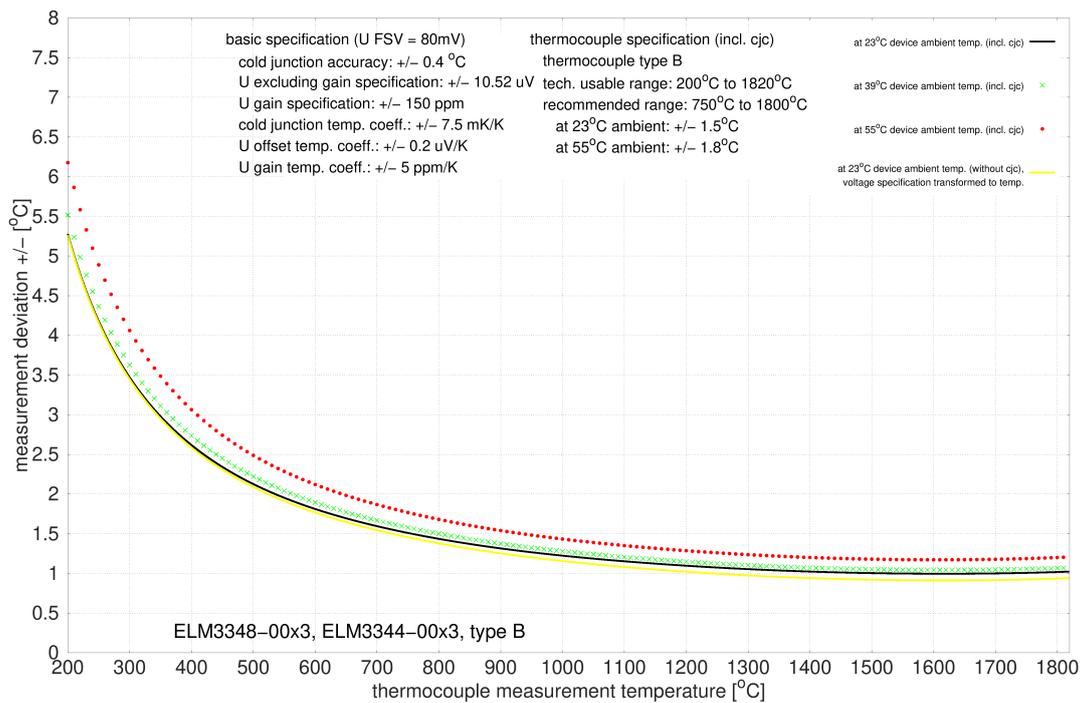
Messunsicherheit für TC Typ Au/Pt:



3.9.2.3.4.5 Spezifikation Typ B

Temperaturmessung TC		Typ B
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+200 °C ≈ 0,178 mV ... +1820 °C ≈ 13,820 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1820 °C
Messbereich, empfohlen		+750 °C ... +1800 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,5 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,8 K ≈ ±0,1 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

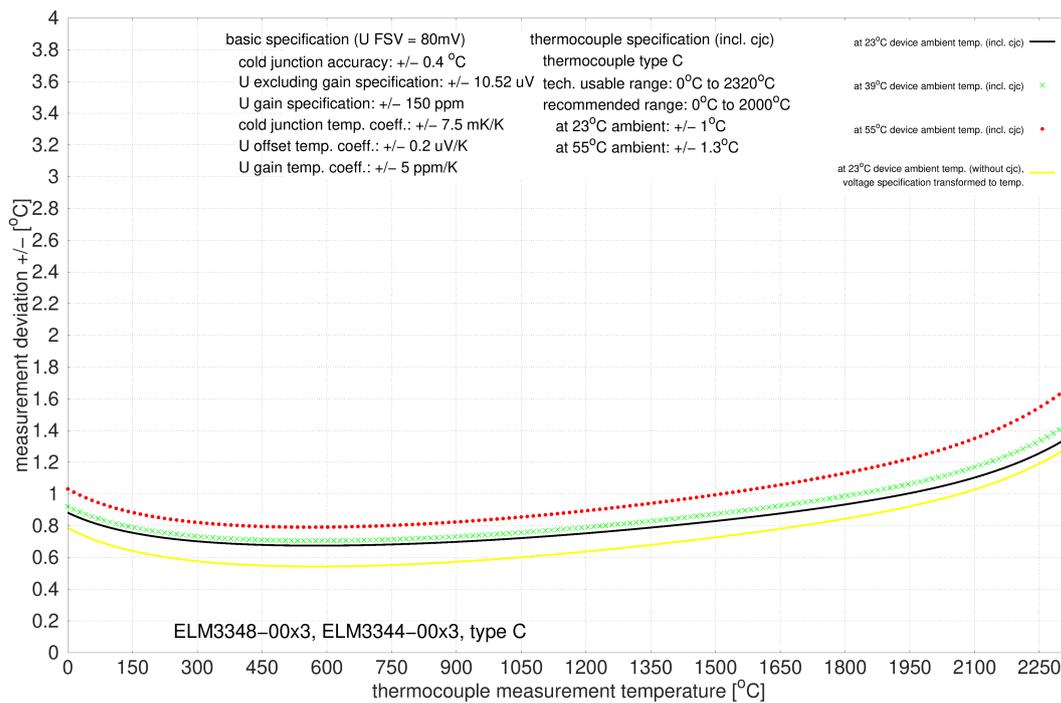
Messunsicherheit für TC Typ B:



3.9.2.3.4.6 Spezifikation Typ C

Temperaturmessung TC		Typ C
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ≈ 0 mV ... +2320 °C ≈ 37,107 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+2320 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,3 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

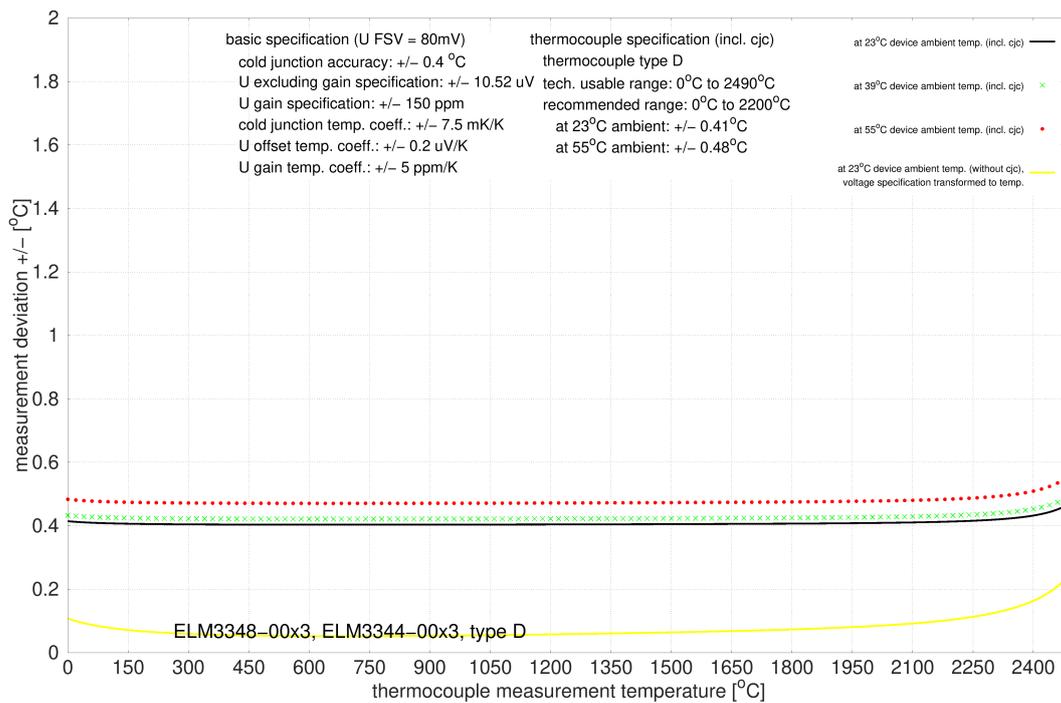
Messunsicherheit für TC Typ C:



3.9.2.3.4.7 Spezifikation Typ D

Temperaturmessung TC		Typ D
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 ° ... +2490 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2490 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,41 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,48 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

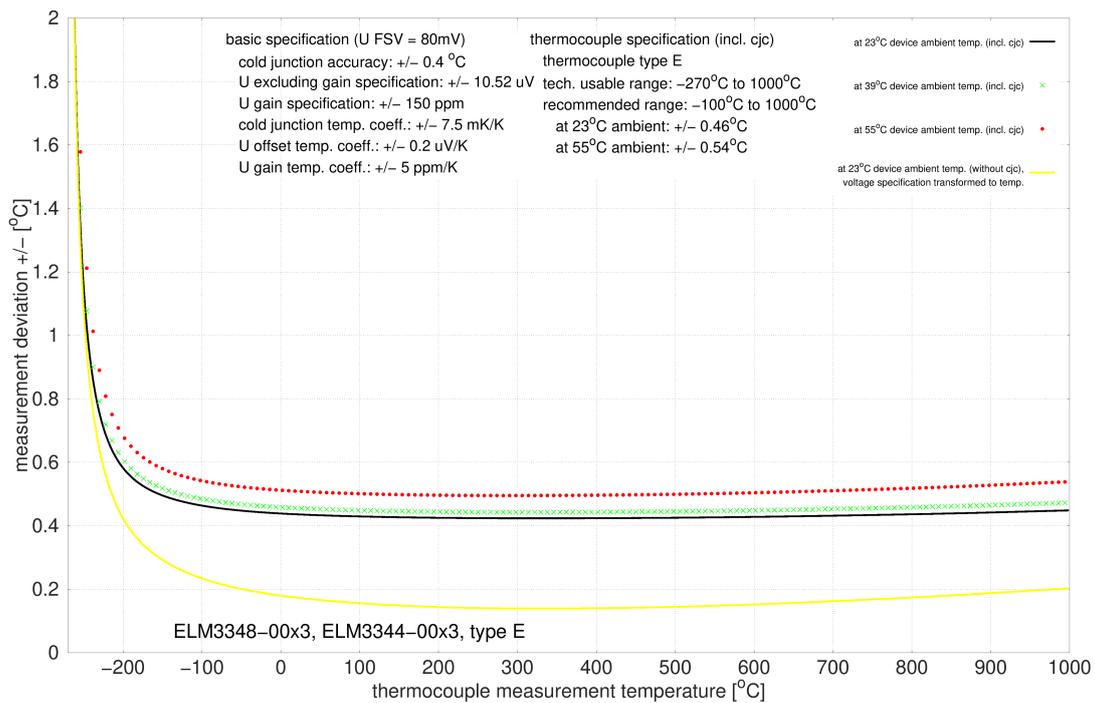
Messunsicherheit für TC Typ D:



3.9.2.3.4.8 Spezifikation Typ E

Temperaturmessung TC		Typ E
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -9,835 mV ... +1000 °C ≈ 76,373 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,46 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,54 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

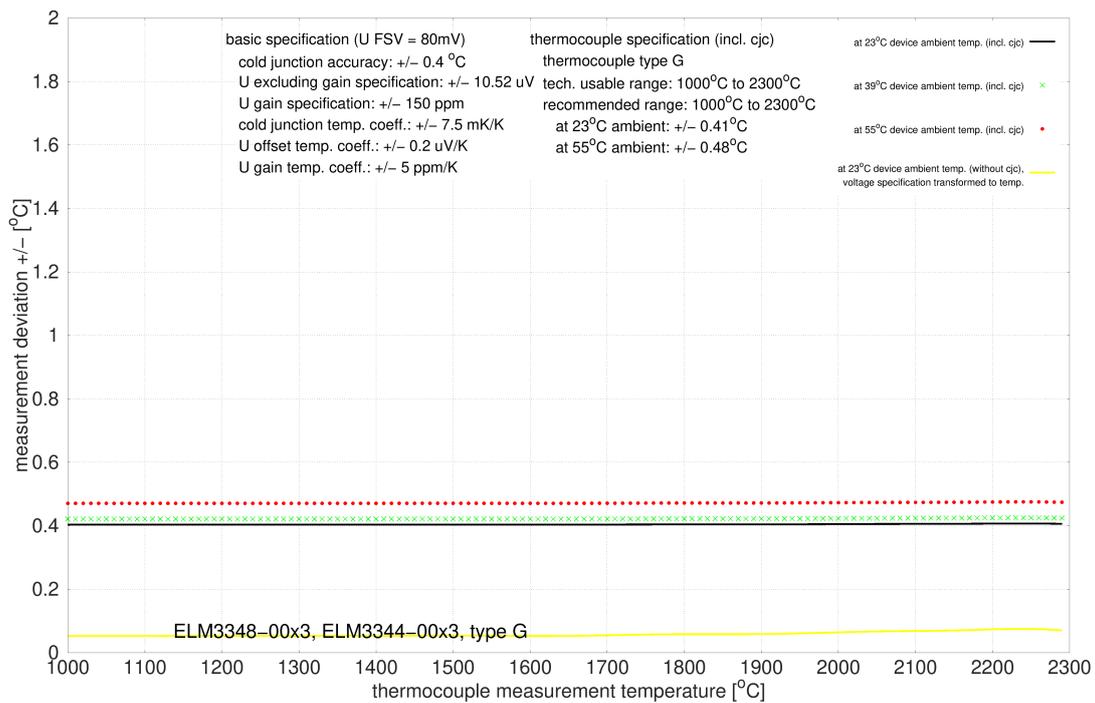
Messunsicherheit für TC Typ E:



3.9.2.3.4.9 Spezifikation Typ G

Temperaturmessung TC		Typ G
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+1000 ° ... +2300 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2300 °C
Messbereich, empfohlen		+1000 °C ... +2300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,41 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,48 K ≈ ±0,02 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

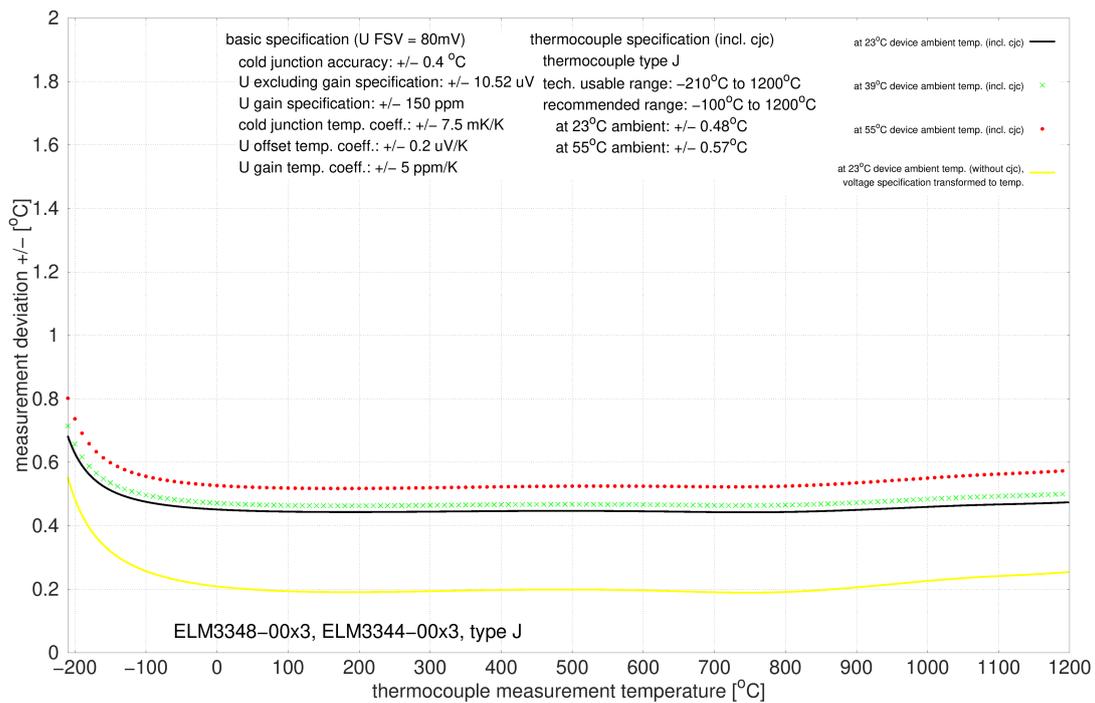
Messunsicherheit für TC Typ G:



3.9.2.3.4.10 Spezifikation Typ J

Temperaturmessung TC		Typ J
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-210 °C ≈ -8,095 mV ... +1200 °C ≈ +69,553 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1200 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,48 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,57 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

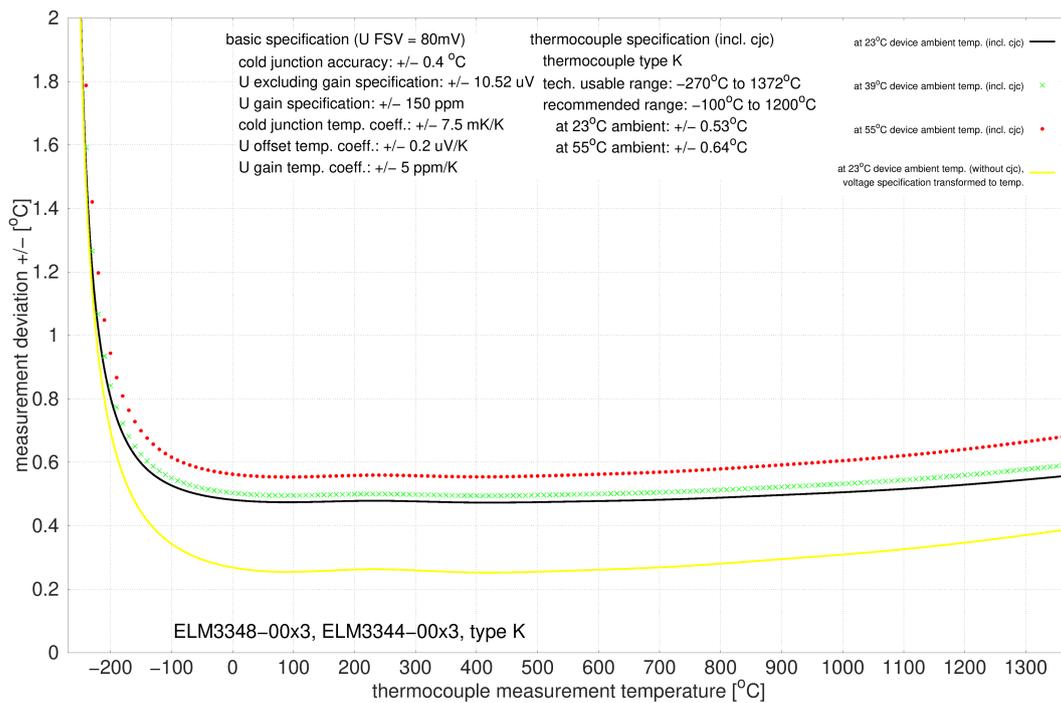
Messunsicherheit für TC Typ J:



3.9.2.3.4.11 Spezifikation Typ K

Temperaturmessung TC		Typ K
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,458 mV ... 1372 °C ≈ 54,886 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1372°C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,53 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,64 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

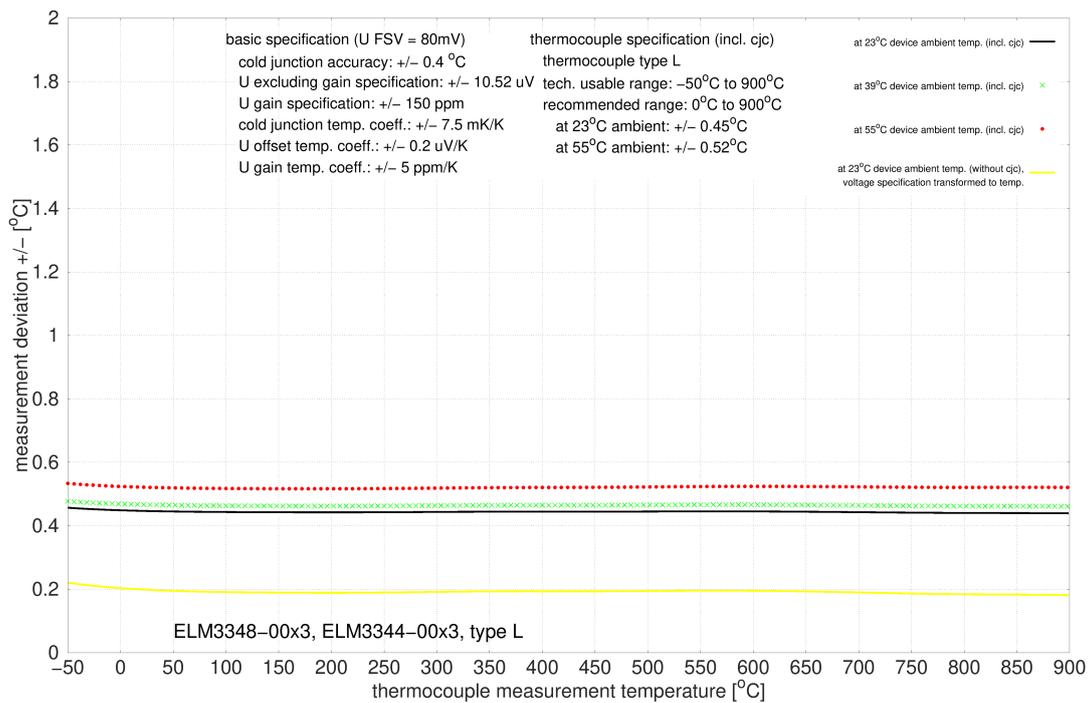
Messunsicherheit für TC Typ K:



3.9.2.3.4.12 Spezifikation Typ L

Temperaturmessung TC		Typ L
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -2,510 mV ... +900 °C ≈ 52,430 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+900 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +900 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,45 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,52 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

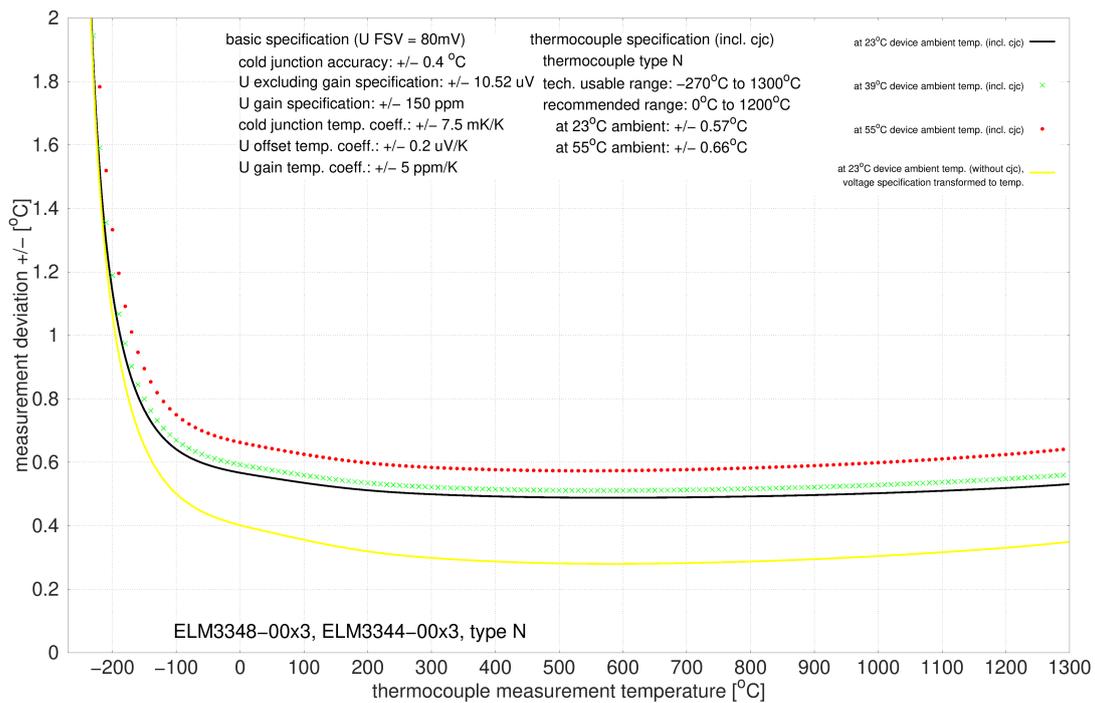
Messunsicherheit für TC Typ L:



3.9.2.3.4.13 Spezifikation Typ N

Temperaturmessung TC		Typ N
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -4,346 mV ... +1300 °C ≈ 47,513 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1300 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,57 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,66 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

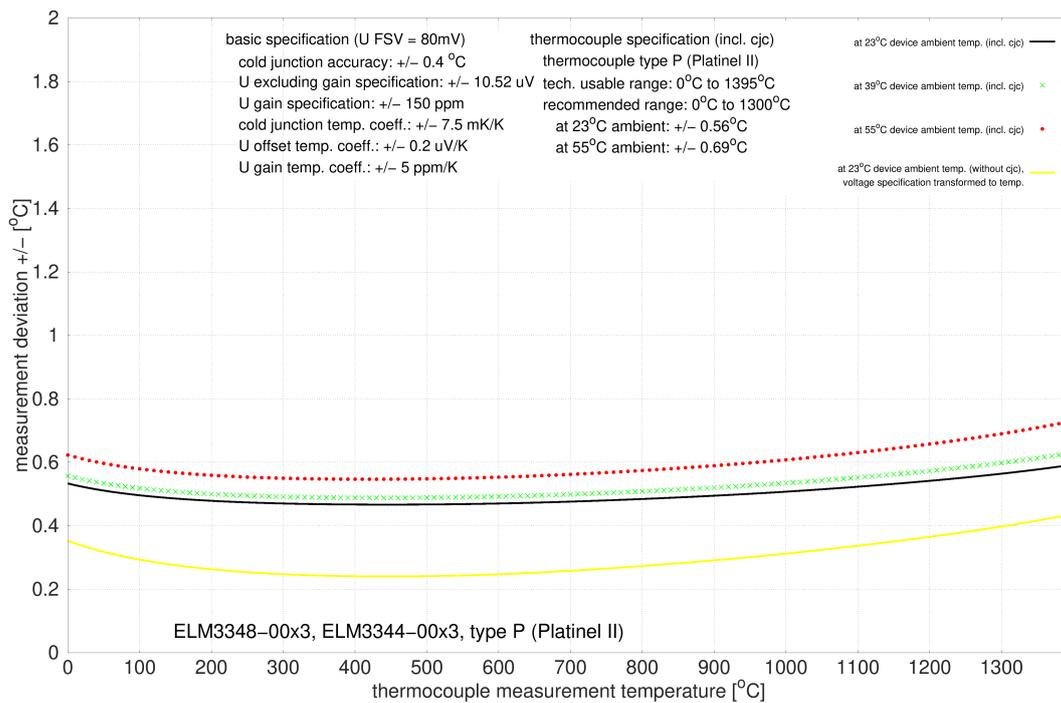
Messunsicherheit für TC Typ N:



3.9.2.3.4.14 Spezifikation Typ P

Temperaturmessung TC		Typ P
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1395 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1395 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,56 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,69 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

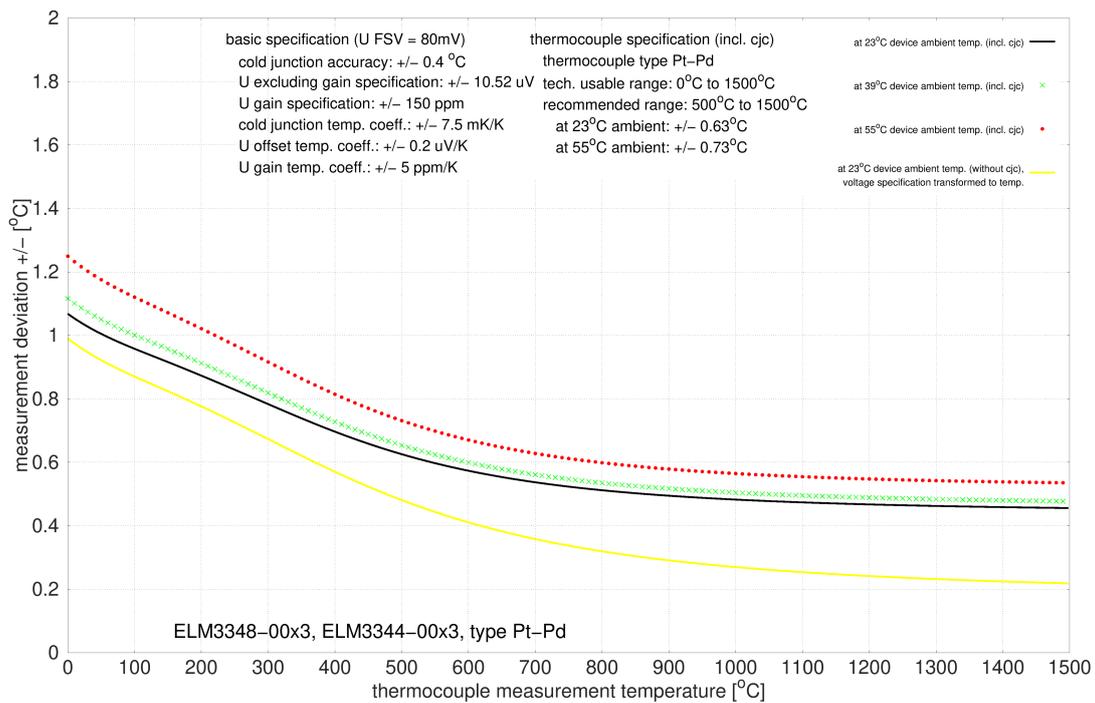
Messunsicherheit für TC Typ P:



3.9.2.3.4.15 Spezifikation Typ Pt/Pd

Temperaturmessung TC		Typ Pt/Pd
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1500 °C
Messbereich, empfohlen		+500 °C ... +1500 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,63 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,73 K ≈ ±0,05 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

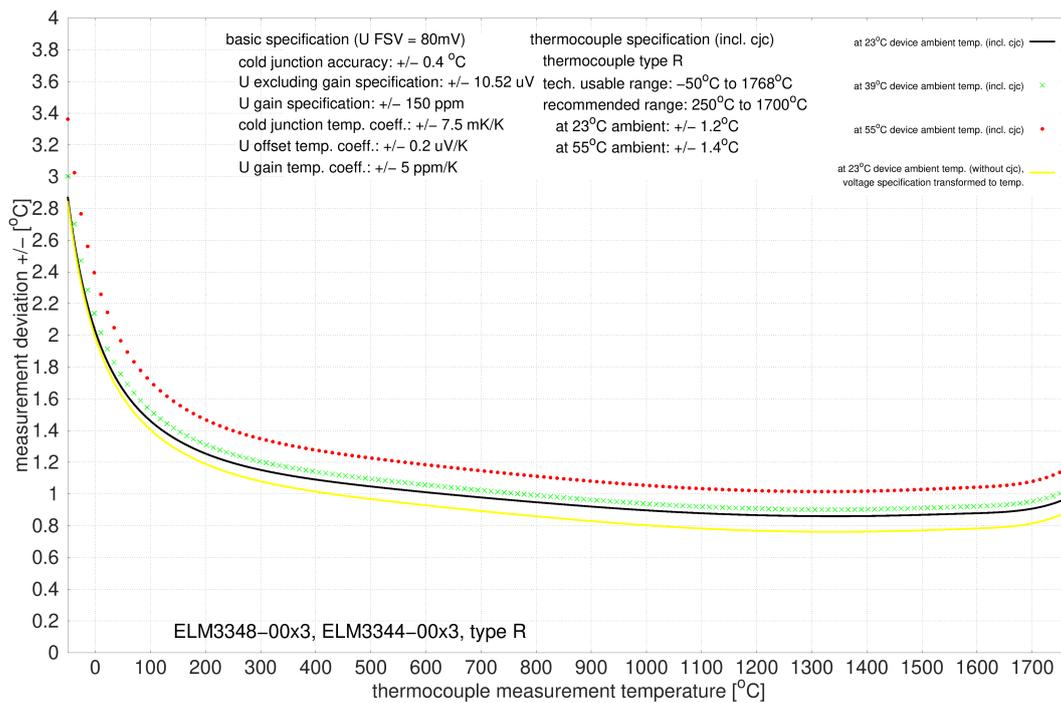
Messunsicherheit für TC Typ Pt/Pd:



3.9.2.3.4.16 Spezifikation Typ R

Temperaturmessung TC		Typ R
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,226 mV ... +1768 °C ≈ 21,101 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,4 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

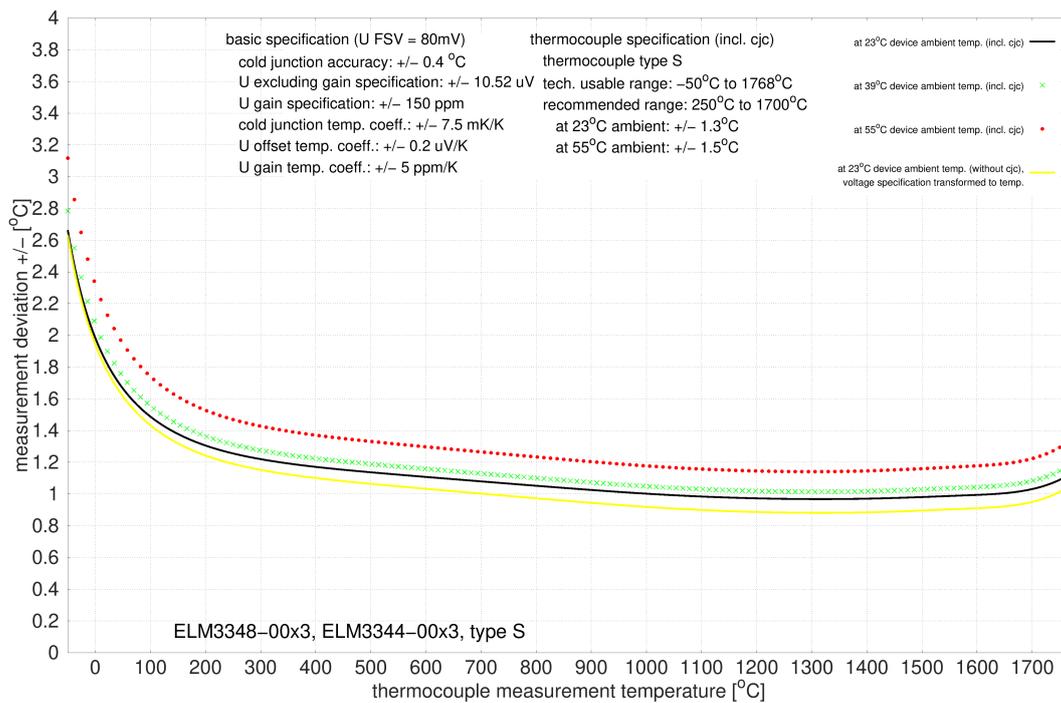
Messunsicherheit für TC Typ R:



3.9.2.3.4.17 Spezifikation Typ S

Temperaturmessung TC		Typ S
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,236 mV ... +1768 °C ≈ 18,693 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,3 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,5 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

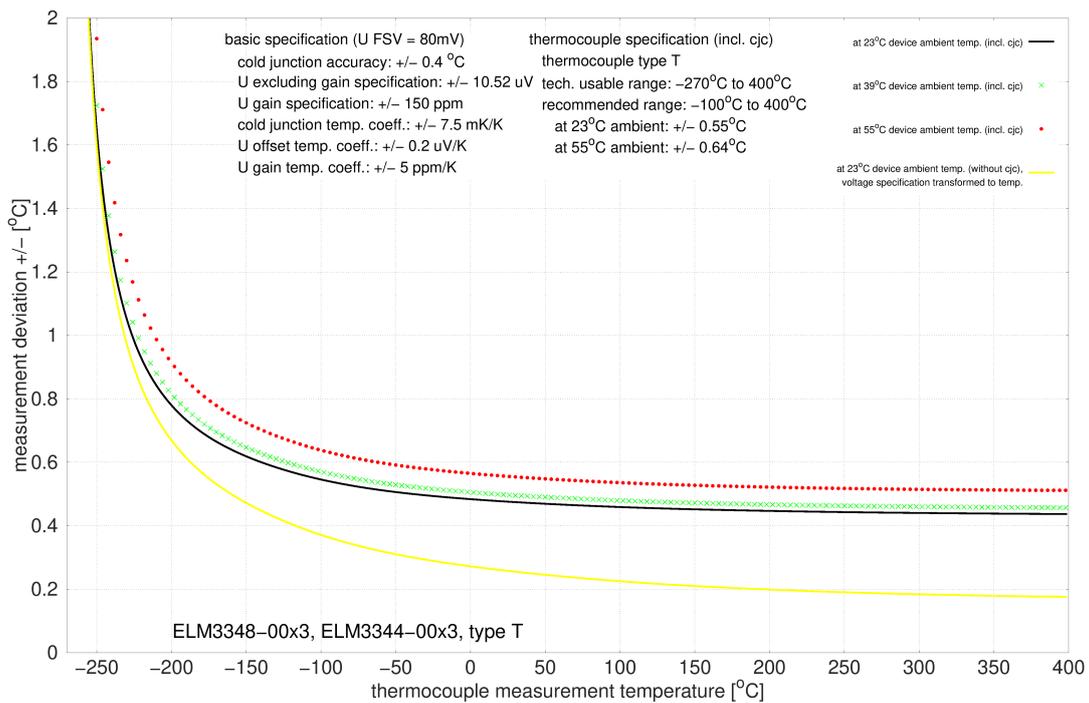
Messunsicherheit für TC Typ S:



3.9.2.3.4.18 Spezifikation Typ T

Temperaturmessung TC		Typ T
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,258 mV +400 °C ≈ 20,872 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+400 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +400 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,55 K ≈ ±0,14 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,64 K ≈ ±0,16 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

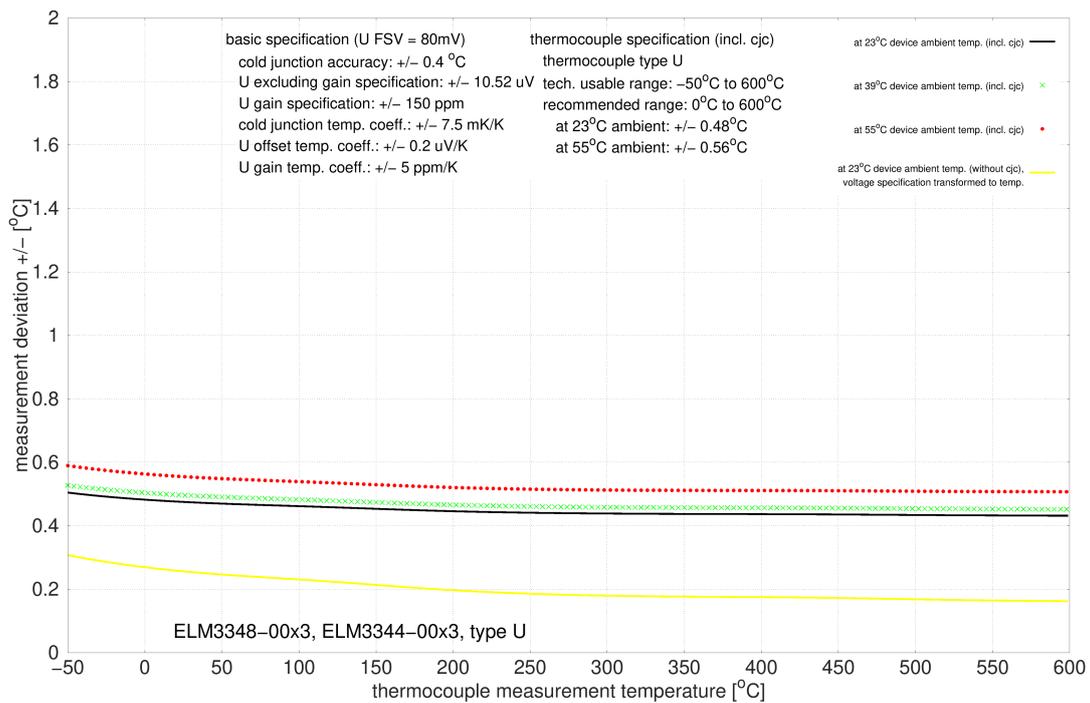
Messunsicherheit für TC Typ T:



3.9.2.3.4.19 Spezifikation Typ U

Temperaturmessung TC		Typ U
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -1,850 mV ... +600 °C ≈ 33,600 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+600 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,48 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,56 K ≈ ±0,09 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

Messunsicherheit für TC Typ U:



3.10 ELM350x

3.10.1 ELM350x - Einführung



Abb. 81: ELM3502-0000, ELM3504-0000

2- und 4-Kanal Messbrückenauswertung (DMS) Voll-/Halb-/Viertelbrücke, 24 Bit, 10/ 20 kSps

Die EtherCAT-Klemmen ELM350x sind ausgelegt für die Auswertung von Messbrücken in Voll-, Halb- und Viertelbrückenkonfiguration. Dabei verfügen die Klemmen über interne schaltbare Ergänzungswiderstände. Die Speisung ist integriert und, wie alle anderen Parameter, im CoE einstellbar. Unabhängig von der Signalauslegung verfügen alle ELM3xxx-Klemmen über die gleichen technologischen Eigenschaften, die ELM350x für Messbrückenauswertung bieten dabei eine maximale kanalweise Samplingrate von 10.000 bzw. 20.000 Samples je Sekunde. Der 6-polige Stecker (Push-in) ist zu Wartungszwecken abnehmbar, ohne die einzelnen Adern zu lösen.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- Mit Werkskalibrierzertifikat als ELM350x-0020: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkkS) als ELM350x-0030: auf Anfrage
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[► 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 644\]](#)

3.10.2 ELM350x - Technische Daten

Technische Daten	ELM3502-00x0	ELM3504-00x0
Analoge Eingänge	2 Kanal (differentiell)	4 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird	
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate	
	8 MSps	5,12 MSps
Grenzfrequenz Eingangsfiler Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 30 kHz Typ Butterworth 3.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass -3 dB @ 5,3 kHz, Anstiegszeit 150 μ s Typ sinc3/Mittelwertfilter Tiefpass -3 dB @ 2,6 kHz, Anstiegszeit 300 μ s	
	<i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>	
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
Anschluss technik	2-/3-/4-/5-/6-Leiter	
Samplingrate (je Kanal, simultan)	50 μ s/20 kSps	100 μ s/10 kSps
	freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor	
Oversampling	1...100 wählbar	
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt	
Anschlussdiagnose	Drahtbruch/Kurzschluss	
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden	
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf -Uv (interne Masse)	Wert folgt	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 450 mA	typ. 720 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-	
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W	
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen \pm 11, \pm 12, +Uv und -Uv: Unversorgt \pm 40 V, Versorgt \pm 36 V Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung während bestimmungsgemäßem Betrieb zwischen \pm 11 und \pm 12: typ. \pm 10 V gegen -Uv Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	

Allgemeine Daten	ELM3502-00x0	ELM3504-00x0
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit \ll 1 μ s	
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

²⁾ siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3502-00x0	ELM3504-00x0
Anschlussart	6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]	

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3502-00x0	ELM3504-00x0
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715	
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854]	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	ELM3502-0000: -25...+60 °C ELM3502-0030: 0...+55 °C	0...+55 °C
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	ELM3502-0000: -40...+85 °C ELM3502-0030: -25...+85 °C	-25...+85 °C
Umweltangaben	ELM3502-00x0	ELM3504-00x0
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)	
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung	
Schutzart	IP 20	
Normative Angaben	ELM3502-00x0	ELM3504-00x0
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]	
EMV Hinweise	Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 auf einen Kabelschirm kann zu Messabweichungen von bis zu \pm MBE führen.	

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.10.2.1 ELM350x Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±10 V	Extended	±10,737.. V
			Legacy	±10 V
		±80 mV	Extended	±85,9.. mV
			Legacy	±80 mV
PT1000	2/3/4-Leiter	2000 Ω	Legacy	266 °C
Potentiometer	3/5-Leiter	±1 V/V	Extended	±1 V/V
	Legacy			
Vollbrücke	4/6-Leiter	±32 mV/V	Extended	±34,359.. mV/V
			Legacy	±32 mV/V
		±8 mV/V	Extended	±8,5899.. mV/V
			Legacy	±8 mV/V
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V
		±4 mV/V comp.	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V comp.	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V
Halbrücke	3/5-Leiter	±16 mV/V	Extended	±17,179.. mV/V
			Legacy	±16 mV/V
		±8 mV/V	Extended	±8,5899.. mV/V
			Legacy	±8 mV/V
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V
		±4 mV/V comp.	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V comp.	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V
Viertelbrücke 120/350/1000 Ω	2/3-Leiter	±32 mV/V	Extended	±34,359.. mV/V
			Legacy	±32 mV/V
		±8 mV/V	Extended	±8,5899.. mV/V
			Legacy	±8 mV/V
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V

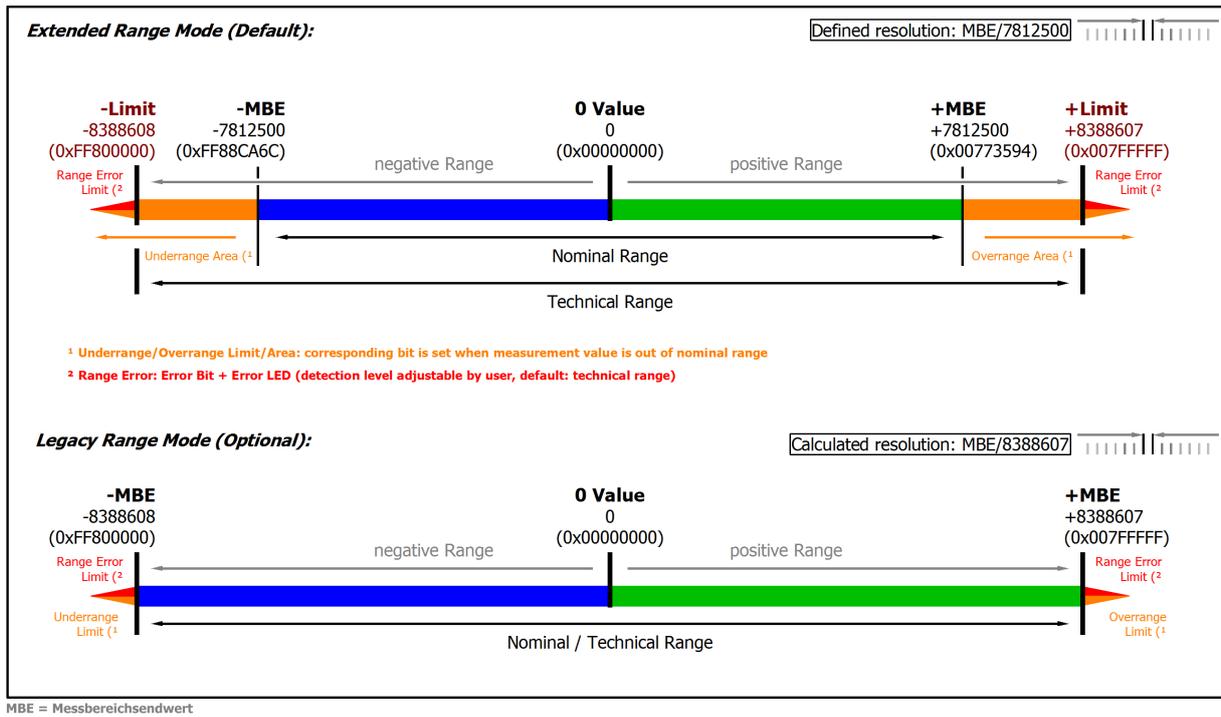


Abb. 82: Übersicht Messbereiche, Bipolar

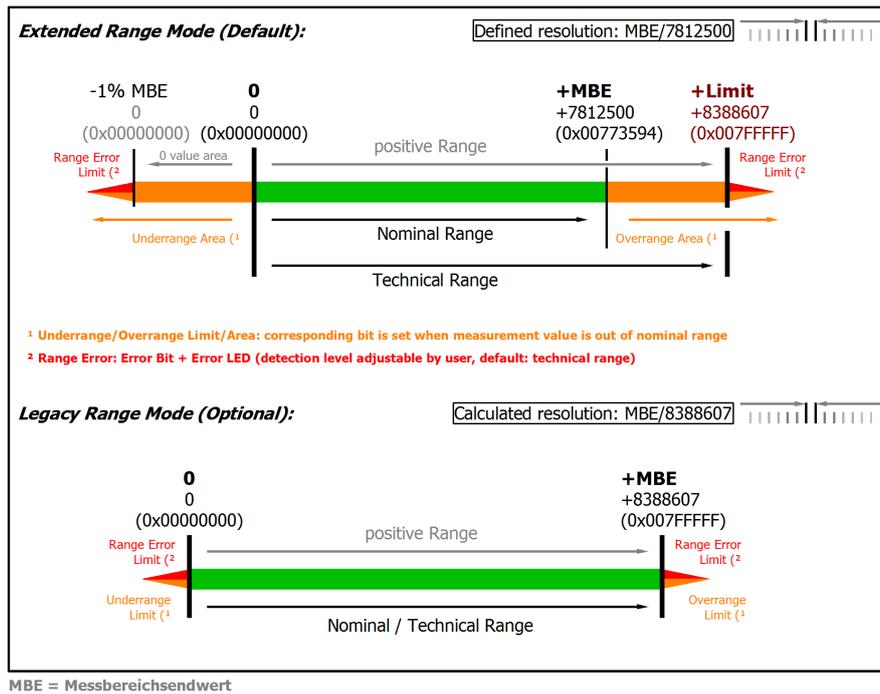


Abb. 83: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.10.2.2 Messung ±10 V

Messung Modus	±10 V	
Messbereich, nominell	-10...+10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-10,737...+10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾	< ±0,015 %, < ±150 ppm _{MBE} < ±1,5 mV	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾⁶⁾	< ±0,023 %, < ±230 ppm _{MBE} < ±2,3 mV	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 30 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 140 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	TK _{Gain}	< 5 ppm/K
	TK _{Offset}	< 2 ppm _{MBE} /K < 20 µV/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

¹⁾ Gültig für ELM3504-00x0 ab HW06, ELM3502-00x0 ab HW05

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3502 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 0,80 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 13 ppm _{MBE}	< 102 digits	< 130,00 μV
	Max. SNR	> 97,7 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}/\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 1,30		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 90,00 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 15,00 μV
	Max. SNR	> 116,5 dB		

ELM3504 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 0,60 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 10 ppm _{MBE}	< 78 digits	< 100,00 μV
	Max. SNR	> 100,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}/\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 1,41		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 90,00 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 15,00 μV
	Max. SNR	> 116,5 dB		

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	±10 V		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.

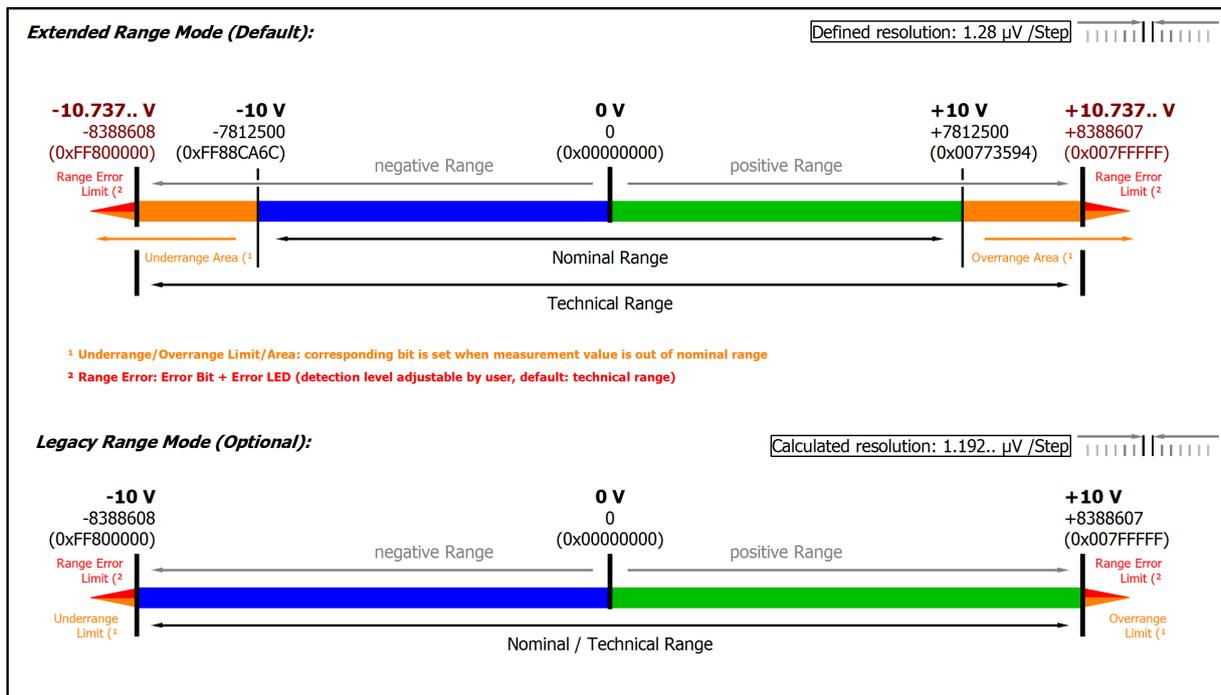


Abb. 84: Darstellung ±10 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.10.2.3 Messung ±80 mV

Messung Modus	±80 mV	
Messbereich, nominell	-80...+80 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	80 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-85,9...+85,9 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	10,24 nV	2,621.. µV
PDO LSB (Legacy Range)	9,536.. nV	2,441.. µV
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾	< ±0,02 %, < ±200 ppm _{MBE} < ±16,0 µV	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾⁶⁾	< ±0,0305 %, < ±305 ppm _{MBE} < ±24,4 µV	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 95 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 165 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 60 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	TK _{Gain}	< 5 ppm/K
	TK _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K < 0,40 µV/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE}	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

¹⁾ Gültig für ELM3504-00x0 ab HW06, ELM3502-00x0 ab HW05

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3502 (20 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 190 ppm _{MBE}	< 1484 digits	< 15,20 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 32 ppm _{MBE}	< 250 digits	< 2,56 μV
	Max. SNR	> 89,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}/\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 20 ppm _{MBE}	< 156 digits	< 1,60 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 4,0 ppm _{MBE}	< 31 digits	< 0,32 μV
	Max. SNR	> 108,0 dB		

ELM3504 (10 kSps)

Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 150 ppm _{MBE}	< 1172 digits	< 0,01 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 25 ppm _{MBE}	< 195 digits	< 2,00 μV
	Max. SNR	> 92,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}/\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 1,44 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 3,0 ppm _{MBE}	< 23 digits	< 0,24 μV
	Max. SNR	> 110,5 dB		

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	$\pm 80 \text{ mV}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.

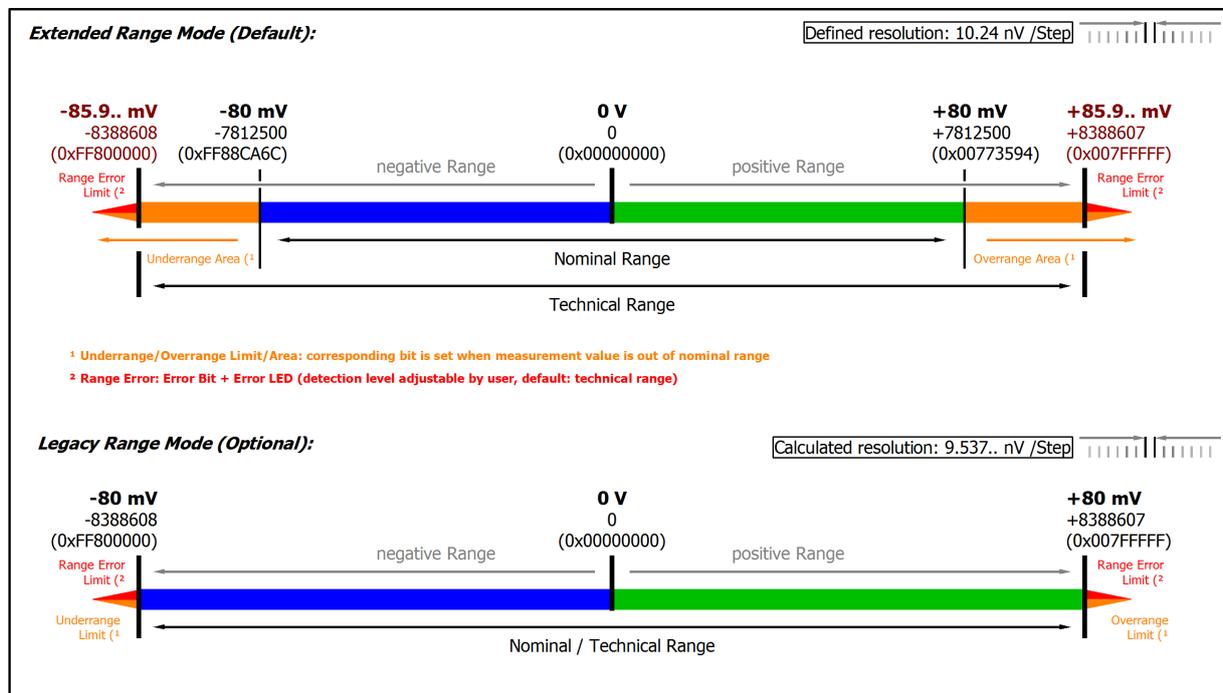


Abb. 85: Darstellung $\pm 80 \text{ mV}$ Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.10.2.4 Messung RTD (nur Pt1000)

RTD Spezifikation und Konvertierung

Die Temperaturmessung mit widerstandsabhängigem RTD-Sensor umfasst generell zwei Schritte:

- Elektrische Messung des Widerstands, ggf. in mehreren Ohm'schen Messbereichen
- Konvertierung (Umrechnung, Transformation) des Widerstands per Software in einem Temperaturwert nach eingestelltem RTD-Typ (Pt100, Pt1000...).

Beide Schritte können lokal im Beckhoff Messgerät stattfinden. Die Transformation im Gerät kann auch deaktiviert werden, wenn sie übergeordnet in der Steuerung gerechnet werden soll. Je nach Gerätetyp können mehrere RTD-Konvertierungen implementiert sein, die sich dann nur in Software unterscheiden. Dies bedeutet für Beckhoff RTD-Messgeräte, dass

- eine Spezifikation der elektrischen Widerstandsmessung gegeben ist
- und darauf aufbauend im Folgenden je nach unterstütztem RTD-Typ die Auswirkung für die Temperaturmessung angegeben wird. Zu beachten ist, dass RTD-Kennlinien immer als Formeln höherer Ordnung oder durch eine Stützstellentabelle in der Software realisiert werden, so dass eine lineare Übertragung $R \rightarrow T$ nur in einem engen Bereich sinnvoll ist.

Anwendung auf die ELM350x

Die ELM350x unterstützt die Messung von Widerständen bis 2 k Ω in der 2/3/4-Leiter-Messung, und die Konvertierung von Pt1000 RTD-Sensoren bis 2000 Ω /266 °C.

Auch wenn die ELM350x eine alleinige Widerstands-Messung (ohne Umrechnung in Temperatur) nicht unterstützt, sei hier eine Widerstandsspezifikation angegeben da die Temperaturmessung darauf aufbaut.

Hinweis zu 2-/3-/4-Leiter-Anschluss im R/RTD-Betrieb

Bei der einfachen **2-Leiter-Messung** beeinflusst der Leitungswiderstand der zu dem Sensor geführten Zuleitungen den gemessenen Wert. Ist eine Reduzierung dieses systematischen Fehleranteils bei der 2-Leiter-Messung angestrebt, ist der Zuleitungswiderstand zum Messwiderstand einzurechnen, dieser Zuleitungswiderstand muss dann allerdings erst ermittelt werden.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheit dieses Zuleitungswiderstands kann dieser dann statisch in die laufende Rechnung einbezogen werden, z.B. bei der EL3751 über das CoE-Objekt [0x8000:13 \[► 591\]](#) und bei ELM350x/ ELM370x über das CoE-Objekt [0x80n0:13 \[► 591\]](#).

Eine z.B. durch Alterung oder Temperatur bedingte Widerstandsänderung der Zuleitung wird jedoch nicht automatisch erfasst. Gerade die Temperaturabhängigkeit von Kupferleitungen mit ~400ppm/K (entspricht 0,4%/K!) ist nicht unwesentlich beim 24/7-Betrieb!

Durch die **3-Leiter-Messung** ist es möglich den systematischen Anteil zu eliminieren, unter der Annahme, dass die zwei Zuleitungen identisch sind. Bei dieser Messungsart wird der Leitungswiderstand einer Zuleitung dauernd gemessen. Der ermittelte Wert wird dann zwei Mal von dem Messergebnis abgezogen und der Leitungswiderstand so eliminiert. Dies führt technisch zu einer deutlich zuverlässigeren Messung. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit ist der Gewinn durch den 3-Leiter-Anschluss allerdings nicht so erheblich, da diese Annahme einer hohen Ungewissheit unterliegt - die einzelne, nicht nachgemessene Leitung könnte doch beschädigt oder unbemerkt widerstandsvariant sein.

Der 3-Leiter-Anschluss ist also ein technisch bewährter Ansatz, bei einer methodisch nach Messunsicherheit bewerteten Messung wird dringend der voll-kompensierte **4-Leiter-Anschluss** empfohlen.

Sowohl bei 2-Leiter- als auch bei 3-Leiter-Anschluss beeinflussen die Übergangswiderstände der Klemmkontakte den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

HINWEIS**Messung von kleinen Widerständen**

Insbesondere bei Messungen im Bereich ca. $< 10 \Omega$ wird der 4-Leiter-Anschluss durch die relativ hohen Zuleitungs- und Übergangswiderstände unbedingt erforderlich. Zu bedenken ist auch dass bei solch niedrigen Widerständen die relative Messabweichung bezogen auf den MBE hoch werden kann - für solche Messungen sind ggf. Widerstandsmessklemmen mit kleinen Widerstands-Messbereichen wie z.B. die EL3692 in 4-Leiter-Messung zu verwenden

Entsprechende Überlegungen führen auch im Brückenbetrieb zu den gängigen Anschlussmethoden:

- Vollbrücke: 4-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 6-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Halbbrücke: 3-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 5-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Viertelbrücke: 2-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 3-Leiter-Anschluss mit theoretischer und 4-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation

Widerstandsmessung 2 kΩ		2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter
Betriebsart		3 V Speisespannung fest eingestellt an +Uv Intern 1 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Der Speisestrom ergibt sich somit aus: $3 \text{ V} / (1 \text{ k}\Omega + R_{\text{Messung}}) \rightarrow \text{max. } 3 \text{ mA}$	
Messbereich, nominell		2 kΩ (entspricht bei PT1000 +266°C)	
Messbereich, Endwert (MBE)		2 kΩ	
Messbereich, technisch nutzbar		0 ... 2 kΩ	
PDO LSB (Extended Range)		Bei Widerstandsmessung wird kein ExtendedRange unterstützt	
PDO LSB (nur Legacy Range)		Die Widerstandsmessung ist in ELM350x nicht als eigener Meßbereich verfügbar.	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, inkl. Offset, typ.		< ± 0,012 % _{MBE} < ± 120 ppm _{MBE} < ± 240 mΩ	< ± 0,011 % _{MBE} < ± 110 ppm _{MBE} < ± 220 mΩ
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, inkl. Offset, typ. ⁶⁾		< ± 0,0365 % _{MBE} < ± 365 ppm _{MBE} < ± 1 Ω	< ± 0,0345 % _{MBE} < ± 345 ppm _{MBE} < ± 1 Ω
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 40 ppm _{MBE}	< 30 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs- Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 90 ppm	< 80 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 65 ppm _{MBE}	< 65 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit (bei 23°C)	F _{Rep}	< 10 ppm _{MBE}	< 10 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 10 ppm/K	< 10 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 4 ppm _{MBE} /K < 8 mΩ/K	< 1,5 ppm _{MBE} /K < 3 mΩ/K
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾		tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		tbd.	tbd.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung, typ.		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		tbd.	tbd.

¹⁾ Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da hier geräteseitig der Offset durch Leitungswiderstände erhöht ist. Es wird deshalb ein anlagenseitiger Offset-Abgleich empfohlen; siehe „Hinweis zu 2-/3-/4-Leiter-Anschluss im R/RTD-Betrieb“ [► 209]. Die final erzielbare Grundgenauigkeit im 2-Leiter-Betrieb ist wesentlich von der Qualität dieses anlagenseitigen Offset-Abgleichs abhängig.

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3502 (20 kSps)

Widerstandsmessung 2 kΩ		2/3-Leiter	4-Leiter
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 220 ppm _{MBE} < 1719 digits < 0,12 K	< 220 ppm _{MBE} < 1719 digits < 0,12 K
	F _{Noise, RMS}	< 37 ppm _{MBE} < 289 digits < 20,56 mK	< 37 ppm _{MBE} < 289 digits < 20,56 mK
	Max. SNR	> 88,6 dB	> 88,6 dB
	Rauschdichte @1kHz	$< 0,29 \frac{\text{mK}}{\sqrt{\text{Hz}}}$	$< 0,29 \frac{\text{mK}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 14 ppm _{MBE} < 109 digits < 7,78 mK	< 14 ppm _{MBE} < 109 digits < 7,78 mK

Widerstandsmessung 2 kΩ		2/3-Leiter	4-Leiter
	F _{Noise, RMS}	< 2,3 ppm _{MBE} < 18 digits < 1,28 mK	< 2,3 ppm _{MBE} < 18 digits < 1,28 mK
	Max. SNR	> 112,8 dB	> 112,8 dB

ELM3504 (10 kSps)

Widerstandsmessung 2 kΩ		2/3-Leiter	4-Leiter
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. K	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. K
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. mK	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. mK
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB
	Rauschdichte @1kHz	$\frac{\text{mK}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd. $\frac{\text{mK}}{\sqrt{\text{Hz}}}$	$\frac{\text{mK}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd. $\frac{\text{mK}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. mK	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. mK
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. mK	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. mK
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB

RTD-Messbereich

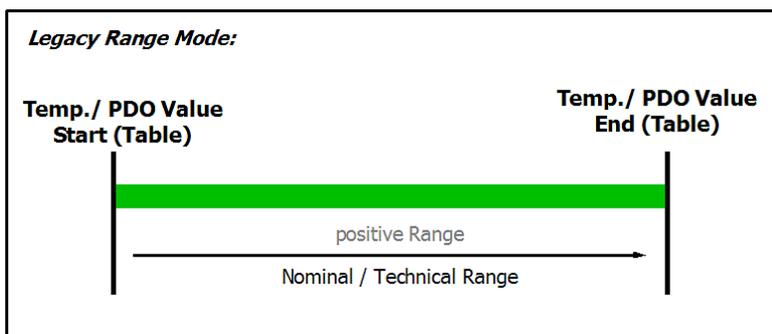


Abb. 86: Darstellung RTD-Messbereich

Im Temperatur-Modus steht nur der Legacy-Range zur Verfügung, der „Extended Range Modus“ ist nicht verfügbar.

Die Temperaturdarstellung in [°C/digit] (z.B. 0,1°/digit oder 0,01°/digit) ist unabhängig von der elektrischen Messung, sie ist „nur“ eine Anzeigeeinstellung und ergibt sich aus der PDO-Einstellung, siehe Kapitel Inbetriebnahme.

Angaben zu den Sensortypen in nachfolgender Tabelle

i Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte zu den Sensortypen werden hier lediglich zu informativen Zwecken als Orientierungshilfe dargestellt. Alle Angaben sind ohne Gewähr und müssen mit dem Datenblatt des jeweiligen verwendeten Sensors überprüft werden.

Die RTD-Messung umfasst eine Verkettung von Mess- und Rechenelementen, die auf die erzielbare Messabweichung einwirken:

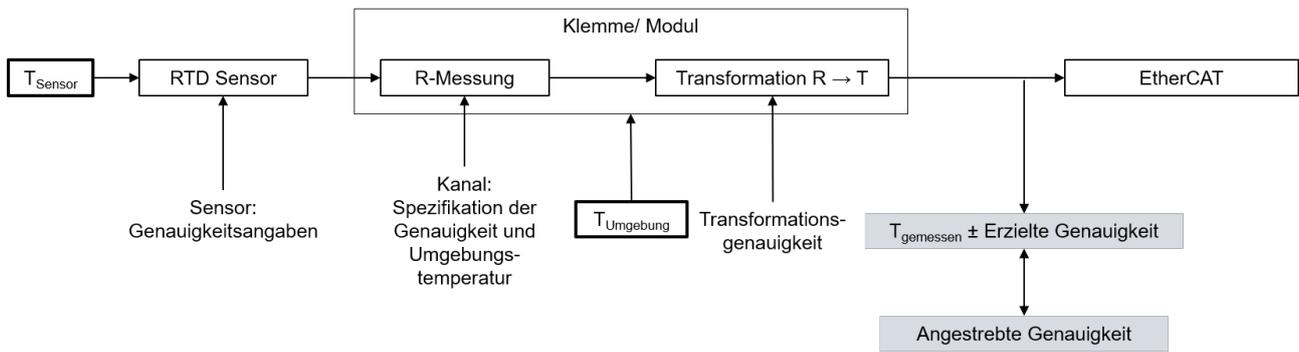


Abb. 87: Verkettung der Unsicherheiten in der RTD-Messung

Maßgebend für die erzielbare Temperatur-Messgenauigkeit ist die angegebene Widerstands-Spezifikation. Im Folgenden wird sie auf die möglichen RTD-Typen angewendet.

Aufgrund

- der bei RTD vorhandenen Nichtlinearität und damit der starken Abhängigkeit der Spezifikationsdaten von der Sensortemperatur T_{sens} und
- des Einflusses der Umgebungstemperatur auf das verwendete Analogeingangsgesät (führt zu einer Veränderung von $T_{measured}$ aufgrund von $\Delta T_{ambient}$ obwohl $T_{sens} = \text{konstant}$)

werden im Folgenden keine detaillierten Temperatur-Spezifikationstabellen angegeben, sondern

- eine Kurztabelle mit Angabe des elektrischen Messbereichs und Orientierungswert für die Grundgenauigkeit
- eine grafische Darstellung der Grundgenauigkeit über T_{sens} (dies bei zwei Beispiel-Umgebungstemperaturen damit aufgrund der real vorliegenden Umgebungstemperatur grafisch auf die erzielbare Grundgenauigkeit geschlossen werden kann)
- Formeln, um weitere Kenngrößen (Offset/Gain/Nichtlinearität/Wiederholunggenauigkeit/Rauschen) bei Bedarf aus der Widerstandsspezifikation beim gewünschten Betriebspunkt zu berechnen

Von der ELM350x unterstützte RTD-Typen:

- Pt1000 nach DIN EN 60751/IEC751 mit $\alpha = 0,0039083 [1/^\circ\text{C}]$

Temperaturmessung RTD	PT1000 2-Leiter	PT1000 3-Leiter	PT1000 4-Leiter
Verwendeter elektr. Messbereich	2 k Ω		
Startwert	-200 $^\circ\text{C} \approx 185,2 \Omega$		
Endwert	266 $^\circ\text{C} \approx 2000 \Omega$		
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001 $^\circ\text{C}/\text{digit}$, je nach PDO Einstellung		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23 $^\circ\text{C}$ Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	Die erreichbare Messunsicherheit ist wesentlich von den Leitungswiderständen als anlagenseitiger Offset abhängig und kann bestenfalls den Wert der 3-Leiter-Messung erreichen.	< $\pm 66 \text{ mK}$	< $\pm 60 \text{ mK}$
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.		< 3,3 mK/K	< 2,7 mK/K

2) Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0 $^\circ\text{C}$ Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

Grundgenauigkeit für PT1000, 3-Leiter-Anschluss:

- in Vorbereitung -

Grundgenauigkeit für PT1000, 4-Leiter-Anschluss:

- in Vorbereitung -

Sind weitere Spezifikationsangaben von Interesse, können bzw. müssen sie aus den in der Widerstandsspezifikation gegebenen Werten berechnet werden.

Zum Ablauf:

- Allgemein: Die Umrechnung wird hier nur für einen Messpunkt (ein bestimmtes Eingangssignal) erklärt, bei mehreren Messpunkten (bis hin zum ganzen Messbereich) müssen die Schritte einfach wiederholt werden.
- Falls der gemessene Widerstand bei dem gemessenen Temperaturmesspunkt nicht bekannt ist, muss der Messwert (MW) in [Ω] ermittelt werden:
 $MW = R_{\text{Messpunkt}}(T_{\text{Messpunkt}})$ mithilfe einer R \rightarrow T Tabelle
- Bei diesem Widerstandswert wird die Abweichung berechnet
 - Über die Gesamtformel

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + (TK_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise,PIF}})^2 + (TK_{\text{Offset}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

- oder einen Einzelwert, z.B. $F_{\text{Einzel}} = 15 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- muss die Messunsicherheit in [Ω] berechnet werden:
 $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Gesamt}}(R_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder: $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Einzel}}(R_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder (falls schon bekannt) z.B.: $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,03 \Omega$
- Dann muss die Steigung an der verwendeten Stelle ermittelt werden:
 $\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}) = [R(T_{\text{Messpunkt}} + 1^\circ\text{C}) - R(T_{\text{Messpunkt}})] / 1^\circ\text{C}$
 mithilfe einer R \rightarrow T Tabelle
- Über die Widerstands-Messunsicherheit und die Steigung kann die Temperatur-Messunsicherheit berechnet werden
 $F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Widerstand}}(T_{\text{Messpunkt}})) / (\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}))$
- Um den Fehler des gesamten Systems bestehend aus RTD und dem Messgerät in [$^\circ\text{C}$] zu ermitteln, müssen die beiden Fehler quadratisch addiert werden.

$$F_{\text{System}} = \sqrt{(F_{\text{Temp}})^2 + (F_{\text{RTD}})^2}$$

Im Folgenden drei Beispiele, die verwendeten Zahlenwerte dienen der Veranschaulichung. Maßgebend bleiben die in den techn. Daten genannten Spezifikationswerte.

Beispiel 1:

Grundgenauigkeit einer ELM3504 bei 35°C Umgebung, Messung von -100°C im PT1000-Interface (4-Leiter), ohne Rausch- und Alterungs-Einflüsse:

$$T_{\text{Messpunkt}} = -100 \text{ °C}$$

$$MW = R_{\text{PT1000, -100°C}} = 602,56 \text{ } \Omega$$

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{\left((80 \text{ ppm} \cdot (602,56 \text{ } \Omega) / (2000 \text{ } \Omega))^2 + (10 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K} \cdot (602,56 \text{ } \Omega) / (2000 \text{ } \Omega))^2 + (30 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 \dots \right.}$$

$$\left. \dots + (65 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (10 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (1,5 \text{ (ppm}_{\text{MBE}}) / \text{K} \cdot 12 \text{ K})^2 \right)}$$

$$= 86,238 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 86,238 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \text{ } \Omega = 0,1725 \text{ } \Omega$$

$$\Delta R_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R(-99 \text{ °C}) - R(-100 \text{ °C})) / (1 \text{ °C}) = 4,05 \text{ } \Omega/\text{°C}$$

$$F_{\text{ELM3504@35°C, PT1000, -100°C}} = (0,1725 \text{ } \Omega) / (4,05 \text{ } \Omega/\text{°C}) \approx 0,043 \text{ °C (bedeutet } \pm 0,043 \text{ °C)}$$

Beispiel 2:

Betrachtung allein der Wiederholgenauigkeit unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = -100 \text{ °C}$$

$$MW = R_{\text{Messpunkt}}(-100 \text{ °C}) = 602,56 \text{ } \Omega$$

$$F_{\text{Einzel}} = 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Widerstand}} = 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \text{ } \Omega = 0,02 \text{ } \Omega$$

$$\Delta R_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R_{-99\text{°C}} - R_{-100\text{°C}}) / 1\text{°C} = 4,05 \text{ } \Omega/\text{°C}$$

$$F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,02 \text{ } \Omega / 4,05 \text{ } \Omega/\text{°C} \approx 0,005\text{°C (bedeutet } \pm 0,005 \text{ °C)}$$

Beispiel 3:

Betrachtung allein des RMS-Rauschens ohne Filter unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = -100\text{°C}$$

$$MW = R_{\text{Messpunkt}}(-100\text{°C}) = 602,56 \text{ } \Omega$$

$$F_{\text{Einzel}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Widerstand}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \text{ } \Omega = 0,074 \text{ } \Omega$$

$$\Delta R_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R_{-99\text{°C}} - R_{-100\text{°C}}) / 1\text{°C} = 4,05 \text{ } \Omega/\text{°C}$$

$$F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,074 \text{ } \Omega / 4,05 \text{ } \Omega/\text{°C} \approx 0,018\text{°C (bedeutet } \pm 0,018\text{°C)}$$

Beispiel 4:

Wird das Rauschen $F_{\text{Noise, PTP}}$ der o.a. Beispielklemme nicht nur für einen Sensorpunkt -100°C sondern allgemein betrachtet ergibt sich folgender Plot:

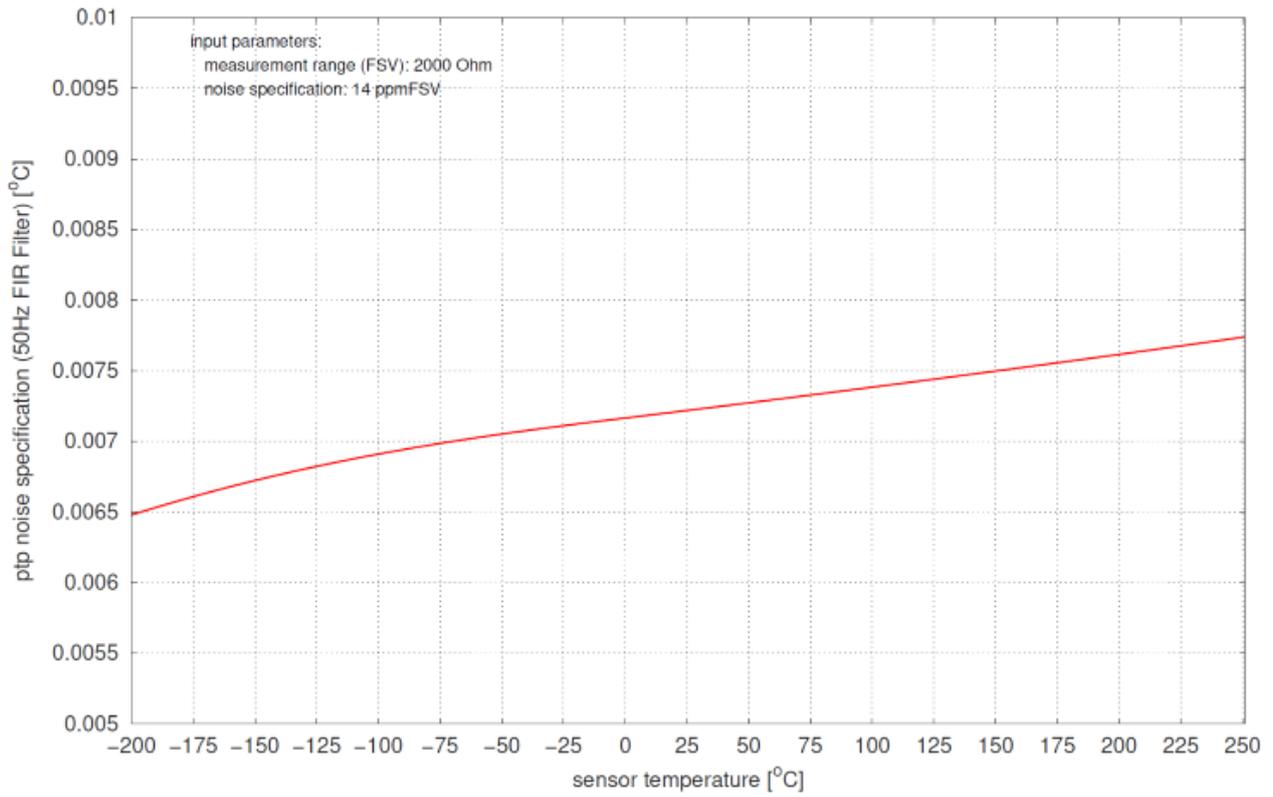


Abb. 88: Diagramm Rauschen $F_{\text{Noise, PTP}}$ in Abhängigkeit zur Sensortemperatur

Sehen Sie dazu auch

- ▣ Messung RTD (nur Pt1000) [▶ 209]

3.10.2.5 Messung Potentiometer

Das Potentiometer ist mit dem integrierten Netzteil (max. 5V, einstellbar) zu versorgen. Die Schleifer-Spannung wird dann im Verhältnis zur Speisespannung gemessen und in % ausgegeben. Technisch verläuft die Messung also wie eine DMS-Halbbrücke.

Es sind Potentiometer ab 1 kΩ einsetzbar.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 5-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 5-Leiter-Anschluss kompensiert und das Poti wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 3-Leiter-Anschluss leistet der Messkanal grundsätzlich die gleiche Spezifikation da er intern weiterhin im 5-Leiter-Betrieb misst und dazu intern Brücken schließt. Allerdings wird seine Sicht auf das angeschlossene Poti durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird dann das Gesamtsystem „Potentiometer + Zuleitungen + Messkanal“ im 3-Leiter-Anschluss praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Diagnosen

- Schleiferbruch: Vollausschlag bzw. 0-Anzeige
- Versorgungsunterbrechung: Vollausschlag bzw. 0-Anzeige

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)
Betriebsart	Die Speisespannung ist per CoE einstellbar, 0,5...5 V
Messbereich, nominell	-1 ... 1 V/V
Messbereich, Endwert (MBE)	1 V/V
Messbereich, technisch nutzbar	-1 ... 1 V/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾²⁾	ohne Offset	< ±0,0025 % _{MBE} < ±25 ppm _{MBE} < ±25 μV/V	
	inkl. Offset	< ±0,0075 % _{MBE} < ±75 ppm _{MBE} < ±75 μV/V	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ¹⁾²⁾⁶⁾	ohne Offset	< ±0,0055 % _{MBE} < ±55 ppm _{MBE} < ±55 μV/V	
	inkl. Offset	< ±0,009 % _{MBE} < ±90 ppm _{MBE} < ±90 μV/V	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 20 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 15 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 1 ppm _{MBE}	
Temperaturkoeffizient, typ. ¹⁾	Tk _{Gain}	< 1 ppm/K	
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K < 1 μV/V/K	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC:	50 Hz:	1 kHz:
	$\frac{mV/V}{V}$ typ.	$\frac{mV/V}{V}$ typ.	$\frac{mV/V}{V}$ typ.
	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC:	50 Hz:	1 kHz:
	$\frac{mV/V}{V}$ typ.	$\frac{mV/V}{V}$ typ.	$\frac{\mu V/V}{V}$ typ.
	tbd.	tbd.	tbd.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	tbd. % _{MBE} = tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd.		

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)
---------------	----------------------------

- 1) Gültig für ELM3504-00x0 ab HW04, ELM3502-00x0 ab HW03
- 2) Ein ggf. regelmäßiger Offset-Abgleich bei angeschlossenem Potentiometer wird empfohlen. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen **Tara [▶ 000]** als auch **ZeroOffset [▶ 000]** der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung kann sich über die Zeit ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.
- 3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.
- 6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb ($T_{ambient}$). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur $T_{ambient}$ wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3502 (20 kSps)

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)	
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 105 ppm _{MBE} < 820 digits < 105 $\mu V/V$
	$F_{Noise, RMS}$	< 18 ppm _{MBE} < 137 digits < 17,5 $\mu V/V$
	Max. SNR	> 95,1 dB
	Rauschdichte@1kHz z	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,18
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 9 ppm _{MBE} < 70 digits < 9 $\mu V/V$
	$F_{Noise, RMS}$	< 1,5 ppm _{MBE} < 12 digits < 1,5 $\mu V/V$
	Max. SNR	> 116,5 dB

ELM3504 (10 kSps)

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)	
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd.
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd.
	Max. SNR	> tbd. dB
	Rauschdichte@1kHz z	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd.
	$F_{Noise, RMS}$	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd.
	Max. SNR	> tbd. dB

Potentiometer-Messbereich

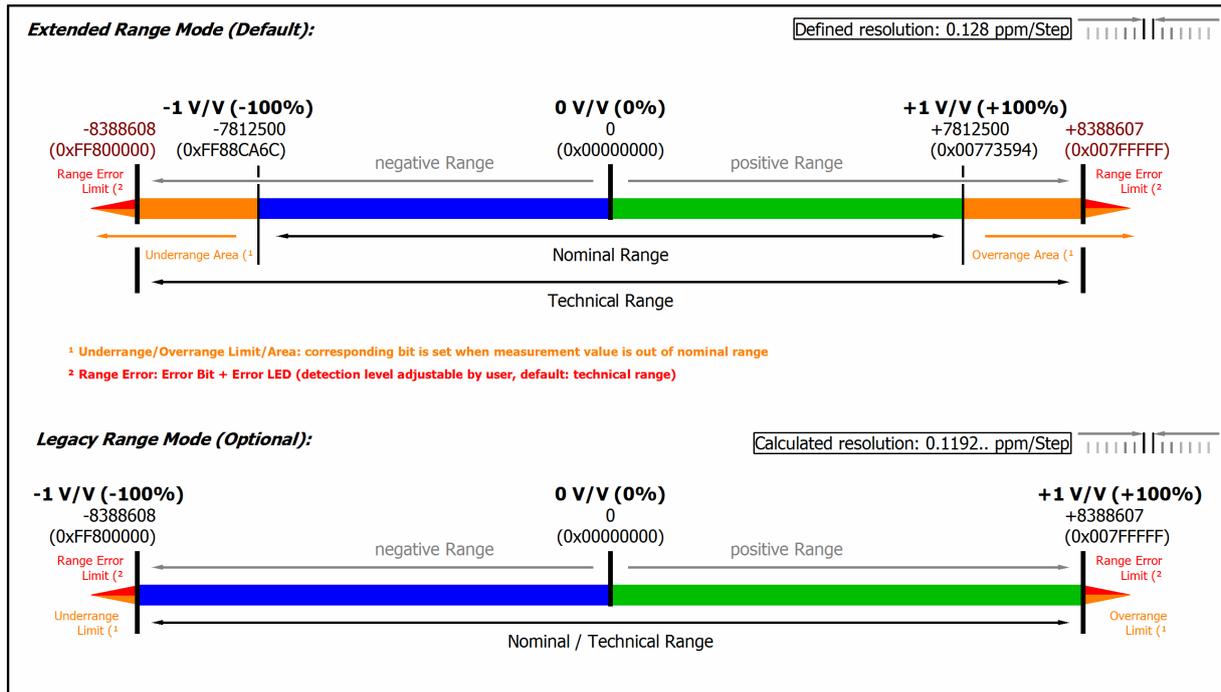


Abb. 89: Darstellung Potentiometer-Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overage-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overage *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overage -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.10.2.6 Messung SG 1/1-Bridge (Vollbrücke) 4/6-Leiter-Anschluss

Einige Hinweise zur ELM350x Vollbrückenmessung:

Der Messbereich nominell/technisch wird hier in „mV/V“ angegeben, wobei eine maximale Versorgungsspannung von 5 V zulässig ist. Maximal ist also für die Brückenspannung ein nomineller Messbereich von $\pm 32 \text{ mV/V} \cdot 5 \text{ V} = \pm 160 \text{ mV}$ nutzbar, entsprechend sind die internen Schaltungen ausgelegt.

Die interne Messung erfolgt ratiometrisch, d.h. die Speise- und die Brückenspannung werden nicht absolut gemessen, sondern als Verhältnis erfasst.

Zur Speisung kann die integrierte Versorgung genutzt werden. Eine externe Versorgung ist zulässig wenn 5 V nicht überstiegen werden.

Die Klemme verfügt über „echte“ und „compensated“ Messbereiche:

- Ein „echter“ Messbereich misst elektrisch wie angegeben z.B. im Bereich 4 mV/V.
- Ein „compensated“ Messbereich hilft bei Anwendungen mit kleinem Signal (Amplitude) und gleichzeitig hohem Offsetanteil. Er misst in einem festen elektrischen Bereich (unterliegt also dessen elektrischer Spezifikation) und führt einen „digitalen Zoom“ durch, erhöht also die Auflösung. Der Offset muss durch die integrierte ZeroOffset-Funktion der Klemme eliminiert werden.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 6-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 6-Leiter-Anschluss kompensiert und die Vollbrücke wird direkt vom Messkanal erfasst.

Im 4-Leiter-Anschluss leistet die Klemme grundsätzlich die gleiche Spezifikation, allerdings wird Ihre Sicht auf die angeschlossene Vollbrücke durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird das Gesamtsystem „Vollbrücke + Zuleitungen + Messkanal“ praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Die Zuleitungswiderstände (Kabel, Steckverbinder, ...) wirken sich insbesondere auf den Gain-Fehler aus, auch in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Gain-Fehler kann abgeschätzt werden durch:

$$(R_{+uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu}) + R_{-uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu})) / R_{nom} \text{ mit } T_{kCu} \sim 3930 \text{ ppm/K, } R_{nom}$$

z.B. 350 Ω und R_{+uv} bzw. R_{-uv} Zuleitungswiderstände.

Die Verwendung des Messkanals im 6-Leiter-Anschluss wird empfohlen, insbesondere wenn erhebliche Widerstände wie ein Blitzstrom-Ableiter in die Leitung gesetzt werden.

Durch einen anwenderseitigen Abgleich mit angeschlossenem Brückensensor kann die Messunsicherheit in Bezug auf Verstärkungs(Gain)- und Offset-Fehler deutlich reduziert werden.

Mit dem integrierten schaltbaren Shunt-Widerstand kann eine vorausberechenbare Verstimmung erzeugt werden bzw. daraus bei Abweichung ein Korrekturfaktor.

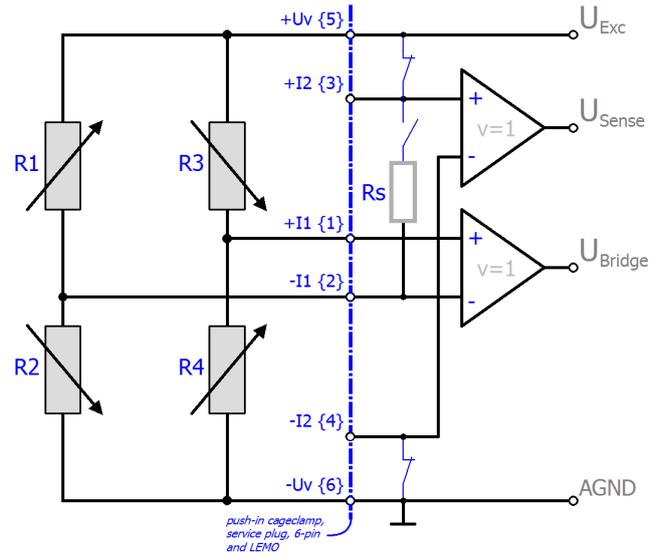
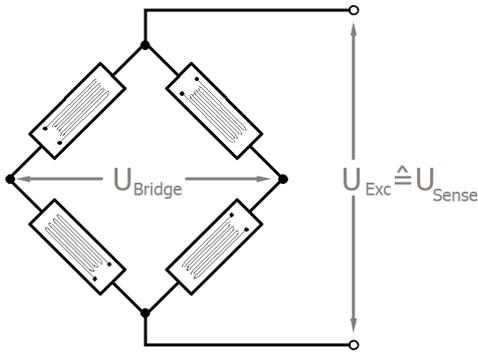
Hinweis: Angaben gelten für 5 V DMS Erregung und symmetrische 350R DMS.

Hinweis: Daten gelten ab Produktion KW01/ 2019 und

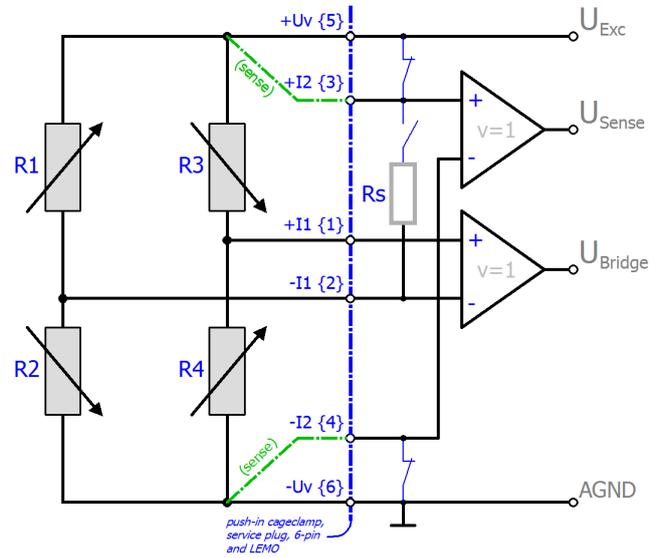
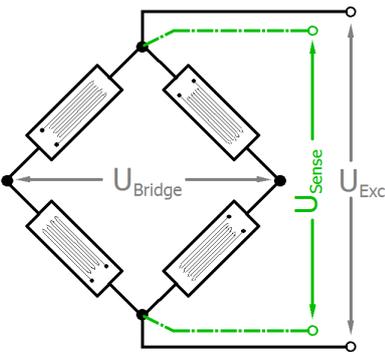
- für ELM3502: HW03
- für ELM3504: HW04

Zur Berechnung der Vollbrücke:

4 wire



6 wire



Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{Nk\epsilon}{4}$$

$$N = 1, 2, 4, 1 - \vartheta, 1 + \vartheta, 2(1 - \vartheta), 2(1 + \vartheta)$$

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter					
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V	4 mV/V (comp.) 5)	2 mV/V (comp.) 5)
Integrierte Speisung		1...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit 120R DMS: bis 2,5 V; 350R DMS: bis 5,0 V					
Messbereich, nominell		-32 ... +32 mV/V	-8 ... +8 mV/V	-4 ... +4 mV/V	-2 ... +2 mV/V	-4 ... +4 mV/V	-2 ... +2 mV/V
Messbereich, Endwert (MBE)		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar		-34,359 ... +34,359 mV/V	-8,590 ... +8,590 mV/V	-4,295 ... +4,295 mV/V	-2,147 ... +2,147 mV/V	-4,295 ... +4,295 mV/V	-2,147 ... +2,147 mV/V
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)					
PDO LSB (Extended Range)		0,128 ppm					
PDO LSB (Legacy Range)		0,119... ppm					
Grundgenauigkeit : Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. 2)	ohne Offset	< ±0,003 % _{MBE} < ±30 ppm _{MBE} < ±0,96 µV/V	< ±0,006 % _{MBE} < ±60 ppm _{MBE} < ±0,48 µV/V	< ±0,0085 % _{MBE} < ±85 ppm _{MBE} < ±0,34 µV/V	< ±0,013 % _{MBE} < ±130 ppm _{MBE} < ±0,26 µV/V	< ±0,012 % _{MBE} < ±120 ppm _{MBE} < ±0,48 µV/V	< ±0,024 % _{MBE} < ±240 ppm _{MBE} < ±0,48 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,0075 % _{MBE} < ±75 ppm _{MBE} < ±2,4 µV/V	< ±0,015 % _{MBE} < ±150 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V	< ±0,03 % _{MBE} < ±300 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V	< ±0,06 % _{MBE} < ±600 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V	< ±0,03 % _{MBE} < ±300 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V	< ±0,06 % _{MBE} < ±600 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit : Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. 2) 6)	ohne Offset	< ±0,011 % _{MBE} < ±110 ppm _{MBE} < ±3,52 µV/V	< ±0,028 % _{MBE} < ±280 ppm _{MBE} < ±2,24 µV/V	< ±0,0515 % _{MBE} < ±515 ppm _{MBE} < ±2,06 µV/V	< ±0,099 % _{MBE} < ±990 ppm _{MBE} < ±1,98 µV/V	< ±0,056 % _{MBE} < ±560 ppm _{MBE} < ±2,24 µV/V	< ±0,1115 % _{MBE} < ±1115 ppm _{MBE} < ±2,23 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,013 % _{MBE} < ±130 ppm _{MBE} < ±4,16 µV/V	< ±0,0315 % _{MBE} < ±315 ppm _{MBE} < ±2,52 µV/V	< ±0,059 % _{MBE} < ±590 ppm _{MBE} < ±2,36 µV/V	< ±0,115 % _{MBE} < ±1150 ppm _{MBE} < ±2,3 µV/V	< ±0,0625 % _{MBE} < ±625 ppm _{MBE} < ±2,5 µV/V	< ±0,1245 % _{MBE} < ±1245 ppm _{MBE} < ±2,49 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}	< 140 ppm _{MBE}	< 280 ppm _{MBE}	< 580 ppm _{MBE}	< 280 ppm _{MBE}	< 560 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 24 ppm	< 50 ppm	< 70 ppm	< 110 ppm	< 100 ppm	< 200 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 18 ppm _{MBE}	< 30 ppm _{MBE}	< 45 ppm _{MBE}	< 65 ppm _{MBE}	< 60 ppm _{MBE}	< 120 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}	< 10 ppm _{MBE}	< 15 ppm _{MBE}	< 25 ppm _{MBE}	< 20 ppm _{MBE}	< 40 ppm _{MBE}
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) 3)	DC	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) 3)	DC	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 2,5 ppm/K	< 4 ppm/K	< 5 ppm/K	< 6 ppm/K	< 8 ppm/K	< 16 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 2 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 7,5 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 15 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 30 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 15 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 30 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter					
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differential	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	4-Leiter	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt					
	Differential	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

²⁾ Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[▶ 000\]](#) als auch [ZeroOffset \[▶ 000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁵⁾ Der Kanal misst elektrisch auf 8 mV/V, stellt aber seinen Messwert skaliert auf 2 bzw. 4 mV/V dar. Die Compensated-Funktion ermöglicht die Messung kleiner Pegel auch bei hohem Offset-Anteil.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb ($T_{ambient}$). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur $T_{ambient}$ wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3502 (20 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 125 ppm _{MBE} < 977 digits < 4,00 µV/V	< 425 ppm _{MBE} < 3320 digits < 3,40 µV/V	< 1050 ppm _{MBE} < 8203 digits < 4,20 µV/V	< 1600 ppm _{MBE} < 12500 digits < 3,20 µV/V
	$F_{Noise, RMS}$	< 25 ppm _{MBE} < 195 digits < 0,80 µV/V	< 70 ppm _{MBE} < 547 digits < 0,56 µV/V	< 140 ppm _{MBE} < 1094 digits < 0,56 µV/V	< 270 ppm _{MBE} < 2109 digits < 0,54 µV/V
	Max. SNR	> 92,0 dB	> 83,1 dB	> 77,1 dB	> 71,4 dB
	Rauschdichte @1kHz	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 11,31	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 7,92	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 7,92	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 7,64
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 12 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,38 µV/V	< 30 ppm _{MBE} < 234 digits < 0,24 µV/V	< 60 ppm _{MBE} < 469 digits < 0,24 µV/V	< 120 ppm _{MBE} < 938 digits < 0,24 µV/V
	$F_{Noise, RMS}$	< 2,0 ppm _{MBE} < 16 digits < 0,06 µV/V	< 5,0 ppm _{MBE} < 39 digits < 0,04 µV/V	< 10,0 ppm _{MBE} < 78 digits < 0,04 µV/V	< 20,0 ppm _{MBE} < 156 digits < 0,04 µV/V
	Max. SNR	> 114,0 dB	> 106,0 dB	> 100,0 dB	> 94,0 dB

ELM3504 (10 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 85 ppm _{MBE} < 664 digits < 2,72 µV/V	< 300 ppm _{MBE} < 2344 digits < 2,40 µV/V	< 600 ppm _{MBE} < 4688 digits < 2,40 µV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 2,40 µV/V
	$F_{Noise, RMS}$	< 15 ppm _{MBE} < 117 digits < 0,48 µV/V	< 50 ppm _{MBE} < 391 digits < 0,40 µV/V	< 100 ppm _{MBE} < 781 digits < 0,40 µV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 0,40 µV/V

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
	Max. SNR	> 96,5 dB	> 86,0 dB	> 80,0 dB	> 74,0 dB
	Rauschdichte @1kHz	$< 6,79 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	$< 5,66 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	$< 5,66 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	$< 5,66 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	$< 12 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 94 \text{ digits}$ $< 0,38 \mu V/V$	$< 30 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 234 \text{ digits}$ $< 0,24 \mu V/V$	$< 60 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 469 \text{ digits}$ $< 0,24 \mu V/V$	$< 120 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 938 \text{ digits}$ $< 0,24 \mu V/V$
	F _{Noise, RMS}	$< 2,0 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 16 \text{ digits}$ $< 0,06 \mu V/V$	$< 5,0 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 39 \text{ digits}$ $< 0,04 \mu V/V$	$< 10,0 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 78 \text{ digits}$ $< 0,04 \mu V/V$	$< 20,0 \text{ ppm}_{MBE}$ $< 156 \text{ digits}$ $< 0,04 \mu V/V$
	Max. SNR	> 114,0 dB	> 106,0 dB	> 100,0 dB	> 94,0 dB

Sehen Sie dazu auch

 Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit [▶ 23]

3.10.2.7 Messung SG 1/2-Bridge (Halbbrücke) 3/5-Leiter-Anschluss

Einige Hinweise zur ELM350x Halbbrückenmessung:

Der Messbereich nominell/technisch wird hier in „mV/V“ angegeben, wobei eine maximale Versorgungsspannung von 5 V zulässig ist. Maximal ist also für die Brückenspannung ein nomineller Messbereich von $\pm 16 \text{ mV/V} \cdot 5 \text{ V} = \pm 80 \text{ mV}$ nutzbar; die internen Schaltungen sind auf die 160 mV der Vollbrückenmessung ausgelegt.

Die interne Messung erfolgt ratiometrisch, d.h. die Speise- und die Brückenspannung werden nicht absolut gemessen, sondern als Verhältnis erfasst.

Zur Speisung kann die integrierte Versorgung genutzt werden. Eine externe Versorgung ist zulässig wenn 5 V nicht überstiegen werden.

Die Klemme verfügt über „echte“ und „compensated“ Messbereiche:

- Ein „echter“ Messbereich misst elektrisch wie angegeben z.B. im Bereich 4 mV/V.
- Ein „compensated“ Messbereich hilft bei Anwendungen mit kleinem Signal (Amplitude) und gleichzeitig hohem Offsetanteil. Er misst in einem festen elektrischen Bereich (unterliegt also dessen elektrischer Spezifikation) und führt einen „digitalen Zoom“ durch, erhöht also die Auflösung. Der Offset muss durch die integrierte ZeroOffset-Funktion der Klemme eliminiert werden.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 5-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 5-Leiter-Anschluss kompensiert und die Halbbrücke wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 3-Leiter-Anschluss leistet die Klemme grundsätzlich die gleiche Spezifikation, allerdings wird Ihre Sicht auf die angeschlossene Halbbrücke durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird das Gesamtsystem „Halbbrücke + Zuleitungen + Messkanal“ praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Die Zuleitungswiderstände (Kabel, Steckverbinder, ...) wirken sich insbesondere auf den Gain-Fehler aus, auch in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Gain-Fehler kann abgeschätzt werden durch:

$$(R_{+uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu}) + R_{-uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu})) / R_{nom} \text{ mit } T_{kCu} \sim 3930 \text{ ppm/K, } R_{nom}$$

z.B. 350 Ω und R_{+uv} bzw. R_{-uv} Zuleitungswiderstände.

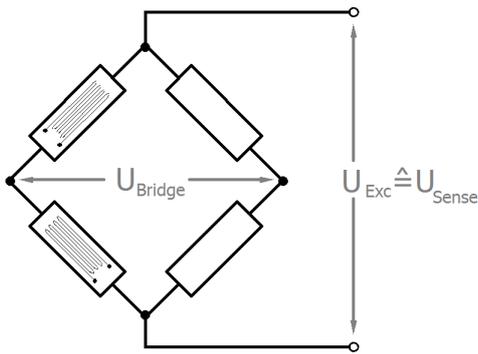
Die Verwendung des Messkanals im 5-Leiter-Anschluss wird empfohlen.

Durch einen anwenderseitigen Abgleich mit angeschlossenem Brückensensor kann die Messunsicherheit in Bezug auf Verstärkungs(Gain)- und Offset-Fehler deutlich reduziert werden.

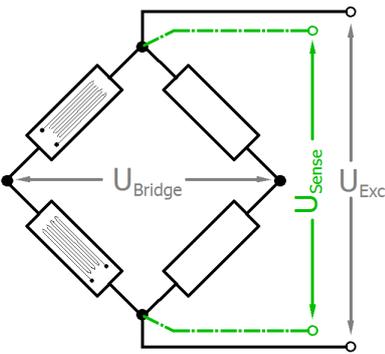
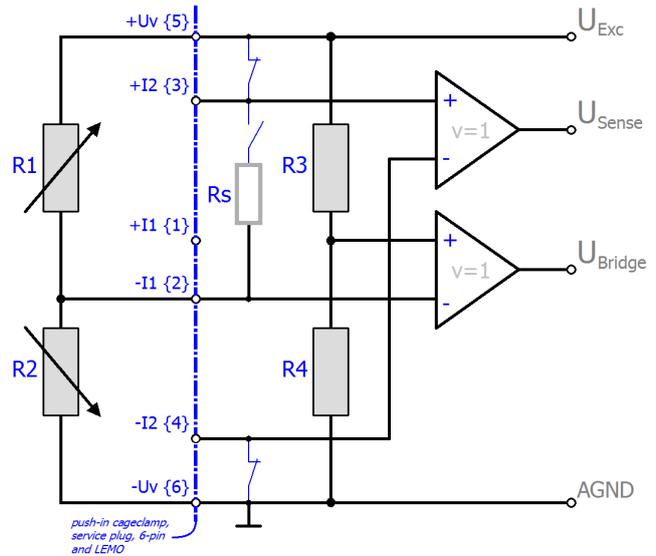
Mit dem integrierten schaltbaren Shunt-Widerstand kann eine vorausberechenbare Verstimmung erzeugt werden bzw. daraus bei Abweichung ein Korrekturfaktor.

Hinweis: Angaben gelten für 3,5 V DMS Erregung und symmetrische 350R DMS.

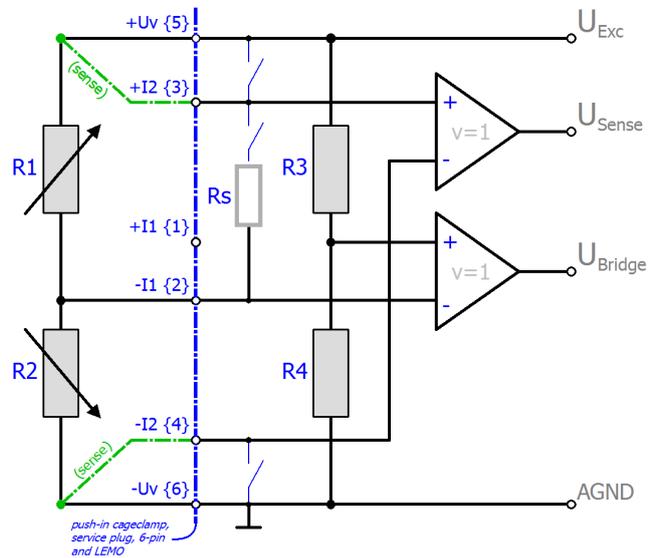
Zur Berechnung der $R_{1/2}$ -Halbbrücke:



3 wire



5 wire



$R_{3/4}$ sind die internen schaltbaren Ergänzungswiderstände der Klemme. Sie sind mit einigen $k\Omega$ hochohmig im Vergleich zu $R_{1/2}$ und belasten die interne Speisung somit nicht wesentlich.

Andere Halbbrückenkonfigurationen (z.B. $R_{1/4}$ oder $R_{1/3}$ veränderlich) sind nicht anschließbar.

Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{Nk\epsilon}{4}$$

$$N = 1, 2, 4, 1 - \vartheta, 1 + \vartheta$$

Die Wahl von N ist nach der mechanischen Anordnung der variablen Widerstände zu wählen (Poisson, 2 aktive uniaxial, ...). Die Interpretation des Kanalwerts (PDO) ist direkt [mV/V].

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 5/3-Leiter						
	16 mV/V	8 mV/V ¹⁾	4 mV/V ¹⁾	2 mV/V ¹⁾	4 mV/V (comp.) ^{1) 5)}	2 mV/V (comp.) ^{1) 5)}	
Integrierte Speisung	1...5V einstellbar, max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit 120R DMS: bis 2,5 V; 350R DMS: bis 5,0 V						
Messbereich, nominell	-16 ... 16 mV/V	-8 ... 8 mV/V	-4 ... 4 mV/V	-2 ... 2 mV/V	-4 ... 4 mV/V	-2 ... 2 mV/V	
Messbereich, Endwert (MBE)	16 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V	4 mV/V	2 mV/V	
Messbereich, technisch nutzbar	-17,179 ... 17,179 mV/V	-8,589 ... 8,589 mV/V	-4,294 ... 4,294 mV/V	-2,147 ... 2,147 mV/V	-4,294 ... 4,294 mV/V	-2,147 ... 2,147 mV/V	
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)						
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm						
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm						
Grundgenauigkeit : Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,011 % _{MBE} < ±110 ppm _{MBE} < ±1,76 µV/V	< ±0,022 % _{MBE} < ±220 ppm _{MBE} < ±1,76 µV/V	< ±0,044 % _{MBE} < ±440 ppm _{MBE} < ±1,76 µV/V	< ±0,0925 % _{MBE} < ±925 ppm _{MBE} < ±1,85 µV/V	< ±0,044 % _{MBE} < ±440 ppm _{MBE} < ±1,76 µV/V	< ±0,088 % _{MBE} < ±880 ppm _{MBE} < ±1,76 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,04 % _{MBE} < ±400 ppm _{MBE} < ±6,40 µV/V	< ±0,075 % _{MBE} < ±750 ppm _{MBE} < ±6 µV/V	< ±0,14 % _{MBE} < ±1400 ppm _{MBE} < ±5,60 µV/V	< ±0,27 % _{MBE} < ±2700 ppm _{MBE} < ±5,40 µV/V	< ±0,15 % _{MBE} < ±1500 ppm _{MBE} < ±6 µV/V	< ±0,3 % _{MBE} < ±3000 ppm _{MBE} < ±6 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit : Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ±0,052 % _{MBE} < ±520 ppm _{MBE} < ±8,32 µV/V	< ±0,087 % _{MBE} < ±870 ppm _{MBE} < ±6,96 µV/V	< ±0,1585 % _{MBE} < ±1585 ppm _{MBE} < ±6,34 µV/V	< ±0,313 % _{MBE} < ±3130 ppm _{MBE} < ±6,26 µV/V	< ±0,174 % _{MBE} < ±1740 ppm _{MBE} < ±6,96 µV/V	< ±0,3475 % _{MBE} < ±3475 ppm _{MBE} < ±6,95 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,0645 % _{MBE} < ±645 ppm _{MBE} < ±10,32 µV/V	< ±0,113 % _{MBE} < ±1130 ppm _{MBE} < ±9,04 µV/V	< ±0,2065 % _{MBE} < ±2065 ppm _{MBE} < ±8,26 µV/V	< ±0,403 % _{MBE} < ±4030 ppm _{MBE} < ±8,06 µV/V	< ±0,2255 % _{MBE} < ±2255 ppm _{MBE} < ±9,02 µV/V	< ±0,4505 % _{MBE} < ±4505 ppm _{MBE} < ±9,01 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 385 ppm _{MBE}	< 715 ppm _{MBE}	< 1325 ppm _{MBE}	< 2530 ppm _{MBE}	< 1430 ppm _{MBE}	< 2860 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 70 ppm	< 130 ppm	< 260 ppm	< 510 ppm	< 260 ppm	< 520 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 85 ppm _{MBE}	< 175 ppm _{MBE}	< 350 ppm _{MBE}	< 760 ppm _{MBE}	< 350 ppm _{MBE}	< 700 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 12 ppm _{MBE}	< 25 ppm _{MBE}	< 50 ppm _{MBE}	< 120 ppm _{MBE}	< 50 ppm _{MBE}	< 100 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 5 ppm/K	< 8 ppm/K	< 15 ppm/K	< 25 ppm/K	< 16 ppm/K	< 32 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 15 ppm _{MBE} /K < 0,24 µV/V/K	< 25 ppm _{MBE} /K < 0,20 µV/V/K	< 45 ppm _{MBE} /K < 0,18 µV/V/K	< 90 ppm _{MBE} /K < 0,18 µV/V/K	< 50 ppm _{MBE} /K < 0,20 µV/V/K	< 100 ppm _{MBE} /K < 0,20 µV/V/K
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC	DC: $\frac{nV/V}{V}$ tbd.	DC: $\frac{nV/V}{V}$ tbd.	DC: $\frac{nV/V}{V}$ tbd.	DC: $\frac{nV/V}{V}$ tbd.	DC: $\frac{nV/V}{V}$ tbd.	DC: $\frac{nV/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 5/3-Leiter					
		16 mV/V	8 mV/V ¹⁾	4 mV/V ¹⁾	2 mV/V ¹⁾	4 mV/V (comp.) ^{1) 5)}	2 mV/V (comp.) ^{1) 5)}
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differential	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	Common Mode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2 (Innenwiderstand)	3-Leiter	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt					
	Differential	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	Common Mode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

1) Abgleich der Halbbrückenmessung und damit Gültigkeit der Daten ab Produktionswoche 2018/50 und für ELM3502: HW03/ ELM3504: HW04

2) Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[▶ 000\]](#) als auch [ZeroOffset \[▶ 000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

5) Der Kanal misst elektrisch auf 8 mV/V, stellt aber seinen Messwert skaliert auf 2 bzw. 4 mV/V dar. Die Compensated-Funktion ermöglicht die Messung kleiner Pegel auch bei hohem Offset-Anteil.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb ($T_{ambient}$). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur $T_{ambient}$ wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3502 (20 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 5/3-Leiter			
		16 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 600 ppm _{MBE} < 4688 digits < 9,60 µV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 9,60 µV/V	< 2400 ppm _{MBE} < 18750 digits < 9,60 µV/V	< 4800 ppm _{MBE} < 37500 digits < 9,60 µV/V
	$F_{Noise, RMS}$	< 100 ppm _{MBE} < 781 digits < 1,60 µV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 1,60 µV/V	< 400 ppm _{MBE} < 3125 digits < 1,60 µV/V	< 800 ppm _{MBE} < 6250 digits < 1,60 µV/V
	Max. SNR	> 80,0 dB	> 74,0 dB	> 68,0 dB	> 61,9 dB
	Rauschdichte @1kHz	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 22,63	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 22,63	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 22,63	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 22,63
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 35 ppm _{MBE} < 273 digits < 0,56 µV/V	< 70 ppm _{MBE} < 547 digits < 0,56 µV/V	< 140 ppm _{MBE} < 1094 digits < 0,56 µV/V	< 280 ppm _{MBE} < 2188 digits < 0,56 µV/V
	$F_{Noise, RMS}$	< 6,0 ppm _{MBE} < 47 digits < 0,10 µV/V	< 12,0 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,10 µV/V	< 22,0 ppm _{MBE} < 172 digits < 0,09 µV/V	< 45,0 ppm _{MBE} < 352 digits < 0,09 µV/V
	Max. SNR	> 104,4 dB	> 98,4 dB	> 93,2 dB	> 86,9 dB

ELM3504 (10 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 5/3-Leiter			
		16 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{Noise, PIP}$	< 600 ppm _{MBE} < 4688 digits < 9,60 µV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 9,60 µV/V	< 2400 ppm _{MBE} < 18750 digits < 9,60 µV/V	< 4800 ppm _{MBE} < 37500 digits < 9,60 µV/V

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 5/3-Leiter			
		16 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
	F _{Noise, RMS}	< 100 ppm _{MBE} < 781 digits < 1,60 µV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 1,60 µV/V	< 400 ppm _{MBE} < 3125 digits < 1,60 µV/V	< 800 ppm _{MBE} < 6250 digits < 1,60 µV/V
	Max. SNR	> 80,0 dB	> 74,0 dB	> 68,0 dB	> 61,9 dB
	Rauschdichte e@1kHz	$< 22,63 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	$< 22,63 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	$< 22,63 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	$< 22,63 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 35 ppm _{MBE} < 273 digits < 0,56 µV/V	< 70 ppm _{MBE} < 547 digits < 0,56 µV/V	< 140 ppm _{MBE} < 1094 digits < 0,56 µV/V	< 280 ppm _{MBE} < 2188 digits < 0,56 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 6,0 ppm _{MBE} < 47 digits < 0,10 µV/V	< 12,0 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,10 µV/V	< 22,0 ppm _{MBE} < 172 digits < 0,09 µV/V	< 45,0 ppm _{MBE} < 352 digits < 0,09 µV/V
	Max. SNR	> 104,4 dB	> 98,4 dB	> 93,2 dB	> 86,9 dB

HINWEIS

Übergangswiderstände der Anschlusskontakte
 Die Übergangswiderstände der Anschlusskontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

● Gültigkeit der Eigenschaftswerte

i Der Brückenwiderstand liegt parallel zum o.a. Innenwiderstand der Klemme und führt zu entsprechender Offset-Verschiebung. Der Beckhoff-Werksabgleich erfolgt mit Halbbrücke 350 Ω, die o.a. Werte sind deshalb direkt nur für eine 350 Ω-Halbbrücke gültig. Bei Anschluss einer anders dimensionierten Halbbrücke ist:

- anwenderseitig ein Abgleich (Offsetkorrektur) in der Klemme oder Steuerung/PLC durchzuführen
- oder der theoretische Offsetfehler im Abgleichparameter S0 der Klemme einzutragen. Beispiel: Bei einer 350 Ω-Brücke entspricht der beim Werksabgleich kompensierte Einfluss des Eingangswiderstandes (2 MΩ) 0,26545 %MBE (16 mV/V), das entspricht 20738 Digits.

3.10.2.8 Messung SG 1/4-Bridge (Viertelbrücke) 2/3-Leiter-Anschluss

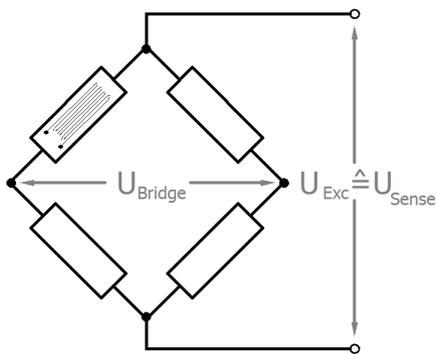
Hinweise

- Die Viertelbrückenmessung im 2-Leiter-Betrieb wird praktisch nicht empfohlen. Die üblichen Kupferzuleitungen gehen mit ihrem eigenen Widerstand (z.B. $\sim 17 \text{ m}\Omega/\text{m}$ bei 1 mm^2 Litze) und ihrer sehr hohen Temperaturempfindlichkeit ($\sim 4000 \text{ ppm/K}$, $\sim 0,4\%/K$) wesentlich in die Rechnung mit ein und können nur durch fortwährenden Offset- und Gain-Abgleich korrigiert werden. Es sollte nur im 3-Leiter-Betrieb gearbeitet werden.
- Angaben gelten für 5 V Erregung.
Bei geringerer Erregungsspannung verschlechtert sich die Spezifikation, detaillierte Angaben liegen Beckhoff dazu nicht vor.
Ist aus Gründen der Sensorselbsterwärmung eine geringere Erregungsspannung gewünscht, kann bei nicht-kontinuierlichen Messungen die Erregungsspannung temporär ein/ausgeschaltet werden (getakteter Betrieb). Das Ein/Ausschalten muss aus der Steuerung per ADS Zugriff auf das CoE 0x80n0:02 erfolgen.
- Angaben gelten nur bei Verwendung von Aderendhülsen und für Querschnitte $\geq 0,5 \text{ mm}^2$. Bei kleineren Querschnitten ist mit erhöhten Übergangswiderständen zu rechnen.
- Das wiederholte Ein/Ausstecken der PushIn-Stecker ist im Viertelbrückenbetrieb zu vermeiden da sich der Übergangswiderstand erhöhen kann.
- Integrierte Speisung: 2...5V einstellbar, max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung).
Hinweis: effektiv liegt an der Viertelbrücke wegen der intern geschalteten Brückenergänzung nur die halbe Spannung an.
- Daten gelten ab Produktion KW 21/ 2019 und für ELM3502: HW03, für ELM3504: HW04

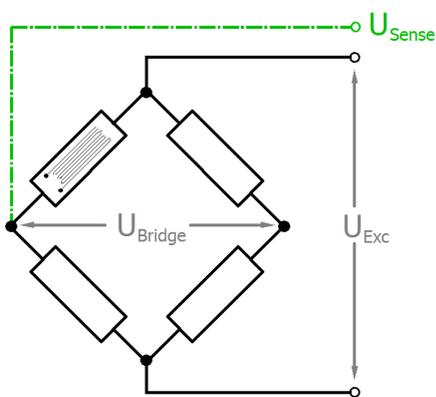
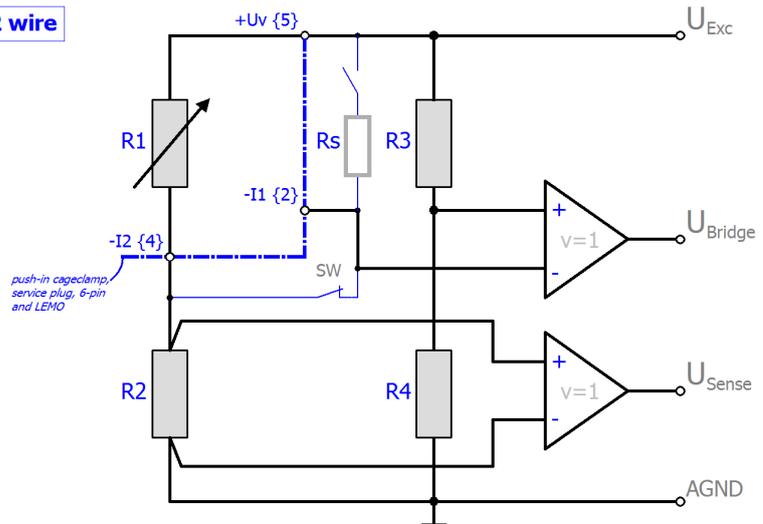
Durch einen anwenderseitigen Abgleich mit angeschlossenem Brückensensor kann die Messunsicherheit in Bezug auf Verstärkungs(Gain)- und Offset-Fehler deutlich reduziert werden.

Mit dem integrierten schaltbaren Shunt-Widerstand kann eine vorausberechenbare Verstimmung erzeugt werden bzw. daraus bei Abweichung ein Korrekturfaktor.

Zur Berechnung der Viertelbrücke:



2 wire



3 wire

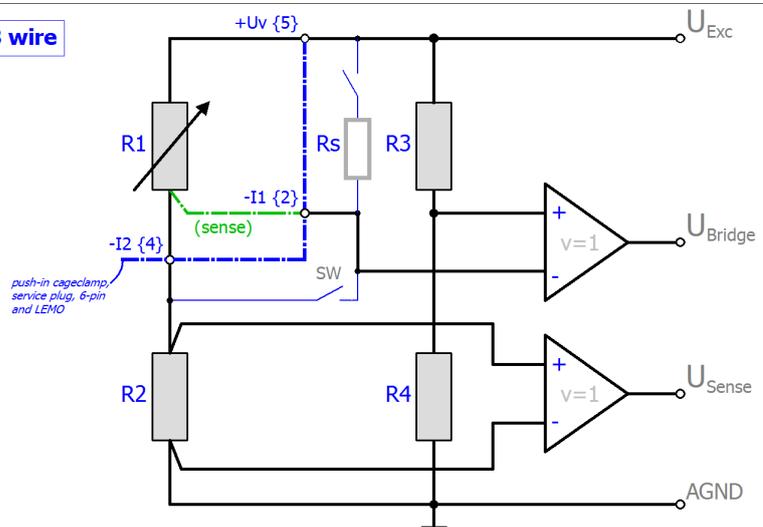


Abb. 90: Anschluss der Viertelbrücke

Erläuterung:

- R1: externer Viertelbrückenwiderstand, nominell 120/350/1000 Ω
- R2: interner Ergänzungswiderstand, wird nach der CoE Einstellung „Interface“ betragsgleich zu R1 gesetzt, beträgt demnach ebenfalls 120, 350 oder 1000 Ω
- R3, R4: hochohmige interne Brückenergänzungswiderstände, belasten die interne Versorgung also nicht wesentlich
- Rs: schaltbarer Shunt-Widerstand
- SW: interner Schalter für 2/3-Leiter-Betrieb; offen: 3-Leiter-Betrieb

Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{N \Delta R_1}{4 R_1} = \frac{N k \epsilon}{4}$$

$$N = 1$$

Bei der Viertelbrücke ist immer $N = 1$.

Der Zusammenhang zwischen $U_{\text{Bridge}}/U_{\text{Exc}}$ und ΔR_1 ist nicht-linear:

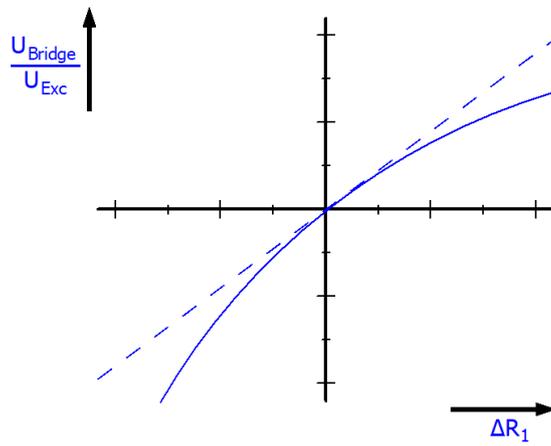


Abb. 91: Zusammenhang zwischen $U_{\text{Bridge}}/U_{\text{Exc}}$ und ΔR_1

Die ELM350x verwenden eine interne Linearisierung, so dass die Ausgabe schon linearisiert erfolgt mit

$$\text{PDO [mV/V]} = \frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{\Delta R_1}{4R_1}$$

da intern mit U_{Exc} gerechnet wird.

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell		±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 120 ± 15,36 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 120 ± 3,84 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 120 ± 1,92 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 120 ± 0,96 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar		±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)		0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)		0,119... ppm 3,814.. nV/V	0,119... ppm 0,9535 nV/V	0,119... ppm 0,47675 nV/V	0,119... ppm 0,238375 nV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,026% _{MBE} < ±260 ppm _{MBE} < ±8,3 µV/V	< ±0,08% _{MBE} < ±800 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,16% _{MBE} < ±1600 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,32% _{MBE} < ±3200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1% _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,4% _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,8% _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±1,6% _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾⁶⁾	ohne Offset	< ±0,1745% _{MBE} < ±1745 ppm _{MBE} < ±55,8 µV/V	< ±0,6015% _{MBE} < ±6015 ppm _{MBE} < ±48,1 µV/V	< ±1,203% _{MBE} < ±12030 ppm _{MBE} < ±48,1 µV/V	< ±2,406% _{MBE} < ±24060 ppm _{MBE} < ±48,1 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1995% _{MBE} < ±1995 ppm _{MBE} < ±63,8 µV/V	< ±0,718% _{MBE} < ±7180 ppm _{MBE} < ±57,4 µV/V	< ±1,436% _{MBE} < ±14360 ppm _{MBE} < ±57,4 µV/V	< ±2,872% _{MBE} < ±28720 ppm _{MBE} < ±57,4 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 960 ppm _{MBE}	< 3920 ppm _{MBE}	< 7840 ppm _{MBE}	< 15680 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 160 ppm	< 440 ppm	< 880 ppm	< 1760 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 200 ppm _{MBE}	< 650 ppm _{MBE}	< 1300 ppm _{MBE}	< 2600 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 100 ppm _{MBE}	< 200 ppm _{MBE}	< 400 ppm _{MBE}
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 20 ppm/K	< 48 ppm/K	< 96 ppm/K	< 192 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 50 ppm _{MBE} /K < 1,60 µV/V/K	< 180 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K	< 360 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K	< 720 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter				
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

ELM3502 (20 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 310 ppm _{MBE} < 2422 digits < 9,92 μV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 9,60 μV/V	< 2400 ppm _{MBE} < 18750 digits < 9,60 μV/V	< 4800 ppm _{MBE} < 37500 digits < 9,60 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 50 ppm _{MBE} < 391 digits < 1,60 μV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 1,60 μV/V	< 400 ppm _{MBE} < 3125 digits < 1,60 μV/V	< 800 ppm _{MBE} < 6250 digits < 1,60 μV/V
	Max. SNR	> 86,0 dB	> 74,0 dB	> 68,0 dB	> 61,9 dB
	Rauschdichte e@1kHz	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 24 ppm _{MBE} < 188 digits < 0,77 μV/V	< 72 ppm _{MBE} < 563 digits < 0,58 μV/V	< 144 ppm _{MBE} < 1125 digits < 0,58 μV/V	< 288 ppm _{MBE} < 2250 digits < 0,58 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 4,0 ppm _{MBE} < 31 digits < 0,13 μV/V	< 12,0 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,10 μV/V	< 24,0 ppm _{MBE} < 188 digits < 0,10 μV/V	< 48,0 ppm _{MBE} < 375 digits < 0,10 μV/V
	Max. SNR	> 108,0 dB	> 98,4 dB	> 92,4 dB	> 86,4 dB

ELM3504 (10 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 285 ppm _{MBE} < 2227 digits < 9,12 μV/V	< 1000 ppm _{MBE} < 7813 digits < 8,00 μV/V	< 2000 ppm _{MBE} < 15625 digits < 8,00 μV/V	< 4000 ppm _{MBE} < 31250 digits < 8,00 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 50 ppm _{MBE} < 391 digits < 1,60 μV/V	< 150 ppm _{MBE} < 1172 digits < 1,20 μV/V	< 300 ppm _{MBE} < 2344 digits < 1,20 μV/V	< 600 ppm _{MBE} < 4688 digits < 1,20 μV/V
	Max. SNR	> 86,0 dB	> 76,5 dB	> 70,5 dB	> 64,4 dB
	Rauschdichte e@1kHz	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 20 ppm _{MBE} < 156 digits < 0,64 μV/V	< 60 ppm _{MBE} < 469 digits < 0,48 μV/V	< 120 ppm _{MBE} < 938 digits < 0,48 μV/V	< 240 ppm _{MBE} < 1875 digits < 0,48 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 4,0 ppm _{MBE} < 31 digits < 0,13 μV/V	< 12,0 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,10 μV/V	< 24,0 ppm _{MBE} < 188 digits < 0,10 μV/V	< 48,0 ppm _{MBE} < 375 digits < 0,10 μV/V
	Max. SNR	> 108,0 dB	> 98,4 dB	> 92,4 dB	> 86,4 dB

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell		±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 350 ± 44,8 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 350 ± 11,2 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 350 ± 5,6 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 350 ± 2,8 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar		±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)		0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)		0,119... ppm 3,814.. nV/V	0,119... ppm 0,9535 nV/V	0,119... ppm 0,47675 nV/V	0,119... ppm 0,238375 nV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,022% _{MBE} < ±220 ppm _{MBE} < ±7,0 µV/V	< ±0,08% _{MBE} < ±800 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,16% _{MBE} < ±1600 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,32% _{MBE} < ±3200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1% _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,4% _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,8% _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±1,6% _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0... 55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ±0,106% _{MBE} < ±1060 ppm _{MBE} < ±33,9 µV/V	< ±0,395% _{MBE} < ±3950 ppm _{MBE} < ±31,6 µV/V	< ±0,79% _{MBE} < ±7900 ppm _{MBE} < ±31,6 µV/V	< ±1,5795% _{MBE} < ±15795 ppm _{MBE} < ±31,6 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,144% _{MBE} < ±1440 ppm _{MBE} < ±46,1 µV/V	< ±0,5565% _{MBE} < ±5565 ppm _{MBE} < ±44,5 µV/V	< ±1,113% _{MBE} < ±11130 ppm _{MBE} < ±44,5 µV/V	< ±2,2255% _{MBE} < ±22255 ppm _{MBE} < ±44,5 µV/V
Offset/ Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 970 ppm _{MBE}	< 3920 ppm _{MBE}	< 7840 ppm _{MBE}	< 15680 ppm _{MBE}
Gain/Scale/ Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 120 ppm	< 380 ppm	< 760 ppm	< 1520 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 180 ppm _{MBE}	< 750 ppm _{MBE}	< 1500 ppm _{MBE}	< 3000 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 100 ppm _{MBE}	< 200 ppm _{MBE}	< 400 ppm _{MBE}
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 12 ppm/K	< 50 ppm/K	< 100 ppm/K	< 200 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 30 ppm _{MBE} /K < 0,96 µV/V/K	< 110 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K	< 220 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K	< 440 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter				
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

ELM3502 (20 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 320 ppm _{MBE} < 2500 digits < 10,24 μV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 9,60 μV/V	< 2400 ppm _{MBE} < 18750 digits < 9,60 μV/V	< 4800 ppm _{MBE} < 37500 digits < 9,60 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 55 ppm _{MBE} < 430 digits < 1,76 μV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 1,60 μV/V	< 400 ppm _{MBE} < 3125 digits < 1,60 μV/V	< 800 ppm _{MBE} < 6250 digits < 1,60 μV/V
	Max. SNR	> 85,2 dB	> 74,0 dB	> 68,0 dB	> 61,9 dB
	Rauschdichte e@1kHz	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 18 ppm _{MBE} < 141 digits < 0,58 μV/V	< 72 ppm _{MBE} < 563 digits < 0,58 μV/V	< 144 ppm _{MBE} < 1125 digits < 0,58 μV/V	< 288 ppm _{MBE} < 2250 digits < 0,58 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 3,0 ppm _{MBE} < 23 digits < 0,10 μV/V	< 12,0 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,10 μV/V	< 24,0 ppm _{MBE} < 188 digits < 0,10 μV/V	< 48,0 ppm _{MBE} < 375 digits < 0,10 μV/V
	Max. SNR	> 110,5 dB	> 98,4 dB	> 92,4 dB	> 86,4 dB

ELM3504 (10 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 290 ppm _{MBE} < 2266 digits < 9,28 μV/V	< 1000 ppm _{MBE} < 7813 digits < 8,00 μV/V	< 2000 ppm _{MBE} < 15625 digits < 8,00 μV/V	< 4000 ppm _{MBE} < 31250 digits < 8,00 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 50 ppm _{MBE} < 391 digits < 1,60 μV/V	< 160 ppm _{MBE} < 1250 digits < 1,28 μV/V	< 320 ppm _{MBE} < 2500 digits < 1,28 μV/V	< 640 ppm _{MBE} < 5000 digits < 1,28 μV/V
	Max. SNR	> 86,0 dB	> 75,9 dB	> 69,9 dB	> 63,9 dB
	Rauschdichte e@1kHz	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 15 ppm _{MBE} < 117 digits < 0,48 μV/V	< 50 ppm _{MBE} < 391 digits < 0,40 μV/V	< 100 ppm _{MBE} < 781 digits < 0,40 μV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 0,40 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 3,0 ppm _{MBE} < 23 digits < 0,10 μV/V	< 9,0 ppm _{MBE} < 70 digits < 0,07 μV/V	< 18,0 ppm _{MBE} < 141 digits < 0,07 μV/V	< 36,0 ppm _{MBE} < 281 digits < 0,07 μV/V
	Max. SNR	> 110,5 dB	> 100,9 dB	> 94,9 dB	> 88,9 dB

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 1 kΩ 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell		±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 1000 ± 128 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 1000 ± 32 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 1000 ± 16 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 1000 ± 8 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)		32 mV/V 128 Ω	8 mV/V 32 Ω	4 mV/V 16 Ω	2 mV/V 8 Ω
Messbereich, technisch nutzbar		±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)		0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)		0,119... ppm 3,814... nV/V	0,119... ppm 0,9535 nV/V	0,119... ppm 0,47675 nV/V	0,119... ppm 0,238375 nV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,02% _{MBE} < ±200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,065% _{MBE} < ±650 ppm _{MBE} < ±5,2 µV/V	< ±0,13% _{MBE} < ±1300 ppm _{MBE} < ±5,2 µV/V	< ±0,26% _{MBE} < ±2600 ppm _{MBE} < ±5,2 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1% _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32 µV/V	< ±0,4% _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32 µV/V	< ±0,8% _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32 µV/V	< ±1,6% _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾⁶⁾	ohne Offset	< ±0,1975% _{MBE} < ±1975 ppm _{MBE} < ±63,2 µV/V	< ±0,7435% _{MBE} < ±7435 ppm _{MBE} < ±59,5 µV/V	< ±1,4865% _{MBE} < ±14865 ppm _{MBE} < ±59,5 µV/V	< ±2,973% _{MBE} < ±29730 ppm _{MBE} < ±59,5 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,2205% _{MBE} < ±2205 ppm _{MBE} < ±70,6 µV/V	< ±0,8415% _{MBE} < ±8415 ppm _{MBE} < ±67,3 µV/V	< ±1,683% _{MBE} < ±16830 ppm _{MBE} < ±67,3 µV/V	< ±3,366% _{MBE} < ±33660 ppm _{MBE} < ±67,3 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 980 ppm _{MBE}	< 3940 ppm _{MBE}	< 7880 ppm _{MBE}	< 15760 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 105 ppm	< 305 ppm	< 610 ppm	< 1220 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 165 ppm _{MBE}	< 560 ppm _{MBE}	< 1120 ppm _{MBE}	< 2240 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 120 ppm _{MBE}	< 240 ppm _{MBE}	< 480 ppm _{MBE}
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 13 ppm/K	< 25 ppm/K	< 50 ppm/K	< 100 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 60 ppm _{MBE} /K < 1,92 µV/V/K	< 230 ppm _{MBE} /K < 1,84 µV/V/K	< 460 ppm _{MBE} /K < 1,84 µV/V/K	< 920 ppm _{MBE} /K < 1,84 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt			
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

ELM3502 (20 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 1 kΩ 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 400 ppm _{MBE} < 3125 digits < 12,80 μV/V	< 1350 ppm _{MBE} < 10547 digits < 10,80 μV/V	< 2700 ppm _{MBE} < 21094 digits < 10,80 μV/V	< 5400 ppm _{MBE} < 42188 digits < 10,80 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 65 ppm _{MBE} < 508 digits < 2,08 μV/V	< 240 ppm _{MBE} < 1875 digits < 1,92 μV/V	< 480 ppm _{MBE} < 3750 digits < 1,92 μV/V	< 960 ppm _{MBE} < 7500 digits < 1,92 μV/V
	Max. SNR	> 83,7 dB	> 72,4 dB	> 66,4 dB	> 60,4 dB
	Rauschdichte e@1kHz	< 0,03 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,03 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,03 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,03 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 60 ppm _{MBE} < 469 digits < 1,92 μV/V	< 240 ppm _{MBE} < 1875 digits < 1,92 μV/V	< 480 ppm _{MBE} < 3750 digits < 1,92 μV/V	< 960 ppm _{MBE} < 7500 digits < 1,92 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 10,0 ppm _{MBE} < 78 digits < 0,32 μV/V	< 40,0 ppm _{MBE} < 313 digits < 0,32 μV/V	< 80,0 ppm _{MBE} < 625 digits < 0,32 μV/V	< 160,0 ppm _{MBE} < 1250 digits < 0,32 μV/V
	Max. SNR	> 100,0 dB	> 88,0 dB	> 81,9 dB	> 75,9 dB

ELM3504 (10 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/4-Brücke 1 kΩ 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 350 ppm _{MBE} < 2734 digits < 11,20 μV/V	< 820 ppm _{MBE} < 6406 digits < 6,56 μV/V	< 1640 ppm _{MBE} < 12813 digits < 6,56 μV/V	< 3280 ppm _{MBE} < 25625 digits < 6,56 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 70 ppm _{MBE} < 547 digits < 2,24 μV/V	< 140 ppm _{MBE} < 1094 digits < 1,12 μV/V	< 280 ppm _{MBE} < 2188 digits < 1,12 μV/V	< 560 ppm _{MBE} < 4375 digits < 1,12 μV/V
	Max. SNR	> 83,1 dB	> 77,1 dB	> 71,1 dB	> 65,0 dB
	Rauschdichte e@1kHz	< 0,03 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 85 ppm _{MBE} < 664 digits < 2,72 μV/V	< 48 ppm _{MBE} < 375 digits < 0,38 μV/V	< 96 ppm _{MBE} < 750 digits < 0,38 μV/V	< 192 ppm _{MBE} < 1500 digits < 0,38 μV/V
	F _{Noise, RMS}	< 14,0 ppm _{MBE} < 109 digits < 0,45 μV/V	< 8,0 ppm _{MBE} < 63 digits < 0,06 μV/V	< 16,0 ppm _{MBE} < 125 digits < 0,06 μV/V	< 32,0 ppm _{MBE} < 250 digits < 0,06 μV/V
	Max. SNR	> 97,1 dB	> 101,9 dB	> 95,9 dB	> 89,9 dB

²⁾ Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[► 000\]](#) als auch [ZeroOffset \[► 000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁴⁾ Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da hier geräteseitig der Offset erhöht ist. Es wird deshalb ein anlagenseitiger Offset-Abgleich empfohlen, siehe [Tara- \[► 000\]](#) oder [Zero-Offset-Funktion \[► 000\]](#). Die final erzielbare Grundgenauigkeit im 2-Leiter-Betrieb ist wesentlich von der Qualität dieses anlagenseitigen Offset-Abgleichs abhängig.

⁵⁾ Der Kanal misst elektrisch auf 8 mV/V, stellt aber seinen Messwert skaliert auf 2 bzw. 4 mV/V dar. Die Compensated-Funktion ermöglicht die Messung kleiner Pegel auch bei hohem Offset-Anteil.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [\[► 23\]](#) zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

HINWEIS

Übergangswiderstände der Anschlusskontakte

Die Übergangswiderstände der Anschlusskontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

Wenn statt der internen Ergänzungswiderstände für Viertelbrückenbetrieb ein externer, temperaturstabilerer Ergänzungswiderstand bei Betrieb der Klemme in Halb- oder gar Vollbrücke verwendet wird, kann die Temperaturempfindlichkeit der Klemme und somit des Messaufbaus verringert werden.

3.11 ELM354x

3.11.1 ELM354x - Einführung



Abb. 92: ELM3542-0000, ELM3544-0000

2- und 4-Kanal Messbrückenauswertung (DMS) Voll-/Halb-/Viertelbrücke, 24 Bit, 1 kSps, TEDS

Die EtherCAT-Klemmen ELM3542 und ELM3544 der Economy-Serie ELM3x4x sind ausgelegt für die Auswertung von Messbrücken in Voll-, Halb- und Viertelbrückenkonfiguration. Mit einer maximalen Datenrate von 1 kSps je Kanal sind sie optimal geeignet für die Erfassung von weniger dynamischen Vorgängen wie z. B. langsame Schwingungen und entsprechende Wiegevorgänge. Dafür messen sie rauscharm und temperaturstabil über die zul. Umgebungstemperatur. Die integrierte Brückenspeisung kann 1 bis 12 V liefern und ist, wie alle anderen Parameter, zur Laufzeit im CoE online einstellbar. Die ELM3542 verfügt darüber hinaus noch über eine Anschlussmöglichkeit für einen TEDS-IC im Sensor je Kanal – so kann der DMS schon beim Anstecken elektronisch ausgelesen, erkannt und auch beschrieben werden. Ansonsten verfügen die ELM354x über alle schon aus der schnellen ELM350x-Basis-Serie bekannten Features wie interne schaltbare Ergänzungswiderstände und umfassende Sensor- und Funktionsdiagnose für industriellen 24/7-Betrieb. Der 6-polige Stecker (Push-in) ist zu Wartungszwecken abnehmbar, ohne die einzelnen Adern zu lösen.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- Mit Werkskalibrierzertifikat als ELM354x-0020: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkkS) als ELM354x-0030: auf Anfrage
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[► 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[► 658\]](#)

3.11.2 ELM354x - Technische Daten

Technische Daten	ELM3542-0000	ELM3544-0000
Analoge Eingänge	2 Kanal (differentiell)	4 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Aufeinanderfolgende Wandlung aller Kanäle in der Klemme (multiplex), synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird. Zeitstempel je Kanal, typ. Sampling-Offset bezogen auf Kanal 1:	
	Ch.1: 0 ms Ch.2: + 200 µs (tbd.)	Ch.1: 0 ms Ch.2: +200 µs Ch.3: +400 µs Ch.4: +600 µs
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtaste 8 MSps	
Grenzfrequenz Eingangsfilter Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 380 Hz (16.544 kHz für Viertelbrücke im 4-Leiteranschluss) (tbd.) Typ Butterworth 1. Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass -3 dB @ 2,75 kHz (tbd.) Typ sinc5/Mittelwertfilter oder sinc3 (tbd.) <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>	
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
Anschlusstechnik	2-/3-/4-/5-/6-/7-Leiter	2-/3-/4-/5-/6-Leiter
Samplingrate (je Kanal, multiplex)	1 ms/1 kSps freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor, mögliches effektive Abtastungsintervall je Kanal: 1 ms + n · 25 µs (tbd.)	
Oversampling	1...20 wählbar	
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 µs, max. 10 ms (tbd.) FrameTriggered/Synchron: min. 200 µs, max. 100 ms (tbd.) FreeRun: wird noch nicht unterstützt	
Einsatzbereich DMS	Viertelbrücke (1 kΩ, 350 Ω, 120 Ω) mit interner Brückenergänzung, Halbbrücke, Vollbrücke, Spannungsmessung, Widerstandsmessung (tbd.)	
Anschlussdiagnose	<i>Vorläufige Angaben/ vorgesehen ist:</i> <i>Kanalweise Drahtbruch-Erkennung der Anschlussleitungen (laufender Betrieb bzw. kontrollierte Diagnose, bis zu 6 Leiter)</i> <i>Kanalweise Kurzschluss-Erkennung aller Leitungen untereinander (getriggerte Diagnose, bis zu 6 Leiter)</i> <i>Zusätzliche Prozessdaten- und Diagnose-Auswertung des angeschlossenen Sensors via TEDS-Interface</i>	
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden	
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf -Uv (interne Masse)	Wert folgt	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 85 mA tbd.	
Stromaufnahme Powerkontakte	60 mA typ. + Last, in Summe, max. 150 mA typ.	70 mA typ. + Last, in Summe, max. 240 mA typ.
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W	
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen ±I1, ±I2, +Uv und -Uv: unversorgt ±30V (tbd.), versorgt ±30V (tbd.) Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	Wert folgt	

Allgemeine Daten	ELM3542-0000	ELM3544-0000
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit << 1 µs	
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/ Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold Brückenspeise-Spannung frei einstellbar 1,5 V – 12 V (Strombegrenzung je Kanal 120 mA) 2-Leiter TEDS-Interface (IEEE 1451.4 Class 2 MMI, Multiplex-Betrieb) externe Shunt-Kalibrierung möglich	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	

Allgemeine Daten	ELM3542-0000	ELM3544-0000
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

1) siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

2) siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3542-0000	ELM3544-0000
Anschlussart	6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]	
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715	
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854]	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0...+55 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C	

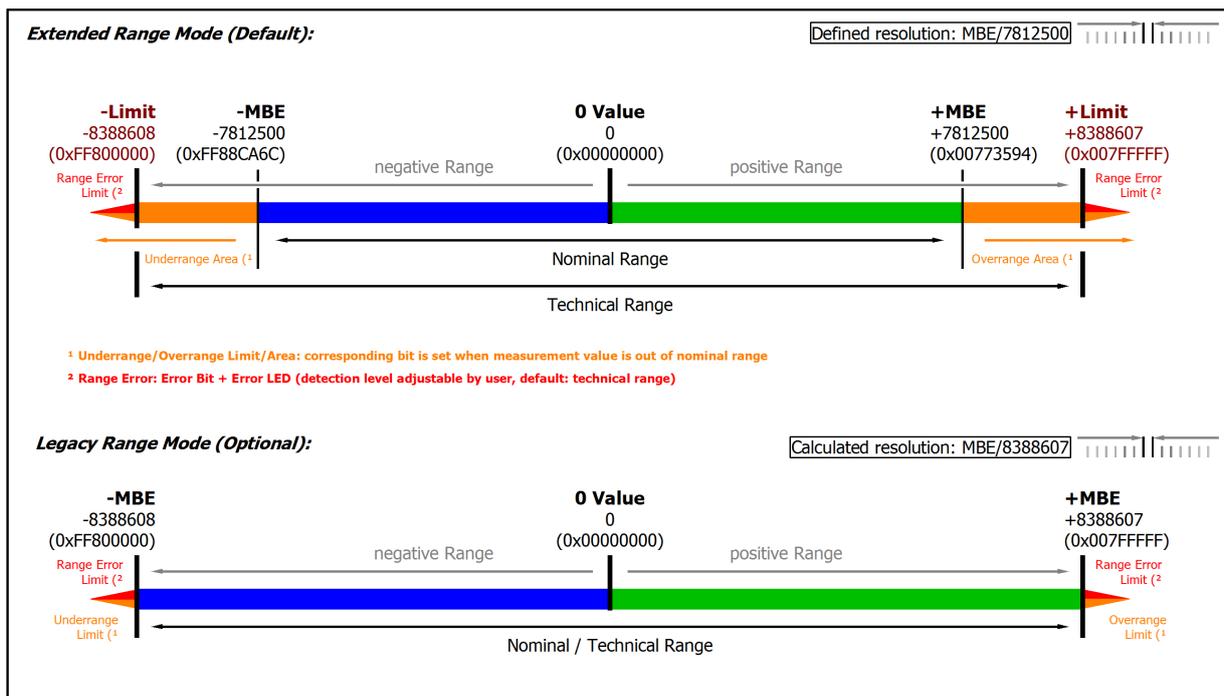
Umweltangaben	ELM3542-0000	ELM3544-0000
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)	
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung	
Schutzart	IP 20	

Normative Angaben	ELM3542-0000	ELM3544-0000
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC	
EMV Hinweise	Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu ±MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 in die Up Versorgung (Powerkontakt) bei gesetzter Verbindung „Connect Up- to GNDA“ bzw. „Connect Up- to AGND“ im CoE (F800:01) können zu Messabweichungen von bis zu ±MBE führen.	

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.11.2.1 ELM354x Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±10 V	Extended	±10,737.. V
			Legacy	±10 V
		±80 mV	Extended	±85,9.. mV
			Legacy	±80 mV
PT1000	2/3/4-Leiter	2000 Ω	Legacy	266 °C
Potentiometer	3/5-Leiter	±1 V/V	Extended	±1 V/V
Vollbrücke	4/6-Leiter	±32 mV/V	Extended	±34,359.. mV/V
			Legacy	±32 mV/V
		±8 mV/V	Extended	±8,5899.. mV/V
			Legacy	±8 mV/V
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V
Halbbrücke	3/5-Leiter	±16 mV/V	Extended	±17,179.. mV/V
			Legacy	±16 mV/V
		±8 mV/V	Extended	±8,5899.. mV/V
			Legacy	±8 mV/V
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V
Viertelbrücke 120/350/1000 Ω	2/3/4-Leiter	±32 mV/V	Extended	±34,359.. mV/V
			Legacy	±32 mV/V
		±8 mV/V	Extended	±8,5899.. mV/V
			Legacy	±8 mV/V
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V



MBE = Messbereichsendwert

Abb. 93: Übersicht Messbereiche, Bipolar

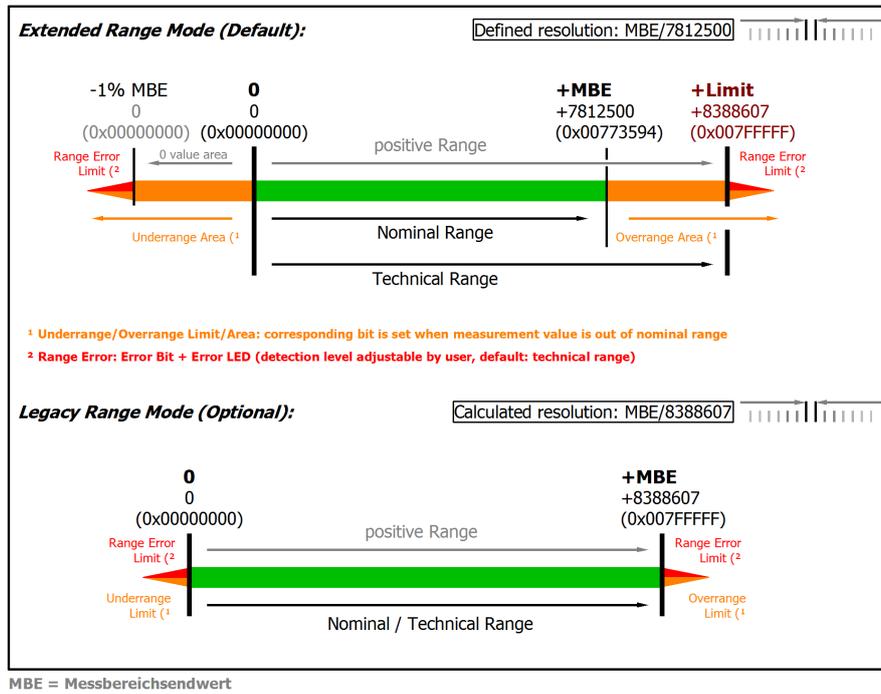


Abb. 94: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.12 ELM360x

3.12.1 ELM360x - Einführung



Abb. 95: ELM3602-0002, ELM3604-0002, ELM3602-0000, ELM3604-0000

2- und 4-Kanal-IEPE-Auswertung, 24 Bit, 20/ 50 kSps, BNC

Die EtherCAT-Klemmen ELM360x sind ausgelegt für die Auswertung von IEPE-Sensoren (Integrated Electronics Piezo-Electric) mit und ohne TEDS, die vornehmlich für Schwingungsdiagnose und Akustik eingesetzt werden. Die Konstantstromspeisung ist einstellbar 0/2/4 mA. Auch die Eingangscharakteristik als Hochpassfilter ist von DC bis 10 Hz flexibel einstellbar. Die ELM360x misst grundsätzlich die Sensor-Spannung (SingleEnded) bis 20 V AC/DC, falls jedoch z.B. eine Ausgabe in Beschleunigung [m/s²] gewünscht wird, kann dazu die interne Scaler-Funktion genutzt werden. Die TEDS-Daten eines Sensors können ausgelesen und geschrieben werden.

Mögliche Anwendungsbereiche:

- Erfassung der AC-Spannung von IEPE-Sensoren (Schwingungsmessung, Akustik)
- Messen von mV-Spannung an Strom Shunts (AC/DC)
Hinweis: wegen SingleEnded Auslegung nur an LowSide Shunts
- Allgemeines Messen von Spannungen bis 20 V SingleEnded (AC/DC)

Unabhängig von der Signalauslegung verfügen alle ELM3x0x-Klemmen über die gleichen funktionalen Eigenschaften, die ELM360x für IEPE-Auswertung bieten dabei eine maximale kanalweise Samplingrate von 20.000 bzw. 50.000 Samples je Sekunde.

Es werden zwei Steckervarianten angeboten: da IEPE-Sensoren oft über Koaxial-Leitungen angeschlossen werden, verfügt die ELM360x-0002 über BNC-Buchsen; die ELM360x-0000 über den schaltschrankfreundlichen PushIn. In besonders EMV-belasteten Umgebungen kann der PushIn-Stecker bevorzugt werden, da hier Schirm und Signalmasse getrennt geführt werden können.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- Mit Werkskalibrierzertifikat als ELM360x-0020: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkkS) als ELM360x-0030: auf Anfrage
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[▶ 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[▶ 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[▶ 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[▶ 673\]](#)

3.12.2 ELM360x - Technische Daten

Technische Daten	ELM3602-000x	ELM3604-000x
Analoge Eingänge	2 Kanal (single-ended)	4 Kanal (single-ended)
Zeitbezug der Kanäle untereinander	Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird	
ADC Wandlungsmethode	$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate	
	8 MSps	5,12 MSps
Grenzfrequenz Eingangsfiler Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)	Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 30 kHz Typ Butterworth 3.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass -3 dB @ 13,6 kHz, Anstiegszeit 60 μ s Typ sinc3/Mittelwertfilter Tiefpass -3 dB @ 5,3 kHz, Anstiegszeit 150 μ s <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>	
Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
Anschluss technik	2 Leiter	
Samplingrate (je Kanal, simultan)	20 μ s/50 kSps	50 μ s/20 kSps
	freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor	
Oversampling	1...100 wählbar	
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt	
Einsatzbereich IEPE	Messbereiche $\pm 20/40/80/160/320/640$ mV, $\pm 1.25/2.5/5/10$ V einstellbar, Stromspeisung/ I_{EXCITE} (IEPE Bias Current) 0/2/4 mA, Erfassung der modulierten Wechselspannung, AC/DC Kopplung (parametrierbarer Hochpass), 2-Leiter-Anschluss	
Einsatzbereich Spannungsmessung	$\pm 10/5/2,5/1,25$ V, $\pm 640/320/160/80/40/20$ mV, 0...10/20 V ¹⁾ 2-Leiter-Anschluss	
Anschlussdiagnose	Drahtbruch/Kurzschluss	
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden	
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf -Uv (interne Masse)	+Input1: bei > +24 V bzw. < -8 V	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 460 mA	typ. 650 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-	
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W	
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung Spannung zwischen den Kontaktstellen $\pm I1$, $\pm I2$, +Uv und -Uv: Unversorgt ± 40 V, Versorgt ± 36 V Spannung zwischen jeder Kontaktstelle und SGND (Schirm, Montagesschiene): ± 36 V Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung während bestimmungsgemäßem Betrieb $\pm I1$ und $\pm I2$: typ. ± 10 V gegen -Uv Bei ELM360x bezogen auf GND: -5...+21,5 V Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	

¹⁾ Die ELM360x kann bezogen auf GND im Bereich -5 V ... +21,5 V messen.

Allgemeine Daten	ELM3602-000x	ELM3604-000x
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit $\ll 1 \mu$ s	
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	

Allgemeine Daten	ELM3602-000x	ELM3604-000x
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

²⁾ siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3602-000x	ELM3604-000x
Anschlussart	Variante ELM360x-0000: 2 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker Variante ELM360x-0002: BNC, geschirmt Hinweis: Schirm ist die analoge Masse, vom Gehäuse galvanisch getrennt	
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]	
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715	
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anslusstechnik [► 854]	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	-25...+60 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-40...+85°C	

Umweltangaben	ELM3602-000x	ELM3604-000x
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)	
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung	
Schutzart	IP 20	

Normative Angaben	ELM3602-000x	ELM3604-000x
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Zulassungen/ Kennzeichnungen ^{*)}	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]	
EMV Hinweise	Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu ±MBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen. Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 auf einen Kabelschirm kann zu Messabweichungen von bis zu ±MBE führen.	

^{*)} Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.12.2.1 ELM360x Übersicht Messbereiche

Zur Erläuterung der Bezeichnungen AC und DC siehe Kapitel „Analogtechnische Hinweise - dynamische Signale“.

Die Eingangskanäle können grundsätzlich in der Betriebsart AC-Coupling oder DC-Coupling betrieben werden, siehe Kapitel „IEPE AC Coupling“:

- AC-Coupling: das beliebige Eingangssignal wird über einen einstellbaren Hochpassfilter geleitet, es verbleibt dahinter nur der entsprechende Wechselanteil (AC) zur klemmeninternen digitalen Weiterverarbeitung.
- DC-Coupling: das beliebige Eingangssignal „wie es ist“ wird klemmenintern digital weiterverarbeitet, unabhängig davon, ob es Wechselanteile (AC) enthält oder nicht.

HINWEIS

GND-Bezug

Die ELM360x kann bezogen auf GND im Bereich -5 V ... +21,5 V messen.

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±10 V ¹⁾	Extended	±10,737.. V
			Legacy	±10 V
		±5 V	Extended	±5,368.. V
			Legacy	±5 V
		±2,5 V	Extended	±2,684.. V
			Legacy	±2,5 V
		±1,25 V	Extended	±1,342.. V
			Legacy	±1,25 V
		±640 mV	Extended	±687,2.. mV
			Legacy	±640 mV
		±320 mV	Extended	±343,6.. mV
			Legacy	±320 mV
		±160 mV	Extended	±171,8.. mV
			Legacy	±160 mV
		±80 mV	Extended	±85,9.. mV
			Legacy	±80 mV
		±40 mV	Extended	±42,95.. mV
			Legacy	±40 mV
±20 mV	Extended	±21,474.. mV		
	Legacy	±20 mV		

¹⁾ Die AC/DC-Eingangsspannung darf nicht unter -5 V bezogen auf GND sinken, die Messgenauigkeit ist dann nicht mehr gegeben. Das bedeutet eine AC-Messung bis -10 V ist nur möglich, wenn zugleich ein Offset von mind. +5 V anliegt, wie dies bei einer IEPE-Versorgung üblich ist.

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	+10 V	Extended	0...10,737.. V
			Legacy	0...10 V
		+20 V	Extended	0...21,474.. V
			Legacy	0...20 V

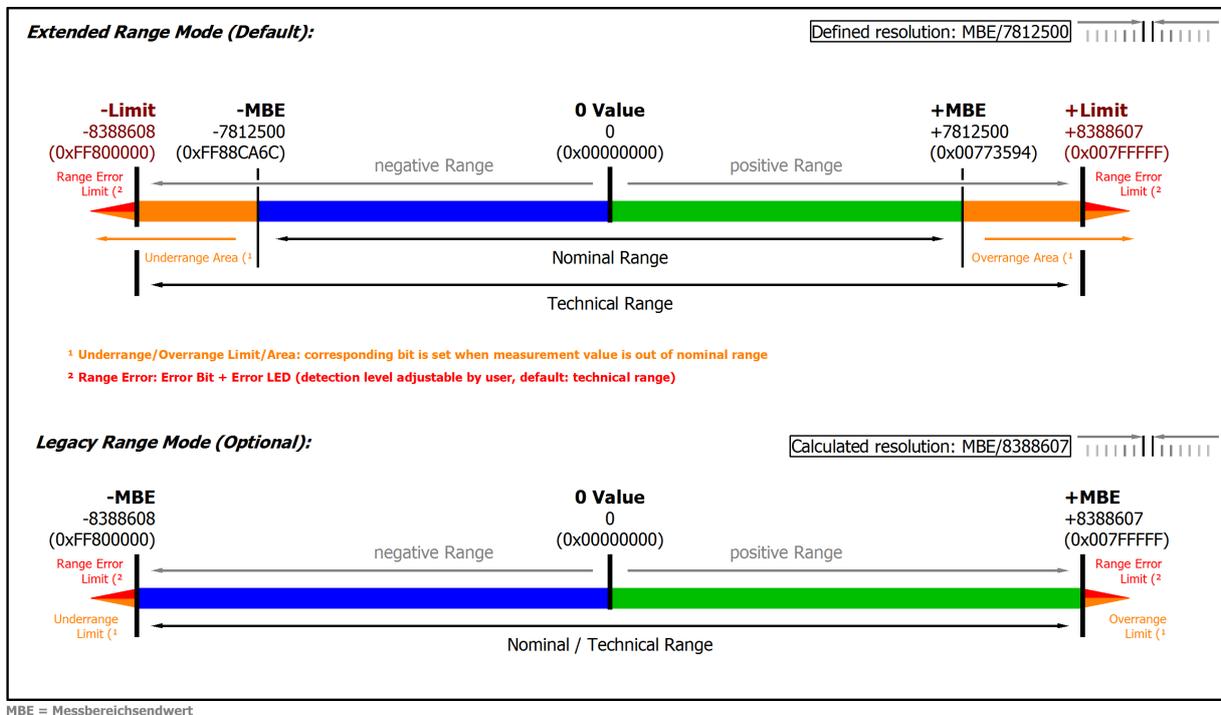


Abb. 96: Übersicht Messbereiche, Bipolar

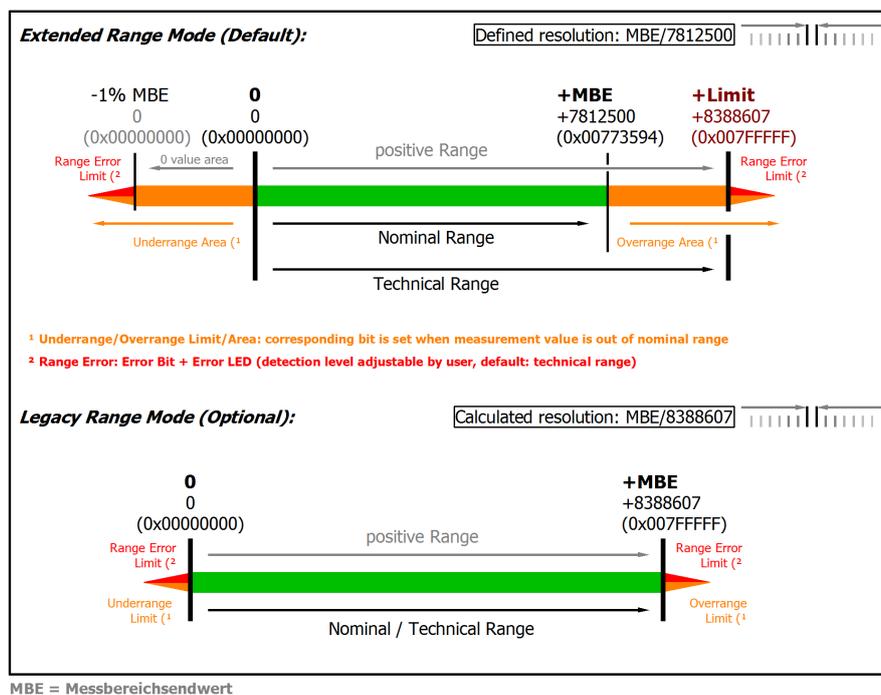


Abb. 97: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.12.2.2 IEPE-Hochpass Eigenschaften

Zur optionalen Ausregelung der IEPE Bias-Spannung verfügt die ELM360x über ein einstellbares Hochpassfilter 1.Ordnung.

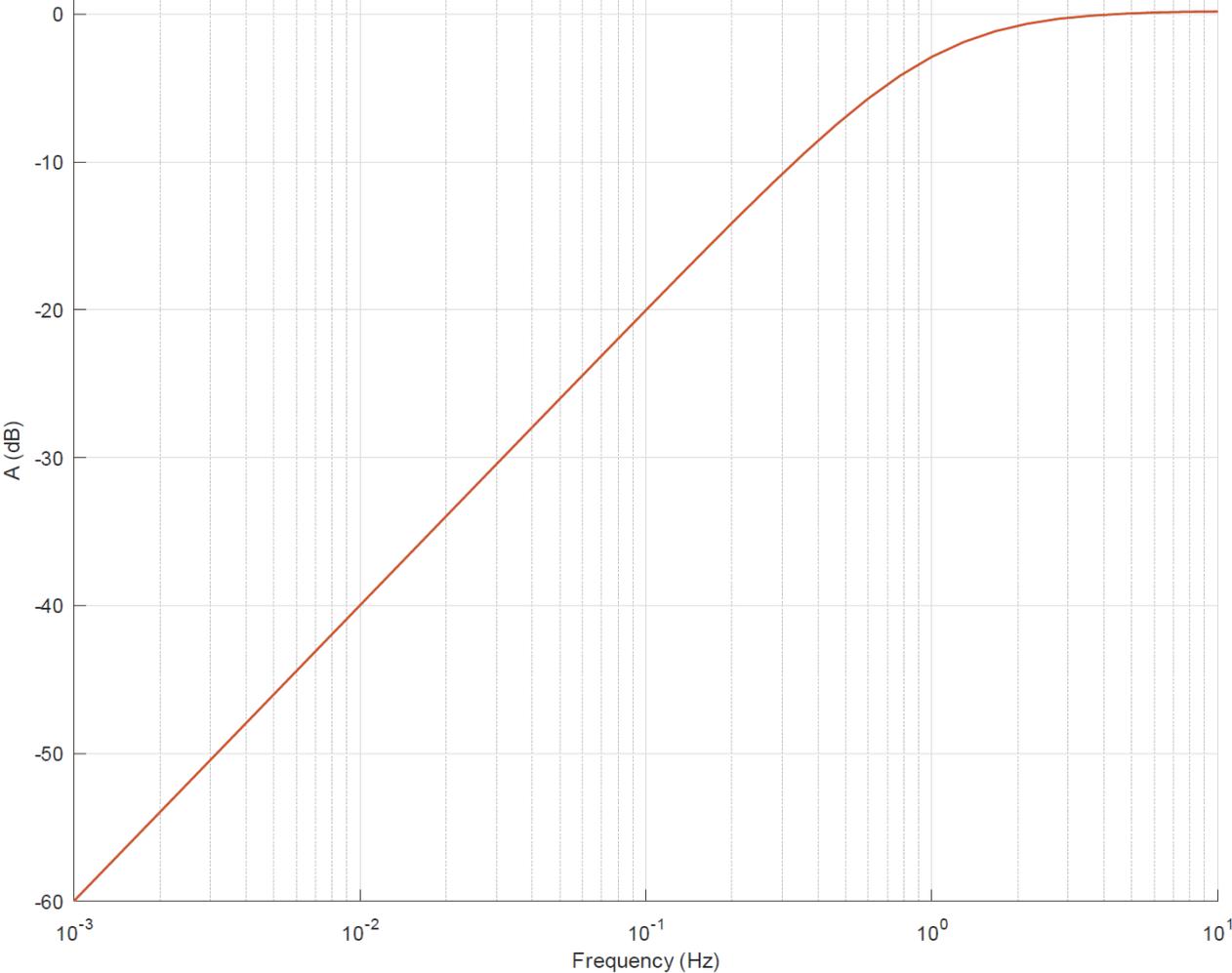
Zur Erläuterung der Bezeichnungen AC und DC siehe Kapitel „Analogtechnische Hinweise - dynamische Signale“.

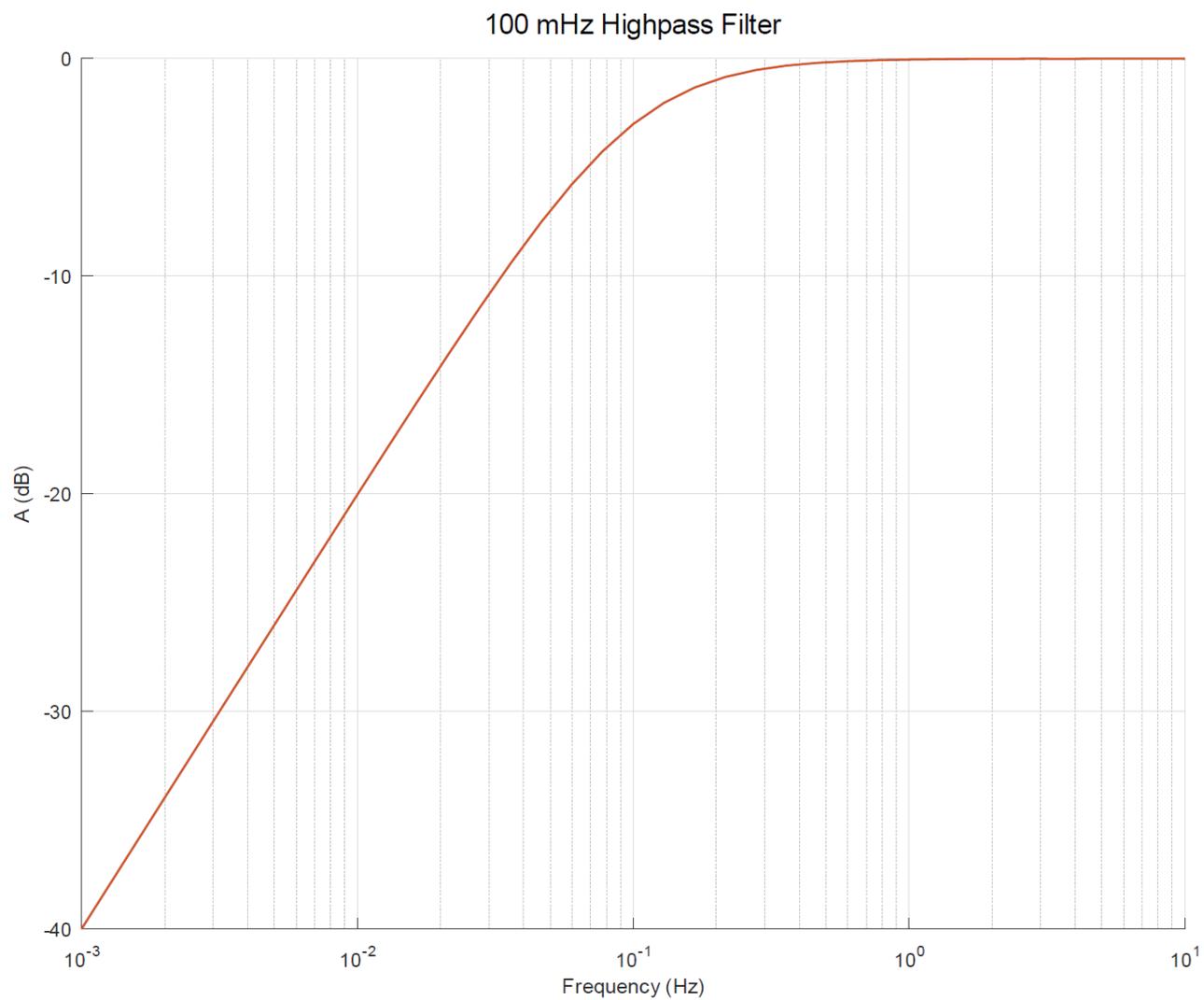
Die Eingangskanäle können grundsätzlich in der Betriebsart AC-Coupling oder DC-Coupling betrieben werden, siehe Kapitel „IEPE AC Coupling“:

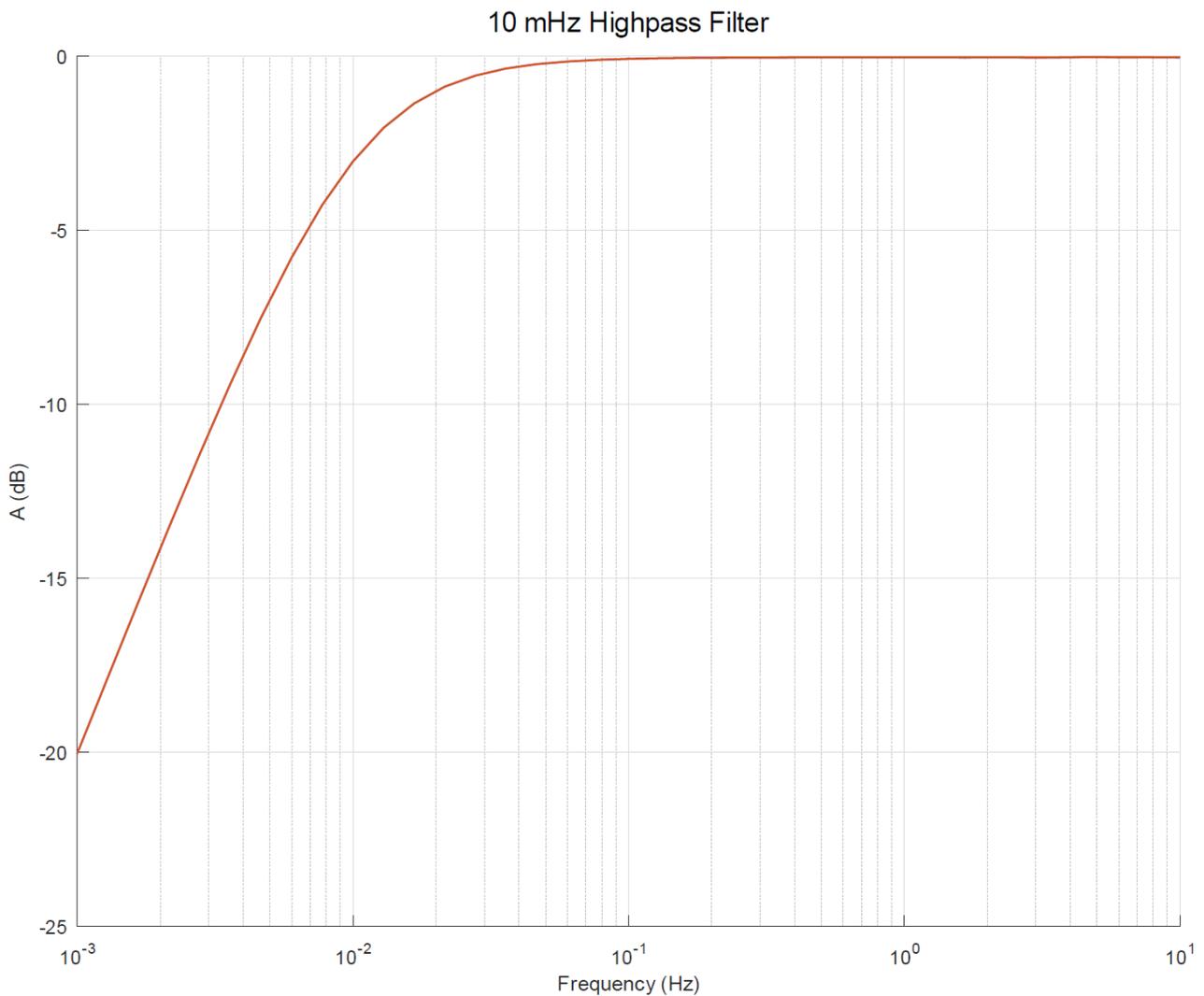
- AC-Coupling: das beliebige Eingangssignal wird über einen einstellbaren Hochpassfilter geleitet, es verbleibt dahinter nur der entsprechende Wechselanteil (AC) zur klemmeninternen digitalen Weiterverarbeitung.
- DC-Coupling: das beliebige Eingangssignal „wie es ist“ wird klemmenintern digital weiterverarbeitet, unabhängig davon, ob es Wechselanteile (AC) enthält oder nicht.

Das typische Frequenzverhalten im Messbereich 2,5 V ist wie folgt:

1 Hz Highpass Filter







Hinweis: falls andere dynamische Filtereigenschaften gewünscht werden kann wie folgt verfahren werden:

- Klemme ELM370x im Messbereich „0..20V“ betreiben
- IEPE AC Coupling im jeweiligen Kanal deaktivieren

Off (DC Coupling)

Off (DC Coupling)

0.001 Hz

- Der Kanal misst nun mit 23 Bit + Vorzeichen über 20 V, also inkl. der Bias-Spannung die üblicherweise 10..16 V beträgt. Mit einer Anwenderseitigen Implementierung eines Hochpasses mittels TwinCAT Programmierung (innerhalb der PLC) ist Steuerungsseitig der Bias-Anteil (Gleichspannungsanteil) folglich nun zu unterdrücken. Zu bedenken ist die nun herabgesetzte Signalaufösung vom Messbereich $\pm 2,5$ V mit 24 Bit zu 20 V mit 23 Bit. Dafür erhält der Anwender volle digitale Kontrolle über das Messverhalten im unteren Frequenzbereich.

3.12.2.3 Messung IEPE ±10 V

Messung Modus	±10 V	
Messbereich, nominell	-10...+10 V ³⁾	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-10,737...+10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

³⁾ Für IEPE Messung gilt: Die Eingangsspannung darf nicht unter -5 V bezogen auf GND sinken, die Messgenauigkeit ist dann nicht mehr gegeben. Das bedeutet, eine Messung bis -10 V bezogen auf GND ist nur möglich, wenn zugleich ein Offset von mind. +5 V anliegt, wie dies bei einer IEPE-Versorgung üblich ist.

Messung Modus	±10 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,005 % = 50 ppm _{MBE} typ. < ±0,5 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,9 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K typ. < 10 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±10 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 115 ppm _{MBE}	< 898 digits	< 1,15 mV
	F _{Noise, RMS}	< 19 ppm _{MBE}	< 148 digits	< 0,19 mV
	Max. SNR	> 94,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 1,9		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 120 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 20 µV
	Max. SNR	> 114 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus	±10 V			
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,7 mV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 1,2		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 90 μV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 15 μV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -80 dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.	

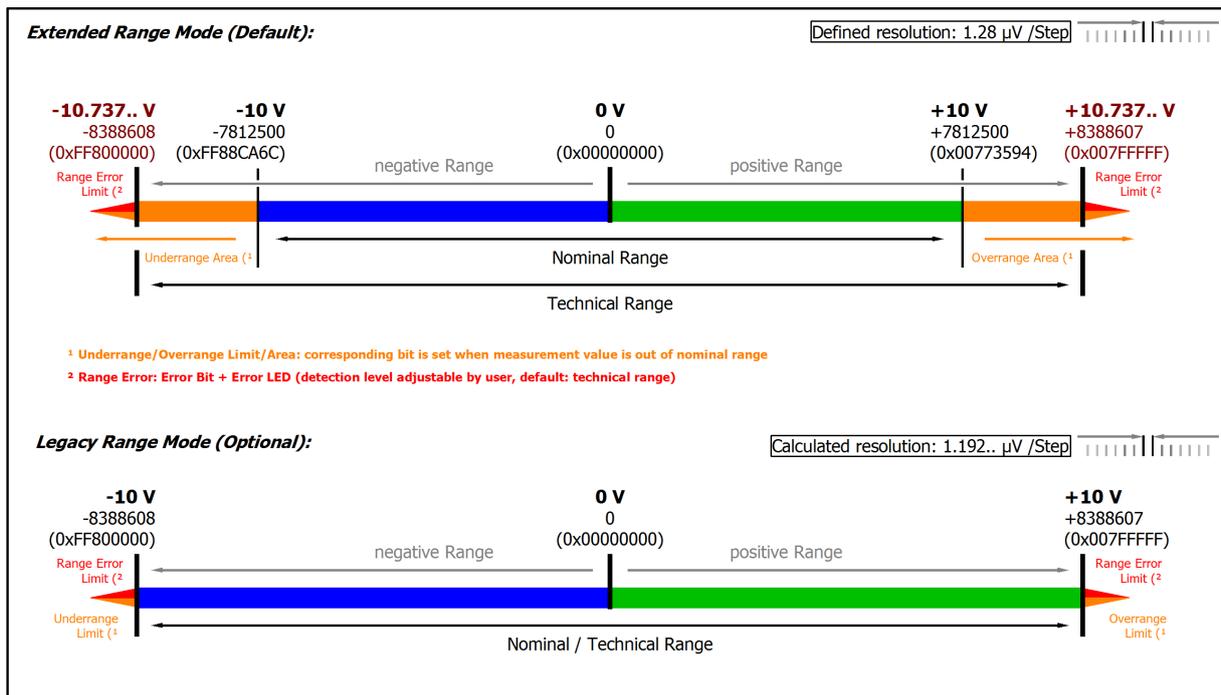


Abb. 98: Darstellung ±10 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

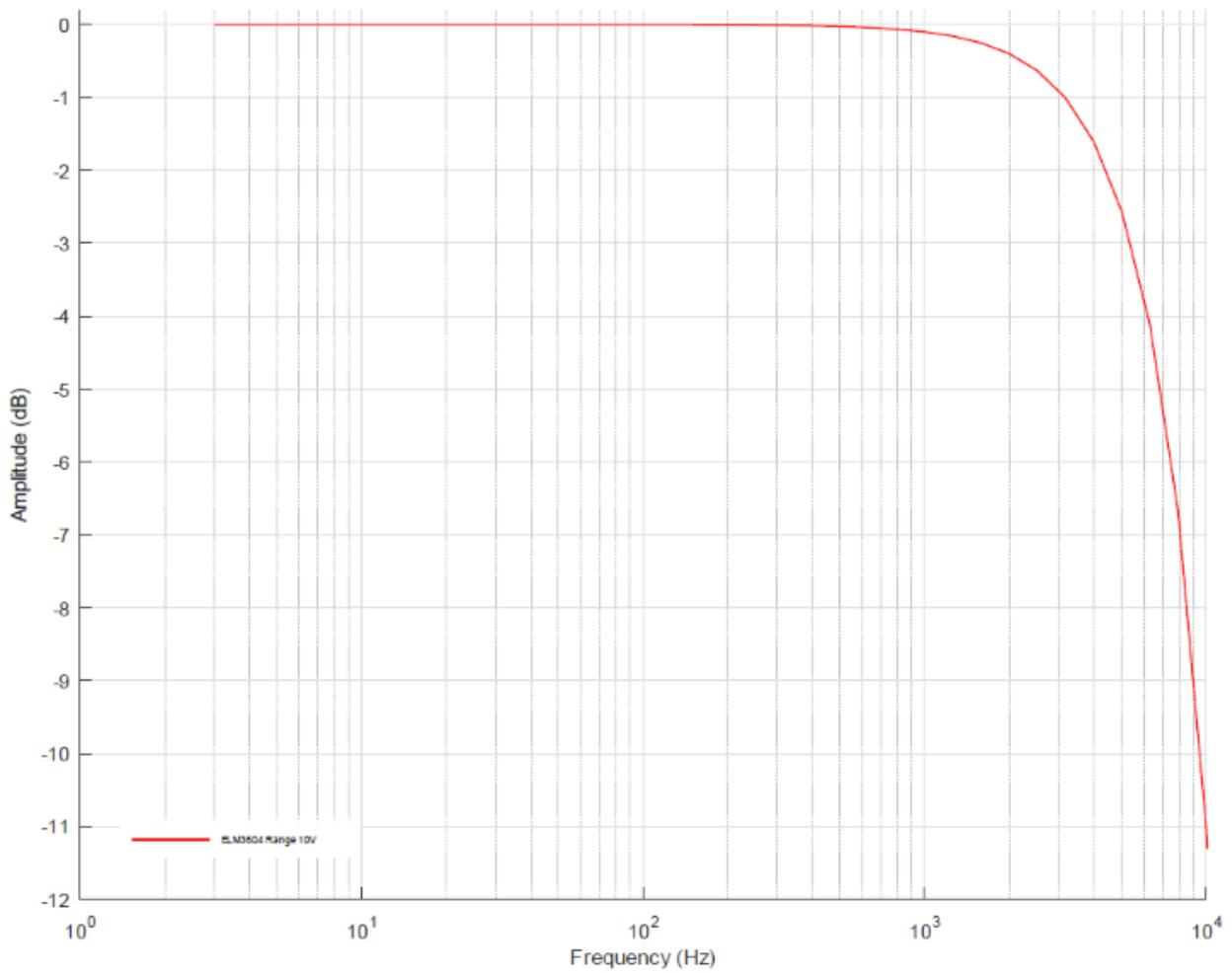


Abb. 99: Frequenzgang ELM3604, ±10 V Messbereich, $f_{\text{sampling}} = 20 \text{ kSps}$, integrierte Filter 1 und 2 deaktiviert

3.12.2.4 Messung IEPE ±5 V

Messung Modus	±5 V	
Messbereich, nominell	-5...+5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-5,368...+5,368 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	640 nV	163,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)	596.. nV	152,59.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±5 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,005 % = 50 ppm _{MBE} typ. < ±0,25 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,45 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K typ. < 5 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±5 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 115 ppm _{MBE}	< 898 digits	< 0,58 mV
	F _{Noise, RMS}	< 19 ppm _{MBE}	< 148 digits	< 95 µV
	Max. SNR	> 94,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,95		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 10 µV
	Max. SNR	> 114 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±5 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,35 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,6		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 45 µV
	F _{Noise, RMS}	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 7,5 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

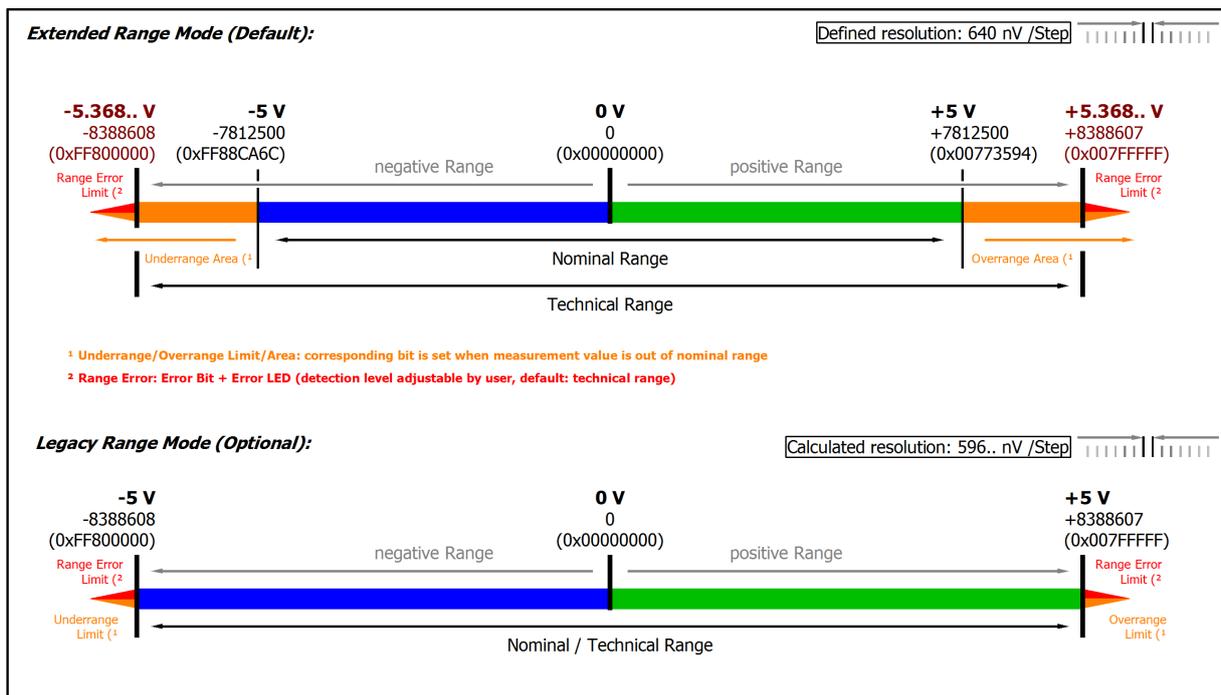


Abb. 100: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

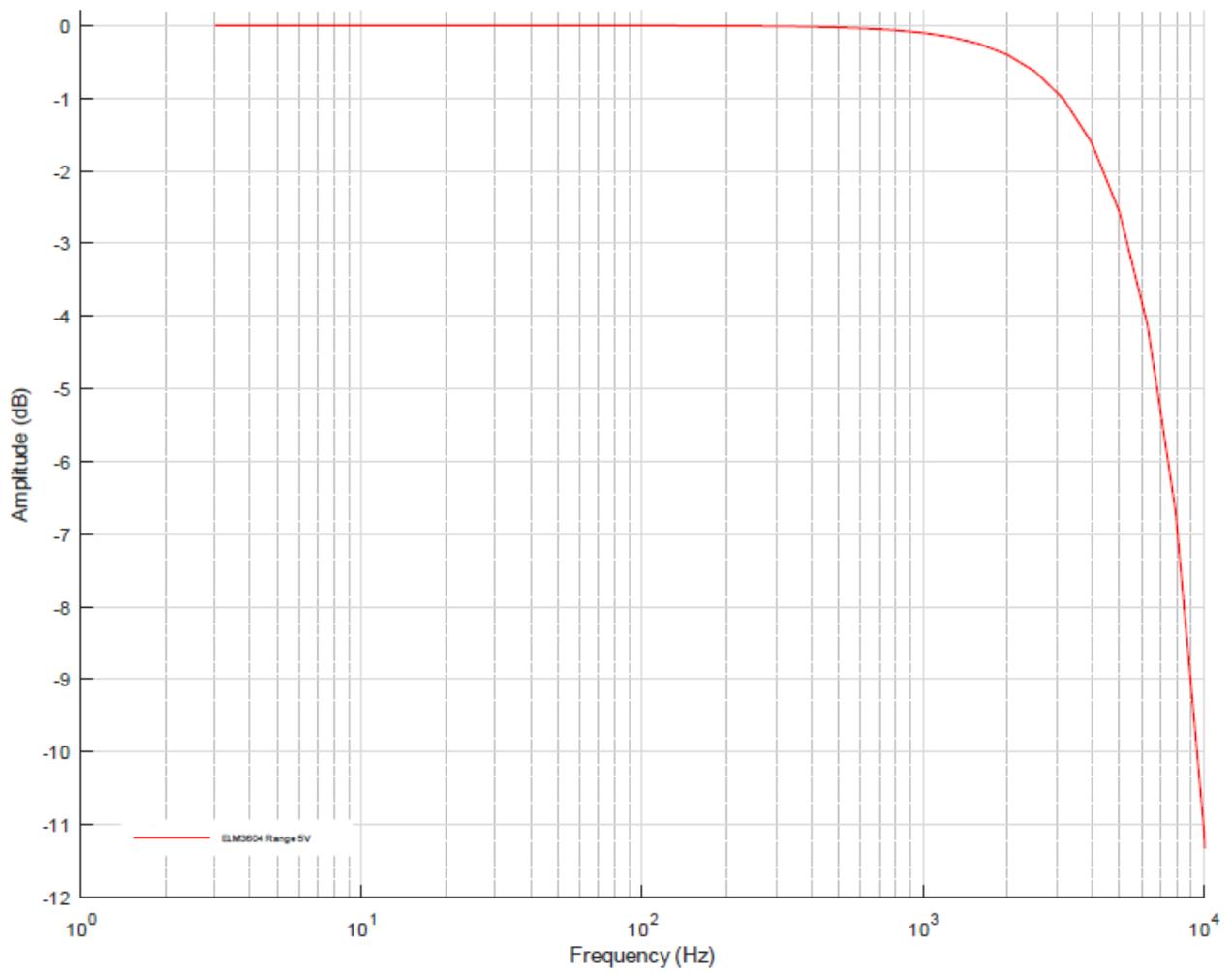


Abb. 101: Frequenzgang ELM3604, ±5 V Messbereich, $f_{\text{sampling}} = 20 \text{ kSps}$, integrierte Filter 1 und 2 deaktiviert

3.12.2.5 Messung IEPE ±2,5 V

Messung Modus	±2,5 V	
Messbereich, nominell	-2,5...+2,5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	2,5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-2,684...+2,684 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	320 nV	81,92 µV
PDO LSB (Legacy Range)	298.. nV	76,29.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±2,5 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,005 % = 50 ppm _{MBE} typ. < ±0,13 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ^{1) 6)}	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,23 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K typ. < 2,5 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±2,5 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 115 ppm _{MBE}	< 898 digits	< 0,29 mV
	F _{Noise, RMS}	< 19 ppm _{MBE}	< 148 digits	< 47,5 µV
	Max. SNR	> 94,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 0,48 \frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 5 µV
	Max. SNR	> 114 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±2,5 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,18 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,3		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 22,5 µV
	F _{Noise, RMS}	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 3,75 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

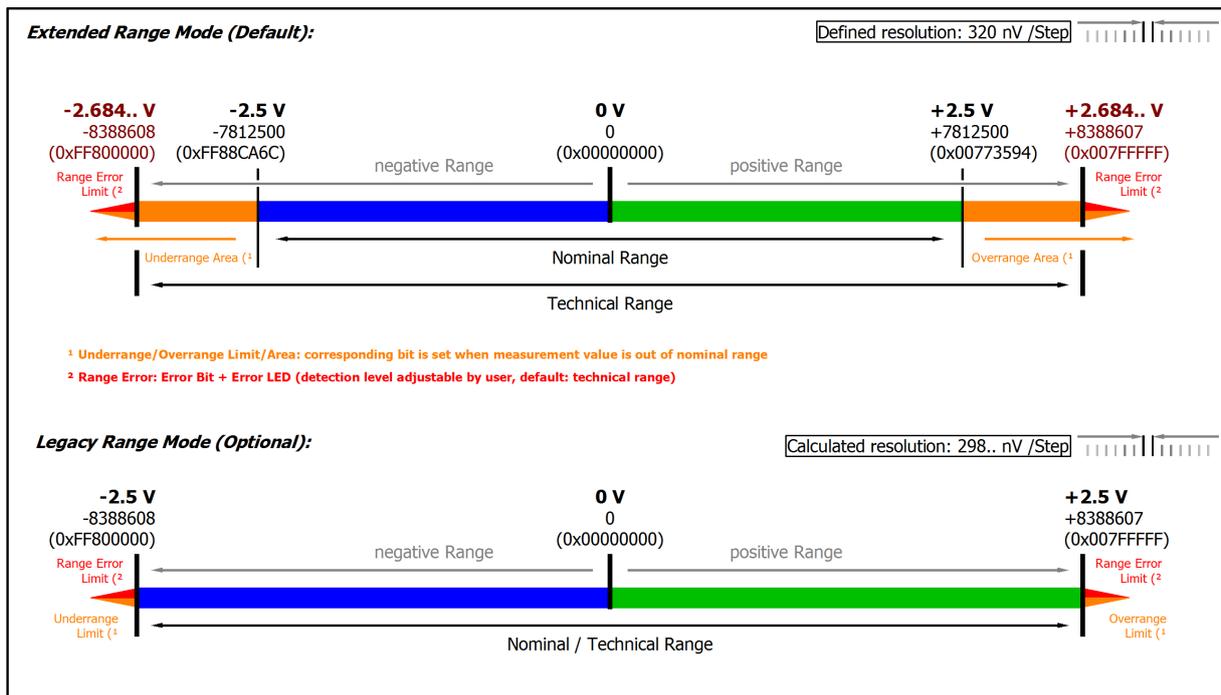


Abb. 102: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

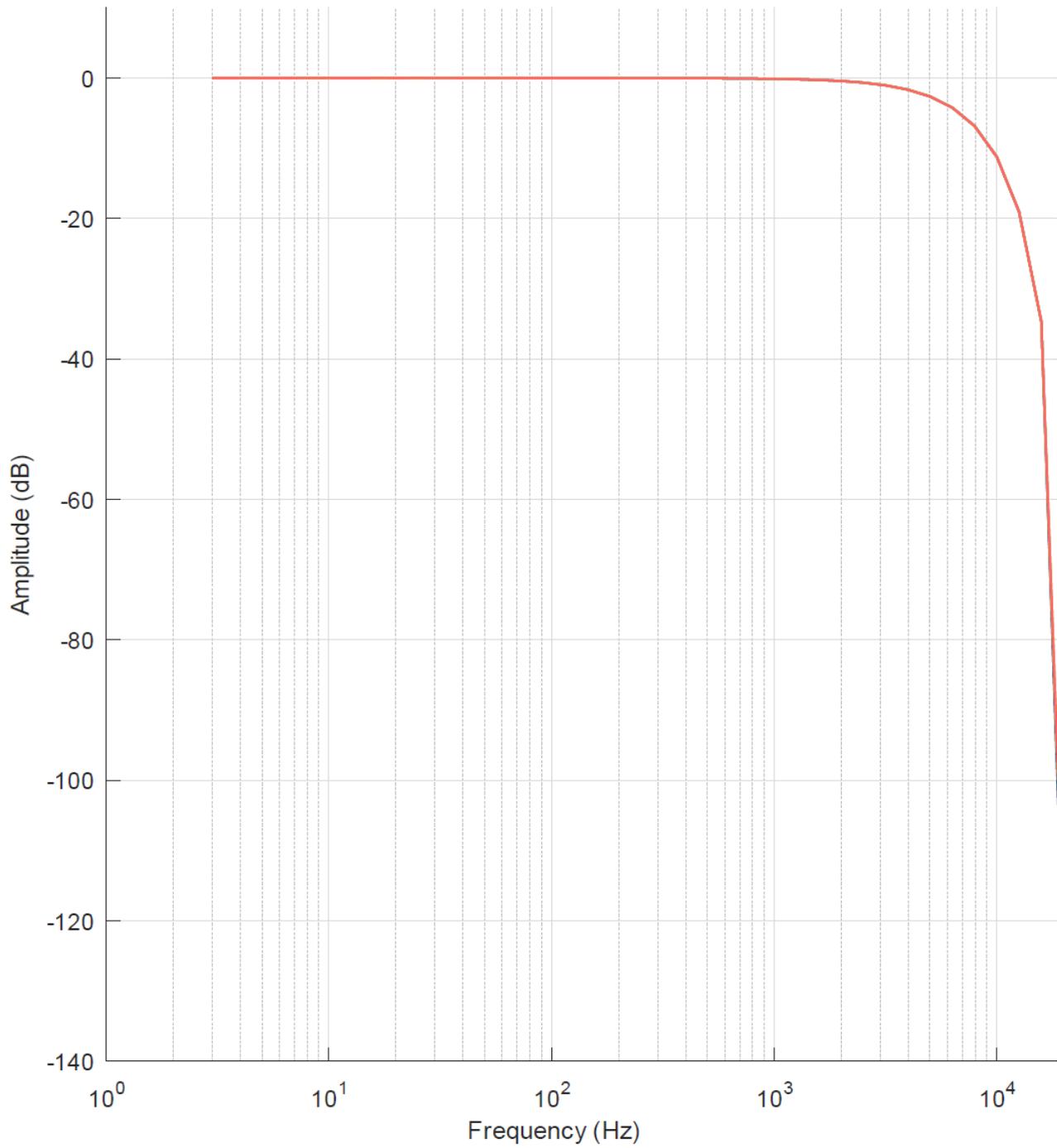


Abb. 103: Frequenzgang ELM3604; Messbereich $\pm 2,5$ V, $f_{\text{sampling}} = 20$ kSps, integrierte Filter 1 und 2 deaktiviert

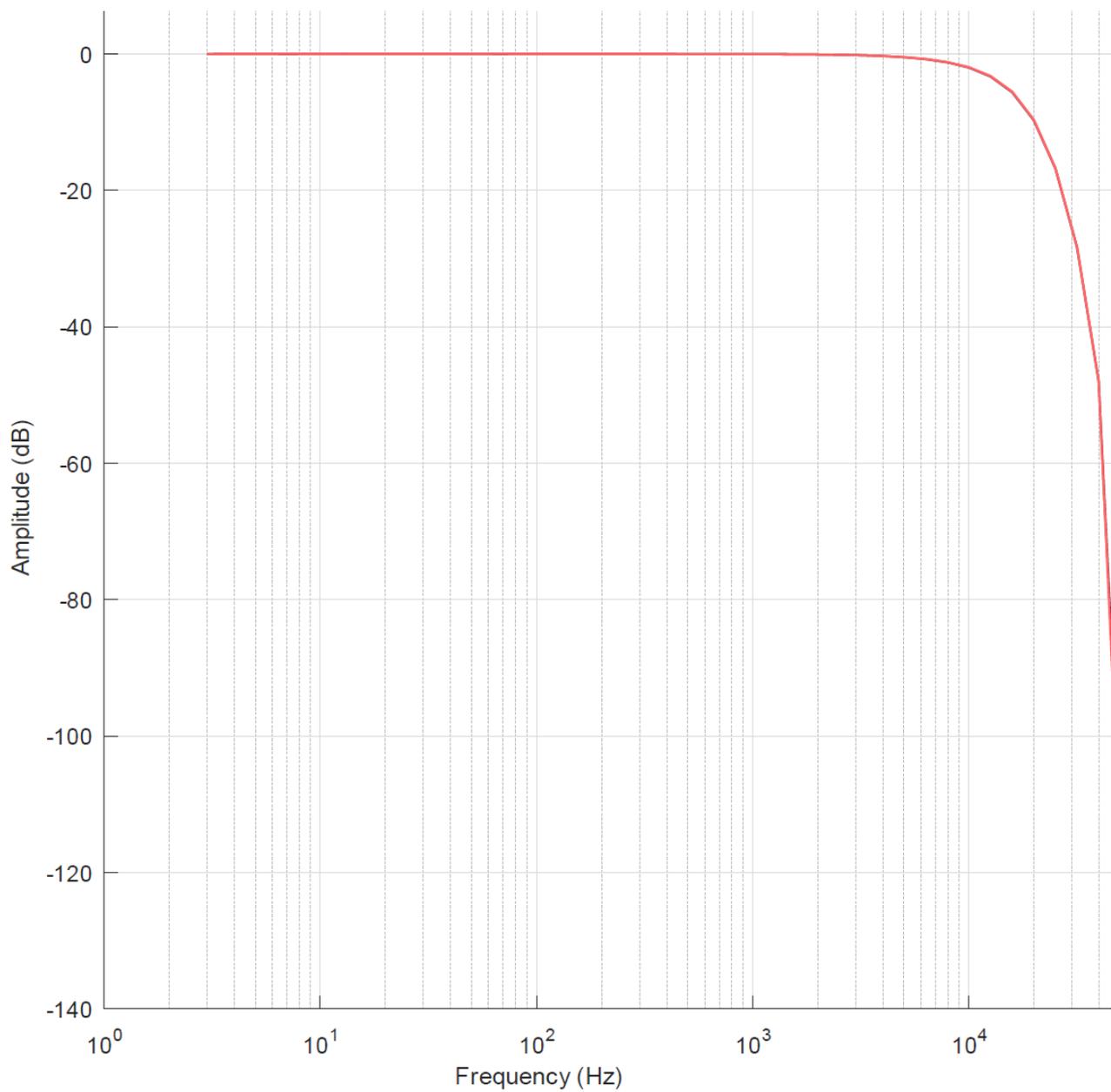


Abb. 104: Frequenzgang ELM3602; Messbereich $\pm 2,5$ V, $f_{\text{sampling}} = 50$ kSps, integrierte Filter 1 und 2 deaktiviert

3.12.2.6 Messung IEPE ±1,25 V

Messung Modus	±1,25 V	
Messbereich, nominell	-1,25...+1,25 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	1,25 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-1,342...+1,342 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	160 nV	40,96 µV
PDO LSB (Legacy Range)	149.. nV	38,14.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±1,25 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,005 % = 50 ppm _{MBE} typ. < ±62,5 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,1 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K typ. < 1,25 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±1,25 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 115 ppm _{MBE}	< 898 digits	< 143,75 µV
	F _{Noise, RMS}	< 19 ppm _{MBE}	< 148 digits	< 23,75 µV
	Max. SNR	> 94,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,24		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 2,5 µV
	Max. SNR	> 114 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±1,25 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 87,5 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,15		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 11,25 µV
	F _{Noise, RMS}	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 1,88 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

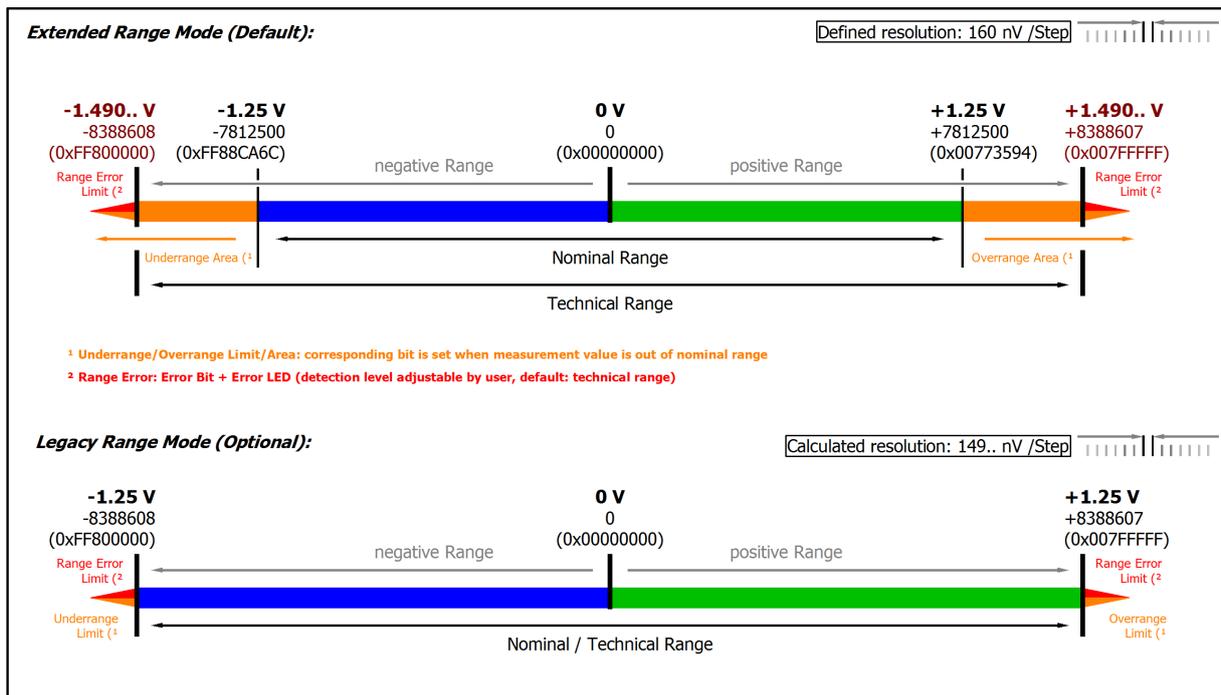


Abb. 105: Darstellung ±1,25 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

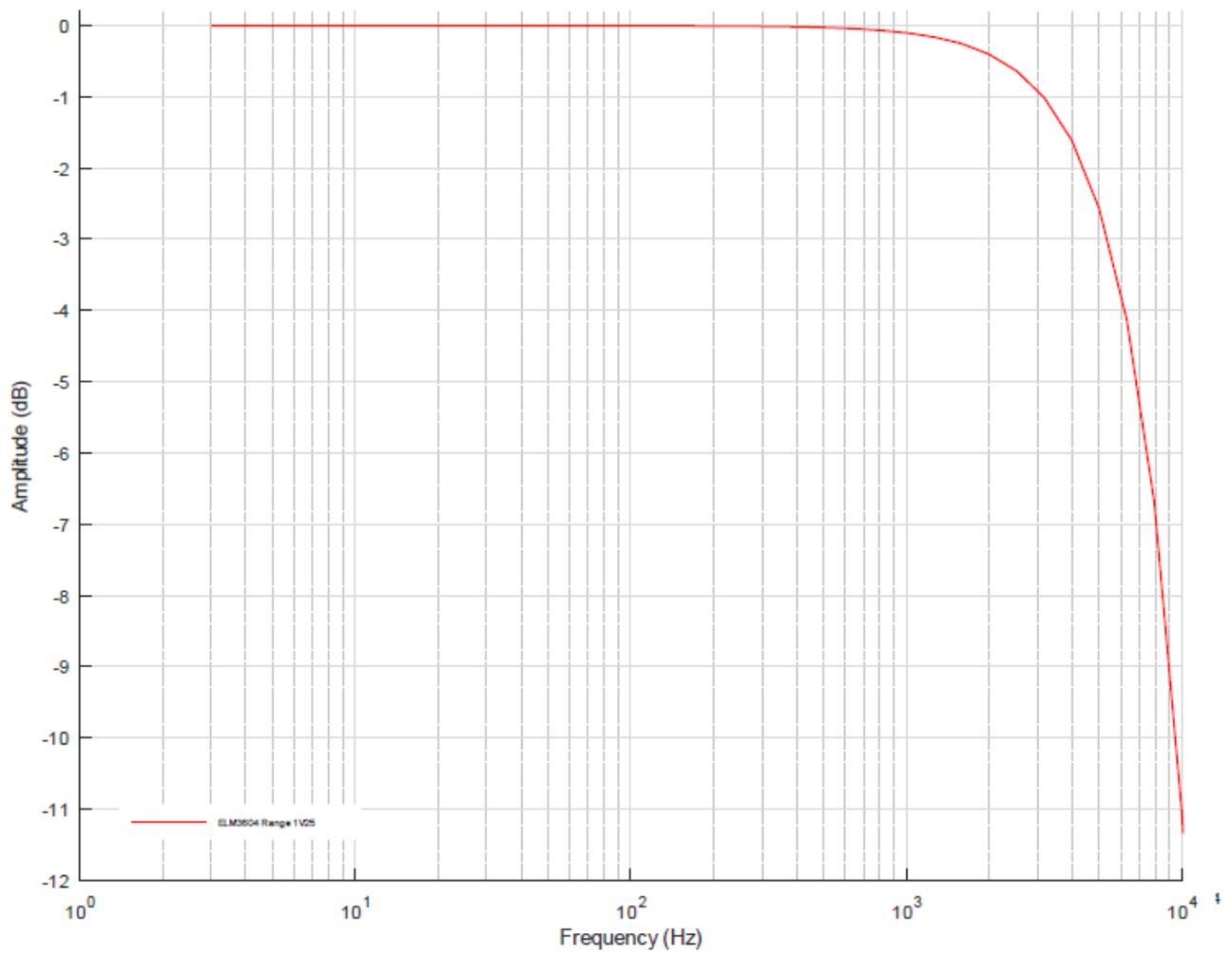


Abb. 106: Frequenzgang ELM3604, $\pm 1,25$ V Messbereich, $f_{\text{sampling}} = 20$ kSps, integrierte Filter 1 und 2 deaktiviert

3.12.2.7 Messung IEPE ±640 mV

Messung Modus	±640 mV	
Messbereich, nominell	-640...+640 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	640 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-687,2...+687,2 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	81,92 nV	20,97152 µV
PDO LSB (Legacy Range)	76,29.. nV	19,53.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582]

Messung Modus	±640 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,005 % = 50 ppm _{MBE} typ. < ±32 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,0095 %, < ±95 ppm _{MBE} typ. < ±60,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,96 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±640 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 115 ppm _{MBE}	< 898 digits	< 73,6 µV
	F _{Noise, RMS}	< 19 ppm _{MBE}	< 148 digits	< 12,16 µV
	Max. SNR	> 94,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,12		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 11,52 µV
	F _{Noise, RMS}	< 3 ppm _{MBE}	< 23 digits	< 1,92 µV
	Max. SNR	> 110,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±640 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 44,8 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,08		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 9 ppm _{MBE}	< 70 digits	< 5,76 µV
	F _{Noise, RMS}	< 1,5 ppm _{MBE}	< 12 digits	< 0,96 µV
	Max. SNR	> 116,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -75 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

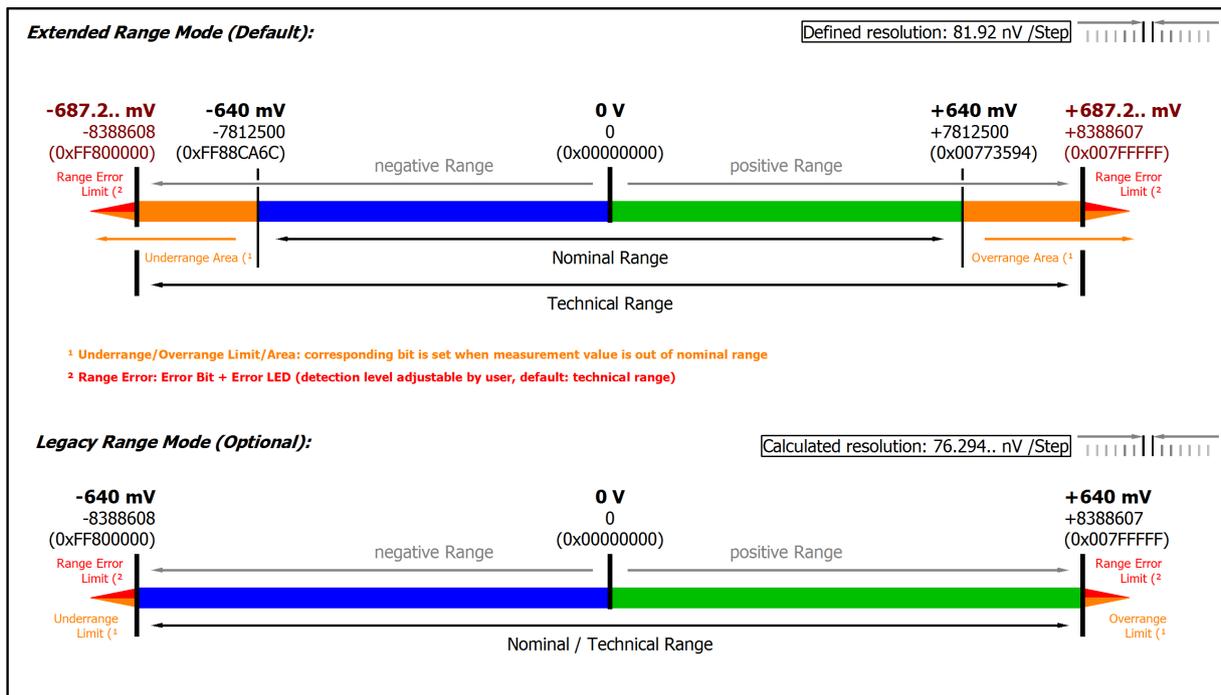


Abb. 107: Darstellung ±640 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Frequenzgang: siehe Angaben im ±10V Messbereich [► 256]

3.12.2.8 Messung IEPE ±320 mV

Messung Modus	±320 mV	
Messbereich, nominell	-320...+320 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	320 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-343,6...+343,6 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	40,96 nV	10,48576 µV
PDO LSB (Legacy Range)	38,14.. nV	9,765.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±320 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,0065 % = 65 ppm _{MBE} typ. < ±20,8 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,0115 %, < ±115 ppm _{MBE} typ. < ±36,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 40 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 2 ppm _{MBE} /K typ. < 0,64 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±320 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 130 ppm _{MBE}	< 1016 digits	< 41,6 µV
	F _{Noise, RMS}	< 21 ppm _{MBE}	< 164 digits	< 6,72 µV
	Max. SNR	> 93,6 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$67,2 \frac{nV}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 5,76 µV
	F _{Noise, RMS}	< 3 ppm _{MBE}	< 23 digits	< 0,96 µV
	Max. SNR	> 110,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±320 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 75 ppm _{MBE}	< 586 digits	< 24 µV
	F _{Noise, RMS}	< 13 ppm _{MBE}	< 102 digits	< 4,16 µV
	Max. SNR	> 97,7 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ 41,6		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 3,84 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,64 µV
	Max. SNR	> 114 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -75 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

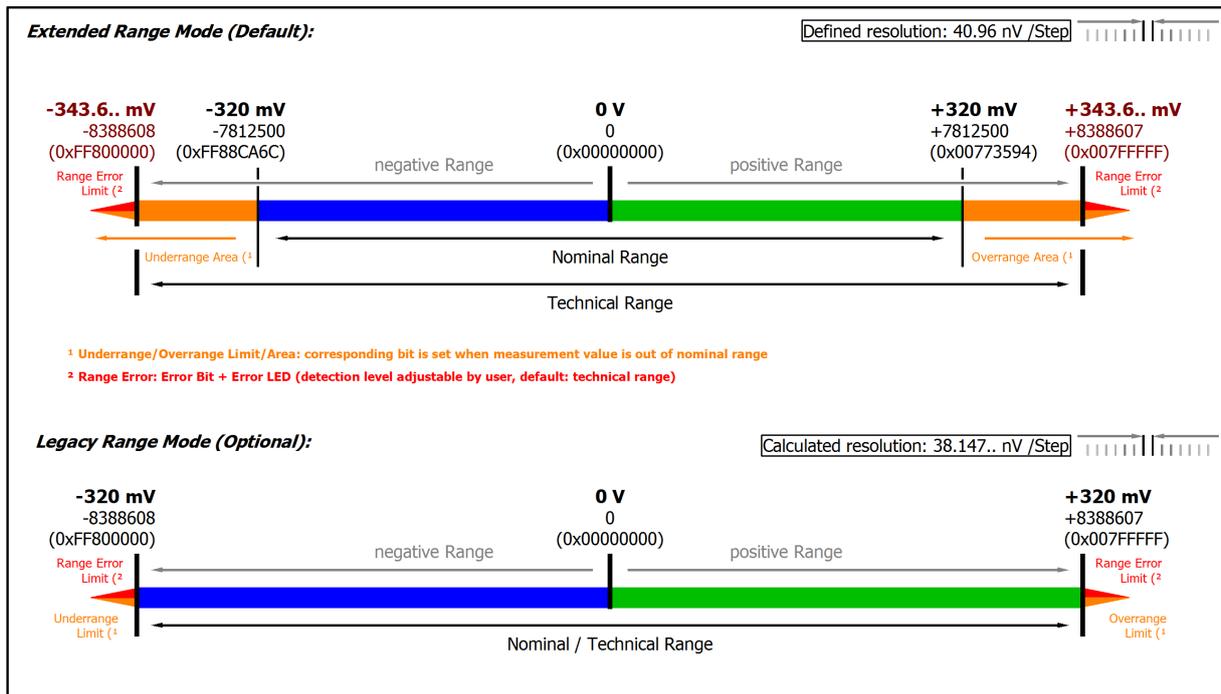


Abb. 108: Darstellung ±320 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Frequenzgang: siehe Angaben im ±10V Messbereich [► 256]

3.12.2.9 Messung IEPE ±160 mV

Messung Modus	±160 mV	
Messbereich, nominell	-160...+160 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	160 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-171,8...+171,8 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	20,48 nV	5,24288 µV
PDO LSB (Legacy Range)	19,07.. nV	4,882.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±160 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,0085 % = 85 ppm _{MBE} typ. < ±13,6 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,0155 %, < ±155 ppm _{MBE} typ. < ±24,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 65 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 35 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 3,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,56 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±160 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 180 ppm _{MBE}	< 1406 digits	< 28,8 µV
	F _{Noise, RMS}	< 29 ppm _{MBE}	< 227 digits	< 4,64 µV
	Max. SNR	> 90,8 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 46,4 \frac{nV}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 2,88 µV
	F _{Noise, RMS}	< 3 ppm _{MBE}	< 23 digits	< 0,48 µV
	Max. SNR	> 110,5 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±160 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 105 ppm _{MBE}	< 820 digits	< 16,8 µV
	F _{Noise, RMS}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 2,88 µV
	Max. SNR	> 94,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ < 28,8		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 15 ppm _{MBE}	< 117 digits	< 2,4 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,5 ppm _{MBE}	< 20 digits	< 0,4 µV
	Max. SNR	> 112 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -75 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

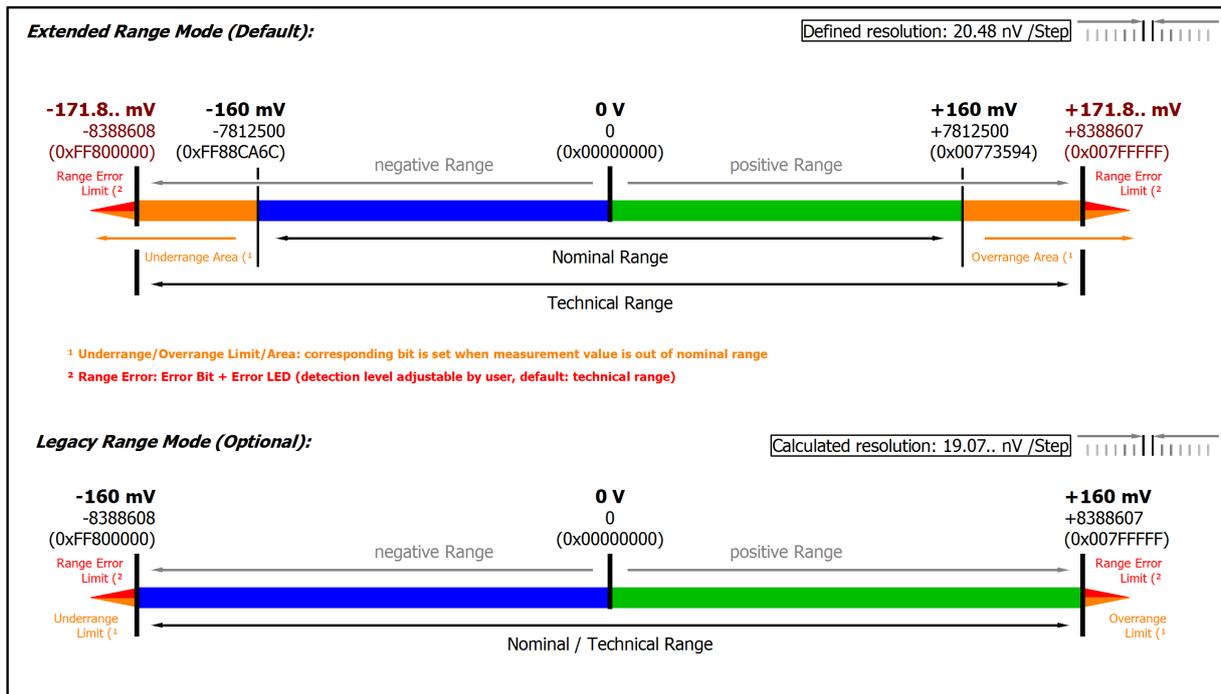


Abb. 109: Darstellung ±160 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Frequenzgang: siehe Angaben im ±10V Messbereich [► 256]

3.12.2.10 Messung IEPE ±80 mV

Messung Modus	±80 mV	
Messbereich, nominell	-80...+80 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	80 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-85,9...+85,9 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	10,24 nV	2,62144 µV
PDO LSB (Legacy Range)	9,536.. nV	2,441.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±80 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,011 % = 110 ppm _{MBE} typ. < ±8,8 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±16,4 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 95 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 7,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,4 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁴⁾ Angabe vorläufig

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±80 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 320 ppm _{MBE}	< 2500 digits	< 25,6 µV
	F _{Noise, RMS}	< 53 ppm _{MBE}	< 414 digits	< 4,24 µV
	Max. SNR	> 85,5 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 42,4 \frac{nV}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 36 ppm _{MBE}	< 281 digits	< 2,88 µV
	F _{Noise, RMS}	< 6 ppm _{MBE}	< 47 digits	< 0,48 µV
	Max. SNR	> 104,4 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±80 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 180 ppm _{MBE}	< 1406 digits	< 14,4 µV
	F _{Noise, RMS}	< 30 ppm _{MBE}	< 234 digits	< 2,4 µV
	Max. SNR	> 90,5 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ < 24		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 20 ppm _{MBE}	< 156 digits	< 1,6 µV
	F _{Noise, RMS}	< 4 ppm _{MBE}	< 31 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 108 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -75 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

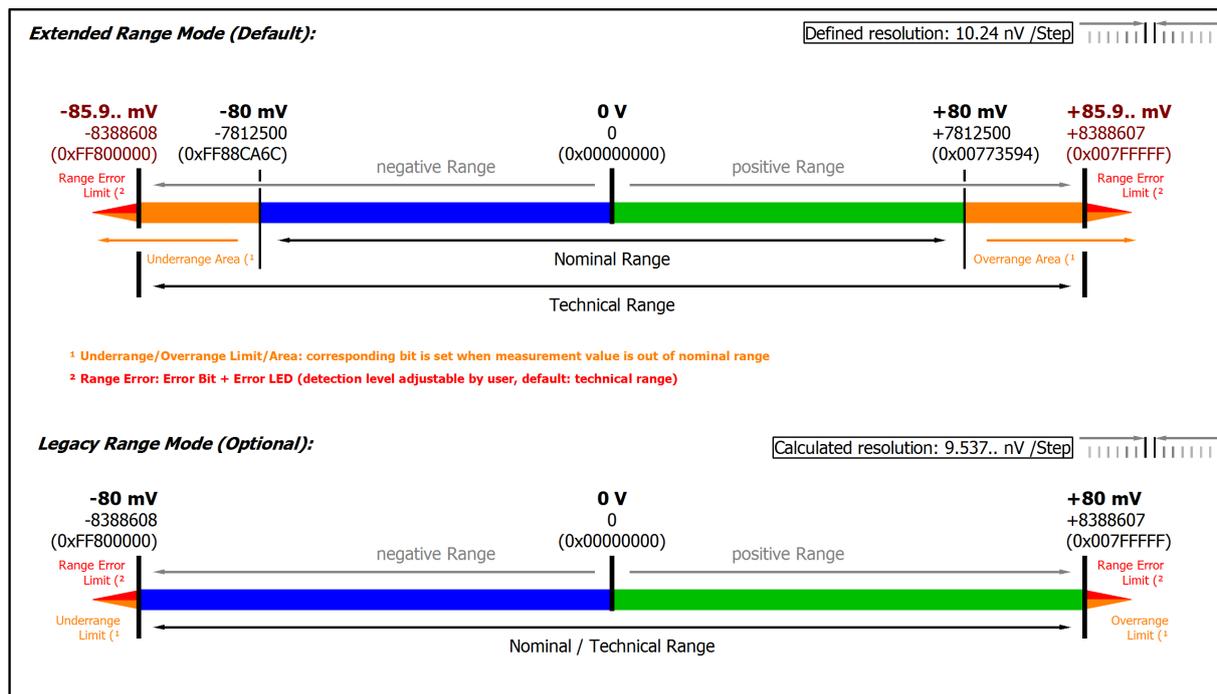


Abb. 110: Darstellung ±80 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Frequenzgang: siehe Angaben im ±10V Messbereich [► 256]

3.12.2.11 Messung IEPE ±40 mV

Messung Modus	±40 mV	
Messbereich, nominell	-40...+40 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	40 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-42,95...+42,95 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	5,12 nV	1,31072 µV
PDO LSB (Legacy Range)	4,768.. nV	1,220.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±40 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,0205 % = 205 ppm _{MBE} typ. < ±8,2 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,0395 %, < ±395 ppm _{MBE} typ. < ±15,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 190 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 50 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 60 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 10 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	3 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 10 ppm _{MBE} /K typ. < 0,4 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±40 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 600 ppm _{MBE}	< 4688 digits	< 24 µV
	F _{Noise, RMS}	< 100 ppm _{MBE}	< 781 digits	< 4 µV
	Max. SNR	> 80 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 40 \frac{nV}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 2,4 µV
	F _{Noise, RMS}	< 10 ppm _{MBE}	< 78 digits	< 0,4 µV
	Max. SNR	> 100 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus	±40 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 360 ppm _{MBE}	< 2813 digits	< 14,4 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 60 ppm _{MBE}	< 469 digits	< 2,4 µV
	Max. SNR	> 84,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < 24		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 40 ppm _{MBE}	< 313 digits	< 1,6 µV
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 8 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 101,9 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -75 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

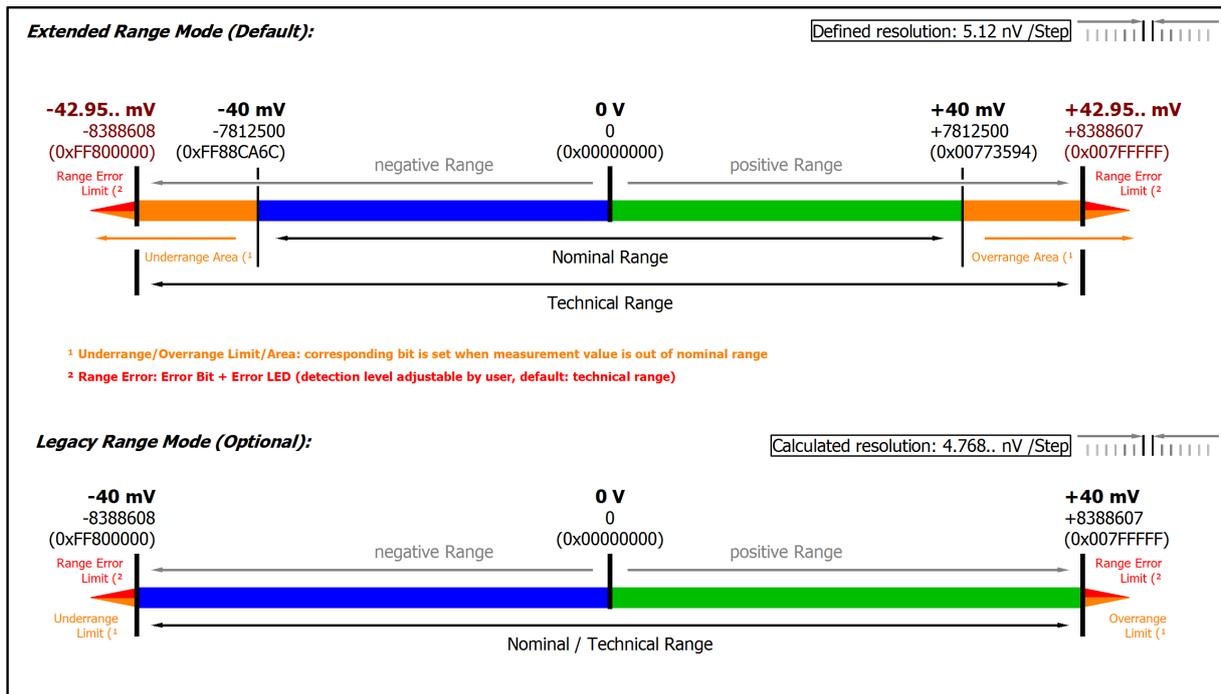


Abb. 111: Darstellung ±40 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Frequenzgang: siehe Angaben im ±10V Messbereich [► 256]

3.12.2.12 Messung IEPE ±20 mV

Messung Modus	±20 mV	
Messbereich, nominell	-20...+20 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nV	655,36 nV
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nV	610,37.. nV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	±20 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,04 % = 400 ppm _{MBE} typ. < ±8 µV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,077 %, < ±770 ppm _{MBE} typ. < ±15,4 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 380 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 100 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 4 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 20 ppm _{MBE} /K typ. < 0,4 µV/K typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt	

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

ELM3602 (50 kSps)

Messung Modus	±20 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 1200 ppm _{MBE}	< 9375 digits	< 24 µV
	F _{Noise, RMS}	< 200 ppm _{MBE}	< 1563 digits	< 4 µV
	Max. SNR	> 74 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 40 \frac{nV}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 140 ppm _{MBE}	< 1094 digits	< 2,8 µV
	F _{Noise, RMS}	< 23 ppm _{MBE}	< 180 digits	< 0,46 µV
	Max. SNR	> 92,8 dB		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: tbd. dB typ.	50 Hz: tbd. dB typ.	1 kHz: tbd. dB typ.	

ELM3604 (20 kSps)

Messung Modus		±20 mV		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 700 ppm _{MBE}	< 5469 digits	< 14 µV
	F _{Noise, RMS}	< 120 ppm _{MBE}	< 938 digits	< 2,4 µV
	Max. SNR	> 78,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$ < 24		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 1,6 µV
	F _{Noise, RMS}	< 16 ppm _{MBE}	< 125 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 95,9 dB		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -100 dB typ.	1 kHz: < -75 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < -100 dB typ.	50 Hz: < -120 dB typ.	1 kHz: < -120 dB typ.

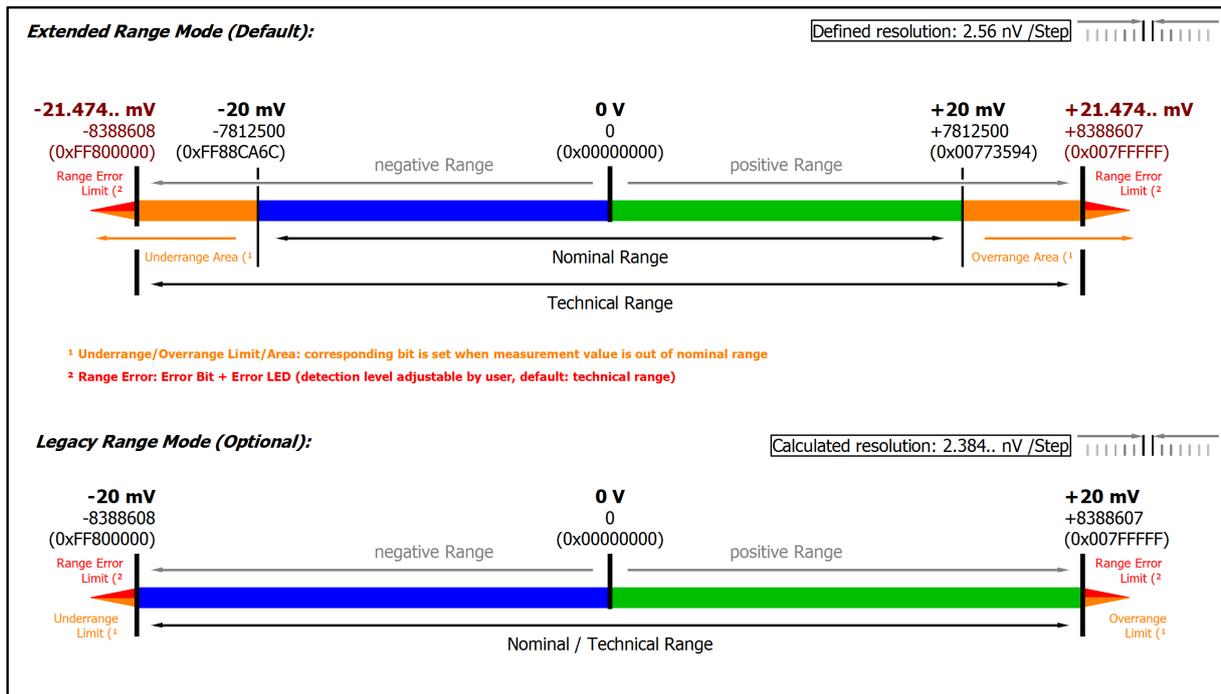


Abb. 112: Darstellung ±20 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Frequenzgang: siehe Angaben im ±10V Messbereich [► 256]

3.12.2.13 Messung IEPE 0...20 V

Messung Modus	0...20 V	
Messbereich, nominell	0...20 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 V	
Messbereich, technisch nutzbar	0...+21,474 V	
PDO Auflösung (vorzeichenlos)	23 Bit	15 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 µV	655,36 µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	0...20 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,0075 % = 75 ppm _{MBE} typ. < ±1,5 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,0105 %, < ±105 ppm _{MBE} typ. < ±2,1 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K typ. < 20 µV/K typ.

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	0...20 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 100 ppm _{MBE}	< 781 digits
	F _{Noise, RMS}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$< 2,55 \frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 10 ppm _{MBE}	< 78 digits
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung ⁴⁾	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

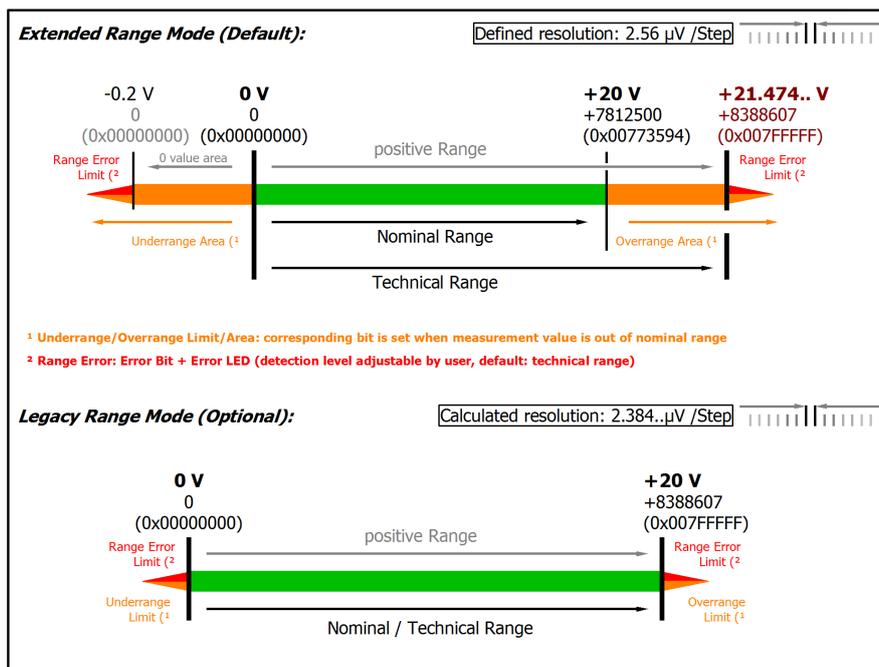


Abb. 113: Darstellung 0...20 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt `0x80n0:32` [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.12.2.14 Messung IEPE 0...10 V

Messung Modus	0...10 V	
Messbereich, nominell	0...10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V	
Messbereich, technisch nutzbar	0...+10,737 V	
PDO Auflösung (vorzeichenlos)	23 Bit	15 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF CommonMode typ. 10 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Messung Modus	0...10 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,0075 % = 75 ppm _{MBE} typ. < ±0,8 mV typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾⁶⁾	< ±0,0105 %, < ±105 ppm _{MBE} typ. < ±1,1 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1 ppm _{MBE} /K typ. < 10 µV/K typ.

¹⁾ Gültig für ELM3602-00x0 ab HW08, ELM360x-00x2 ab HW09, ELM3604-00x0 ab HW10; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	0...10 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 100 ppm _{MBE}	< 781 digits
	F _{Noise, RMS}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 2,55	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 10 ppm _{MBE}	< 78 digits
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

Frequenzgang: siehe Angaben im ±10V Messbereich [► 256]

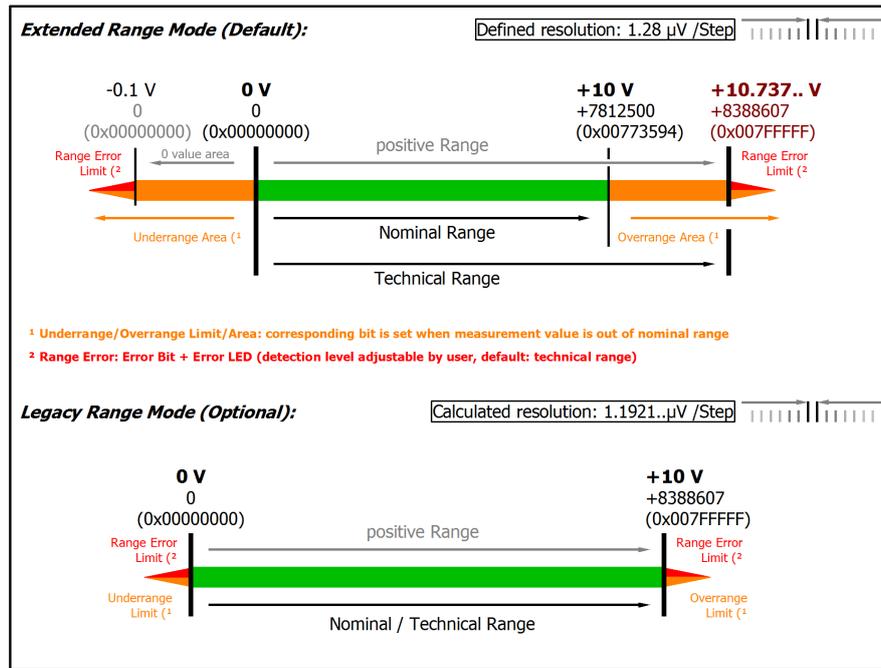


Abb. 114: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.13 ELM370x

3.13.1 ELM370x-0000, ELM3704-0001, ELM3704-1001 - Einführung



Abb. 115: ELM3702-0000, ELM3704-0000, ELM3704-0001, ELM3704-1001

2- und 4-Kanal-Multifunktionseingang, 24 Bit, 10 kSps

Die EtherCAT-Klemmen der ELM3xxx-Serie wurden entwickelt, um die gängigen elektrischen Signale im industriellen Umfeld hochwertig messtechnisch erfassen zu können. Besonders im Labor- und Prüftechnikumfeld sind flexibel einsetzbare Messgeräte gewünscht. Deshalb verfügen die Multifunktionsklemmen ELM370x über eine Eingangsbeschaltung, die über EtherCAT auf 68 verschiedene Messbereiche mit z.T. unterschiedlichen Anschlusstechniken, je nach Typ im 2- bis 6-Leiteranschluss, eingestellt werden kann: von Spannung ± 60 V bis ± 20 mV und damit auch Thermoelement und IEPE, Strom ± 20 mA, Widerstandsmessung $5\text{ k}\Omega$ und damit auch Temperatur RTD (PT100 etc.), Messbrücken und Potentiometer. Somit sind die meisten elektrischen Messaufgaben mit nur einer Klemme lösbar. Es stehen unterschiedliche Anschlussarten zur Auswahl:

- Die ELM3704-0001 mit seinen hochwertigen LEMO-Steckern ist vor allem für den Laborbereich ausgelegt, in dem tagtäglich Sensorkonfigurationen geändert werden und dabei trotzdem eine stabile und zuverlässige Steckverbindung gefordert ist.
- Die 6-polige Ausführung mit Push-in (ELM3704-0000/ELM3702-0000) ist dagegen optimal für den industriellen Einsatz, in dem die Steckverbindung nur vereinzelt zu Wartungszwecken gelöst wird und viel mehr die schnelle Verdrahtung im Vordergrund steht.
- Die ELM3704-1001 entspricht technisch der ELM3704-0000, jedoch ist sie lediglich in der Funktion Thermoelementmessung und Spannungsmessung abgeglichen. Der Anwender kann die restlichen Messbereiche der ELM3704-0000 nutzen (Voll/Halb/Viertelbrücke, 20 mA, $5\text{ k}\Omega$ /RTD, IEPE), je nach Anforderung müssen sie dann aber anlagenseitig abgeglichen werden. Mit der ELM3704-1001 und ihrer Kanal-Samplingrate von 10 kSps steht also eine hochgenaue Thermoelementmessklemme für schnelle Temperaturänderungen in Anwendungen zur Verfügung, wo die ELM3344- und ELM3348-Klemmen mit 1 kSps je Kanal nicht mehr ausreichen.

Die anderen ELM3x0x-Klemmen sind preisoptimierte Auskopplungen der ELM370x in der Basisklasse und damit ideal für die Anwendungen in Maschinen mit ihrem durchgeplanten und vorhersagbarem Einsatzszenario, bei dem ein analoger Eingangskanal nicht zur Laufzeit in seiner Messart (Spannung, Strom...) verändert werden muss. Dafür verfügen sie ggf. über weiterentwickelte Features, wie die ELM360x (IEPE-Auswertung), die eine umschaltbare Speisung anbieten.

Optionales Kalibrierzertifikat:

- Mit Werkskalibrierzertifikat als ELM370x-0020: auf Anfrage
- extern kalibriert (ISO17025 oder DAkkS) als ELM370x-0030: auf Anfrage
- Rekalibrierservice über den Beckhoff Service: auf Anfrage

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[▶ 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[▶ 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[▶ 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[▶ 683\]](#)

3.13.2 ELM370x - Technische Daten

Technische Daten		ELM3702-0000	ELM3704-000x, ELM3704-0020, ELM3704-1001
Analoge Eingänge		2 Kanal (differentiell)	4 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander		Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird	
ADC Wandlungsmethode		$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate	
		8 MSps	8 MSps
Grenzfrequenz Eingangsfiler Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)		Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 30 kHz Typ Butterworth 3.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass -3 dB @ 2,6 kHz, Anstiegszeit 300 μ s Typ sinc3/Mittelwertfilter <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>	
		Tiefpass -3 dB @ 2,6 kHz, Anstiegszeit 300 μ s	Tiefpass -3 dB @ 2,6 kHz, Anstiegszeit 300 μ s
Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
Anschluss technik		2-/3-/4-/5-/6-Leiter	
Samplingrate (je Kanal, simultan)		100 μ s/10 kSps freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor	
Oversampling		1...100 wählbar	
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)		DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt	
Innenwiderstand		> 500 k Ω (60 V); > 4 M Ω (andere); 150 Ω (Strom)	
Einsatzbereich Spannungsmessung		$\pm 60/10/5/2,5/1,25$ V, $\pm 640/320/160/80/40/20$ mV, $0...5/10$ V ³⁾ 2-Leiter-Anschluss	
Einsatzbereich Strommessung		± 20 mA, 0/4...20 mA, NAMUR NE43 ³⁾ 2-Leiter-Anschluss	
Einsatzbereich DMS, Messbrücke	Vollbrücke	Vollbrücke ($\pm 2/4/8/32$ mV/V) ³⁾ , 4/6-Leiter-Anschluss, Brückenspeisung einstellbar	
	Halbbrücke	Halbbrücke ($\pm 2/16$ mV/V) ³⁾ , intern geschaltete Brückenergänzung, 3/5-Leiter-Anschluss Brückenspeisung einstellbar	
	Viertelbrücke	Viertelbrücke 120 Ω und 350 Ω ($\pm 2/4/8/32$ mV/V) ³⁾ , intern geschaltete Brückenergänzung, 2/3-Leiter-Anschluss, Brückenspeisung einstellbar	
Einsatzbereich IEPE		Messbereiche $\pm 2,5/5/10$ V ³⁾ einstellbar, Stromspeisung/ I_{EXCITE} (IEPE Bias Current) 2 mA (Abschaltung nicht möglich), Erfassung der modulierten Wechselspannung, AC/DC Kopplung (parametrierbarer Hochpass), 2-Leiter-Anschluss (Hinweis: keine Unterstützung TEDS Class 1)	
Einsatzbereich Potentiometer		Potentiometer ≥ 1 k Ω , Speisung integriert und einstellbar 0...5V ³⁾ 3/5-Leiter-Anschluss	
Einsatzbereich Widerstandsmessung		$0...50$ Ω , $0...200$ Ω , $0...500$ Ω , $0...2$ k Ω , $0...5$ k Ω ³⁾ 2/3/4-Leiter-Anschluss	
Einsatzbereich Temperatur (RTD)		Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000, Ni100, Ni120, Ni1000, div. KT/KTY ³⁾ 2/3/4-Leiter-Anschluss	
Einsatzbereich Temperatur (Thermoelement)		Typ K, J, L, E, T, N, U, B, R, S, C, Kaltstellenmessung intern/extern, 2-Leiter-Anschluss	
Anschlussdiagnose		Drahtbruch/Kurzschluss	
Interne analoge Masse AGND		Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden	

Technische Daten	ELM3702-0000	ELM3704-000x, ELM3704-0020, ELM3704-1001
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf GND	Wert folgt	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 530 mA	typ. 890 mA
Stromaufnahme Powerkontakte	-	
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W	
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung zwischen den Kontaktstellen $\pm I1$, $\pm I2$, +Uv und -Uv: Unversorgt ± 40 V, Versorgt ± 36 V Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation	max. zul. Spannung während bestimmungsgemäßem Betrieb zwischen $\pm I1$ und $\pm I2$: typ. ± 35 V gegen -Uv im 60 V-Messbereich ± 10 V gegen -Uv in allen anderen Messbereichen Hinweis: -Uv entspricht dem internen AGND	

Allgemeine Daten	ELM3702-0000	ELM3704-000x, ELM3704-0020, ELM3704-1001
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling $n = 1 \dots 100$, Genauigkeit $\ll 1 \mu s$	
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	nein	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

²⁾ siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“ / „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

³⁾ Nicht abgeglichen für ELM3704-1001 (ausgenommen Thermoelement und bipolare Messbereiche von Spannung und IEPE)

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3702-0000	ELM3704-000x, ELM3704-0020, ELM3704-1001
Anschlussart	6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	ELM3704-0000, ELM3704-0020, ELM3704-1001: 6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker ELM3704-0001: 8 pol. LEMO 1B
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]	
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715	
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854]	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0...+55 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C	

Umweltangaben	ELM3702-0000	ELM3704-000x, ELM3704-0020, ELM3704-1001
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)	
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung	
Schutzart	IP 20	

Normative Angaben	ELM3702-0000	ELM3704-000x, ELM3704-0020, ELM3704-1001
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27	
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4	
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]	
EMV Hinweise	<p>Bei den Steckern „PushIn“ und „Mini-TC“ können ESD-Luftentladungen nach EN61000-6-4 in die Anschlüsse oder in die dort angeschlossenen Leitungen zu Messabweichungen von bis zu \pmMBE im betroffenen Kanal oder durch Übersprechen auch in anderen Kanälen führen.</p> <p>Stoßspannungen/Surge nach EN 61000-6-2 auf einen Kabelschirm kann zu Messabweichungen von bis zu \pmMBE führen.</p>	

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

HINWEIS
<p>Extended Range Modus nicht verfügbar</p> <p>Der „Extended Range Modus“ ist für RTD-Messung nicht verfügbar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • bis FW07: Das Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird in dieser Einstellung ignoriert. Im Hintergrund wird der „Legacy Range Modus“ angewandt. • ab FW08: Das Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird dann automatisch in den „Legacy Range Modus“ versetzt. Eine Umstellung ist nicht möglich solange dieser Messbereich ausgewählt ist.

3.13.2.1 ELM370x Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich	Abgeglichen bei ELM3704-1001 = X
Spannung	2-Leiter	±60 V	Extended	±64,414.. V	X
			Legacy	±60 V	
		±10 V	Extended	±10,737.. V	X
			Legacy	±10 V	
		±5 V	Extended	±5,368.. V	X
			Legacy	±5 V	
		±2,5 V	Extended	±2,684.. V	X
			Legacy	±2,5 V	
		±1,25 V	Extended	±1,342.. V	X
			Legacy	±1,25 V	
		±640 mV	Extended	±687,2.. mV	X
			Legacy	±640 mV	
		±320 mV	Extended	±343,6.. mV	X
			Legacy	±320 mV	
		±160 mV	Extended	±171,8.. mV	X
			Legacy	±160 mV	
		±80 mV	Extended	±85,9.. mV	X
			Legacy	±80 mV	
±40 mV	Extended	±42,95.. mV	X		
	Legacy	±40 mV			
±20 mV	Extended	±21,474.. mV	X		
	Legacy	±20 mV			
Spannung	2-Leiter	+10 V	Extended	0...10,737.. V	
			Legacy	0...10 V	
		+5 V	Extended	0...5,368.. V	
			Legacy	0...5 V	
Strom	2-Leiter	±20 mA (-20...20 mA)	Extended	±21,474.. mA	
			Legacy	±20 mA	
		+20 mA (0...20 mA)	Extended	0...21,474.. mA	
			Legacy	0...20 mA	
		+20 mA (4...20 mA)	Extended	0...21,179 mA	
			Legacy	4...20 mA	
		+20 mA (4...20 mA NAMUR)	Extended	3,6...21 mA	
			Legacy	4...20 mA	
Widerstand	2/3/4-Leiter	5 kΩ	Extended	0 Ω...5,368 kΩ	
			Legacy	0...5 kΩ	
		2 kΩ	Extended	0 Ω...2,147 kΩ	
			Legacy	0...2 kΩ	
		500 Ω	Extended	0 Ω...536,8 Ω	
			Legacy	0...500 Ω	
		200 Ω	Extended	0 Ω...214,7 Ω	
			Legacy	0...200 Ω	
		50 Ω	Extended	0 Ω...53,68 Ω	
			Legacy	0...50 Ω	
Potentiometer	3/5-Leiter	±1 V/V	Extended	±1 V/V	
			Legacy		
Vollbrücke	4/6-Leiter	±32 mV/V	Extended	±34,359.. mV/V	
			Legacy	±32 mV/V	
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V	
			Legacy	±4 mV/V	
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V	
			Legacy	±2 mV/V	
Halbbrücke	3/5-Leiter	±16 mV/V	Extended	±17,179.. mV/V	
			Legacy	±16 mV/V	
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V	

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich	Abgeglichen bei ELM3704-1001 = X			
Viertelbrücke 120/350/1000 Ω	2/3-Leiter	±32 mV/V	Legacy	±2 mV/V				
			Extended	±34,359.. mV/V				
			Legacy	±32 mV/V				
			Extended	±8,5899.. mV/V				
			Legacy	±8 mV/V				
			Extended	±4,2949.. mV/V				
			Legacy	±4 mV/V				
			Extended	±2,1474.. mV/V				
Spannung (IEPE)	2-Leiter	±10 V	Extended	±10,737.. V	X			
			Legacy	±10 V				
			Extended	±5,368.. V	X			
			Legacy	±5 V				
			Extended	±2,684.. V	X			
			Legacy	±2,5 V				
			Extended	0...21,474.. V				
			Legacy	0...20 V				
Temperatur Thermoelement (TC)	2-Leiter	±80 mV	Legacy	Je nach Typ bis zu 2320°C	X			
			Temperatur RTD	2/3/4-Leiter	5 kΩ	Legacy	Je nach Typ bis zu 300°C	
								2 kΩ
								500 Ω
200 Ω								
50 Ω								

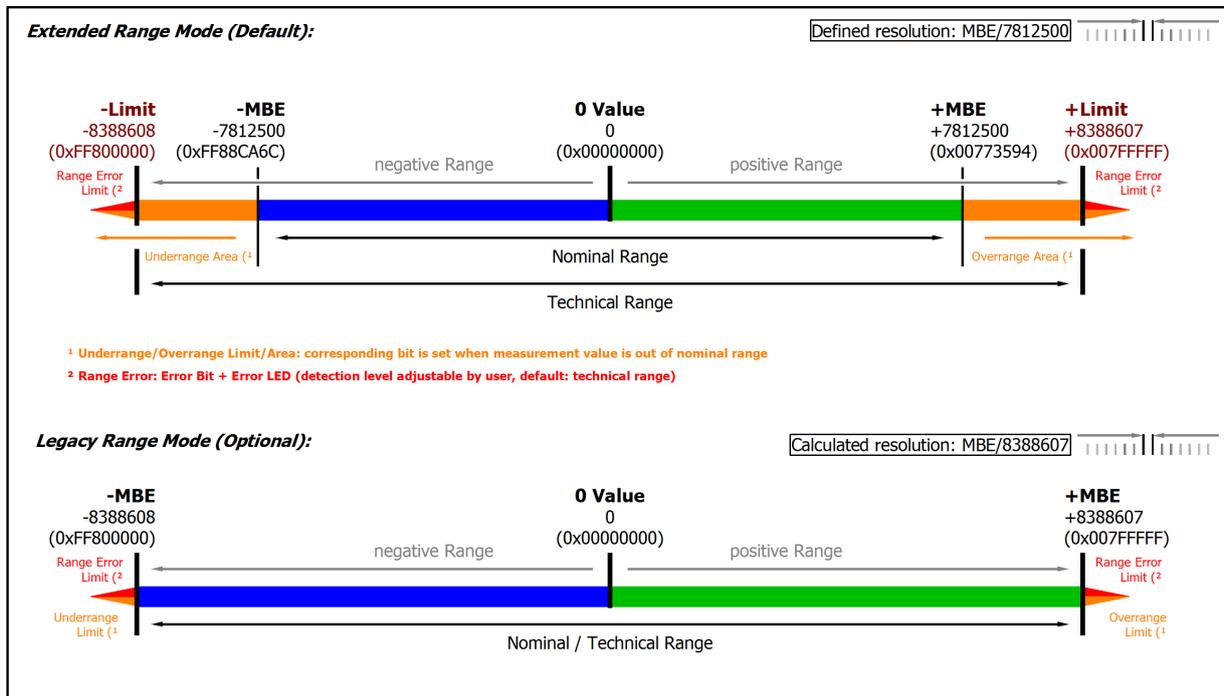


Abb. 116: Übersicht Messbereiche, Bipolar

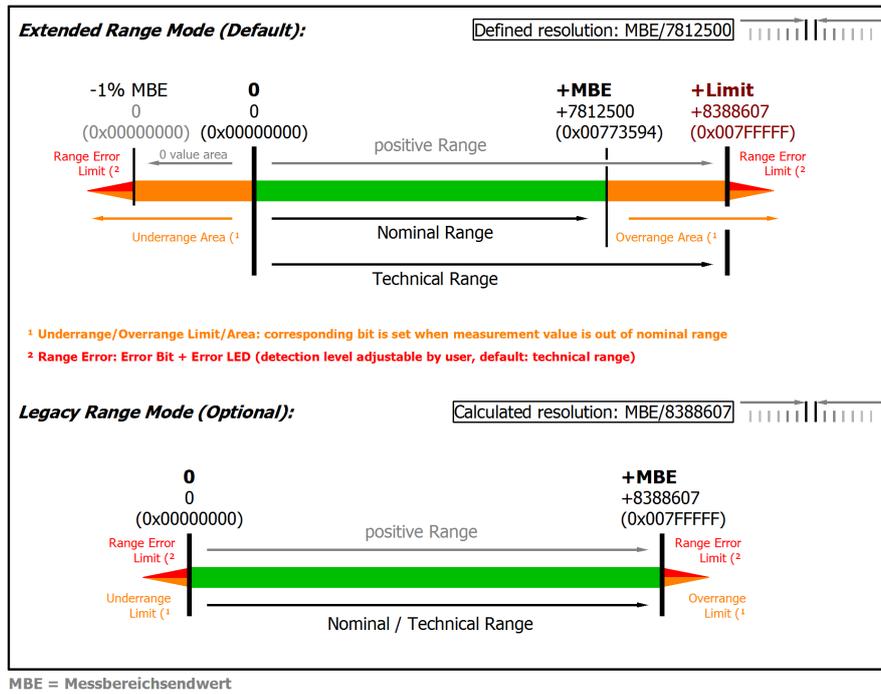


Abb. 117: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2 Messung 5V/ 10V/ ±20 mV..±60 V

3.13.2.2.1 Messung ±60 V

Messung Modus	±60 V	
Messbereich, nominell	-60...+60 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	60 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-64,414...+64,414 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	7,68 µV	1,966 mV
PDO LSB (Legacy Range)	7,152... µV	1,831.. mV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 485 kΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±60 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,03 %, < ±300 ppm _{MBE} typ. < ±18 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ⁶⁾	< ±0,04 %, < ±400 ppm _{MBE} typ. < ±24 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 100 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 280 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 10,0 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 8 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 2,0 ppm _{MBE} /K typ. < 120 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 75 ppm _{MBE}	< 586 digits	< 4,50 mV
	F _{Noise, RMS}	< 13 ppm _{MBE}	< 98 digits	< 0,75 mV
	Max. SNR	> 98,1 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 10,61		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,72 mV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >td. dB typ.	50 Hz: >td. dB typ.	1 kHz: >td. dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >td. dB typ.	50 Hz: >td. dB typ.	1 kHz: >td. dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	± tbd. % = tbd. ppm _{MBE} typ.			

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

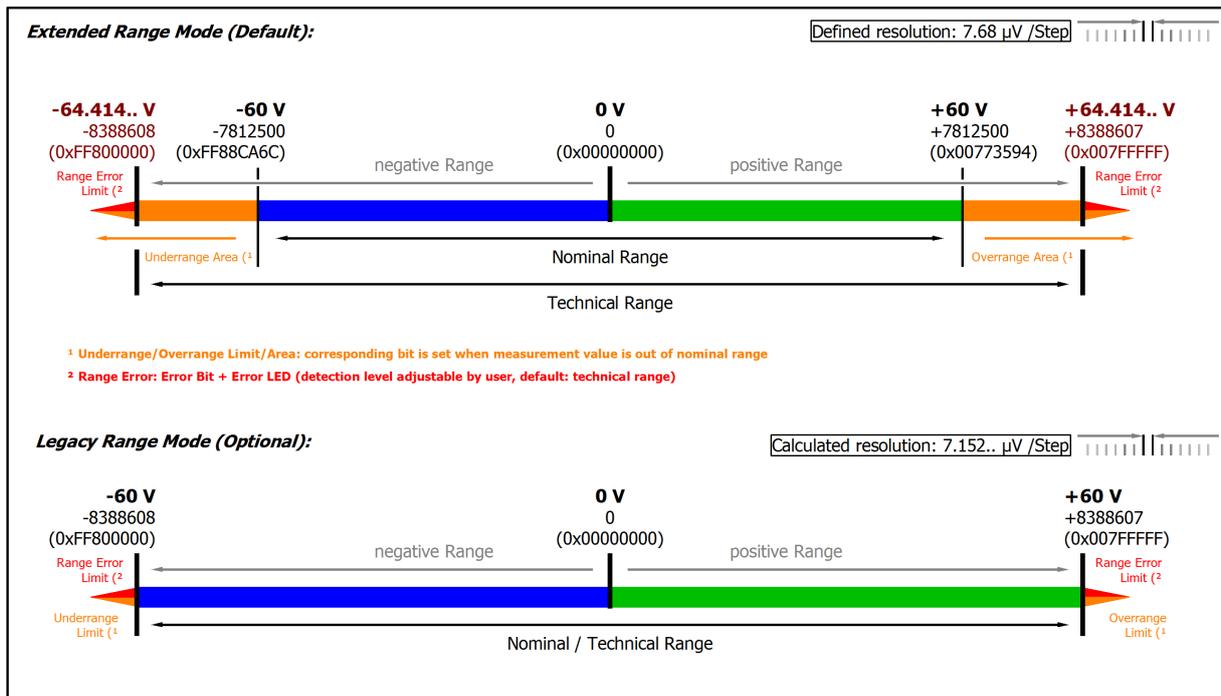


Abb. 118: Darstellung ± 60 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2 Messung ±10 V, 0...10 V

Messung Modus	±10 V		0...10 V	
Messbereich, nominell	-10...+10 V		0...10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V			
Messbereich, technisch nutzbar	-10,737...+10,737 V		0...10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND			

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001 im Messbereich 0...10 V)

Messung Modus	±10 V, 0...10 V			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,50 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,90 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 10 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,70 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 1,70		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 120,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 20,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

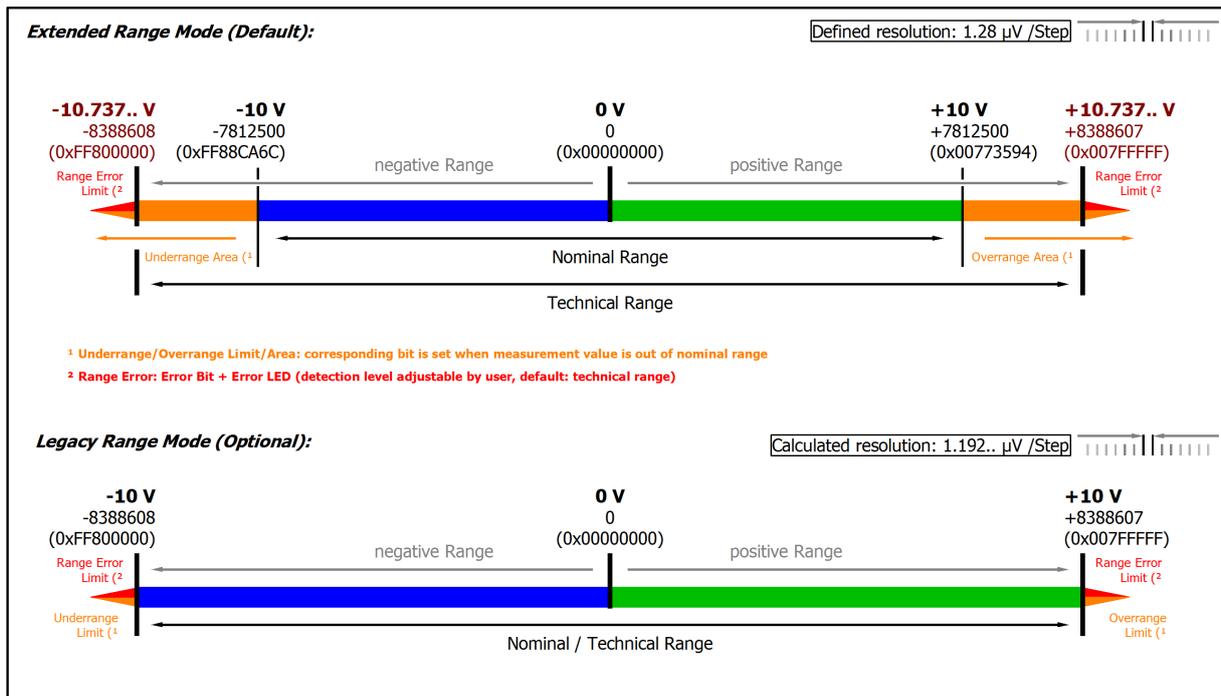


Abb. 119: Darstellung $\pm 10\text{ V}$ Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

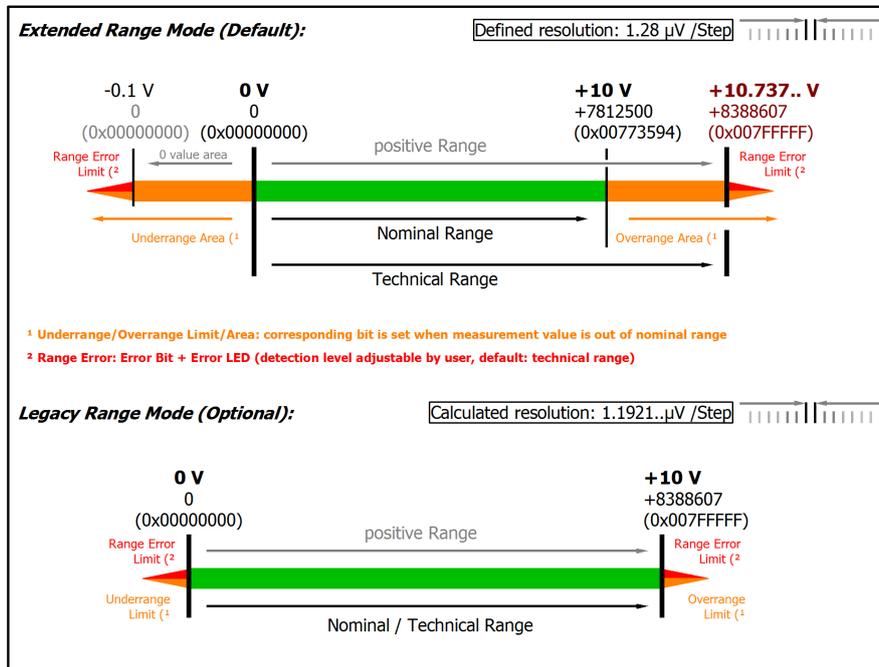


Abb. 120: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.13.2.2.3 Messung ±5 V, 0...5 V

Messung Modus	±5 V		0...5 V	
Messbereich, nominell	-5...+5 V		0...5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	5 V			
Messbereich, technisch nutzbar	-5,368...+5,368 V		0... 5,368 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	640 nV	163,84 µV	640 nV	163,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)	596.. nV	152,59.. µV	596.. nV	152,59.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND			

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001 im Messbereich 0...5 V)

Messung Modus	±5 V, 0...5 V			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,25 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,45 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 5 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,35 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,85		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 10,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

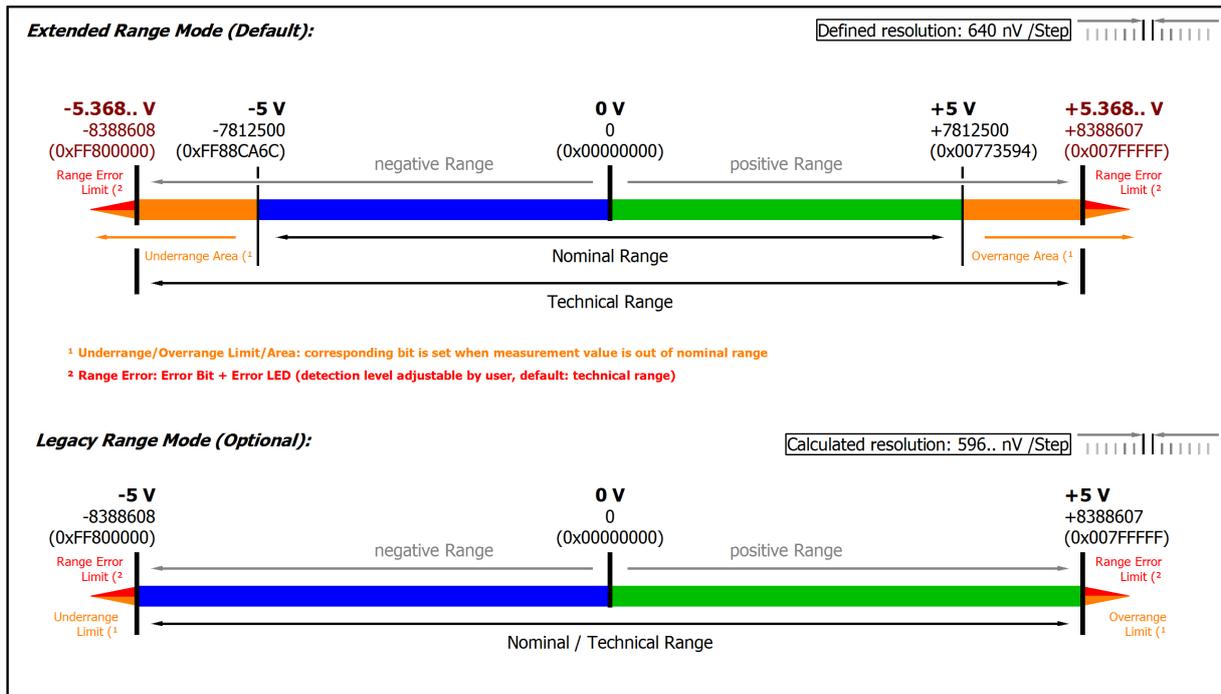


Abb. 121: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

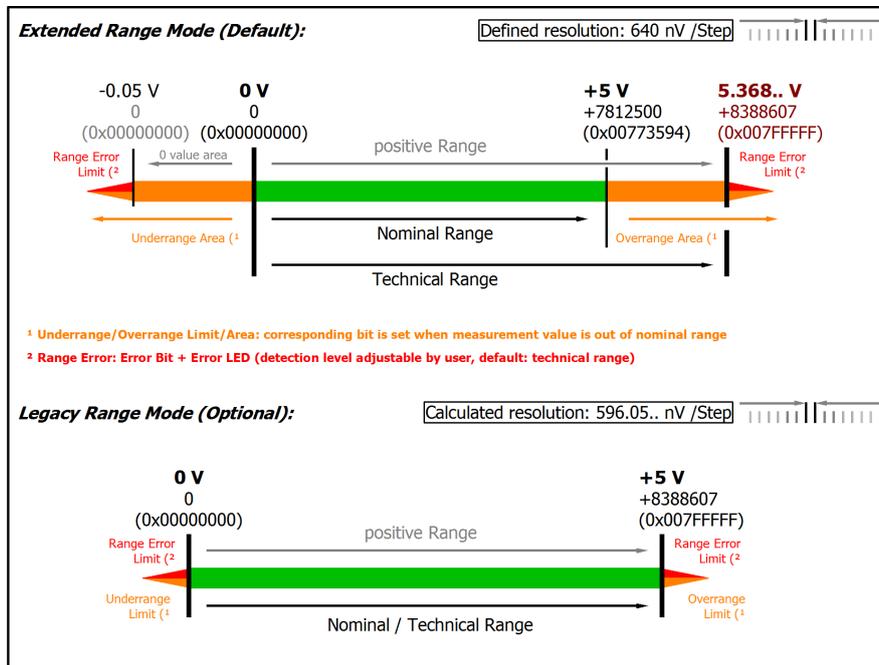


Abb. 122: Darstellung 0...5 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.13.2.2.4 Messung ±2,5 V

Messung Modus	±2,5 V	
Messbereich, nominell	-2,5...+2,5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	2,5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-2,684...+2,684 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	320 nV	81,92 µV
PDO LSB (Legacy Range)	298.. nV	76,29.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±2,5 V			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,13 mV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,23 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 2,50 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,18 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,42		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 5,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

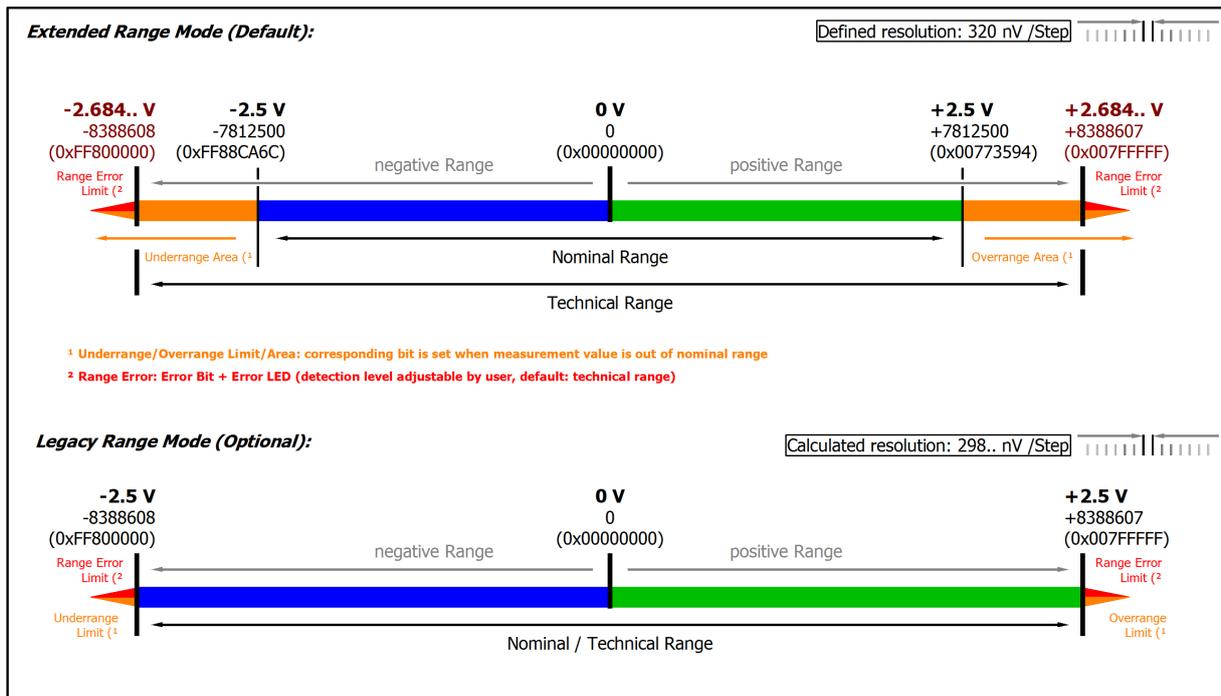


Abb. 123: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2.5 Messung ±1,25 V

Messung Modus	±1,25 V	
Messbereich, nominell	-1,25...+1,25 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	1,25 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-1,342...+1,342 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	160 nV	40,96 µV
PDO LSB (Legacy Range)	149.. nV	38,14.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

Spezifische Angaben

Messung Modus	±1,25 V			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±62,5 µV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,009 %, < ±90 ppm _{MBE} typ. < ±0,1 mV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 1,25 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 87,50 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,21		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 2,50 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23](#) zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

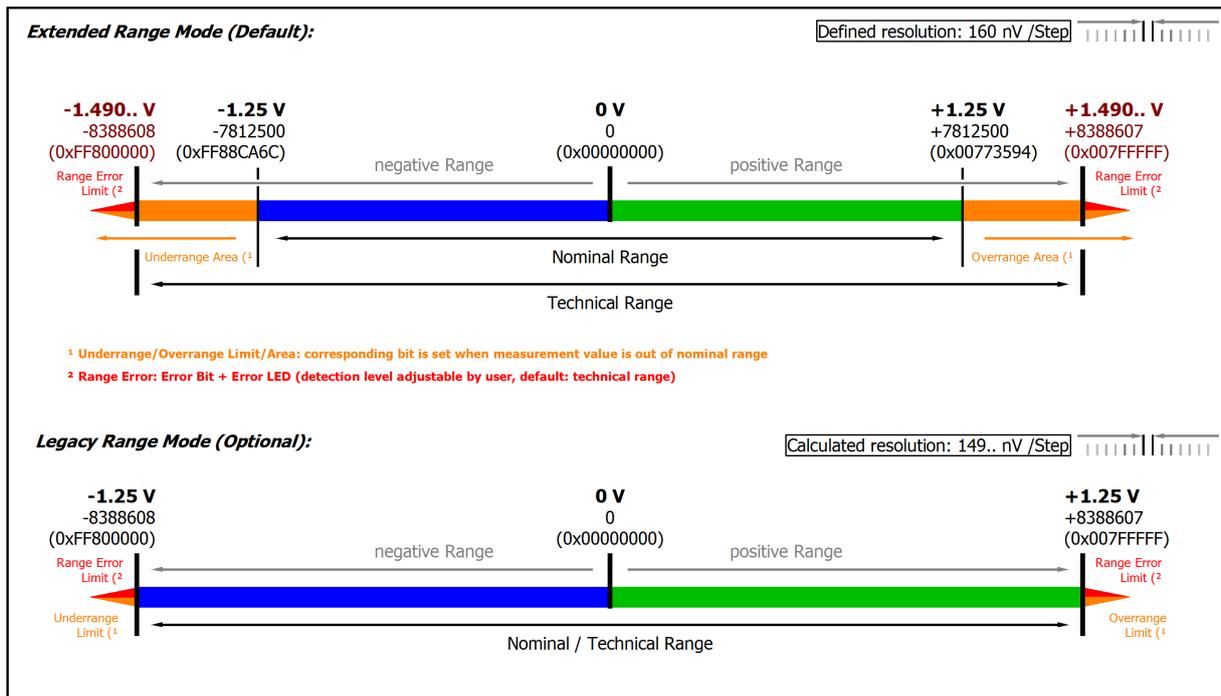


Abb. 124: Darstellung ±1,25 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2.6 Messung ±640 mV

Messung Modus	±640 mV	
Messbereich, nominell	-640...+640 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	640 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-687,2...+687,2 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	81,92 nV	20,97152 µV
PDO LSB (Legacy Range)	76,29.. nV	19,53.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±640 mV			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±32,0 µV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,0095 %, < ±95 ppm _{MBE} typ. < ±60,8 µV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,96 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 44,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,11		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 1,28 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

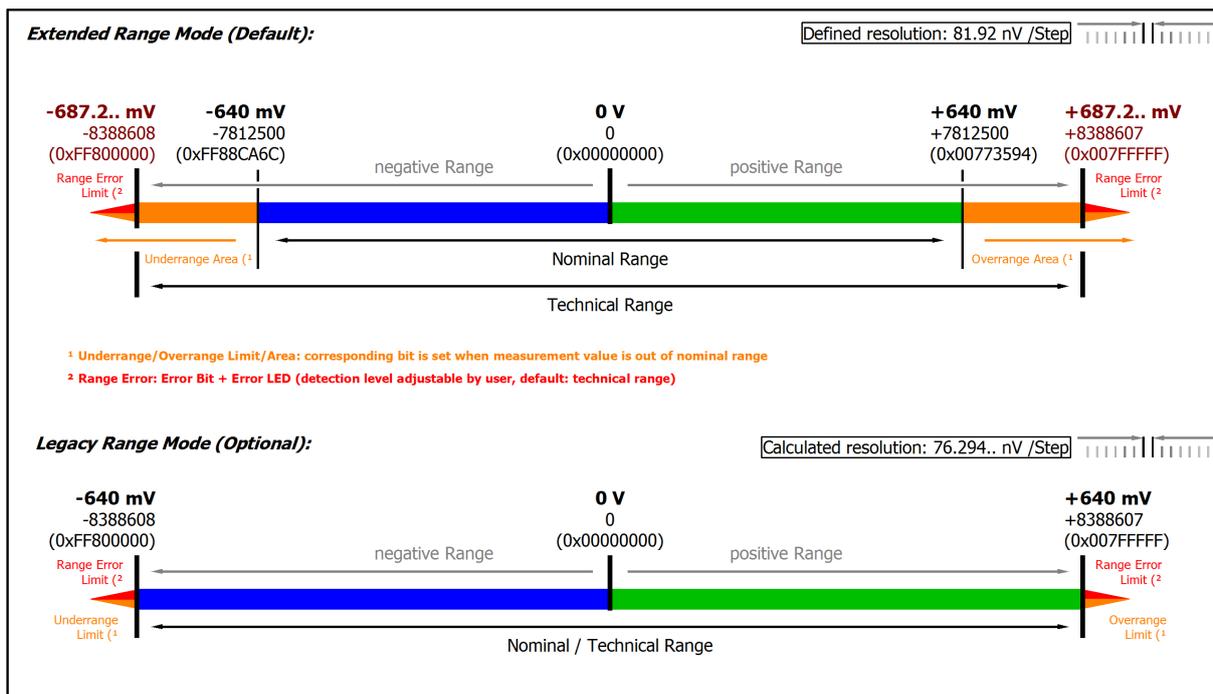


Abb. 125: Darstellung ±640 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2.7 Messung ±320 mV

Messung Modus	±320 mV	
Messbereich, nominell	-320...+320 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	320 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-343,6...+343,6 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	40,96 nV	10,48576 µV
PDO LSB (Legacy Range)	38,14.. nV	9,765.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±320 mV			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,0065 %, < ±65 ppm _{MBE} typ. < ±20,8 µV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,0115 %, < ±115 ppm _{MBE} typ. < ±36,8 µV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 40 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 2,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,64 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 22,40 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 3,84 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,05		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 3,84 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,64 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, „eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

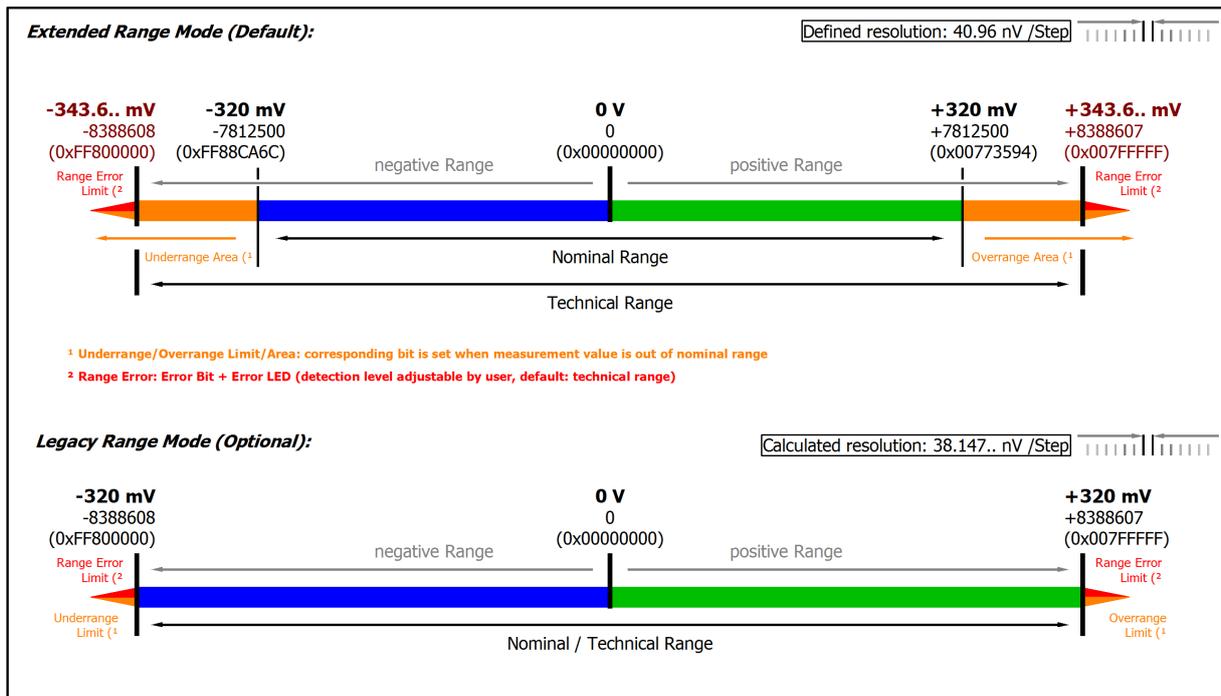


Abb. 126: Darstellung ±320 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2.8 Messung ±160 mV

Messung Modus	±160 mV	
Messbereich, nominell	-160...+160 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	160 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-171,8...+171,8 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	20,48 nV	5,24288 µV
PDO LSB (Legacy Range)	19,07.. nV	4,882.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±160 mV			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,0085 %, < ±85 ppm _{MBE} typ. < ±13,6 µV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,0155 %, < ±155 ppm _{MBE} typ. < ±24,8 µV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 65 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 35 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 3,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,56 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 14,40 µV
	F _{Noise, RMS}	< 15 ppm _{MBE}	< 117 digits	< 2,40 µV
	Max. SNR	> 96,5 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 2,88 µV
	F _{Noise, RMS}	< 3,0 ppm _{MBE}	< 23 digits	< 0,48 µV
	Max. SNR	> 110,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, „eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

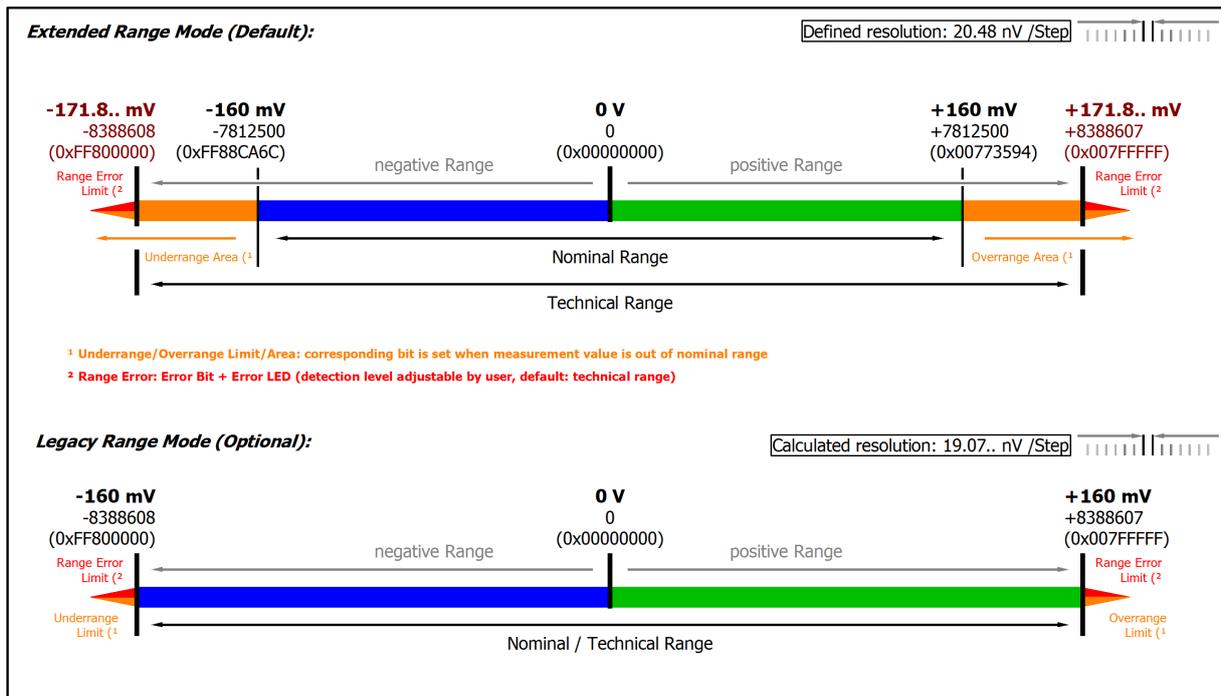


Abb. 127: Darstellung ±160 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2.9 Messung ±80 mV

Messung Modus	±80 mV	
Messbereich, nominell	-80...+80 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	80 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-85,9...+85,9 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	10,24 nV	2,62144 µV
PDO LSB (Legacy Range)	9,536.. nV	2,441.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±80 mV			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,011 %, < ±110 ppm _{MBE} typ. < ±8,8 µV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±16,4 µV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 95 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 40 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 7,5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 5,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 150 ppm _{MBE}	< 1172 digits	< 12,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 25 ppm _{MBE}	< 195 digits	< 2,00 µV
	Max. SNR	> 92,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 24 ppm _{MBE}	< 188 digits	< 1,92 µV
	F _{Noise, RMS}	< 4,0 ppm _{MBE}	< 31 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 108,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, „eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

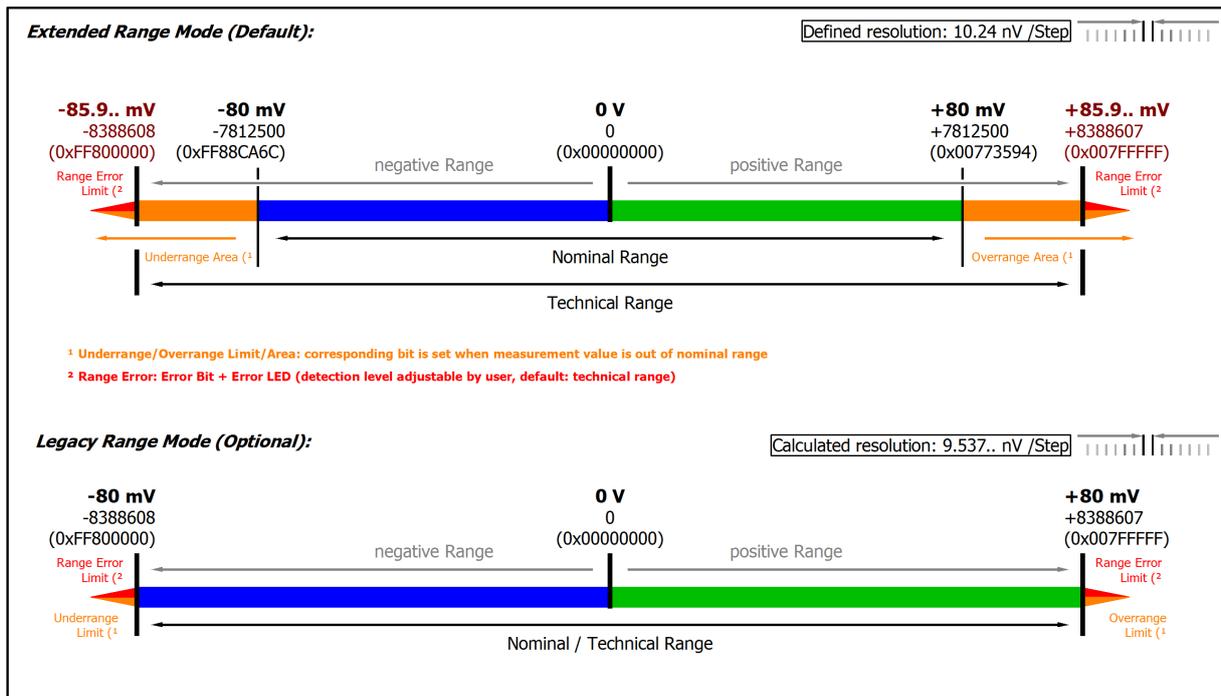


Abb. 128: Darstellung ±80 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2.10 Messung ±40 mV

Messung Modus	±40 mV	
Messbereich, nominell	-40...+40 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	40 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-42,95...+42,95 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	5,12 nV	1,31072 µV
PDO LSB (Legacy Range)	4,768.. nV	1,220.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±40 mV			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±8,2 µV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,0395 %, < ±395 ppm _{MBE} typ. < ±15,8 µV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 190 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 50 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 60 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 10,0 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	3 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	10,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 270 ppm _{MBE}	< 2109 digits	< 10,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 45 ppm _{MBE}	< 352 digits	< 1,80 µV
	Max. SNR	> 86,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 48 ppm _{MBE}	< 375 digits	< 1,92 µV
	F _{Noise, RMS}	< 8,0 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 101,9 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

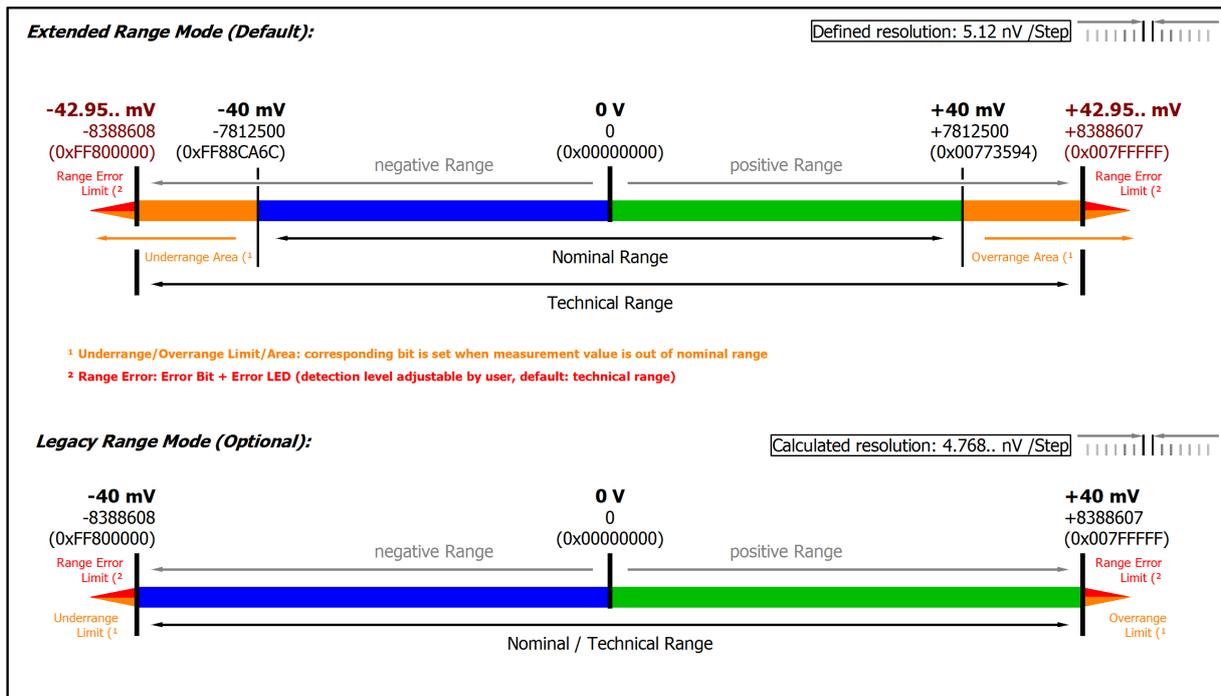


Abb. 129: Darstellung ±40 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.2.11 Messung ±20 mV

Messung Modus	±20 mV	
Messbereich, nominell	-20...+20 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nV	655,36 nV
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nV	610,37.. nV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben

Messung Modus	±20 mV			Angabe vorläufig = X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ±0,04 %, < ±400 ppm _{MBE} typ. < ±8,0 µV typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,077 %, < ±770 ppm _{MBE} typ. < ±15,4 µV typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 380 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 60 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 100 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 25,0 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 4 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 20,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 540 ppm _{MBE}	< 4219 digits	< 10,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 1,80 µV
	Max. SNR	> 80,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 1,60 µV
	F _{Noise, RMS}	< 13,0 ppm _{MBE}	< 102 digits	< 0,26 µV
	Max. SNR	> 97,7 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	X
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	X
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt			X

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, „eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

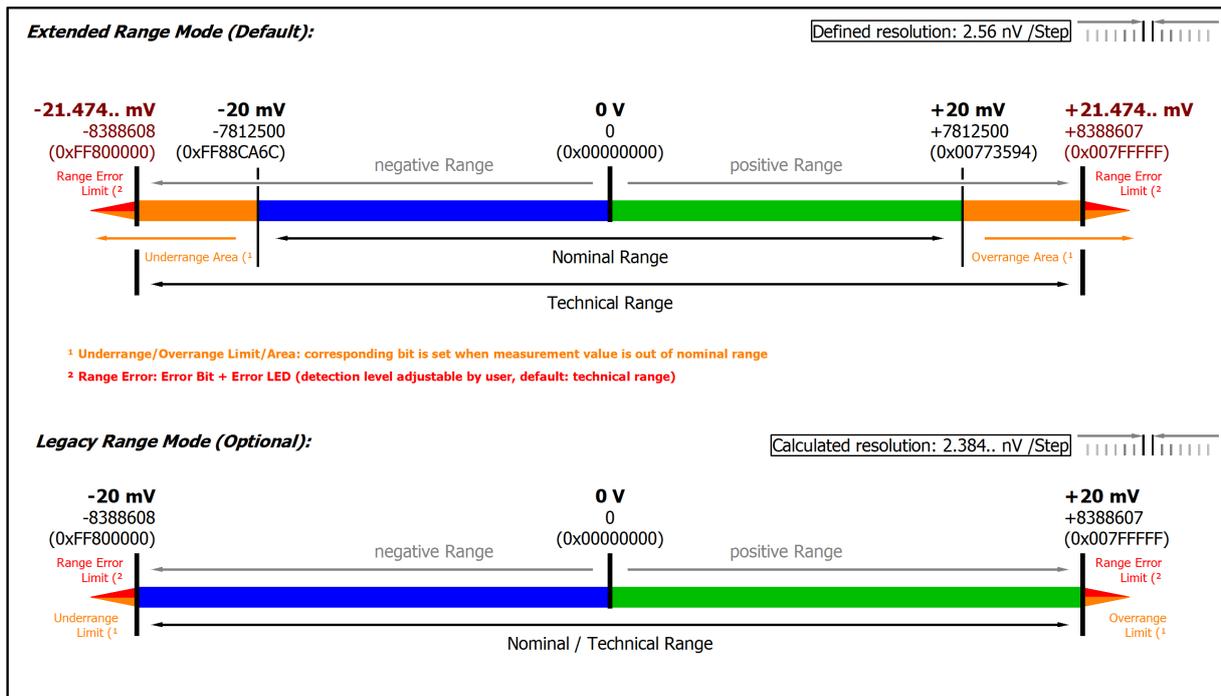


Abb. 130: Darstellung ±20 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.3 Messung ±20 mA/ 0..20 mA/ 4..20 mA/NAMUR

3.13.2.3.1 Messung ±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43

Messung Modus	±20 mA		0...20 mA		4...20 mA		3,6...21 mA (NAMUR NE43)	
Messbereich, nominell	-20...+20 mA		0...20 mA		4...20 mA		4...20 mA	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mA							
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,179 mA, überstromgeschützt		3,6...21 mA, überstromgeschützt	
Absicherung	Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest							
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nA	655,36 nA	2,56 nA	655,36 nA	2,048 nA	524,288 nA	2,048 nA	524,288 nA
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nA	610,37.. nA	2,384.. nA	610,37.. nA	1,907.. nA	488,29.. nA	n.a.	
Gleichtaktspannung U _{cm}	max. ±10V bezogen auf -U _v (interne Masse)							
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 150 Ω 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND							

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582]

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-10x1):

Messung Modus	±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ³⁾	< ± 0,008 %, < ± 80 ppm _{MBE} typ. < ±1,6 µA typ.	
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung ³⁾⁶⁾	< ±0,0135 %, < ±135 ppm _{MBE} typ. < ± 2,7 µA typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Offset}	< 25 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ³⁾	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ³⁾	F _{Lin}	< 45 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ³⁾	F _{Rep}	< 10 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient ³⁾	Tk _{Gain}	< 3 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,03 nA/K typ.

³⁾ Gültig für ELM3702-00x0 und ELM3704-00x0 ab HW01; gültig für ELM3704-10x1 ab HW01, ausgenommen 20 mA, 0-5 V und 0-10 V Messbereiche. Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben (nicht gültig für ELM3704-10x1):

Messung Modus	±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43	
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 100 ppm _{MBE} < 781 [digits]
	F _{Noise, RMS}	< 18 ppm _{MBE} < 141 [digits]
	Max. SNR	> 94,9 dB

Messung Modus		±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43	
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nA}{\sqrt{Hz}}$ < 5,09	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PIP}$	< 10 ppm _{MBE}	< 78 [digits]
	$F_{Noise, RMS}$	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 5 nA/V typ.	1 kHz: < 80 nA/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 3 nA/V typ.	1 kHz: < 3 nA/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt [ppm] typ. (MBE)		

Strommessbereich ±20 mA

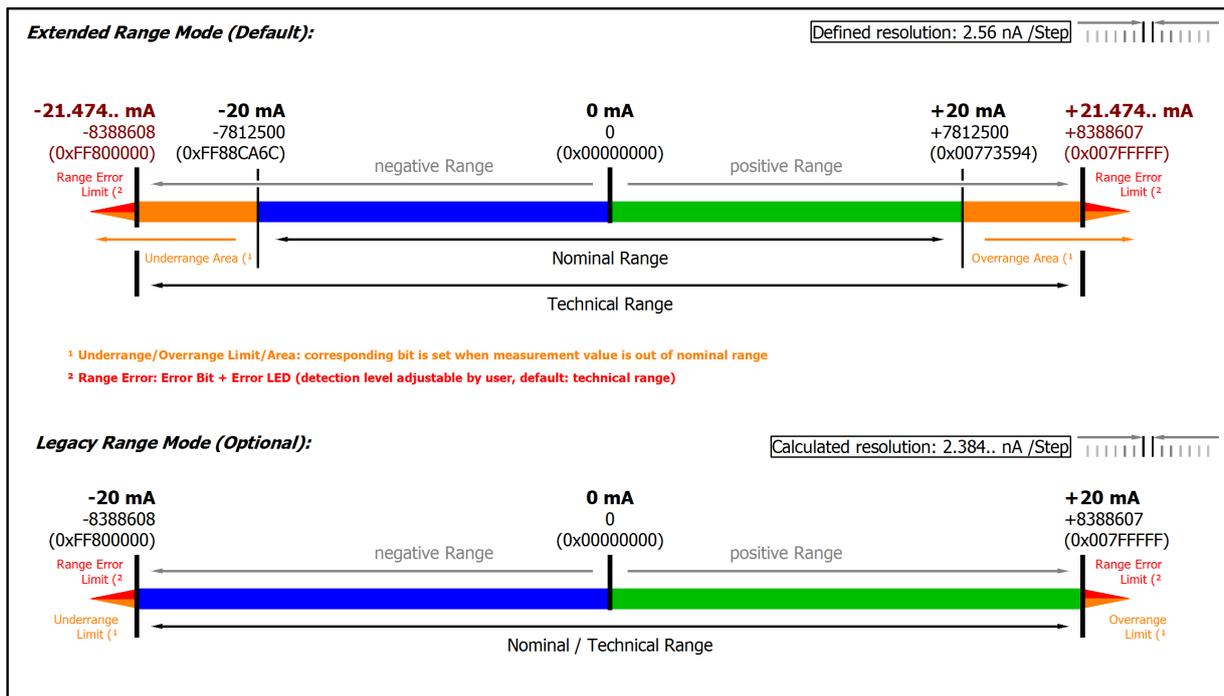


Abb. 131: Darstellung Strommessbereich ±20 mA

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Strommessbereich 0...20 mA

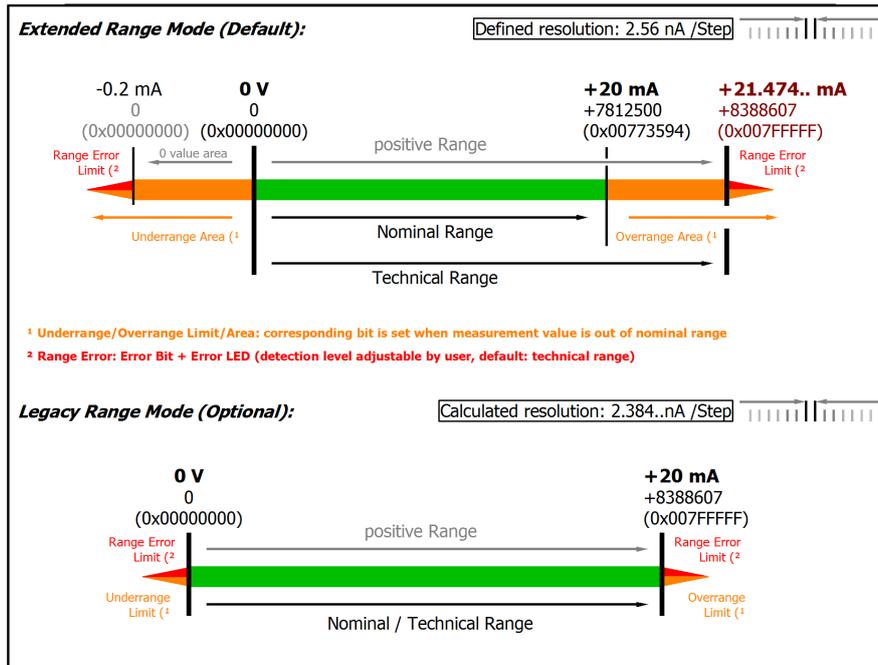


Abb. 132: Darstellung Strommessbereich 0...20 mA

Strommessbereich 4...20 mA

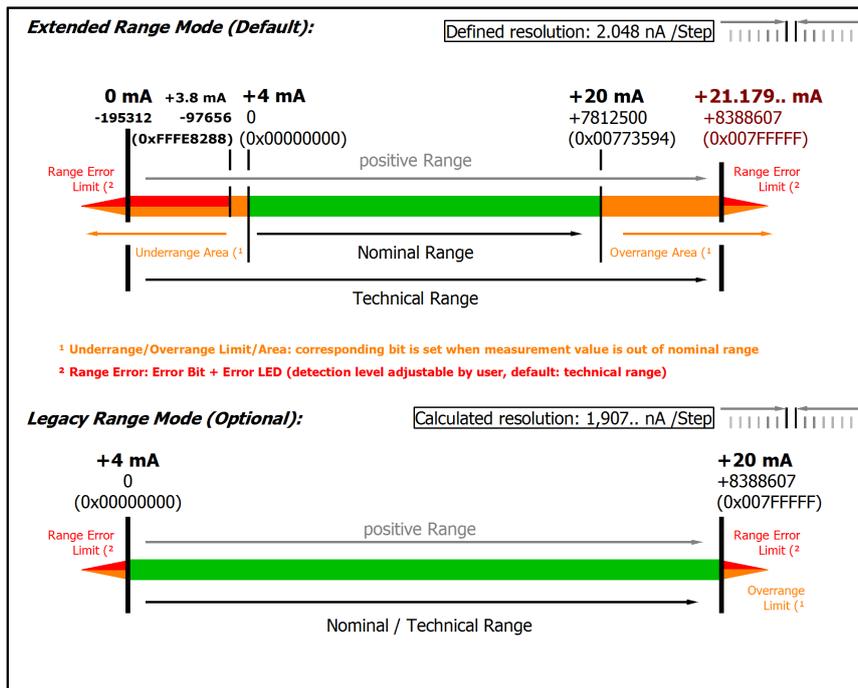


Abb. 133: Darstellung Strommessbereich 4...20 mA

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mΩ, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

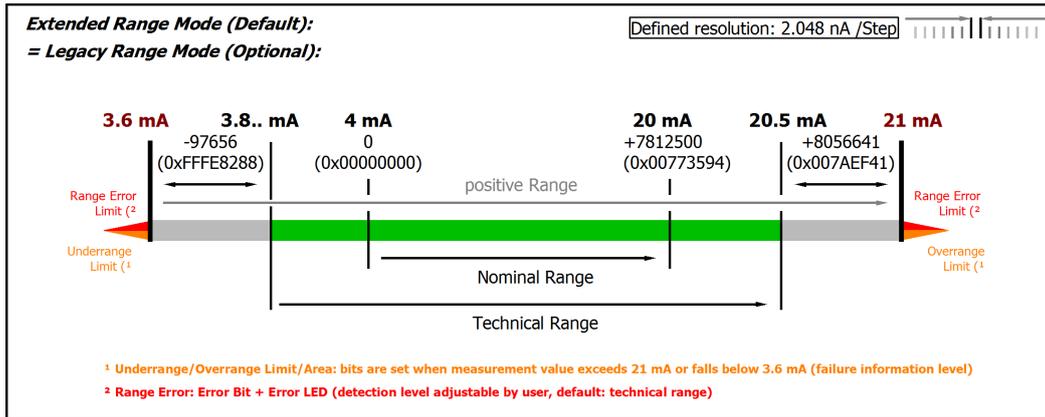


Abb. 134: Darstellung Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

i Nur Extended Range Mode bei Messbereich 4 mA NAMUR

In diesem Messbereich ist kein Legacy Range Mode verfügbar. Eine Umstellung auf den Extended Range Mode erfolgt automatisch und ein Schreibzugriff auf das entsprechende CoE Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird zwar nicht abgelehnt, führt aber zu keiner Änderung des Parameters.

3.13.2.4 Messung Widerstand

Hinweis zur Messung von Widerständen bzw. Widerstandsverhältnissen

Bei der einfachen **2-Leiter-Messung** beeinflusst der Leitungswiderstand der zu dem Sensor geführten Zuleitungen den gemessenen Wert. Ist eine Reduzierung dieses systematischen Fehleranteils bei der 2-Leiter-Messung angestrebt, ist der Zuleitungswiderstand zum Messwiderstand einzurechnen, dieser Zuleitungswiderstand muss dann allerdings erst ermittelt werden.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheit dieses Zuleitungswiderstands kann dieser dann statisch in die laufende Rechnung einbezogen werden, z.B. bei der EL3751 über das CoE-Objekt [0x8000:13 \[► 591\]](#) und bei ELM350x/ ELM370x über das CoE-Objekt [0x80n0:13 \[► 591\]](#).

Eine z.B. durch Alterung oder Temperatur bedingte Widerstandsänderung der Zuleitung wird jedoch nicht automatisch erfasst. Gerade die Temperaturabhängigkeit von Kupferleitungen mit ~400ppm/K (entspricht 0,4%/K!) ist nicht unwesentlich beim 24/7-Betrieb!

Durch die **3-Leiter-Messung** ist es möglich den systematischen Anteil zu eliminieren, unter der Annahme, dass die zwei Zuleitungen identisch sind. Bei dieser Messungsart wird der Leitungswiderstand einer Zuleitung dauernd gemessen. Der ermittelte Wert wird dann zwei Mal von dem Messergebnis abgezogen und der Leitungswiderstand so eliminiert. Dies führt technisch zu einer deutlich zuverlässigeren Messung. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit ist der Gewinn durch den 3-Leiter-Anschluss allerdings nicht so erheblich, da diese Annahme einer hohen Ungewissheit unterliegt - die einzelne, nicht nachgemessene Leitung könnte doch beschädigt oder unbemerkt widerstandsvariant sein.

Der 3-Leiter-Anschluss ist also ein technisch bewährter Ansatz, bei einer methodisch nach Messunsicherheit bewerteten Messung wird dringend der voll-kompensierte **4-Leiter-Anschluss** empfohlen.

Sowohl bei 2-Leiter- als auch bei 3-Leiter-Anschluss beeinflussen die Übergangswiderstände der Klemmkontakte den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

HINWEIS

Messung von kleinen Widerständen

Insbesondere bei Messungen im Bereich ca. $< 10 \Omega$ wird der 4-Leiter-Anschluss durch die relativ hohen Zuleitungs- und Übergangswiderstände unbedingt erforderlich. Zu bedenken ist auch dass bei solch niedrigen Widerständen die relative Messabweichung bezogen auf den MBE hoch werden kann - für solche Messungen sind ggf. Widerstandsmessklemmen mit kleinen Widerstands-Messbereichen wie z.B. die EL3692 in 4-Leiter-Messung zu verwenden

Entsprechende Überlegungen führen auch im Brückenbetrieb zu den gängigen Anschlussmethoden:

- Vollbrücke: 4-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 6-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Halbbrücke: 3-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 5-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Viertelbrücke: 2-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 3-Leiter-Anschluss mit theoretischer und 4-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation

3.13.2.4.1 Widerstandsmessbereich 5 kΩ

Messung Modus	Widerstand 0..5 kΩ
Betriebsart	2,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $2,5 \text{ V} / (5 \text{ k}\Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...5 kΩ
Messbereich, Endwert (MBE)	5 kΩ
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω...5,368 kΩ
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	640 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	596.. μΩ

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001; gültig für ELM370x-00x0; Gültigkeit für ELM3702-0101 siehe entsprechendes Kapitel)

Messung Modus	Widerstand 0..5 kΩ					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±80 ppm _{MBE} < ±400 mΩ		< ±60 ppm _{MBE} < ±300 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±400 ppm _{MBE} < ±2 Ω		< ±175 ppm _{MBE} < ±1 Ω			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 25 ppm _{MBE}		< 5 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 60 ppm _{MBE}		< 54 ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 45 ppm _{MBE}		< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 10 ppm _{MBE}		< 5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< 2 ppm _{MBE} /K < 10 mΩ/K		< 0,5 ppm _{MBE} /K < 2,50 mΩ/K		
	Tk _{Gain}	< 12 ppm/K		< 5 ppm/K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd.					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Widerstandsmessbereich 5 kΩ

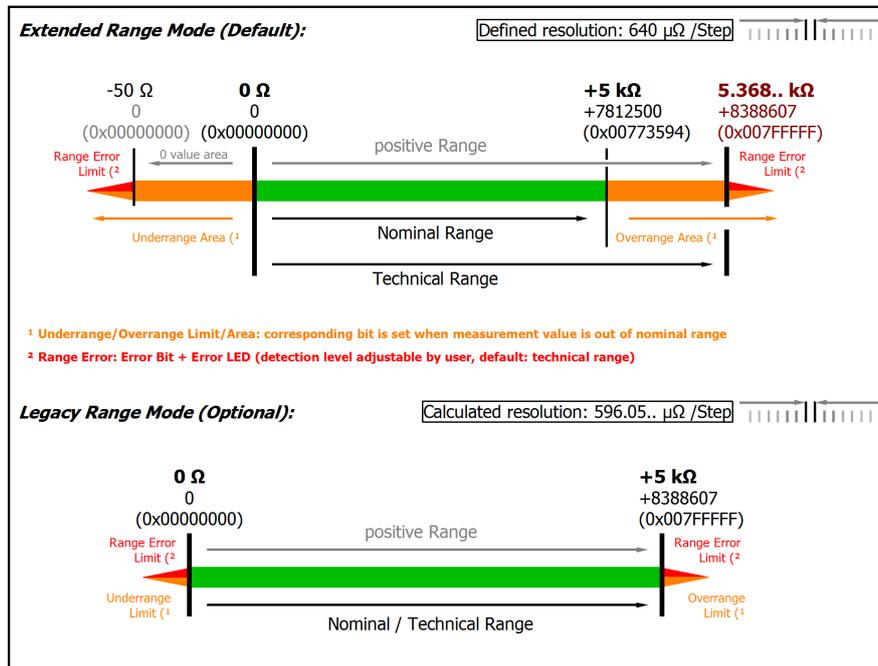


Abb. 135: Darstellung Widerstandsmessbereich 5 kΩ

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein Error in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich Error = TRUE angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange Error ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem Error im PDO-Status.

3.13.2.4.2 Widerstandsmessbereich 2 kΩ

Messung Modus	Widerstand 0..2 kΩ
Betriebsart	2,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $2,5 V / (5 kΩ + R_{Messung})$
Messbereich, nominell	0...2 kΩ
Messbereich, Endwert (MBE)	2 kΩ
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω... 2,147 kΩ
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	256 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	238.. μΩ

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001; gültig für ELM370x-00x0; Gültigkeit für ELM3702-0101 siehe entsprechendes Kapitel)

Messung Modus	Widerstand 0..2 kΩ					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±100 ppm _{MBE} < ±200 mΩ		< ±50 ppm _{MBE} < ±100 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±375 ppm _{MBE} < ±1 Ω		< ±170 ppm _{MBE} < ±0 Ω			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 60 ppm _{MBE}	< 8 ppm _{MBE}			
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 60 ppm _{MBE}	< 44 ppm _{MBE}			
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 50 ppm _{MBE}	< 22 ppm _{MBE}			
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}	< 5 ppm _{MBE}			
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K < 10 mΩ/K	< 0,5 ppm _{MBE} /K < 1 mΩ/K			
	Tk _{Gain}	< 10 ppm/K	< 5 ppm/K			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{mΩ}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		$\frac{mΩ}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd.					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

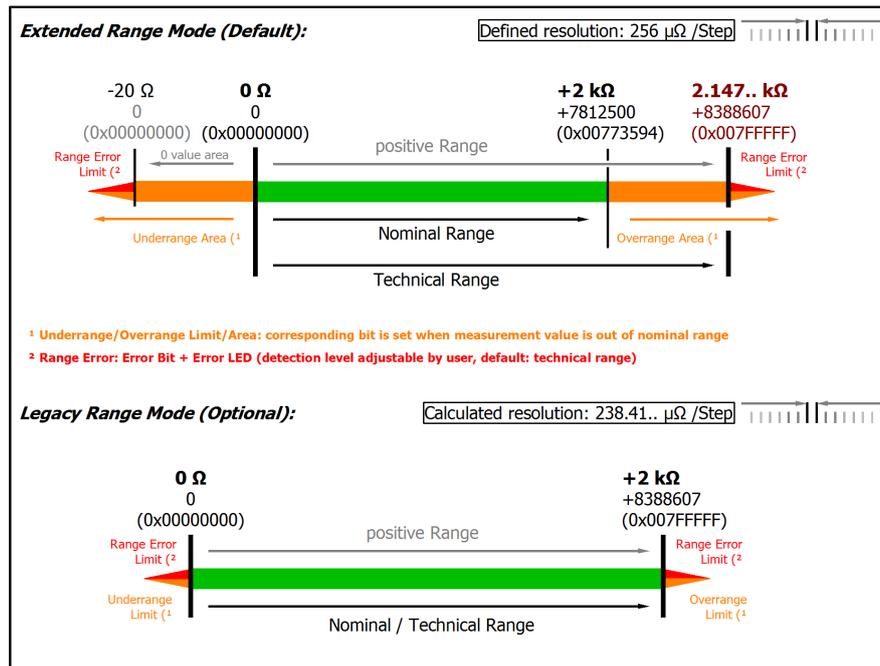


Abb. 136: Darstellung Widerstandsmessbereich 2 kΩ

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein Error in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich Error = TRUE angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange Error ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem Error im PDO-Status.

3.13.2.4.3 Widerstandsmessbereich 500 Ω

Messung Modus	Widerstand 0..500 Ω
Betriebsart	4,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $4,5 V / (5 k\Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...500 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	500 Ω
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω...536,8 Ω
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	64 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	59,6.. μΩ

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001; gültig für ELM370x-00x0; Gültigkeit für ELM3702-0101 siehe entsprechendes Kapitel)

Messung Modus	Widerstand 0..500 Ω					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±200 ppm _{MBE} < ±100 mΩ		< ±50 ppm _{MBE} < ±25 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±415 ppm _{MBE} < ±0 Ω		< ±175 ppm _{MBE} < ±88 mΩ			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 145 ppm _{MBE}		< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 100 ppm _{MBE}		< 40 ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 75 ppm _{MBE}		< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 50 ppm _{MBE}		< 5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< 8 ppm _{MBE} /K < 4 mΩ/K		< 1 ppm _{MBE} /K < 0,50 mΩ/K		
	Tk _{Gain}	< 8 ppm/K		< 5 ppm/K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd.					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

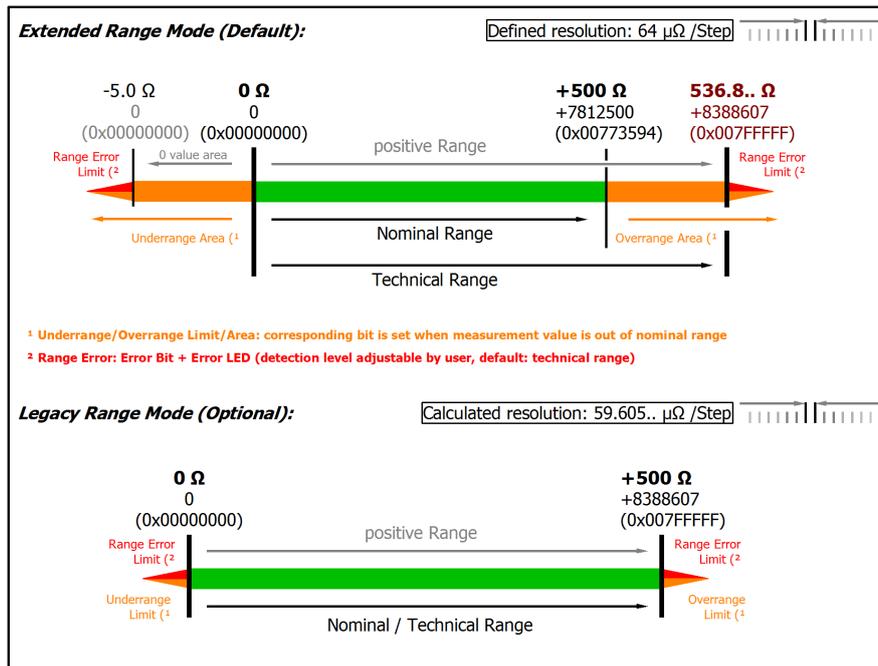


Abb. 137: Darstellung Widerstandsmessbereich 500 Ω

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein Error in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich Error = TRUE angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange Error ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem Error im PDO-Status.

3.13.2.4.4 Widerstandsmessbereich 200 Ω

Messung Modus	Widerstand 0..200 Ω
Betriebsart	4,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $4,5 V / (5 k\Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...200 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	200 Ω
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω... 214,7 Ω
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	25,6 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	23,8.. μΩ

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001; gültig für ELM370x-00x0; Gültigkeit für ELM3702-0101 siehe entsprechendes Kapitel)

Messung Modus	Widerstand 0..200 Ω					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±350 ppm _{MBE} < ±70 mΩ		< ±70 ppm _{MBE} < ±14 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±800 ppm _{MBE} < ±0 Ω		< ±185 ppm _{MBE} < ±37 mΩ			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 290 ppm _{MBE}		< 45 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 130 ppm _{MBE}		< 45 ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 125 ppm _{MBE}		< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 75 ppm _{MBE}		< 5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< 20 ppm _{MBE} /K < 4 mΩ/K		< 1,5 ppm _{MBE} /K < 0,30 mΩ/K		
	Tk _{Gain}	< 10 ppm/K		< 5 ppm/K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd.					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

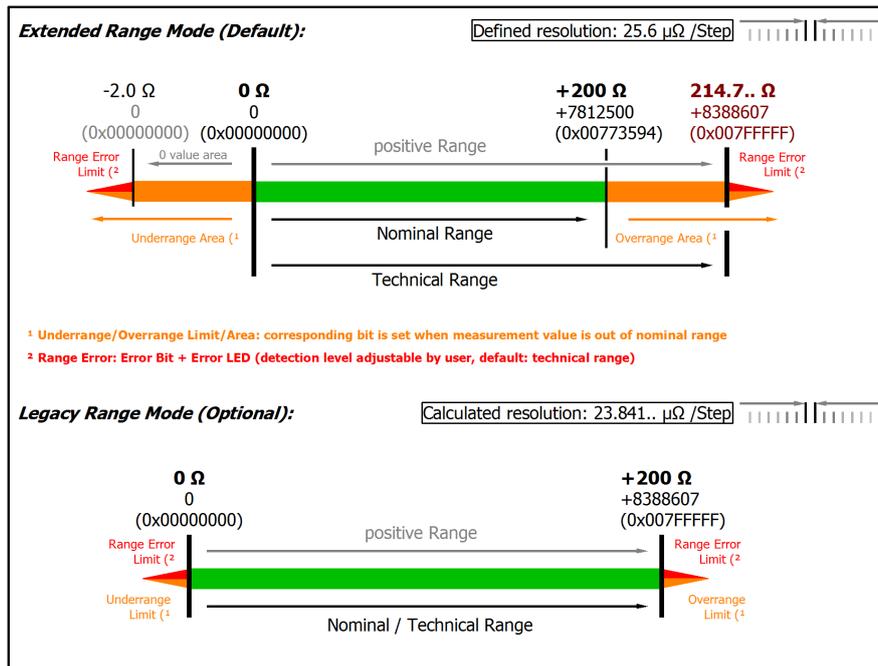


Abb. 138: Darstellung Widerstandsmessbereich 200 Ω

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.4.5 Widerstandsmessbereich 50 Ω

Messung Modus	Widerstand 0..50 Ω
Betriebsart	4,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $4,5 \text{ V} / (5 \text{ k} \Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...50 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	50 Ω
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω...53,68 Ω
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	6,4 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	5,96.. μΩ

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001; gültig für ELM370x-00x0; Gültigkeit für ELM3702-0101 siehe entsprechendes Kapitel)

Messung Modus	Widerstand 0..50 Ω					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±2000 ppm _{MBE} < ±100 mΩ		< ±200 ppm _{MBE} < ±10 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±3495 ppm _{MBE} < ±0 Ω		< ±305 ppm _{MBE} < ±15 mΩ			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 1500 ppm _{MBE}	< 175 ppm _{MBE}			
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 1000 ppm _{MBE}	< 80 ppm _{MBE}			
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 750 ppm _{MBE}	< 50 ppm _{MBE}			
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 400 ppm _{MBE}	< 10 ppm _{MBE}			
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< 80 ppm _{MBE} /K < 4 mΩ/K	< 5 ppm _{MBE} /K < 0,25 mΩ/K			
	Tk _{Gain}	< 40 ppm/K	< 5 ppm/K			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]			
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.	$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.			
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]	> tbd. [dB]			
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd.					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

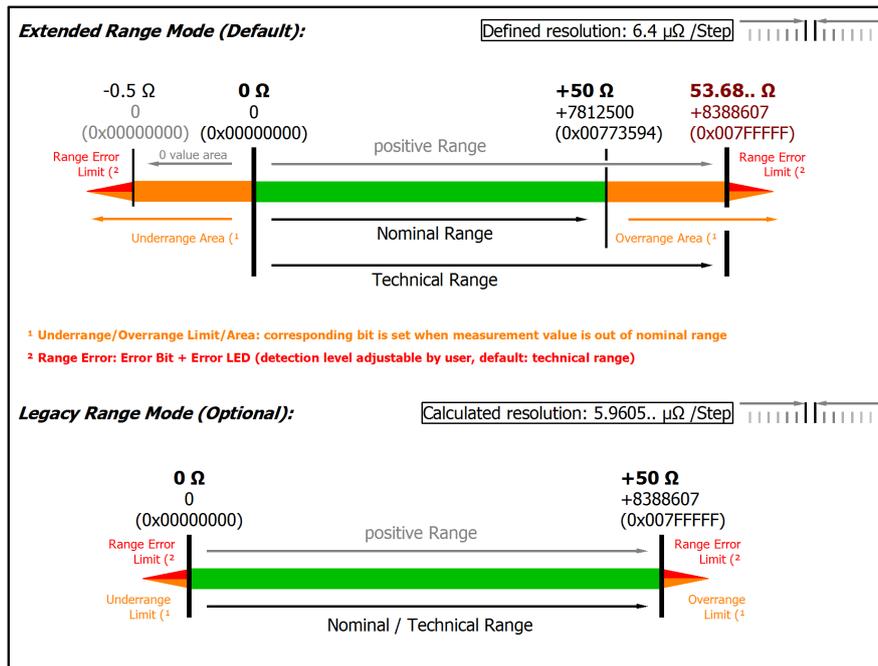


Abb. 139: Darstellung Widerstandsmessbereich 50 Ω

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein Error in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich Error = TRUE angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange Error ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem Error im PDO-Status.

3.13.2.5 Messung RTD

Anwendung auf die ELM370x

Grundsätzlich ist der elektrische Widerstandsmessbereich unabhängig von der RTD-Transformation einstellbar. Deshalb werden im Folgenden erzielbare Temperaturmessgenauigkeiten in Abhängigkeit vom elektrischen Widerstandsmessbereich angegeben. Bei der Wahl der Kombination ist darauf zu achten, dass je nach gewünschtem Einsatzbereich des Sensors der richtige, ausreichende elektrische Widerstandsbereich gewählt wird, z.B. wird der 50 Ω -Bereich in Kombination mit einem PT1000-Sensor nur selten sinnvoll sein. Es ist also eine Einstellung zu wählen für

- den elektrischen Widerstandsmessbereich in [Ω] im CoE 0x80n0:01
- die Transformation/Umrechnung $R \rightarrow \Omega$ im CoE 0x80n0:14

RTD-Messbereich

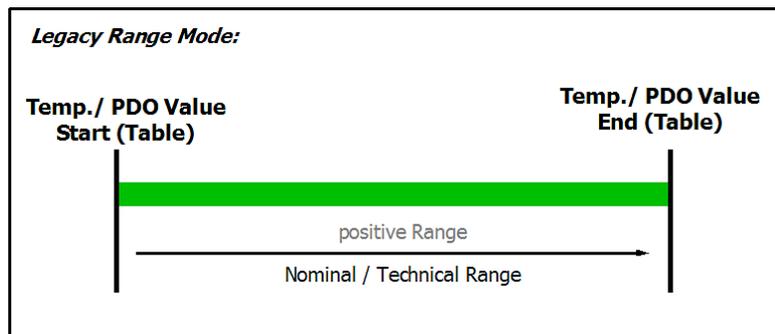


Abb. 140: Darstellung RTD-Messbereich

Im Temperatur-Modus steht nur der Legacy-Range zur Verfügung, der „Extended Range Modus“ ist nicht verfügbar.

Die Temperaturdarstellung in [$^{\circ}\text{C}/\text{digit}$] (z.B. $0,1^{\circ}/\text{digit}$ oder $0,01^{\circ}/\text{digit}$) ist unabhängig von der elektrischen Messung, sie ist „nur“ eine Anzeigeeinstellung und ergibt sich aus der PDO-Einstellung, siehe Kapitel Inbetriebnahme.

Implementierte Kennlinien, Übersicht

Von der ELM370x ab FW01 unterstützte RTD-Typen bzw. Transformationen

- None (keine Transformation)
- PT100 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- PT200 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- PT500 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- PT1000 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- NI100 (-60...250 $^{\circ}\text{C}$)
- NI120 (-60...320 $^{\circ}\text{C}$)
- NI1000 (-60...250 $^{\circ}\text{C}$)
- NI1000 TK5000 (-30...160 $^{\circ}\text{C}$)
- KT100/110/130/210/230 KTY10/11/13/16/19 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81/82-110,120,150 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-121 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-122 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-151 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-152 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81/82-210,220,250 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-221 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)

- KTY81-222 (-50...150°C)
- KTY81-251 (-50...150°C)
- KTY81-252 (-50...150°C)
- KTY83-110,120,150 (-50...175°C)
- KTY83-121 (-50...175°C)
- KTY83-122 (-50...175°C)
- KTY83-151 (-50...175°C)
- KTY83-152 (-50...175°C)
- KTY84-130,150 (-40...300°C)
- KTY84-151 (-40...300°C)
- KTY21/23-6 (-50...150°C)
- KTY1x-5 (-50...150°C)
- KTY1x-7 (-50...150°C)
- KTY21/23-5 (-50...150°C)
- KTY21/23-7 (-50...150°C)
- B-Parameter
- DIN IEC 60751
- Steinhart Hart

Die Pt-Typen sind nach DIN EN 60751/IEC751 implementiert mit

- $A = 0,0039083 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- $B = -5,775 * 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$
- $C = -4,183 * 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$

und somit $\alpha = 0,003851 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Werden andere Koeffizienten benötigt sind diese über die Einstellung „DIN IEC 60751“ direkt im CoE einzugeben, bei Rechnung nur mit α ist der CoE Scaler 0x80n0:2E „linear“ zu benutzen.

3.13.2.5.1 RTD-Messung mit Beckhoff Klemmen

RTD Spezifikation und Konvertierung

Die Temperaturmessung mit widerstandsabhängigem RTD-Sensor umfasst generell zwei Schritte:

- Elektrische Messung des Widerstands, ggf. in mehreren Ohm'schen Messbereichen
- Konvertierung (Umrechnung, Transformation) des Widerstands per Software in einem Temperaturwert nach eingestelltem RTD-Typ (Pt100, Pt1000...).

Beide Schritte können lokal im Beckhoff Messgerät stattfinden. Die Transformation im Gerät kann auch deaktiviert werden, wenn sie übergeordnet in der Steuerung gerechnet werden soll. Je nach Gerätetyp können mehrere RTD-Konvertierungen implementiert sein, die sich dann nur in Software unterscheiden. Dies bedeutet für Beckhoff RTD-Messgeräte, dass

- eine Spezifikation der elektrischen Widerstandsmessung gegeben ist
- und darauf aufbauend im Folgenden je nach unterstütztem RTD-Typ die Auswirkung für die Temperaturmessung angegeben wird. Zu beachten ist, dass RTD-Kennlinien immer als Formeln höherer Ordnung oder durch eine Stützstellentabelle in der Software realisiert werden, so dass eine lineare Übertragung $R \rightarrow T$ nur in einem engen Bereich sinnvoll ist.

Hinweis zu 2-/3-/4-Leiter-Anschluss im R/RTD-Betrieb

Bei der einfachen **2-Leiter-Messung** beeinflusst der Leitungswiderstand der zu dem Sensor geführten Zuleitungen den gemessenen Wert. Ist eine Reduzierung dieses systematischen Fehleranteils bei der 2-Leiter-Messung angestrebt, ist der Zuleitungswiderstand zum Messwiderstand einzurechnen, dieser Zuleitungswiderstand muss dann allerdings erst ermittelt werden.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheit dieses Zuleitungswiderstands kann dieser dann statisch in die laufende Rechnung einbezogen werden, z.B. bei der EL3751 über das CoE-Objekt [0x8000:13 \[► 591\]](#) und bei ELM350x/ ELM370x über das CoE-Objekt [0x80n0:13 \[► 591\]](#).

Eine z.B. durch Alterung oder Temperatur bedingte Widerstandsänderung der Zuleitung wird jedoch nicht automatisch erfasst. Gerade die Temperaturabhängigkeit von Kupferleitungen mit ~4000ppm/K (entspricht 0,4%/K!) ist nicht unwesentlich beim 24/7-Betrieb!

Durch die **3-Leiter-Messung** ist es möglich den systematischen Anteil zu eliminieren, unter der Annahme, dass die zwei Zuleitungen identisch sind. Bei dieser Messungsart wird der Leitungswiderstand einer Zuleitung dauernd gemessen. Der ermittelte Wert wird dann zwei Mal von dem Messergebnis abgezogen und der Leitungswiderstand so eliminiert. Dies führt technisch zu einer deutlich zuverlässigeren Messung. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit ist der Gewinn durch den 3-Leiter-Anschluss allerdings nicht so erheblich, da diese Annahme einer hohen Ungewissheit unterliegt - die einzelne, nicht nachgemessene Leitung könnte doch beschädigt oder unbemerkt widerstandsvariant sein.

Der 3-Leiter-Anschluss ist also ein technisch bewährter Ansatz, bei einer methodisch nach Messunsicherheit bewerteten Messung wird dringend der voll-kompensierte **4-Leiter-Anschluss** empfohlen.

Sowohl bei 2-Leiter- als auch bei 3-Leiter-Anschluss beeinflussen die Übergangswiderstände der Klemmkontakte den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

HINWEIS

Messung von kleinen Widerständen

Insbesondere bei Messungen im Bereich ca. $< 10 \Omega$ wird der 4-Leiter-Anschluss durch die relativ hohen Zuleitungs- und Übergangswiderstände unbedingt erforderlich. Zu bedenken ist auch dass bei solch niedrigen Widerständen die relative Messabweichung bezogen auf den MBE hoch werden kann - für solche Messungen sind ggf. Widerstandsmessklemmen mit kleinen Widerstands-Messbereichen wie z.B. die EL3692 in 4-Leiter-Messung zu verwenden

Entsprechende Überlegungen führen auch im Brückenbetrieb zu den gängigen Anschlussmethoden:

- Vollbrücke: 4-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 6-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Halbbrücke: 3-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 5-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Viertelbrücke: 2-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 3-Leiter-Anschluss mit theoretischer und 4-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation

Angaben zu den Sensortypen in nachfolgender Tabelle

I Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte zu den Sensortypen werden hier lediglich zu informativen Zwecken als Orientierungshilfe dargestellt. Alle Angaben sind ohne Gewähr und müssen mit dem Datenblatt des jeweiligen verwendeten Sensors überprüft werden.

Die RTD-Messung umfasst eine Verkettung von Mess- und Rechenelementen, die auf die erzielbare Messabweichung einwirken:

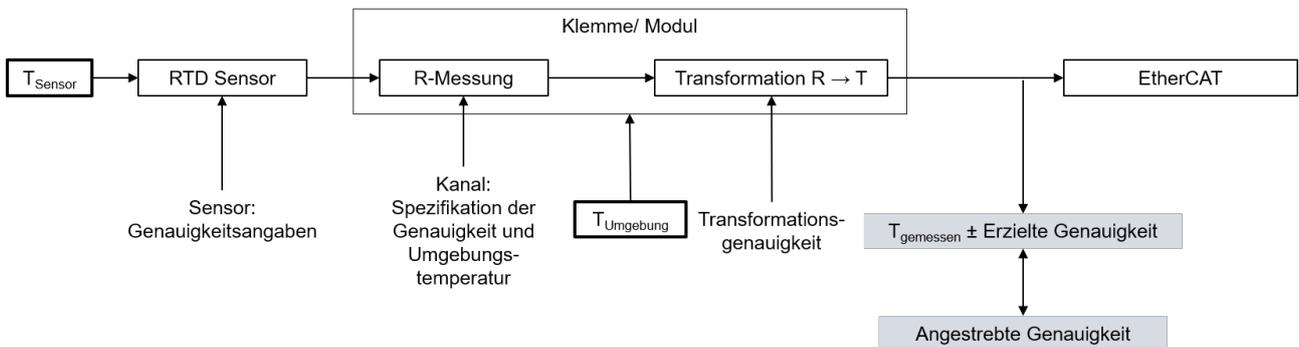


Abb. 141: Verkettung der Unsicherheiten in der RTD-Messung

Maßgebend für die erzielbare Temperatur-Messgenauigkeit ist die angegebene Widerstands-Spezifikation. Im Folgenden wird sie auf die möglichen RTD-Typen angewendet.

Aufgrund

- der bei RTD vorhandenen Nichtlinearität und damit der starken Abhängigkeit der Spezifikationsdaten von der Sensortemperatur T_{sens} und
- des Einflusses der Umgebungstemperatur auf das verwendete Analogeingangsgerät (führt zu einer Veränderung von T_{measured} aufgrund von $\Delta T_{\text{ambient}}$ obwohl $T_{\text{sens}} = \text{konstant}$)

werden im Folgenden keine detaillierten Temperatur-Spezifikationstabellen angegeben, sondern

- eine Kurztabelle mit Angabe des elektrischen Messbereichs und Orientierungswert für die Grundgenauigkeit
- eine grafische Darstellung der Grundgenauigkeit über T_{sens} (dies bei zwei Beispiel-Umgebungstemperaturen damit aufgrund der real vorliegenden Umgebungstemperatur grafisch auf die erzielbare Grundgenauigkeit geschlossen werden kann)
- Formeln, um weitere Kenngrößen (Offset/Gain/Nichtlinearität/Wiederholgenauigkeit/Rauschen) bei Bedarf aus der Widerstandsspezifikation beim gewünschten Betriebspunkt zu berechnen

Hinweise zur Berechnung detaillierter Spezifikationsangaben

Sind weitere Spezifikationsangaben von Interesse, können bzw. müssen sie aus den in der Widerstandsspezifikation gegebenen Werten berechnet werden.

Zum Ablauf:

- Allgemein: Die Umrechnung wird hier nur für einen Messpunkt (ein bestimmtes Eingangssignal) erklärt, bei mehreren Messpunkten (bis hin zum ganzen Messbereich) müssen die Schritte einfach wiederholt werden.
- Falls der gemessene Widerstand bei dem gemessenen Temperaturmesspunkt nicht bekannt ist, muss der Messwert (MW) in [Ω] ermittelt werden:
 $MW = R_{\text{Messpunkt}}(T_{\text{Messpunkt}})$ mithilfe einer R→T Tabelle
- Bei diesem Widerstandswert wird die Abweichung berechnet
 - Über die Gesamtformel

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + (TK_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise,PIF}})^2 + (TK_{\text{Offset}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

- oder einen Einzelwert, z.B. $F_{\text{Einzel}} = 15 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- muss die Messunsicherheit in [Ω] berechnet werden:
 $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Gesamt}}(R_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder: $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Einzel}}(R_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder (falls schon bekannt) z.B.: $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,03 \Omega$
- Dann muss die Steigung an der verwendeten Stelle ermittelt werden:
 $\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}) = [R(T_{\text{Messpunkt}} + 1^\circ\text{C}) - R(T_{\text{Messpunkt}})] / 1^\circ\text{C}$
 mithilfe einer R→T Tabelle

- Über die Widerstands-Messunsicherheit und die Steigung kann die Temperatur-Messunsicherheit berechnet werden
 $F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Widerstand}}(T_{\text{Messpunkt}})) / (\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}))$

- Um den Fehler des gesamten Systems bestehend aus RTD und dem Messgerät in [°C] zu ermitteln, müssen die beiden Fehler quadratisch addiert werden.

$$F_{\text{System}} = \sqrt{(F_{\text{Temp}})^2 + (F_{\text{RTD}})^2}$$

Im Folgenden drei Beispiele, die verwendeten Zahlenwerte dienen der Veranschaulichung. Maßgebend bleiben die in den techn. Daten genannten Spezifikationswerte.

Beispiel 1:

Grundgenauigkeit einer ELM3504 bei 35°C Umgebung, Messung von -100°C im PT1000-Interface (4-Leiter), ohne Rausch- und Alterungs-Einflüsse:

$T_{\text{Messpunkt}} = -100 \text{ }^\circ\text{C}$

$MW = R_{\text{PT1000, -100}^\circ\text{C}} = 602,56 \Omega$

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{((80 \text{ ppm} \cdot (602,56 \Omega) / (2000 \Omega))^2 + (10 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K} \cdot (602,56 \Omega) / (2000 \Omega))^2 + (30 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + \dots + (65 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (10 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (1,5 (\text{ppm}_{\text{MBE}}) / \text{K} \cdot 12 \text{ K})^2)}$$

$= 86,238 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$

$F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 86,238 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \Omega = 0,1725 \Omega$

$\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R(-99 \text{ }^\circ\text{C}) - R(-100 \text{ }^\circ\text{C})) / (1 \text{ }^\circ\text{C}) = 4,05 \Omega/^\circ\text{C}$

$F_{\text{ELM3504@35}^\circ\text{C, PT1000, -100}^\circ\text{C}} = (0,1725 \Omega) / (4,05 \Omega/^\circ\text{C}) \approx 0,043 \text{ }^\circ\text{C}$ (bedeutet $\pm 0,043 \text{ }^\circ\text{C}$)

Beispiel 2:

Betrachtung allein der Wiederholgenauigkeit unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = -100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$MW = R_{\text{Messpunkt}} (-100 \text{ }^\circ\text{C}) = 602,56 \text{ } \Omega$$

$$F_{\text{Einzel}} = 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Widerstand}} = 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \text{ } \Omega = 0,02 \text{ } \Omega$$

$$\Delta R_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R_{-99^\circ\text{C}} - R_{-100^\circ\text{C}}) / 1^\circ\text{C} = 4,05 \text{ } \Omega/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,02 \text{ } \Omega / 4,05 \text{ } \Omega/^\circ\text{C} \approx 0,005^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm 0,005 \text{ }^\circ\text{C)}$$

Beispiel 3:

Betrachtung allein des RMS-Rauschens ohne Filter unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = -100^\circ\text{C}$$

$$MW = R_{\text{Messpunkt}} (-100^\circ\text{C}) = 602,56 \text{ } \Omega$$

$$F_{\text{Einzel}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Widerstand}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \text{ } \Omega = 0,074 \text{ } \Omega$$

$$\Delta R_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R_{-99^\circ\text{C}} - R_{-100^\circ\text{C}}) / 1^\circ\text{C} = 4,05 \text{ } \Omega/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,074 \text{ } \Omega / 4,05 \text{ } \Omega/^\circ\text{C} \approx 0,018^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm 0,018^\circ\text{C)}$$

Beispiel 4:

Wird das Rauschen $F_{\text{Noise, PtP}}$ der o.a. Beispielklemme nicht nur für einen Sensorpunkt -100°C sondern allgemein betrachtet ergibt sich folgender Plot:

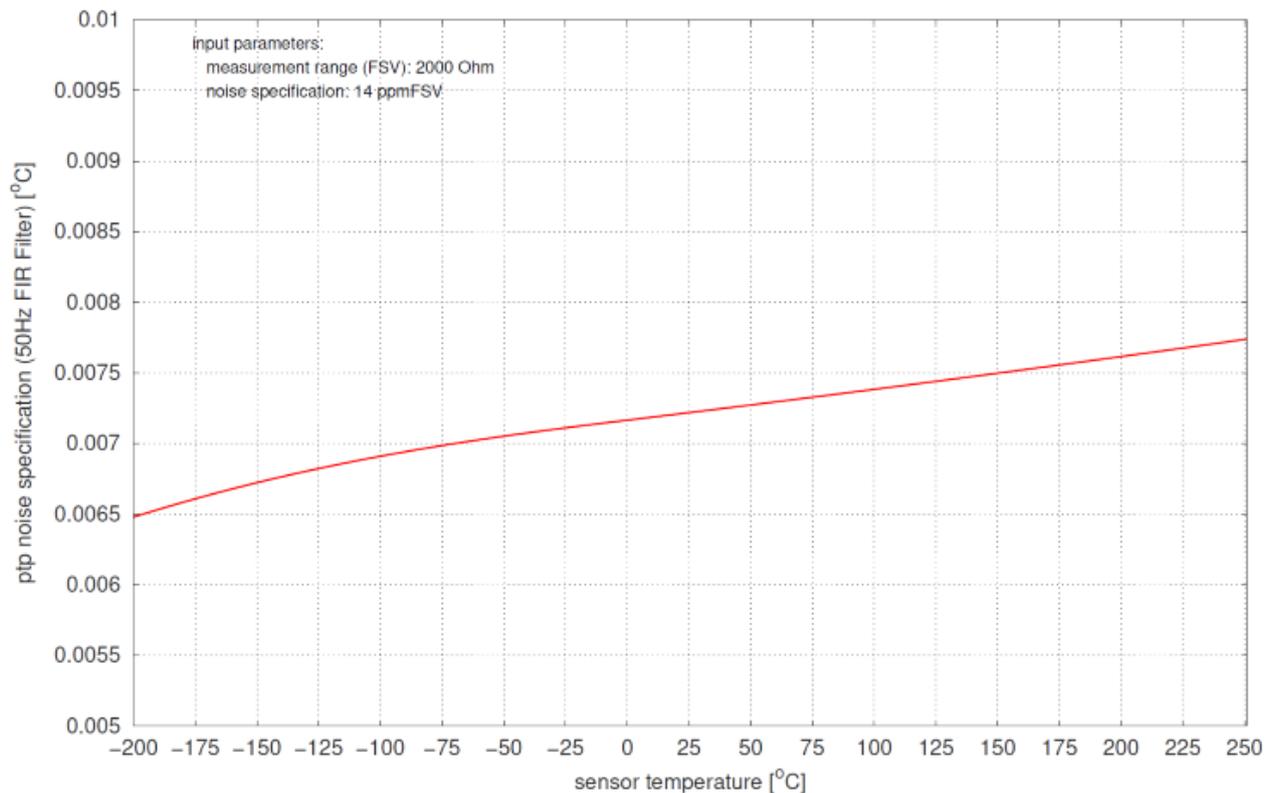


Abb. 142: Diagramm Rauschen $F_{\text{Noise, PtP}}$ in Abhängigkeit zur Sensortemperatur

Einstellung „B-Parameter Equation“ für NTC-Sensoren

Die B-Parameter-Gleichung kann auf NTC-Sensoren (Heißeiter), d.h. RTD-Elemente mit negativem Koeffizienten k, angewendet werden.

$$R(T) = RT_0 \cdot e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Dabei gibt der Koeffizienten RT0 den Widerstand bei der Temperatur T0 an, der B-Parameter kann den Angaben des Sensorherstellers entnommen oder durch Messung des Widerstandes bei zwei bekannten Temperaturen bestimmt werden.

In der Dokumentation zur EL3204-0200 ist dazu eine hilfreiche Excel-Datei zu finden.

Die Parameter sind dann im CoE 0x80n7 einzugeben

8007:0	PAI RTD Settings Ch.1	RW	> 6 <
8007:01	R0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:02	T0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:03	A Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:04	B Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:05	C Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:06	D Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)

Abb. 143: ELM37xx/ CoE-Objekt 0x80n7: PAI RTD Settings Ch.1

mit

RT0 → 0x80n7:01

B → 0x80n7:04

T0 → 0x80n7:02

Einstellung „DIN IEC 60751“ für Pt-Sensoren

Die Berechnung für T > 0°C nach

$$T = \frac{-AR_0 + \sqrt{(AR_0)^2 - 4BR_0(R_0 - R)}}{2BR_0}$$

ist implementiert, die Parameter sind dann im CoE 0x80n7 einzugeben

8007:0	PAI RTD Settings Ch.1	RW	> 6 <
8007:01	R0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:02	T0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:03	A Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:04	B Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:05	C Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:06	D Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)

mit

A bzw. α → 0x80n7:03

B bzw. β → 0x80n7:04

R0 → 0x80n7:01

Einstellung „Steinhart Hart“ für NTC-Sensoren

Die Steinhart-Hart Gleichung kann auf NTC-Sensoren (Heißleiter), d.h. RTD-Elemente mit negativem Koeffizienten k, angewendet werden.

$$\frac{1}{T} = A + B \cdot \ln(R) + C \cdot (\ln(R))^2 \cdot D \cdot (\ln(R))^3$$

Die Koeffizienten C1, C2 und C4 können entweder direkt den Herstellerdaten entnommen, oder aber berechnet werden. Zur Berechnung der Steinhart-Hart Parameter steht ebenfalls in der EL3204-0200 Dokumentation eine Beispieldatei zur Verfügung. Zur Bestimmung der Parameter werden die Widerstandswerte bei drei bekannten Temperaturen benötigt. Diese können entweder den Herstellerdaten entnommen oder direkt am Sensor gemessen werden. Der Parameter C3 läuft in den meisten Fällen gegen Null, und ist somit zu vernachlässigen, er wird daher nicht in der Berechnung der Beispieldatei berücksichtigt.

Die Parameter sind dann im CoE 0x80n7 einzugeben

8007:0	PAI RTD Settings Ch.1	RW	> 6 <
8007:01	R0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:02	T0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:03	A Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:04	B Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:05	C Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:06	D Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)

mit

A → 0x80n7:03

B → 0x80n7:04

C → 0x80n7:05

D → 0x80n7:06

3.13.2.5.2 Spezifikation Hinweise

Spezifikation der RTD-Messung

Im Folgenden eine Übersicht für einige oft genutzte RTD-Typen über die erzielbaren RTD-Messunsicherheiten, je nach RTD-Typ und verwendetem Messbereich. Die grafischen Darstellungen bieten eine schnelle Orientierung, um für die jeweilige Messaufgabe die bestmögliche Einstellung wählen zu können.

Die Messunsicherheit des RTD-Sensors selbst (Genauigkeitsklasse) ist für das Endergebnis noch hinzuzurechnen.

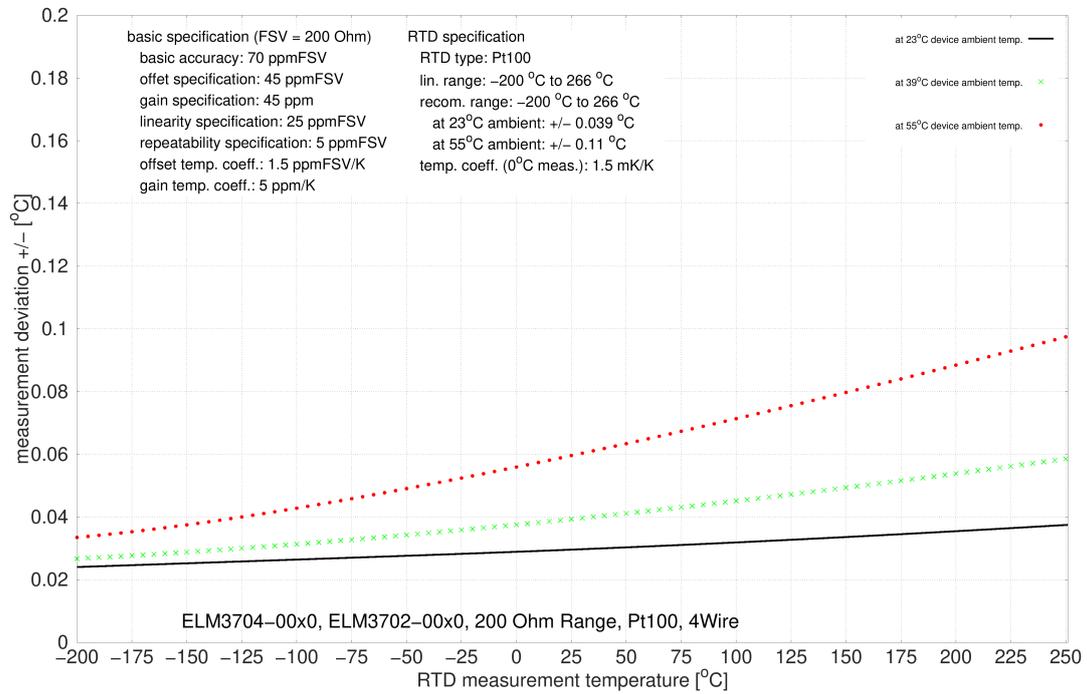
3.13.2.5.3 Spezifikation PT100

Verwendeter elektr. Messbereich	200 Ω		500 Ω		2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704 -1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-200°C		-200°C		-200°C		-200°C		X
Endwert	266°C		850°C		850°C		850°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,039 K	< ±0,2 K	< ±0,074 K	< ±0,33 K	< ±0,18 K	< ±0,56 K	< ±0,45 K	< ±0,9 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,11 K	< ±0,45 K	< ±0,24 K	< ±0,65 K	< ±0,3 K	< ±1,3 K	< ±0,57 K	< ±1,6 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,5 mK/K	< 11 mK/K	< 1,9 mK/K	< 11 mK/K	< 2,9 mK/K	< 26 mK/K	< 6,6 mK/K	< 26 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung								X

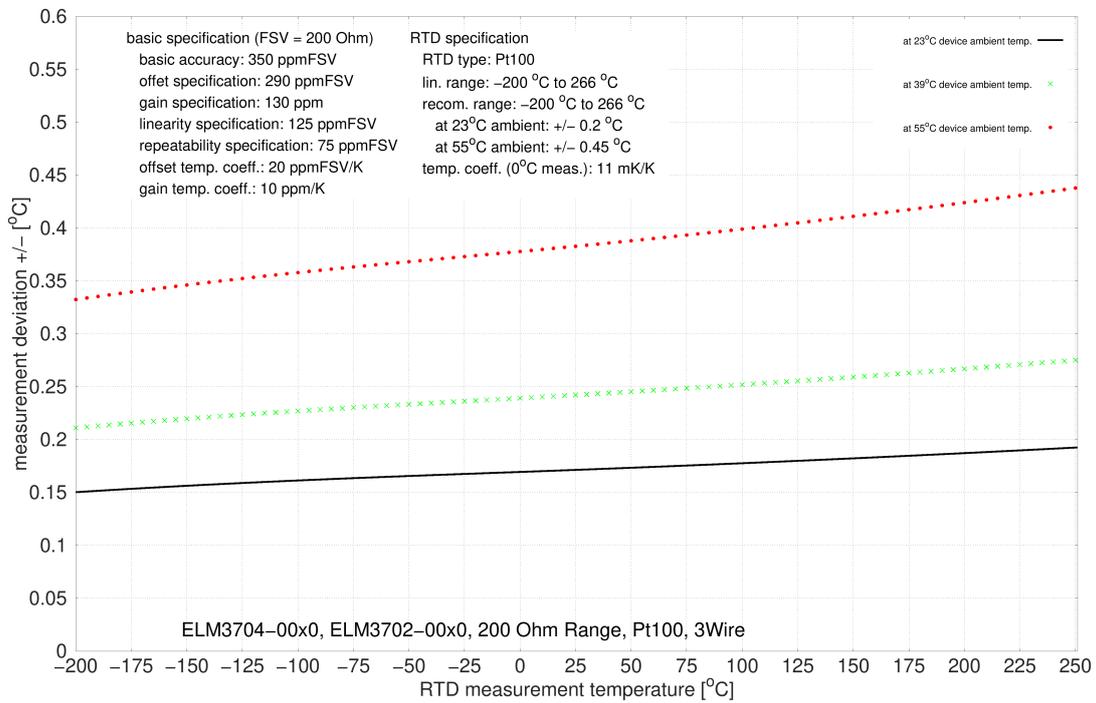
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

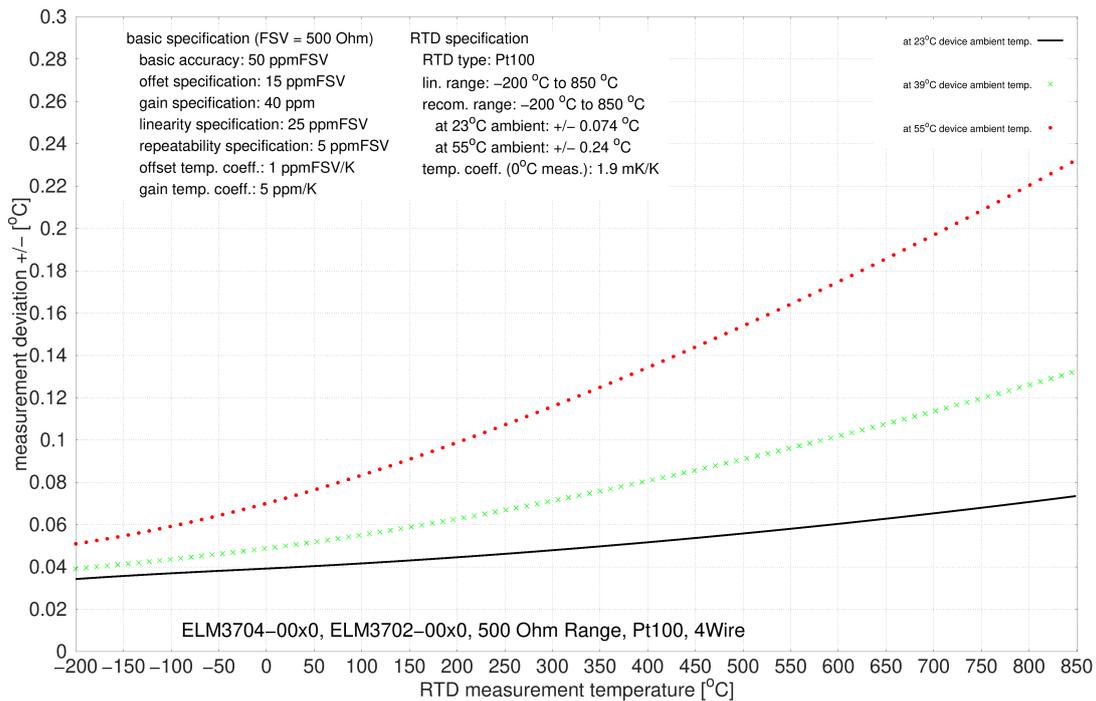
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 200 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



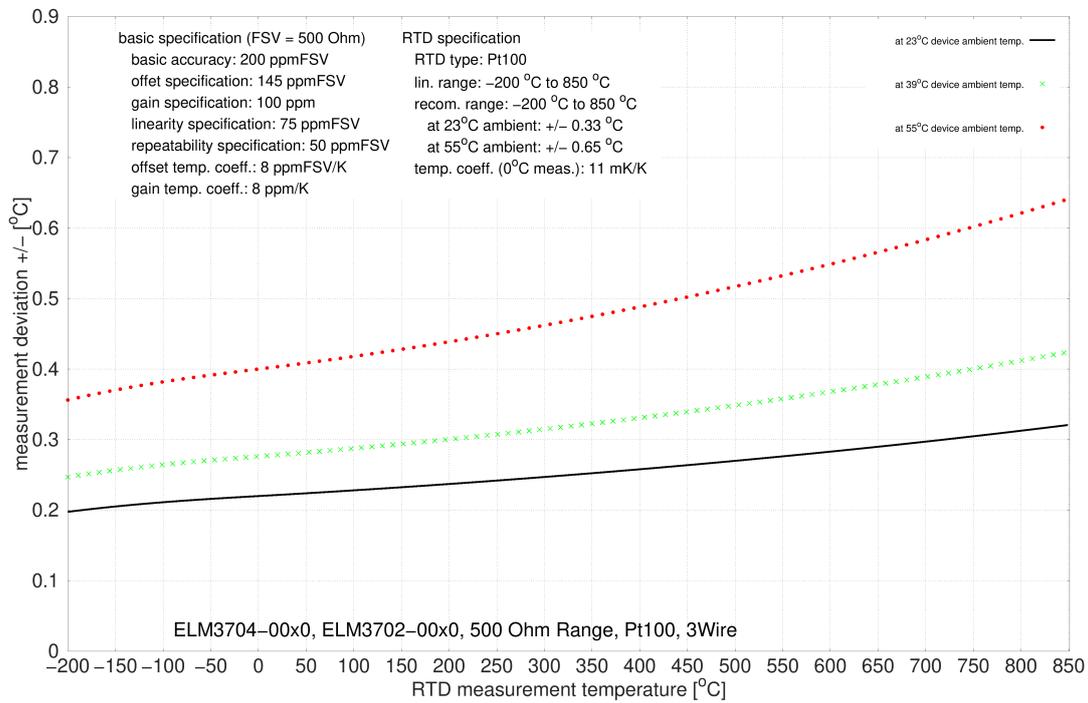
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 200 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



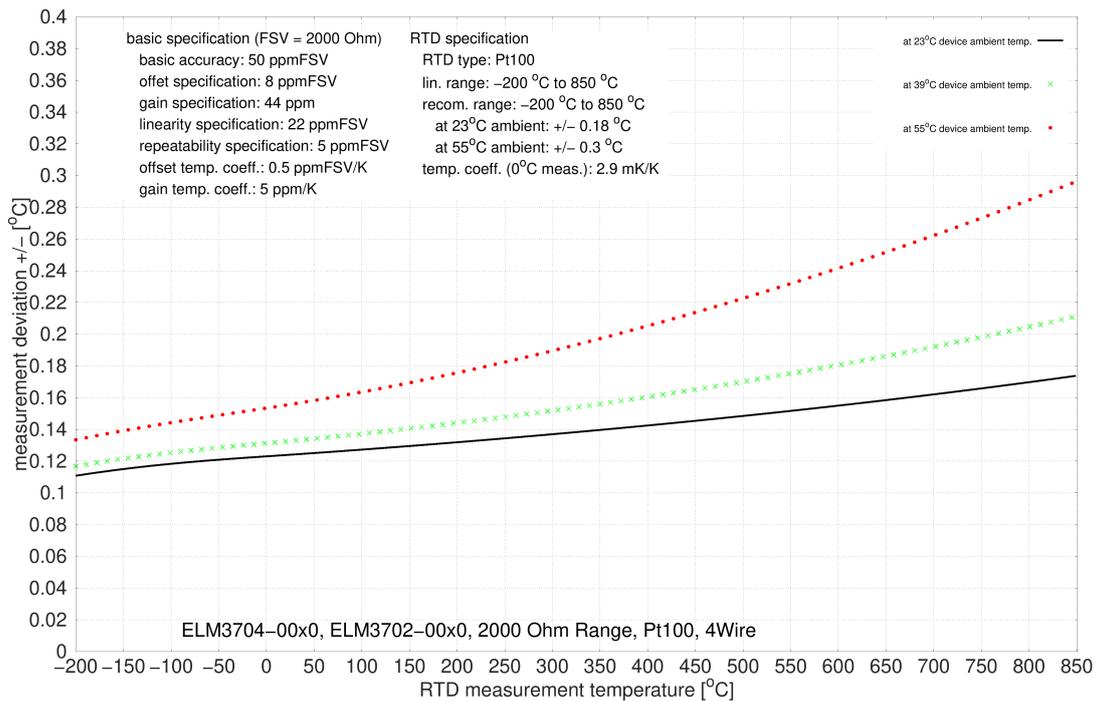
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



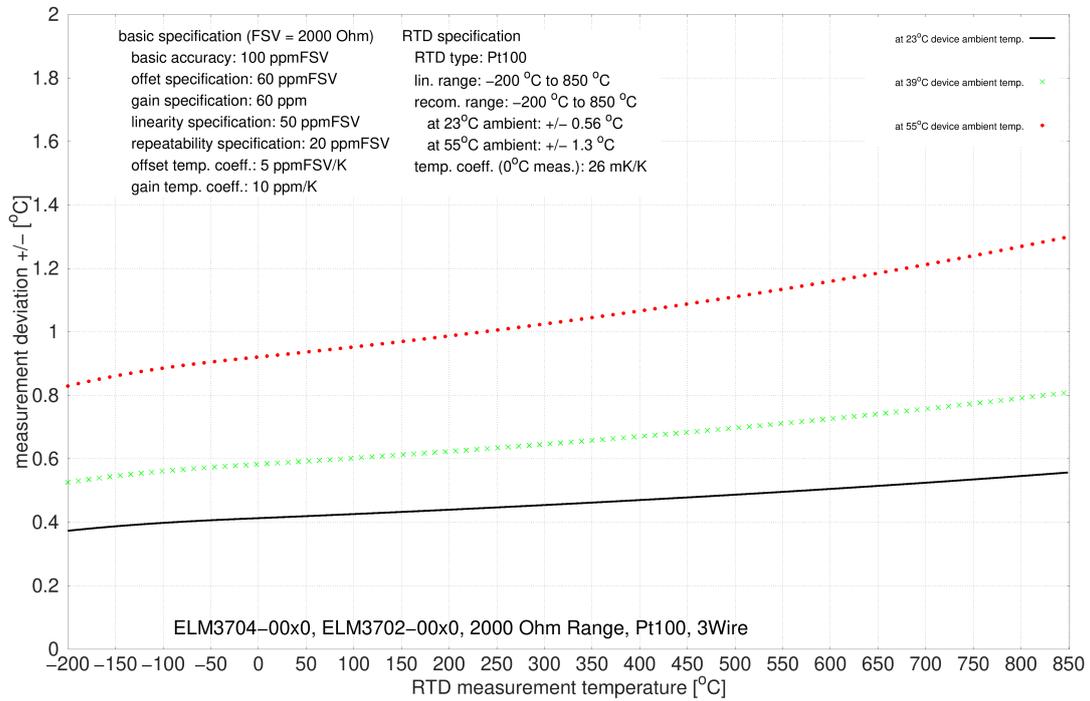
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 500 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



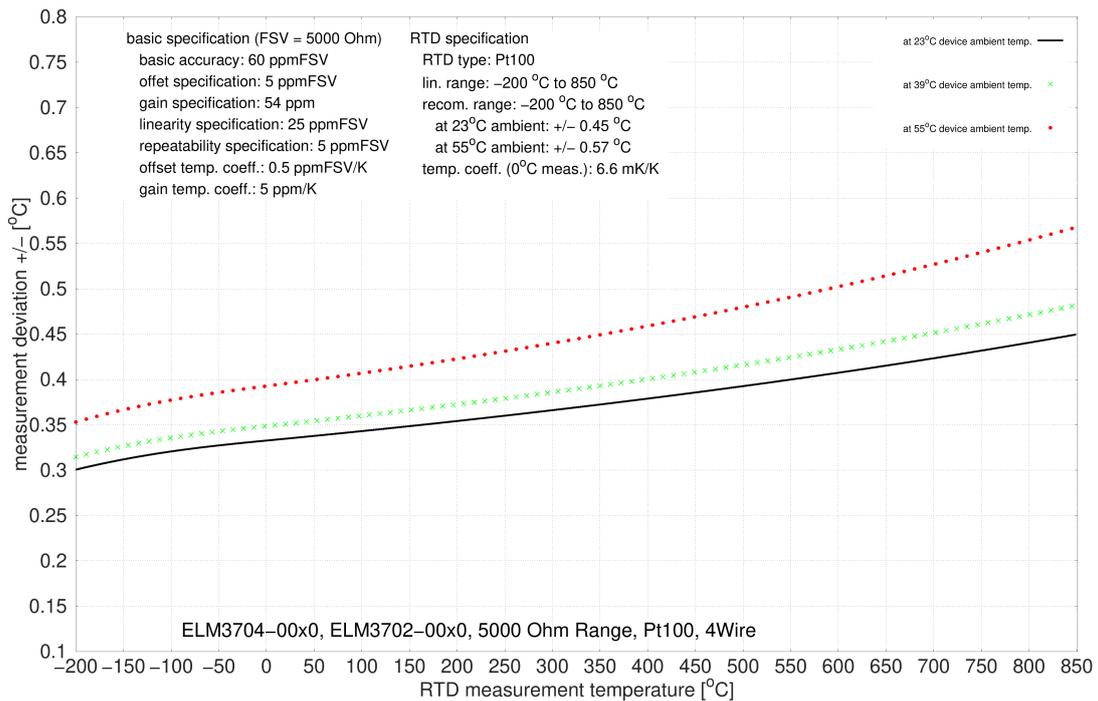
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



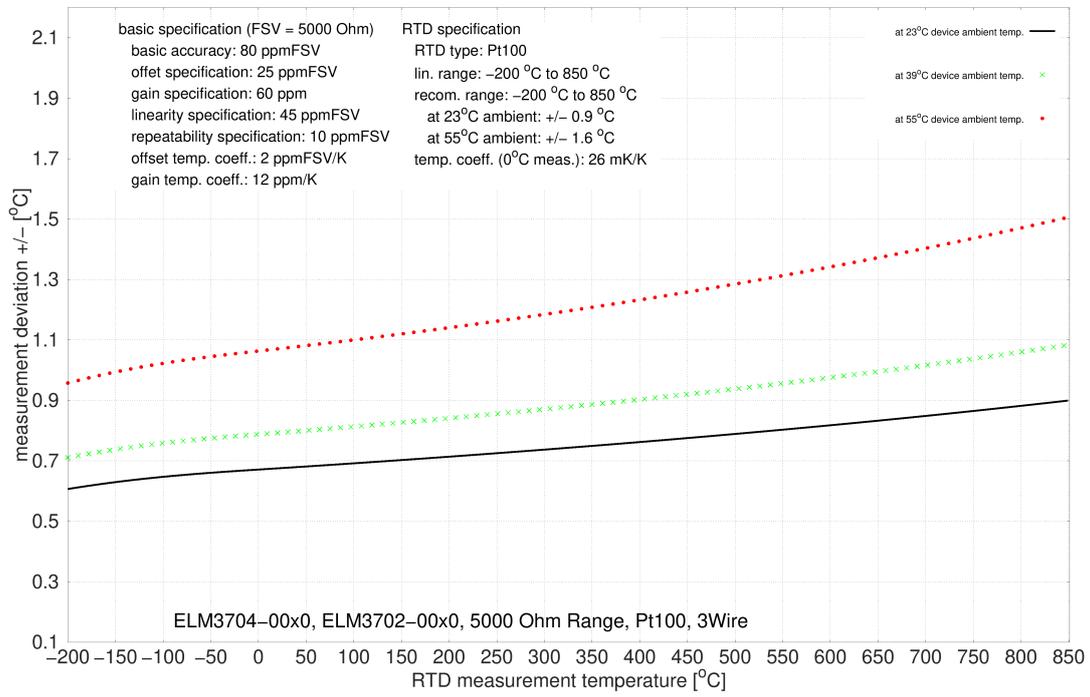
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



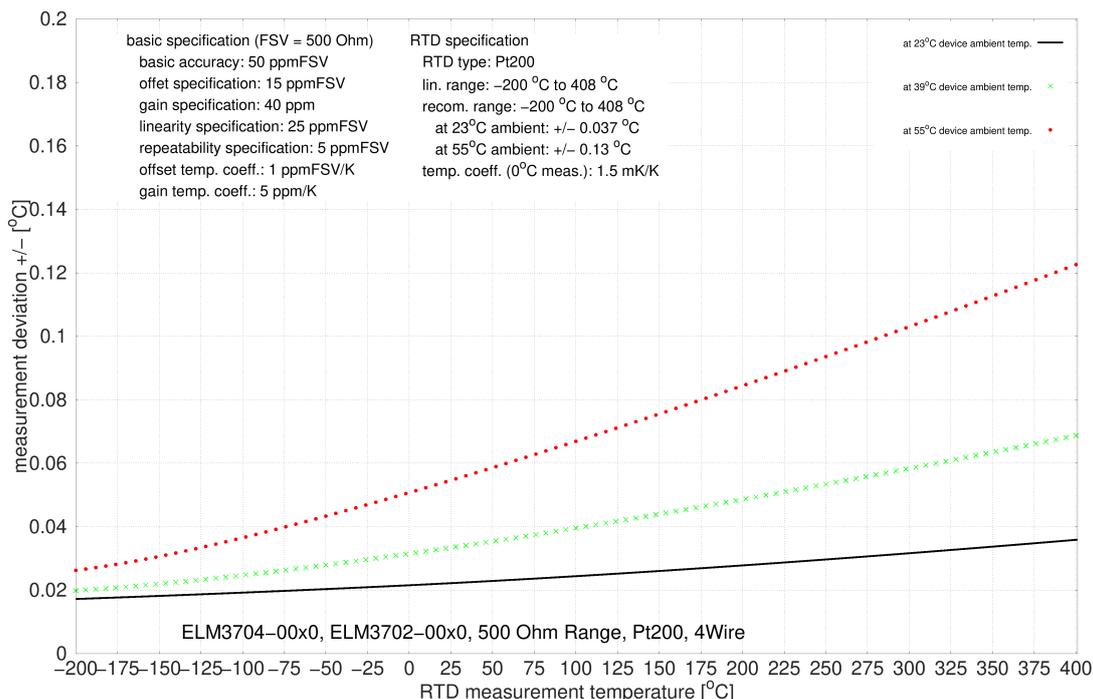
3.13.2.5.4 Spezifikation PT200

Verwendeter elektr. Messbereich	500 Ω		2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704 -1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-200°C		-200°C		-200°C		X
Endwert	408°C		850°C		850°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,037 K	< ±0,15 K	< ±0,11 K	< ±0,29 K	< ±0,24 K	< ±0,46 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,13 K	< ±0,3 K	< ±0,25 K	< ±0,76 K	< ±0,35 K	< ±0,88 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,5 mK/K	< 5,6 mK/K	< 1,9 mK/K	< 14 mK/K	< 3,5 mK/K	< 14 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung						X

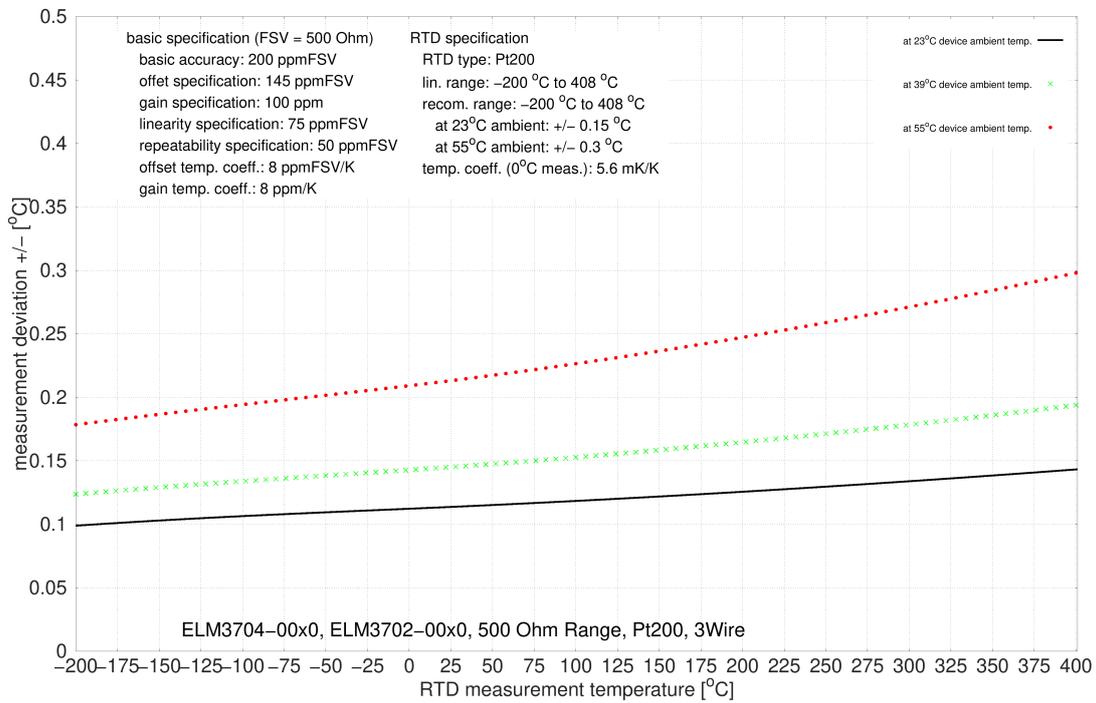
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

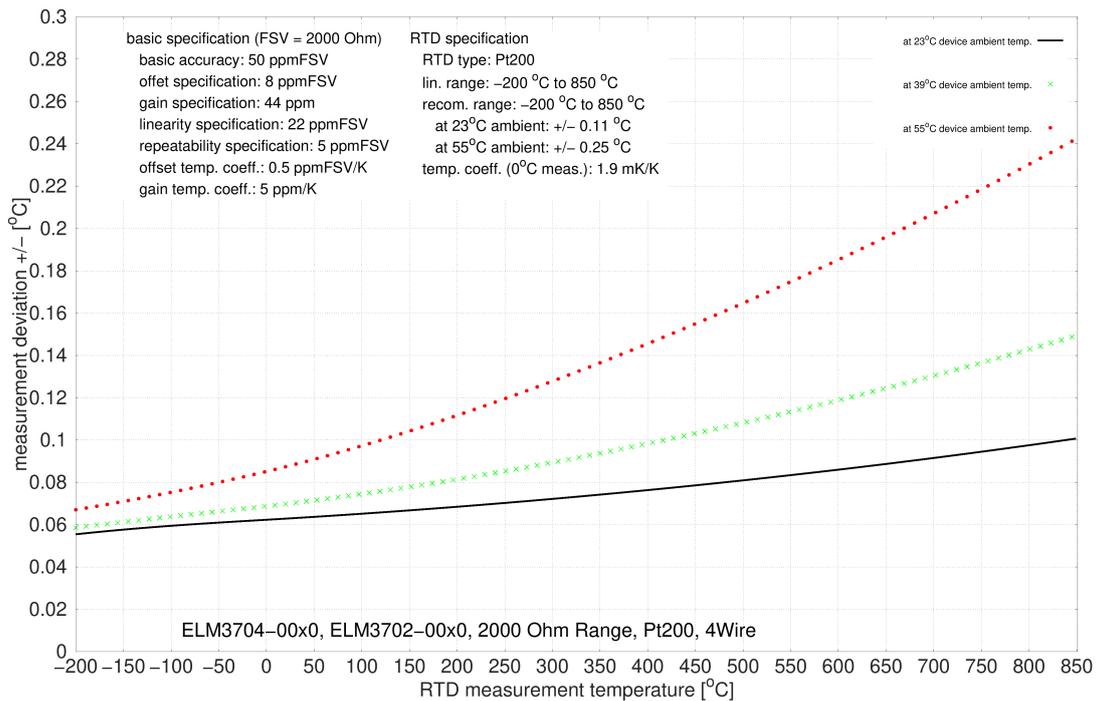
Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



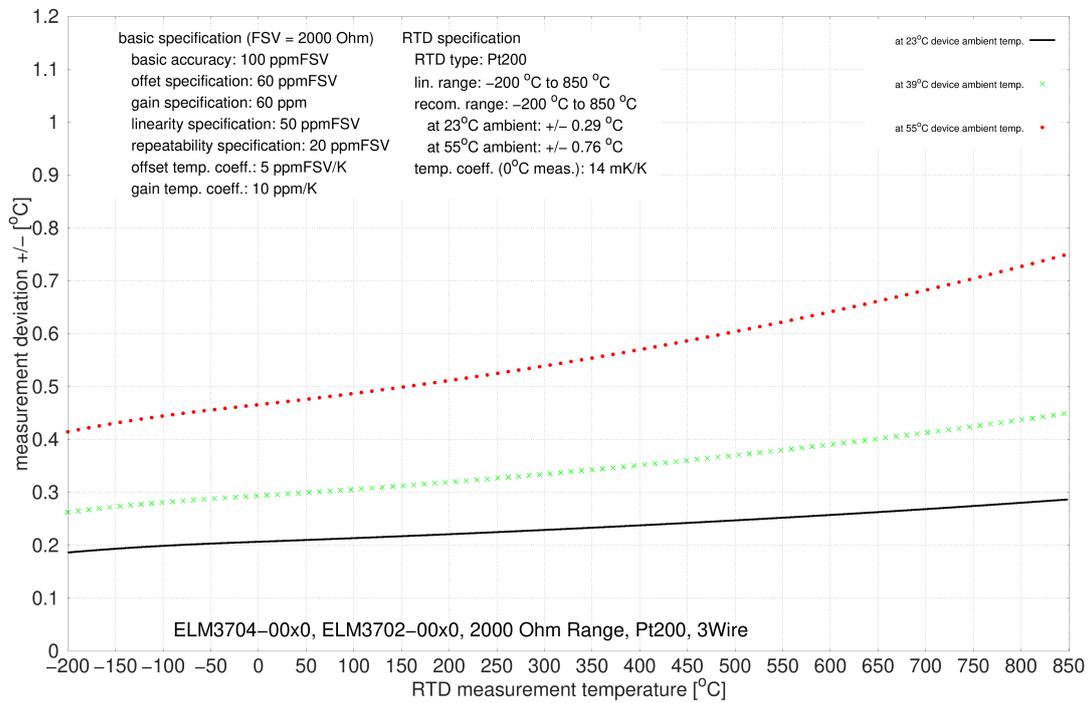
Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 500 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



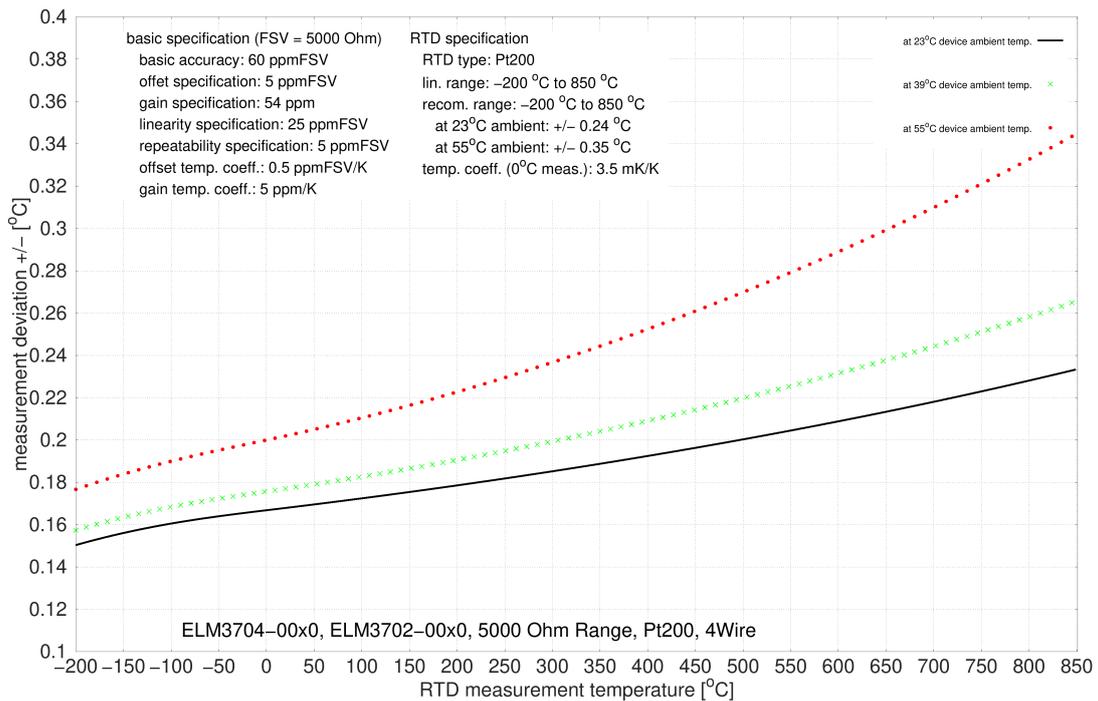
Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



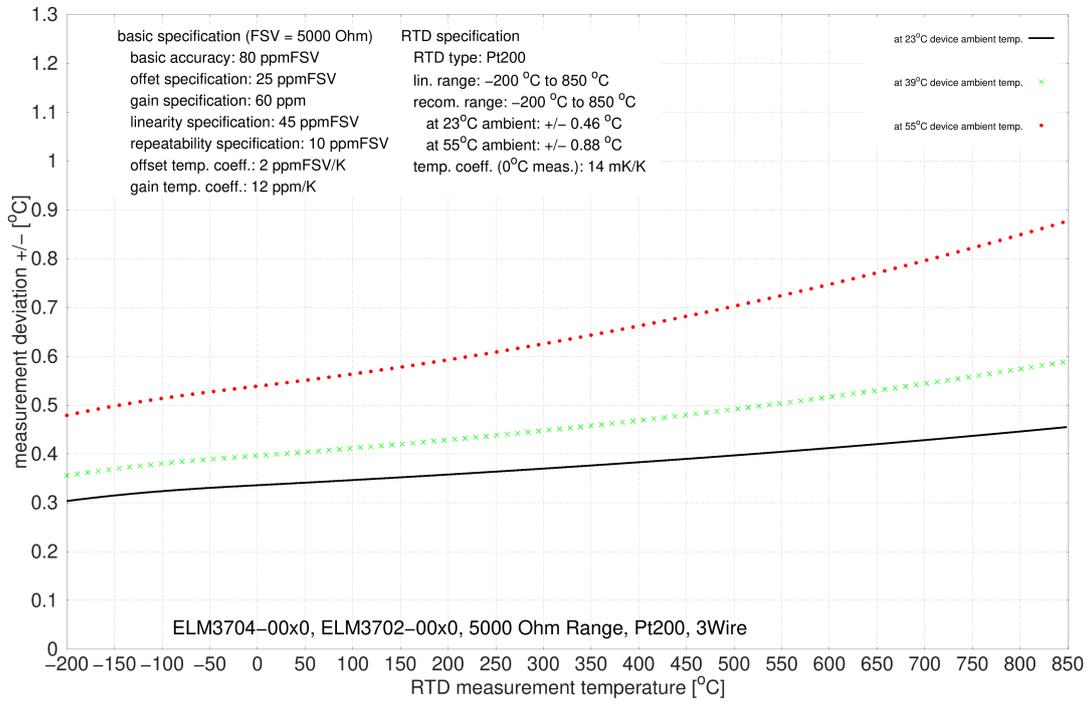
Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



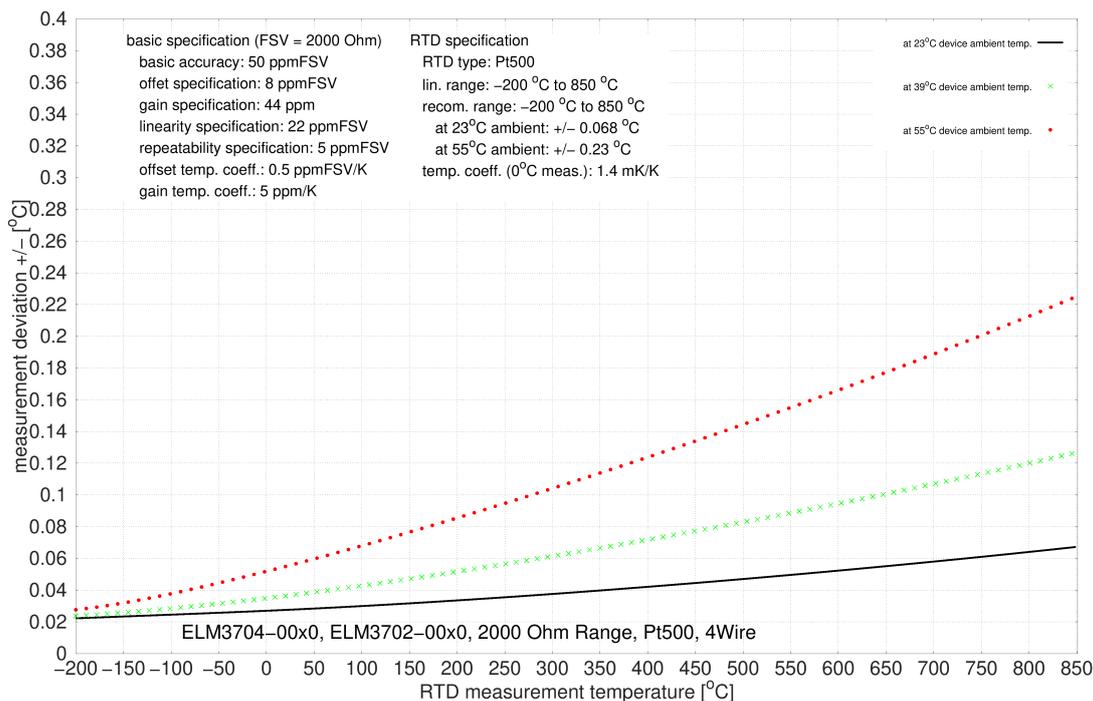
3.13.2.5.5 Spezifikation PT500

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704-1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-200°C		-200°C		X
Endwert	850°C		850°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,068 K	< ±0,14 K	< ±0,12 K	< ±0,2 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,23 K	< ±0,5 K	< ±0,25 K	< ±0,6 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,4 mK/K	< 5,8 mK/K	< 1,9 mK/K	< 6 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung				X

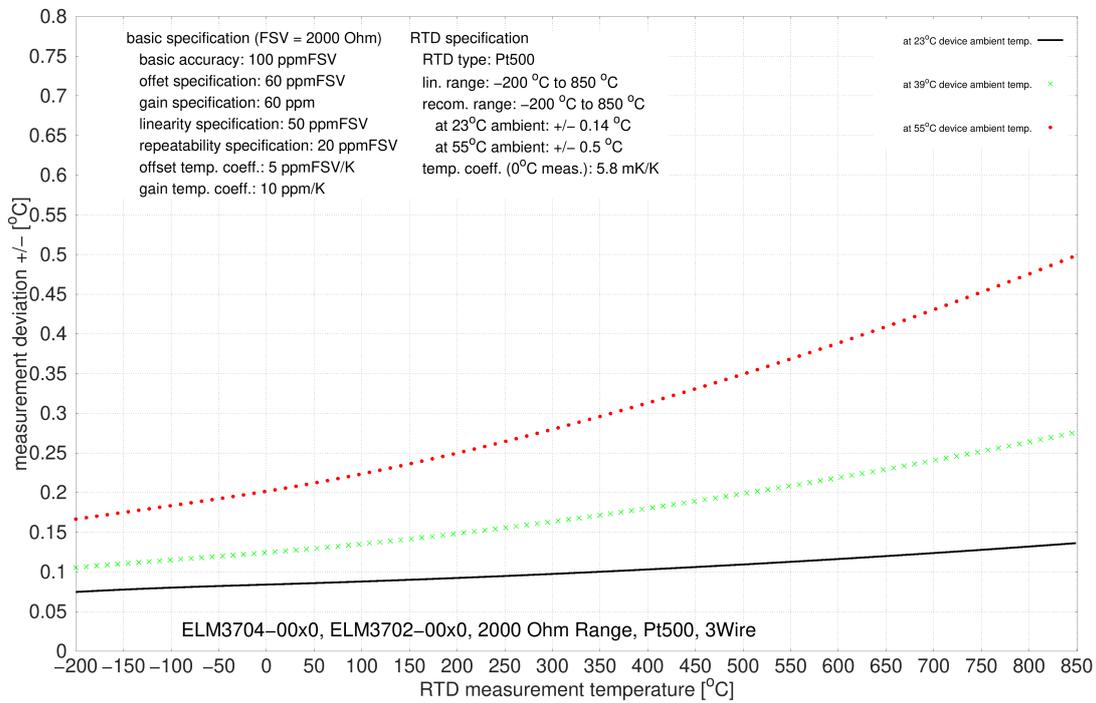
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

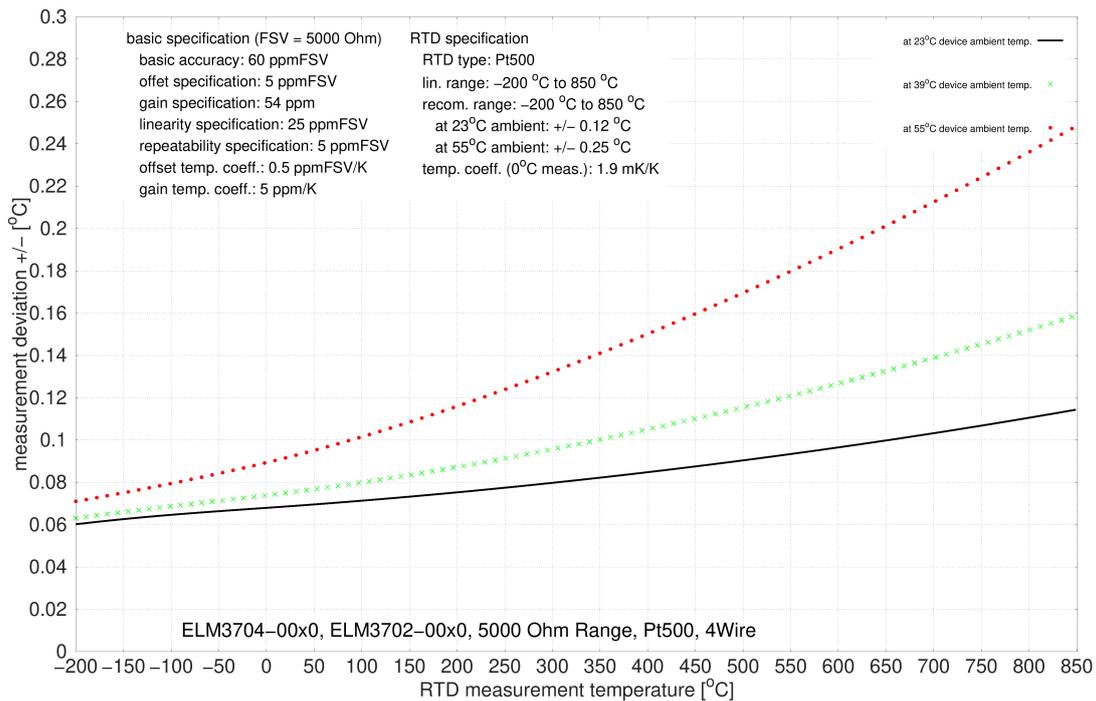
Messunsicherheit für Pt500 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



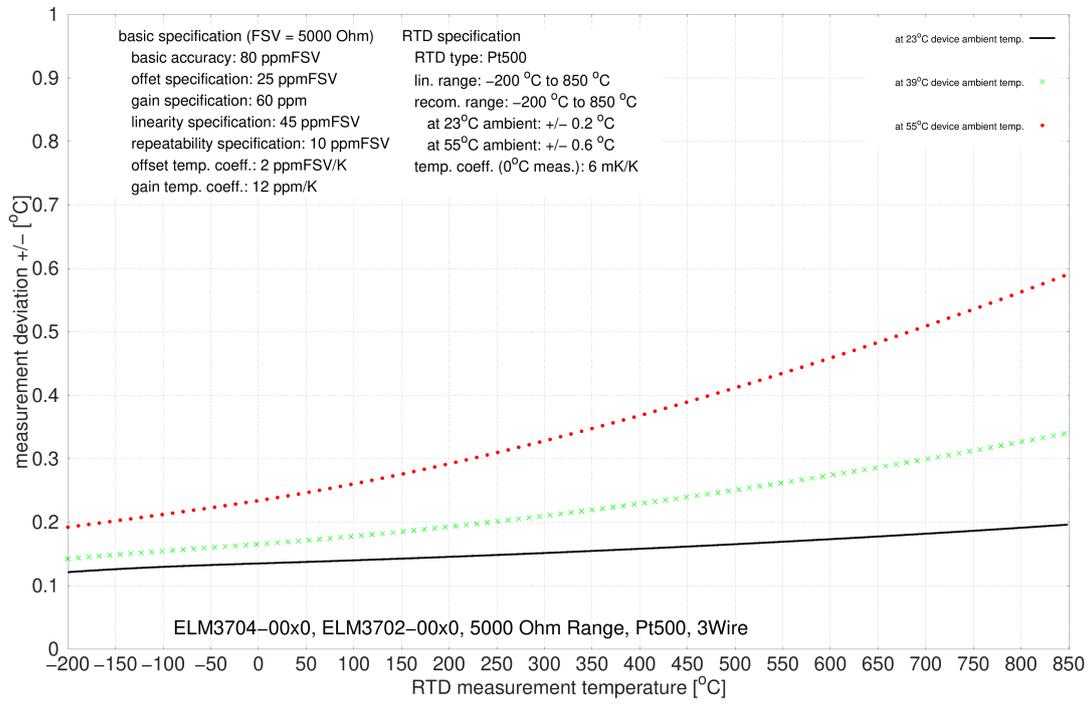
Messunsicherheit für Pt500 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt500 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt500 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



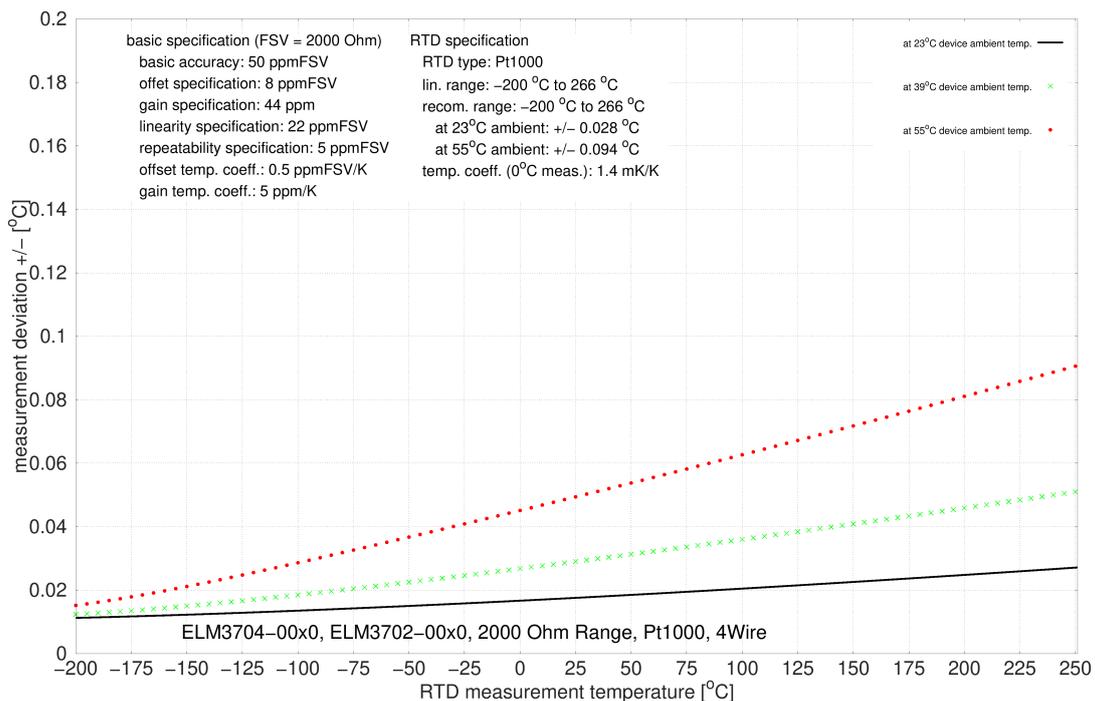
3.13.2.5.6 Spezifikation PT1000

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704-1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-200°C		-200°C		X
Endwert	266°C		850°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,028 K	< ±0,056 K	< ±0,085 K	< ±0,13 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,094 K	< ±0,21 K	< ±0,24 K	< ±0,54 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ	< 1,4 mK/K	< 3,7 mK/K	< 1,5 mK/K	< 4 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung				X

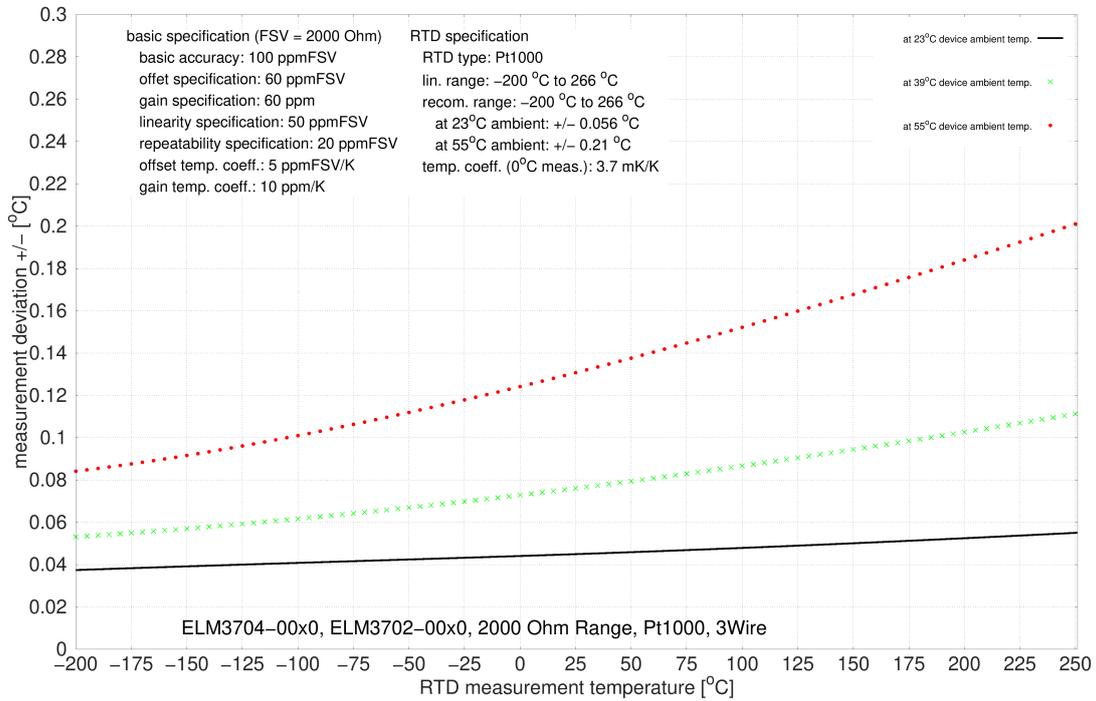
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

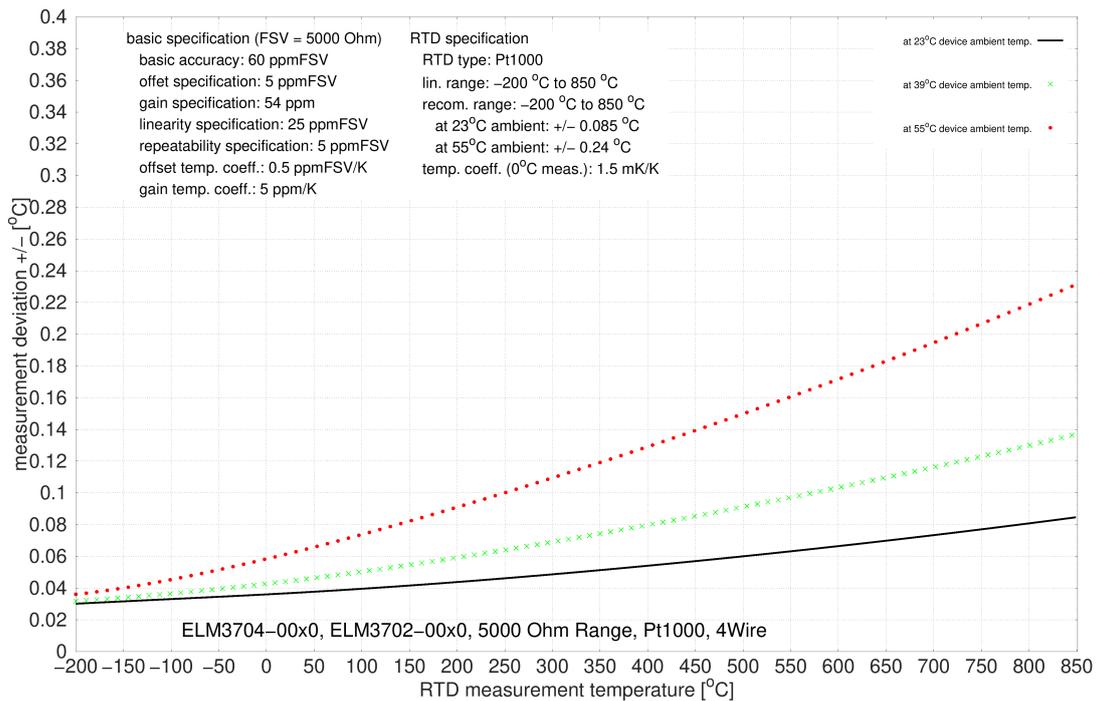
Messunsicherheit für Pt1000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



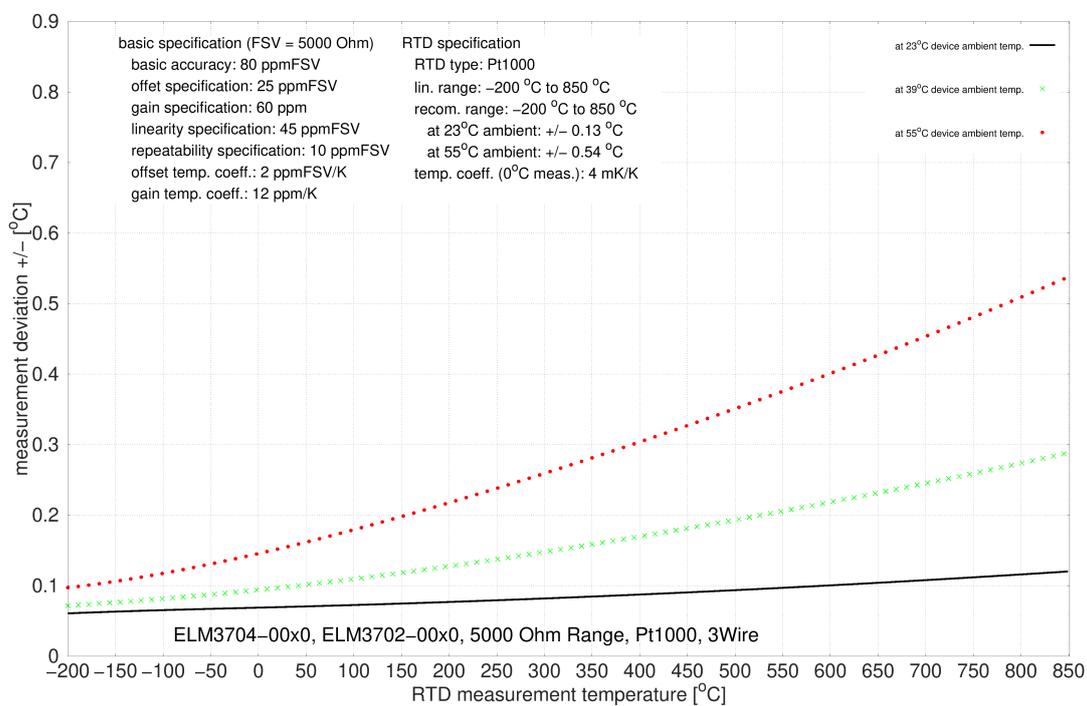
Messunsicherheit für Pt1000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt1000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt1000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



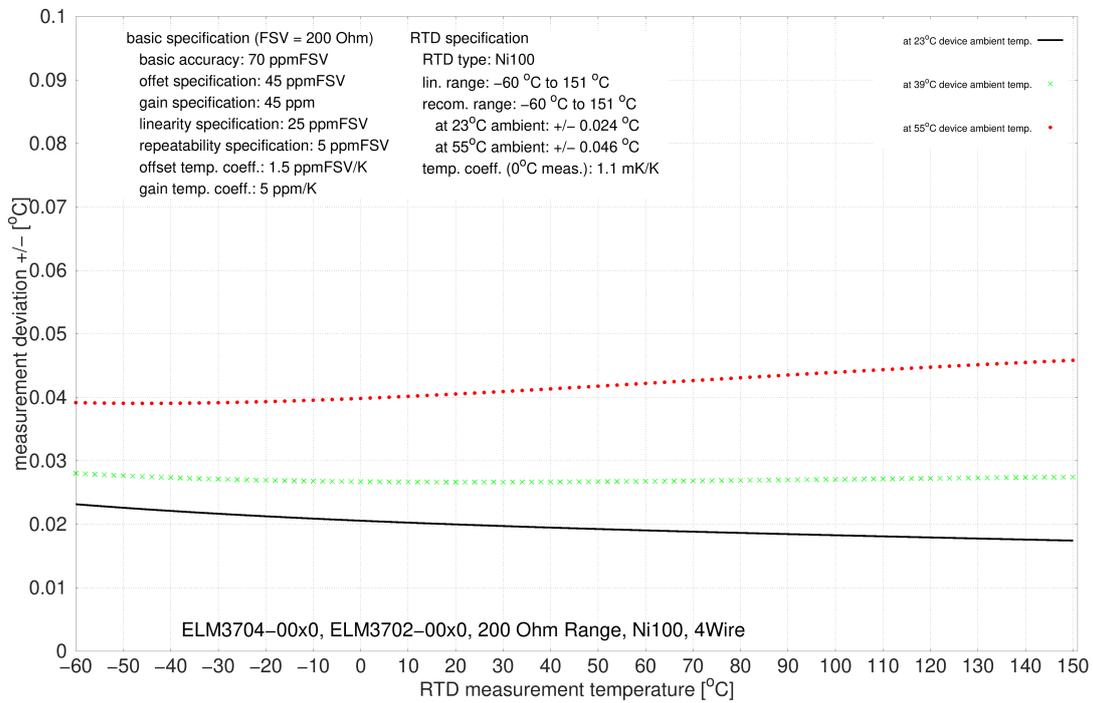
3.13.2.5.7 Spezifikation NI100

Verwendeter elektr. Messbereich	200 Ω		500 Ω		2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704 -1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-60°C		-60°C		-60°C		-60°C		X
Endwert	151°C		250°C		250°C		250°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,024 K	< ±0,15 K	< ±0,033 K	< ±0,19 K	< ±0,11 K	< ±0,35 K	< ±0,28 K	< ±0,57 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,046 K	< ±0,32 K	< ±0,053 K	< ±0,34 K	< ±0,13 K	< ±0,77 K	< ±0,33 K	< ±0,89 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,1 mK/K	< 7,6 mK/K	< 1,3 mK/K	< 7,5 mK/K	< 2,1 mK/K	< 19 mK/K	< 4,7 mK/K	< 19 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung								X

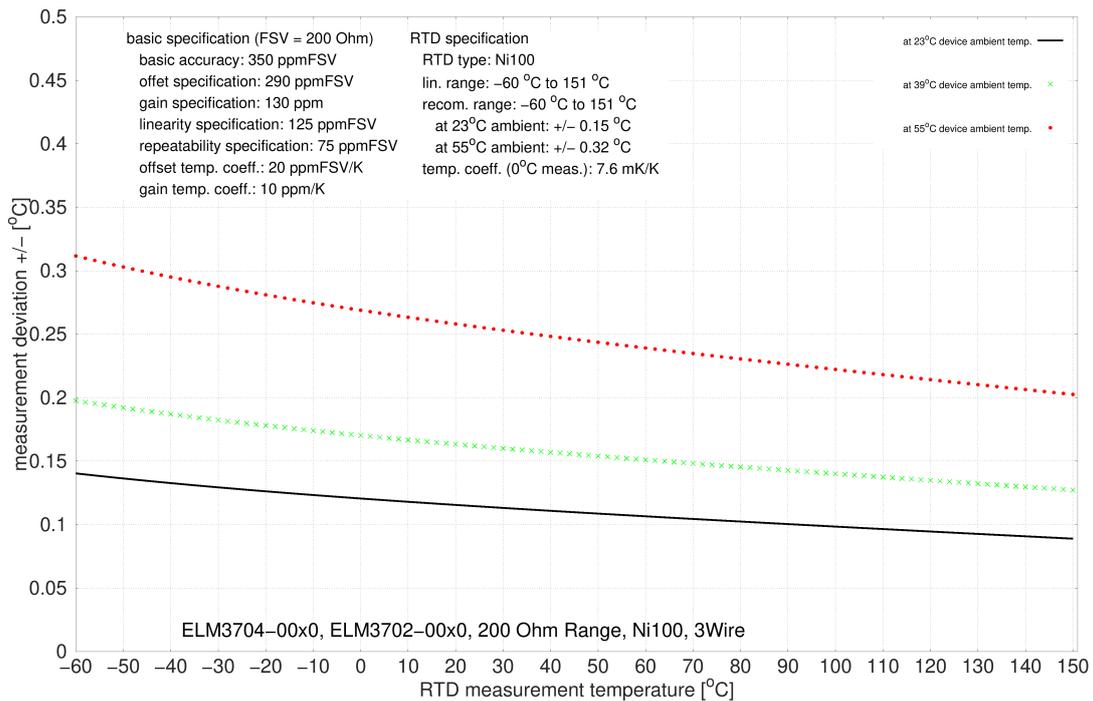
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

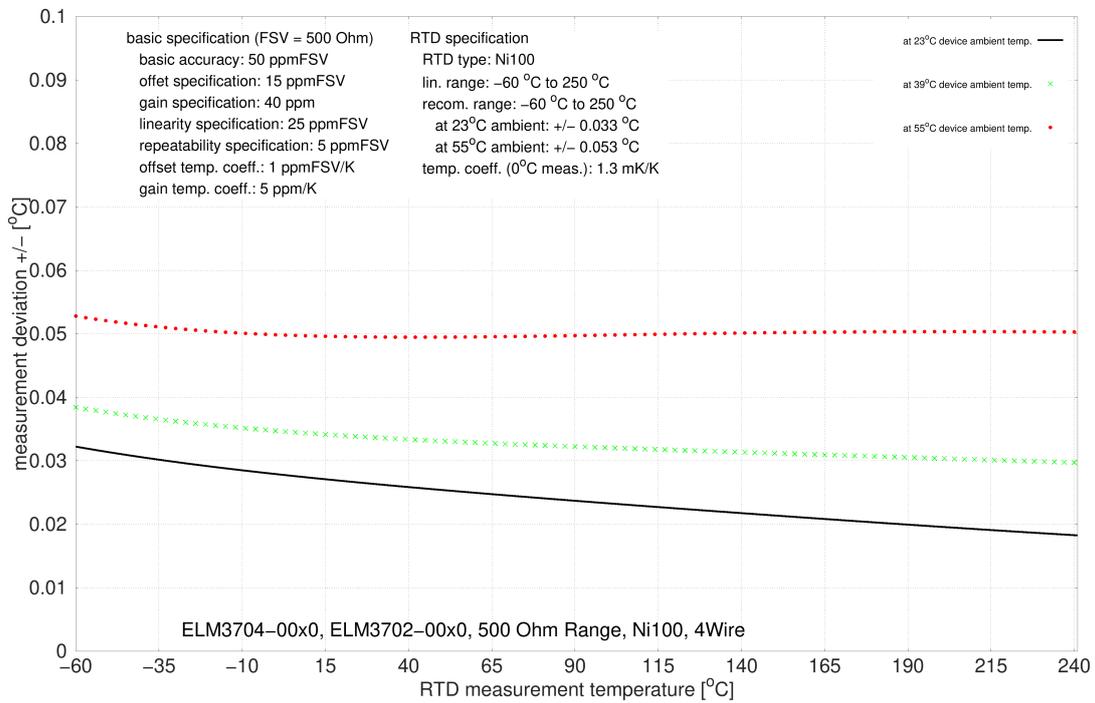
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 200 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



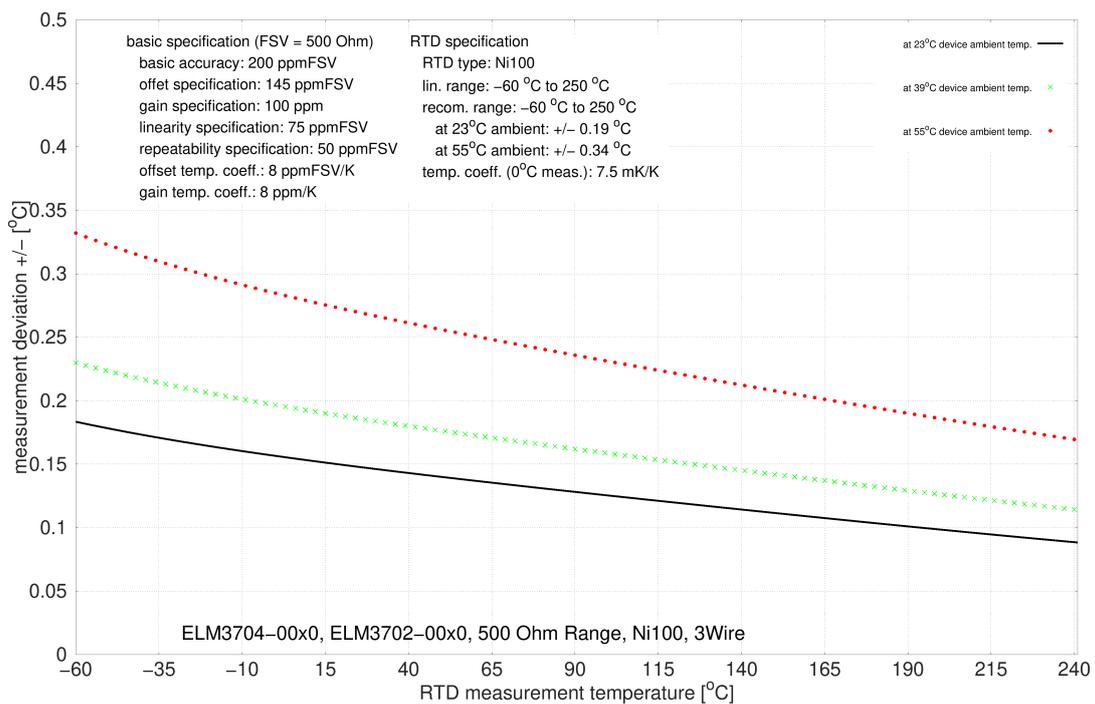
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 200 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



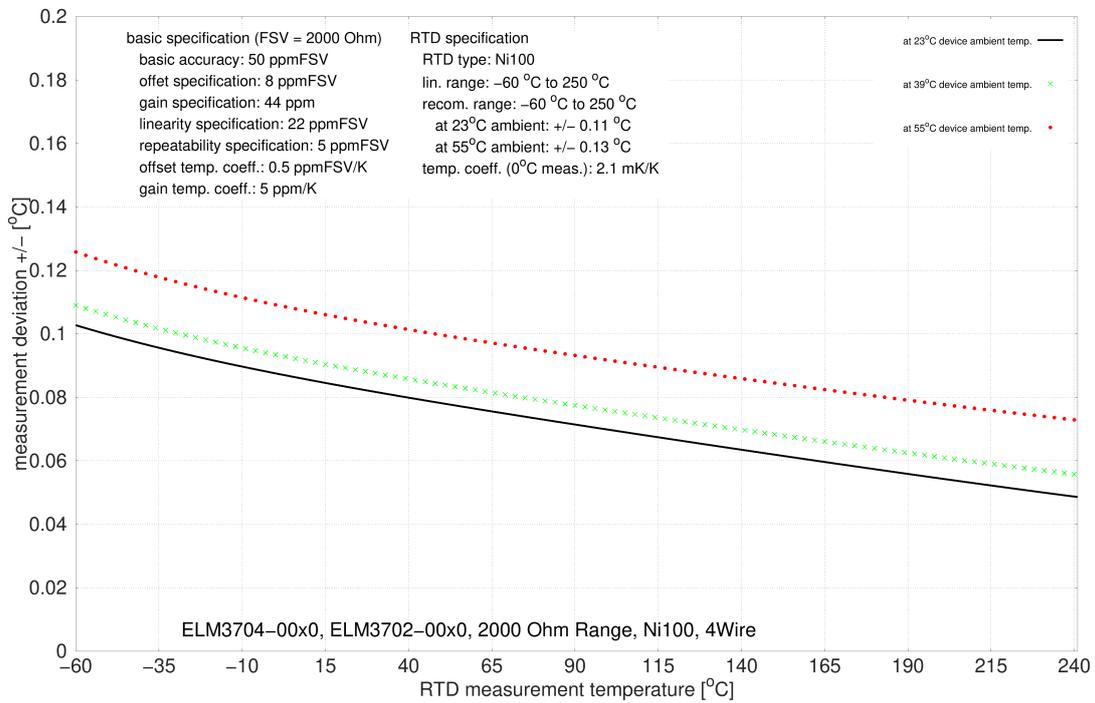
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



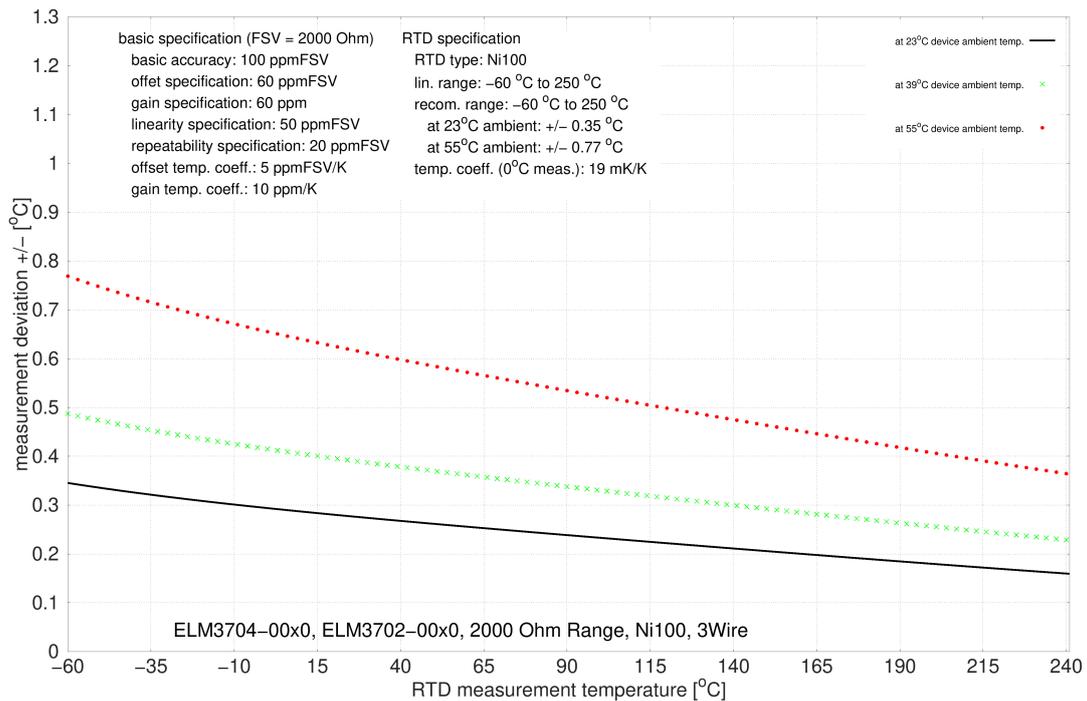
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 500 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



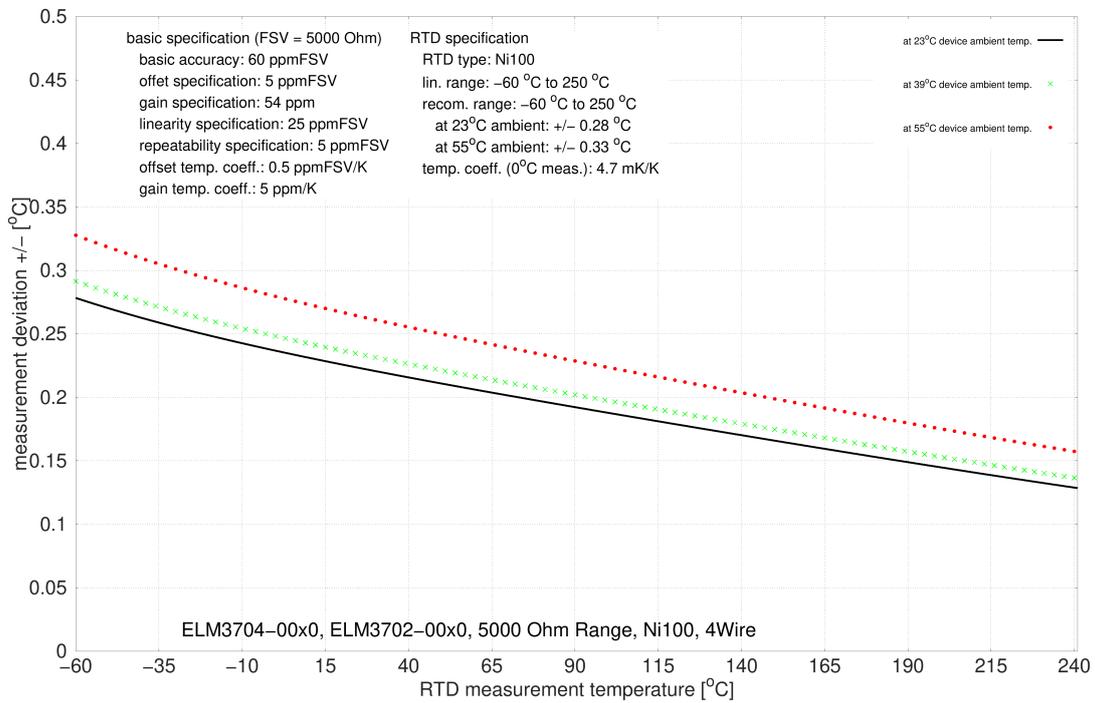
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



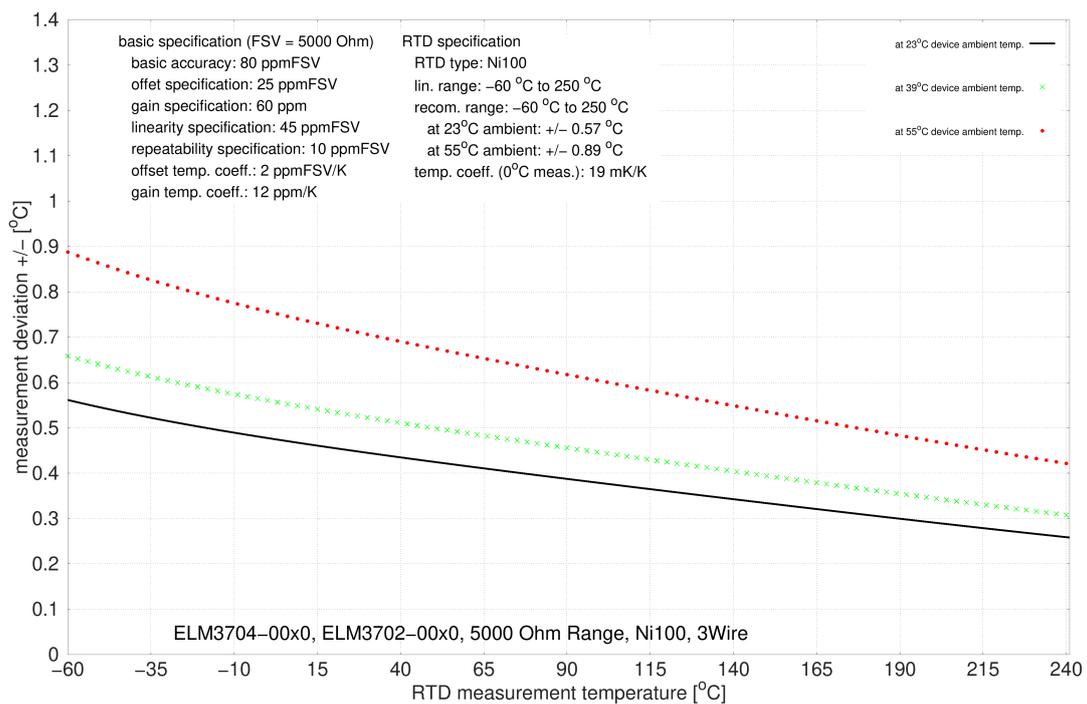
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



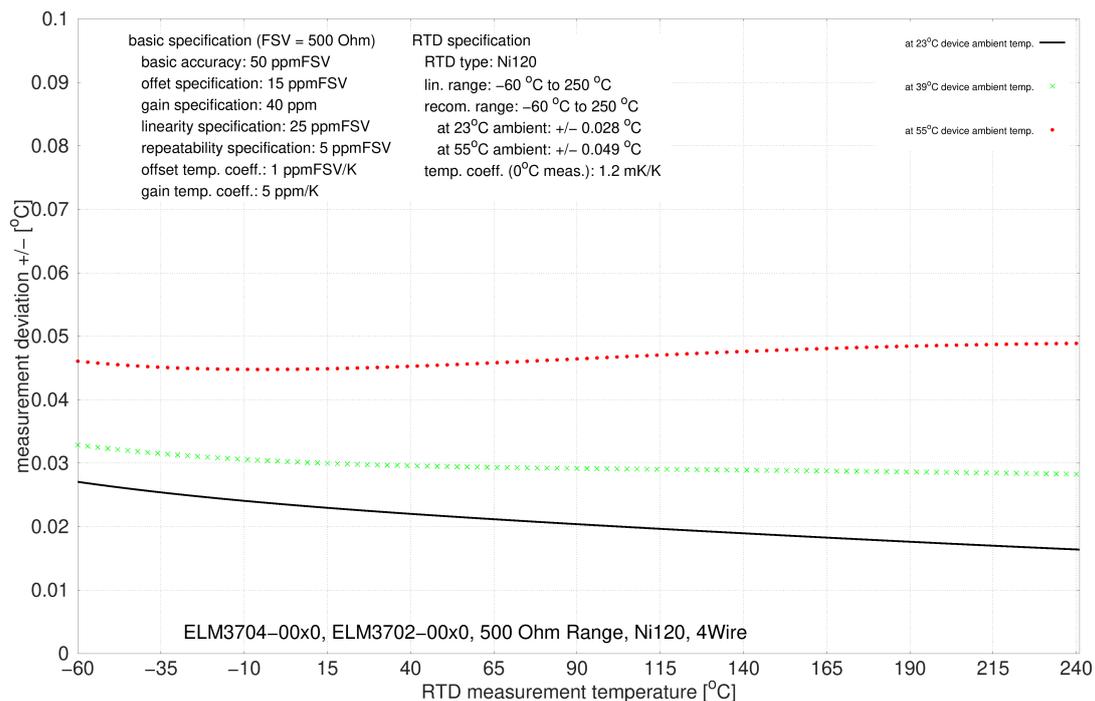
3.13.2.5.8 Spezifikation NI120

Verwendeter elektr. Messbereich	500 Ω		2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704-1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-60°C		-60°C		-60°C		X
Endwert	250°C		250°C		250°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,028 K	< ±0,16 K	< ±0,086 K	< ±0,29 K	< ±0,24 K	< ±0,47 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,049 K	< ±0,28 K	< ±0,11 K	< ±0,65 K	< ±0,28 K	< ±0,75 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,2 mK/K	< 6,3 mK/K	< 1,8 mK/K	< 16 mK/K	< 4 mK/K	< 16 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung						X

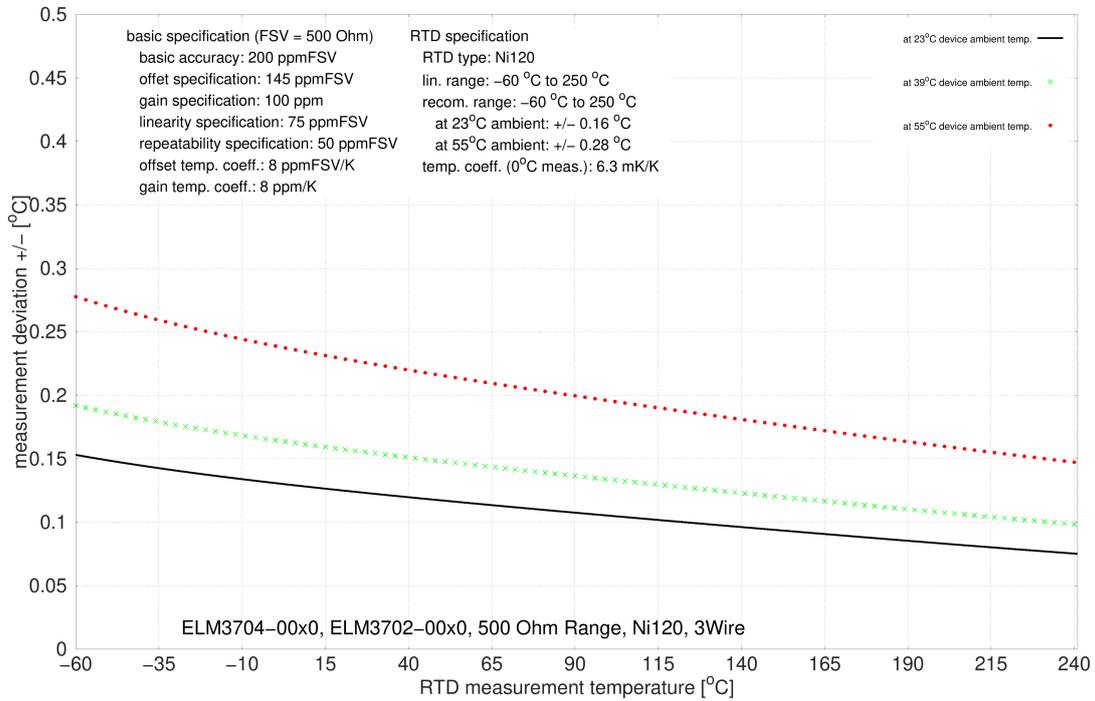
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

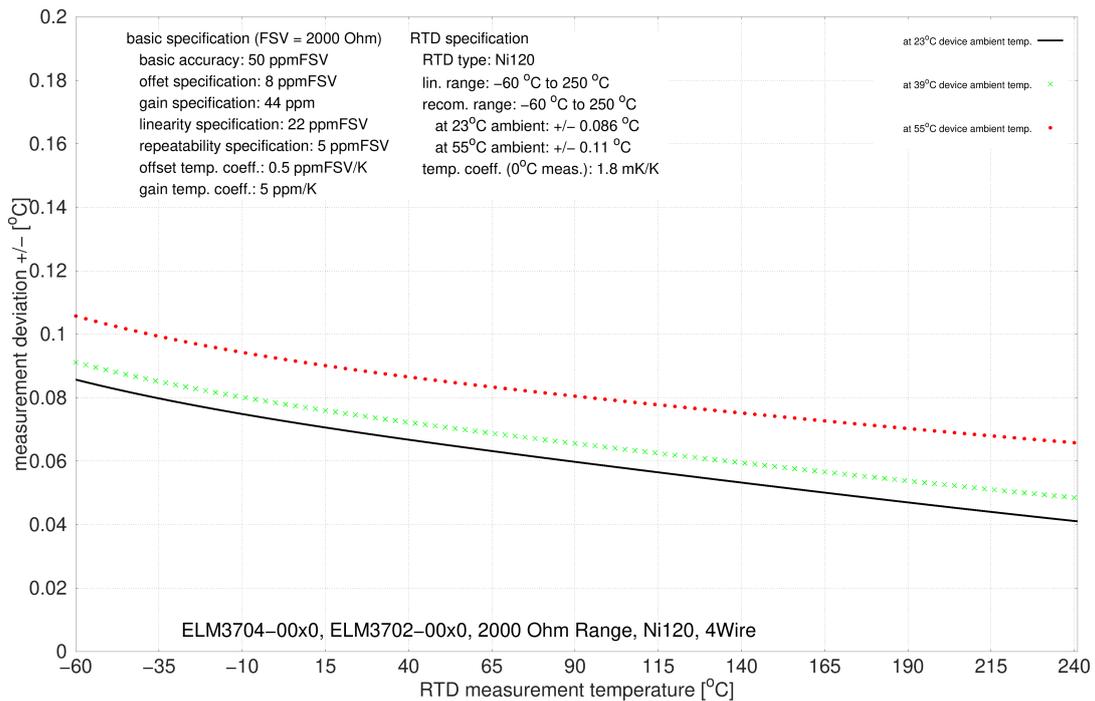
Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



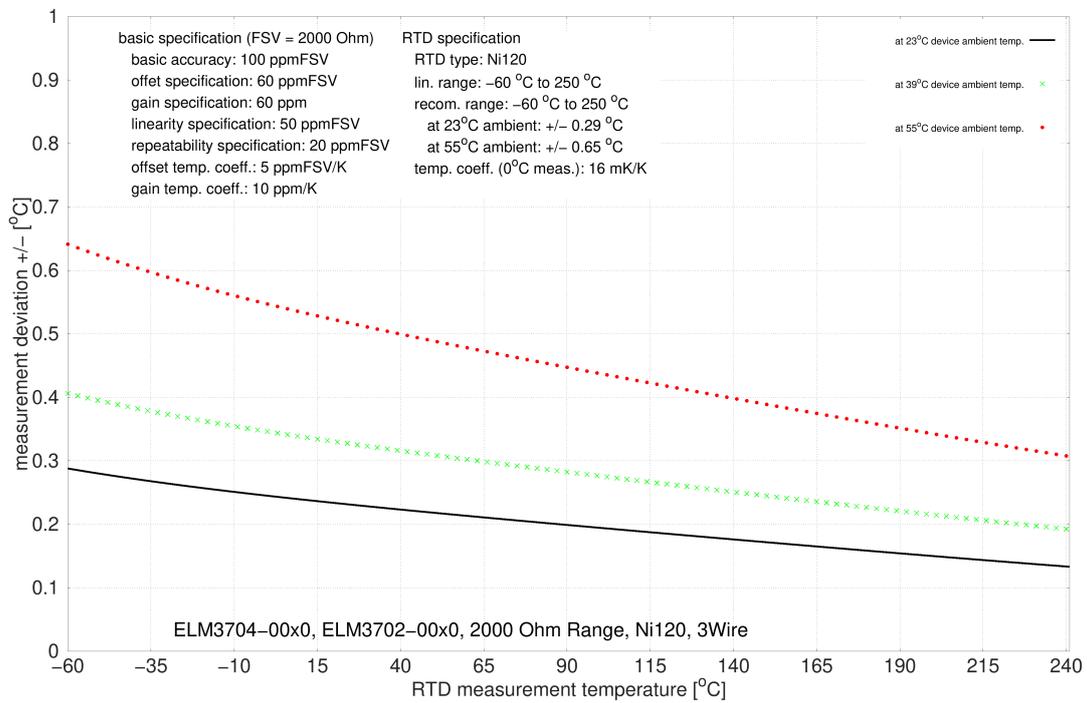
Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 500 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



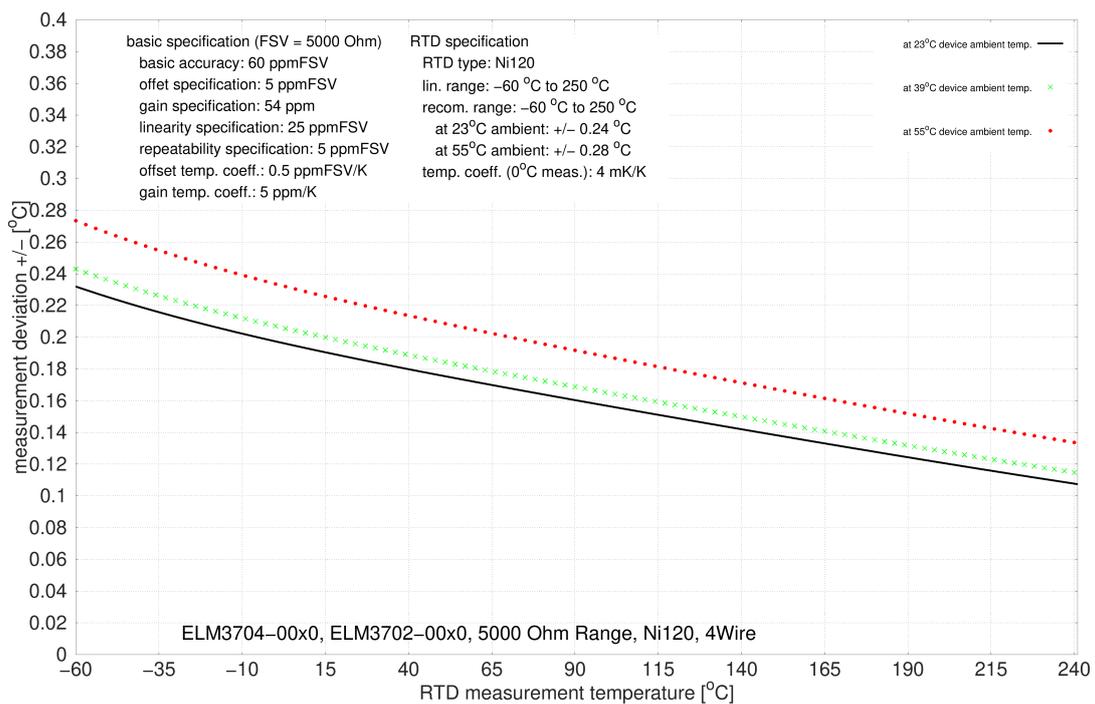
Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



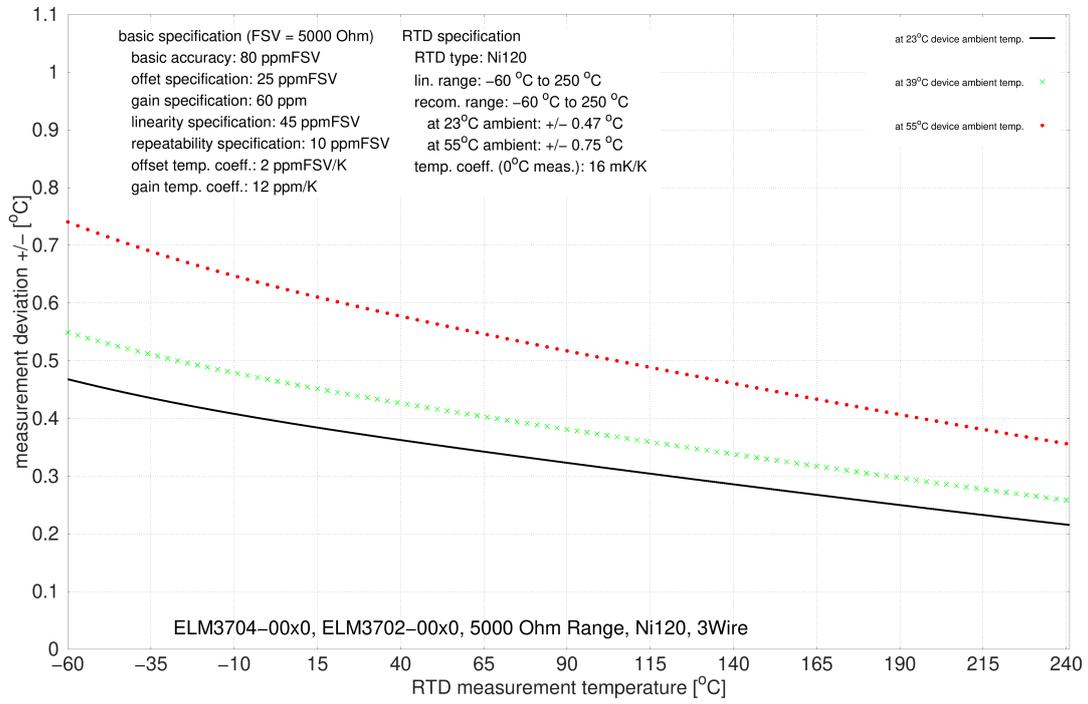
Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



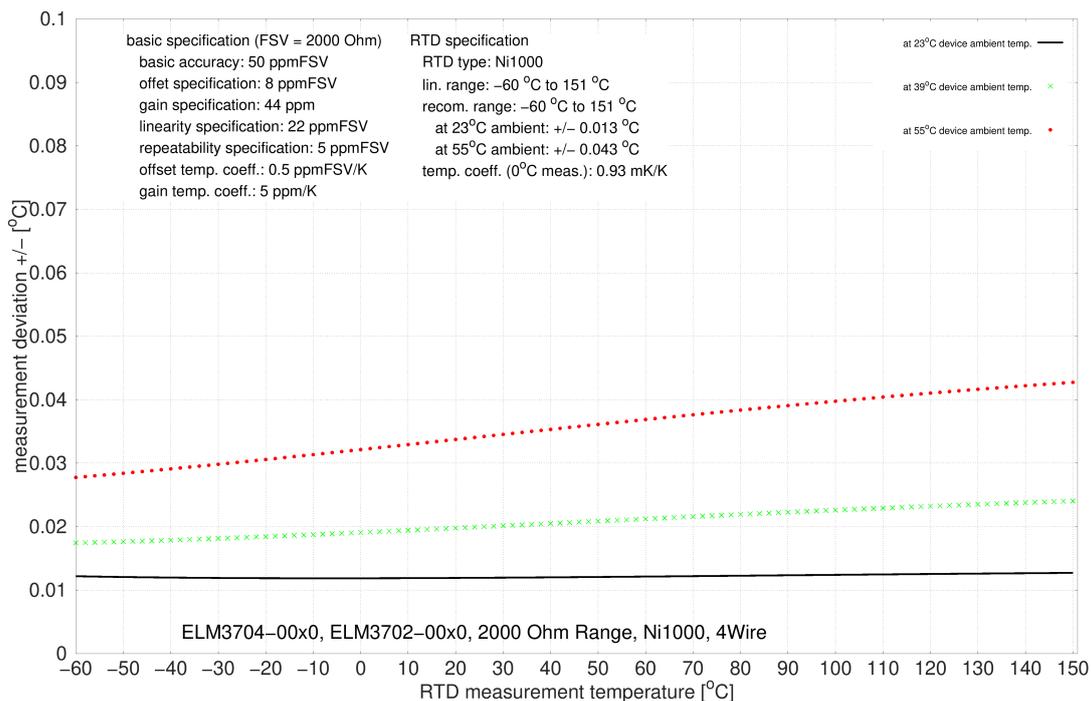
3.13.2.5.9 Spezifikation NI1000

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704-1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-60°C		-60°C		X
Endwert	151°C		250°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,013 K	< ±0,036 K	< ±0,029 K	< ±0,057 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,043 K	< ±0,095 K	< ±0,05 K	< ±0,12 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 0,93 mK/K	< 2,6 mK/K	< 1,1 mK/K	< 2,9 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung				X

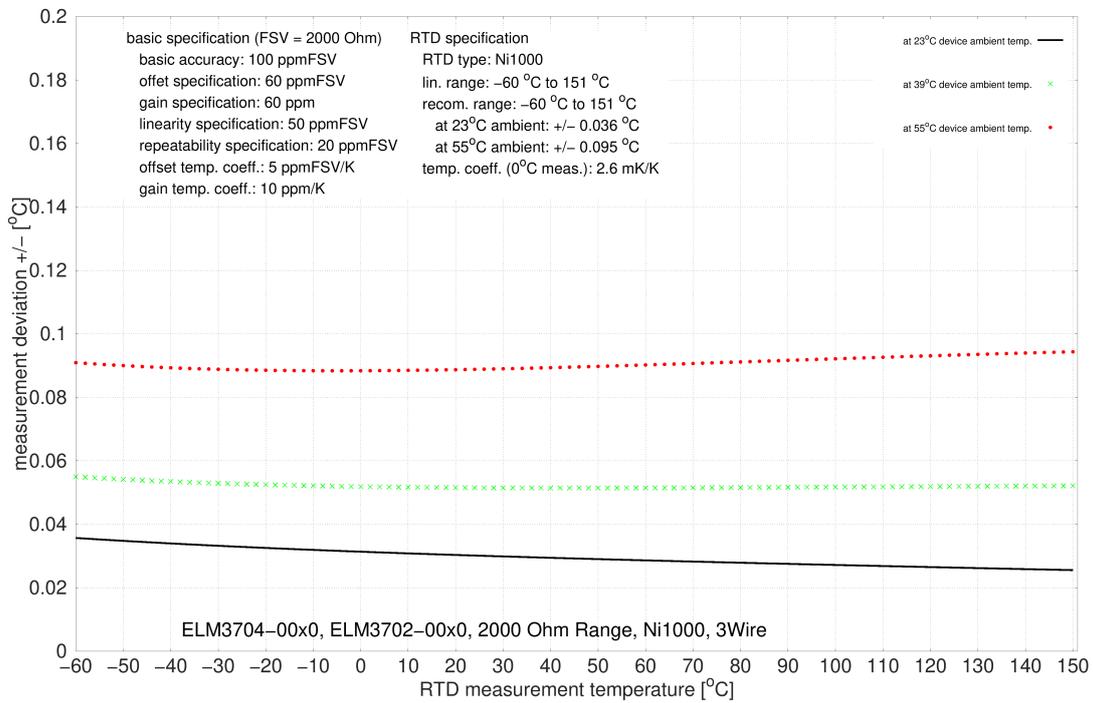
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

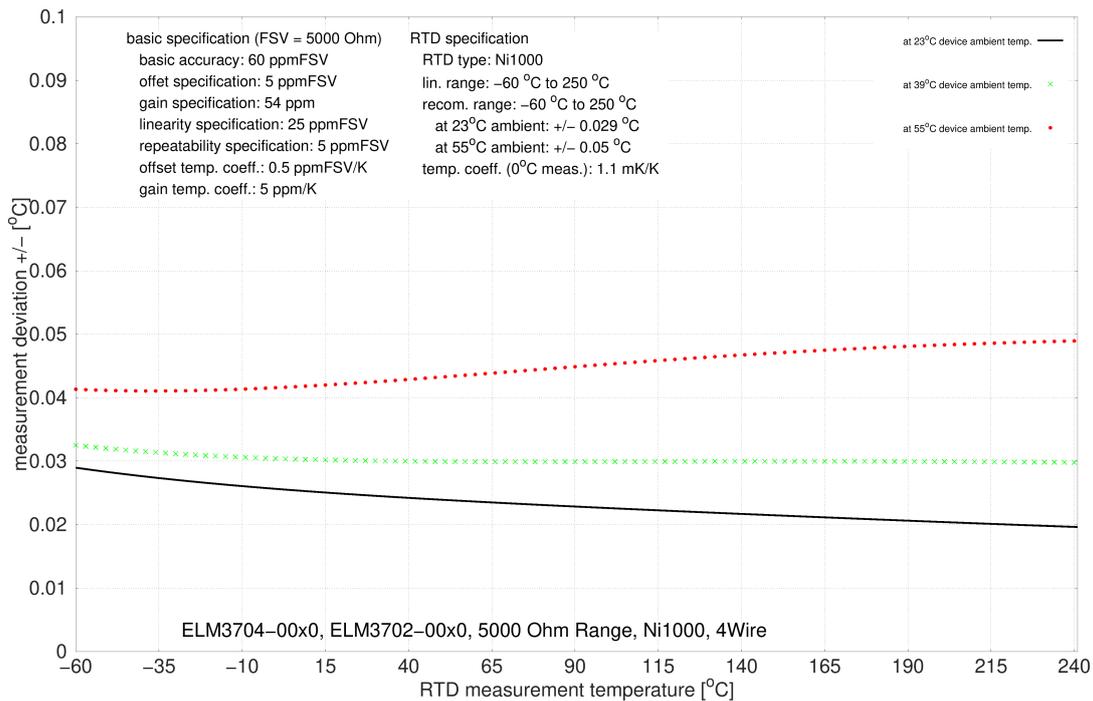
Messunsicherheit für Ni1000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



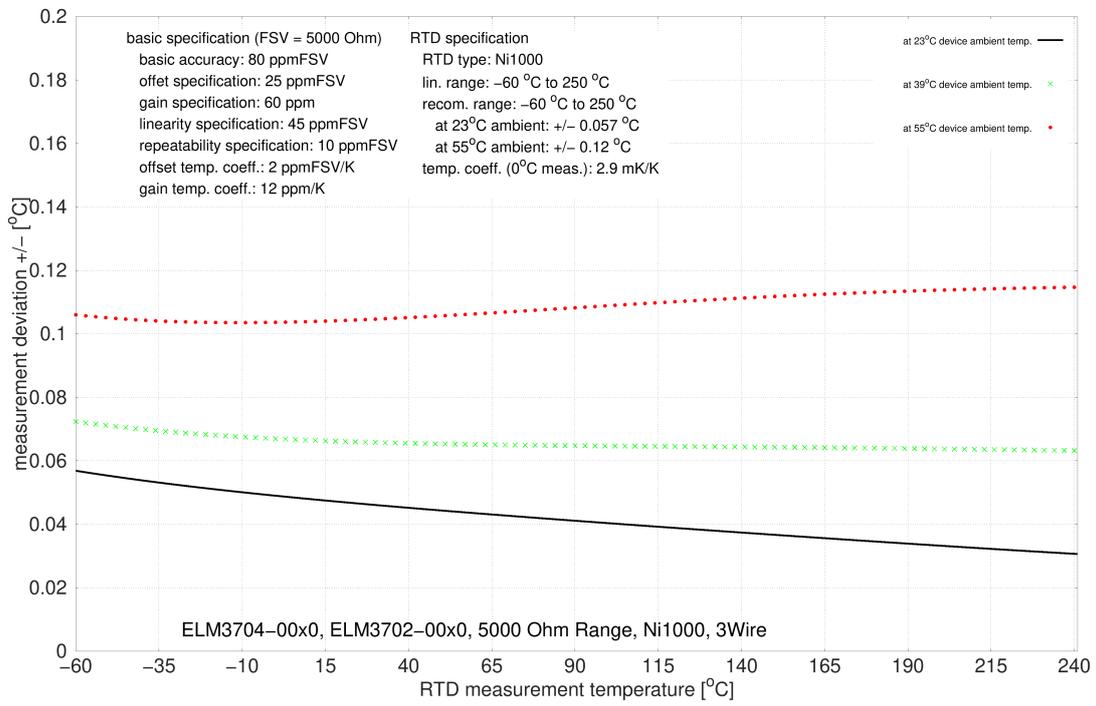
Messunsicherheit für Ni1000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni1000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni1000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



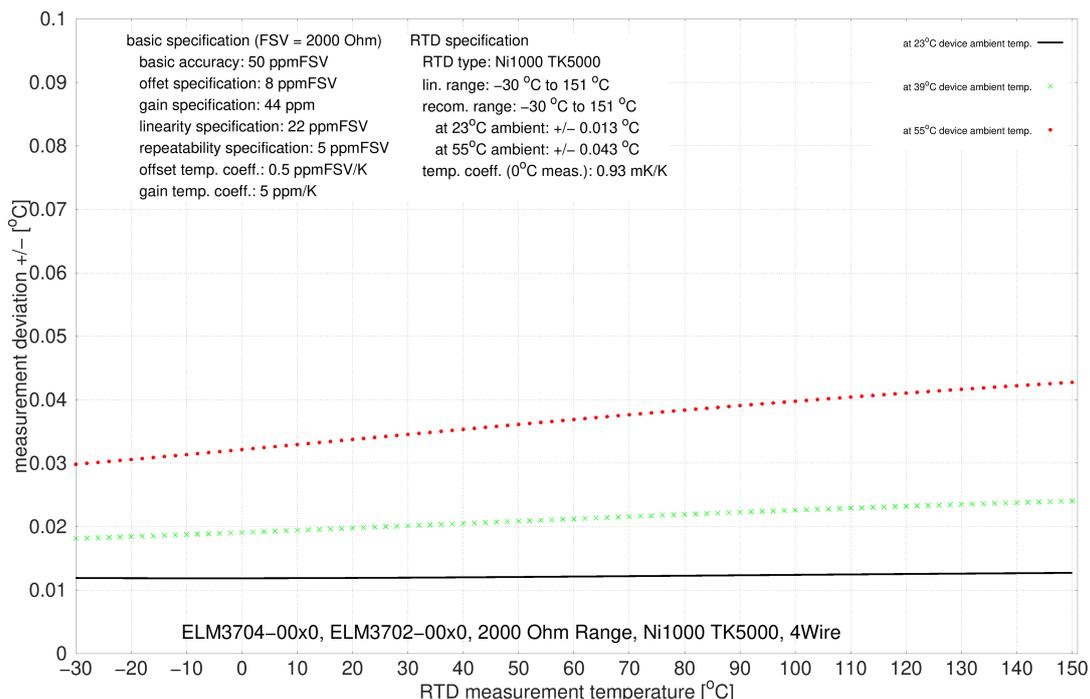
3.13.2.5.10 Spezifikation NI1000 TK5000

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω		Zutreffend auch für ELM3704-1001 = X
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	X
Startwert	-30°C		-30°C		X
Endwert	151°C		160°C		X
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,013 K	< ±0,034 K	< ±0,028 K	< ±0,053 K	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,043 K	< ±0,095 K	< ±0,05 K	< ±0,12 K	
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 0,93 mK/K	< 2,6 mK/K	< 1,1 mK/K	< 2,9 mK/K	
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung				X

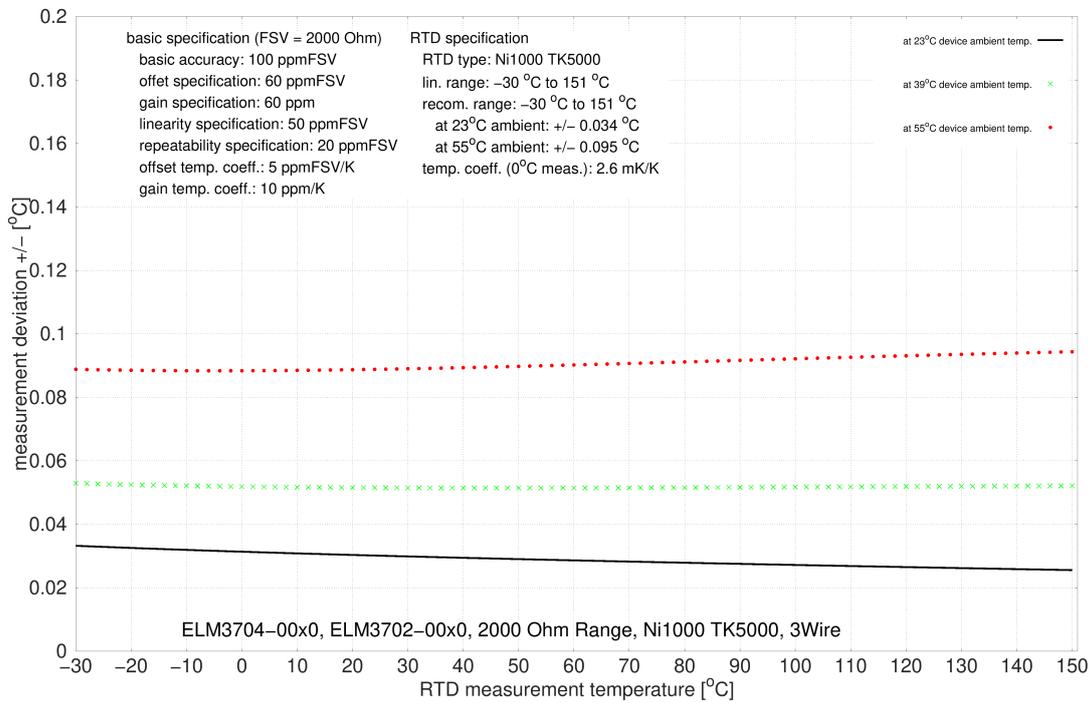
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [▶ 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [▶ 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

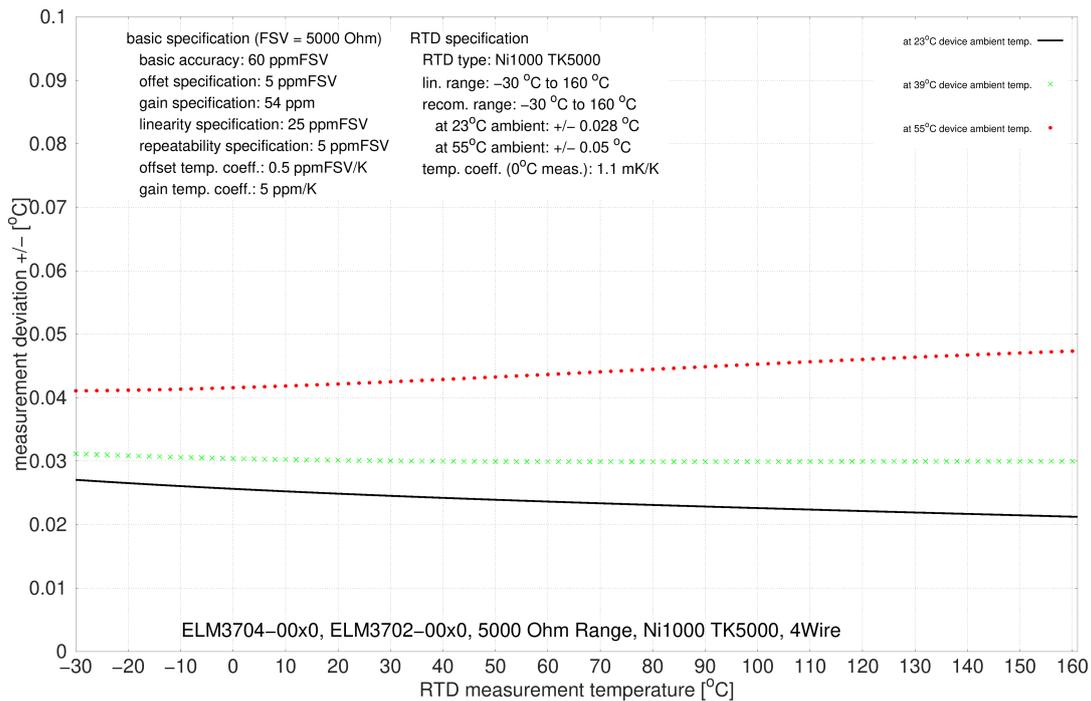
Messunsicherheit für Ni1000 TK5000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



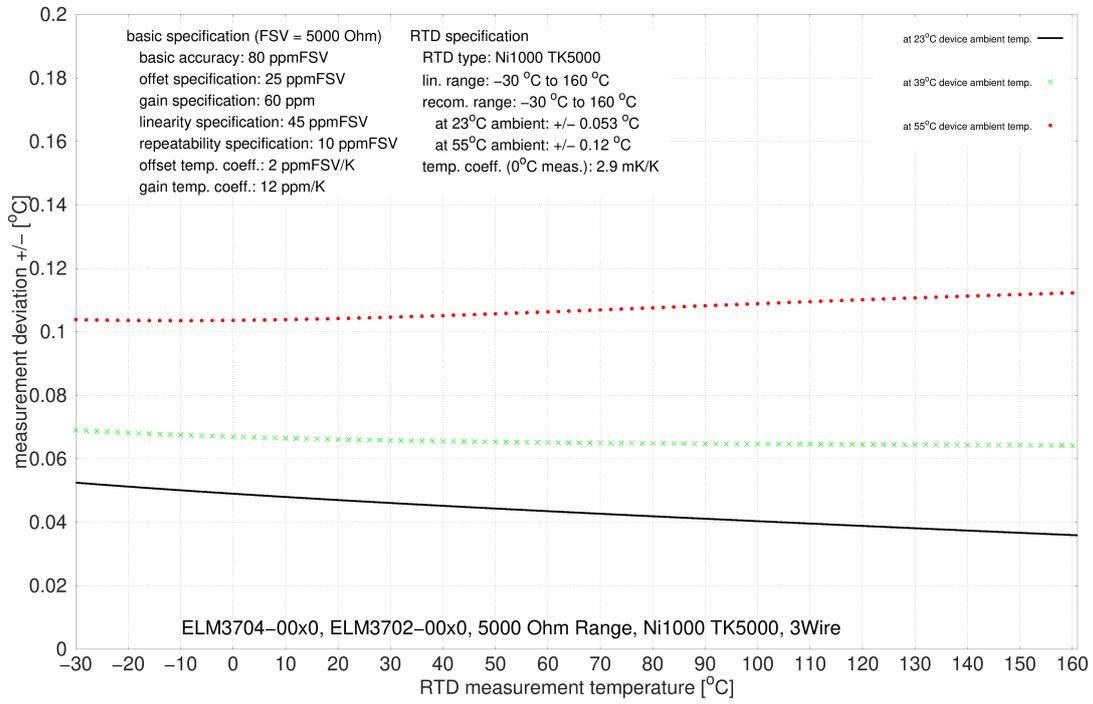
Messunsicherheit für Ni1000 TK5000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni1000 TK5000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni1000 TK5000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 3-Leiter-Anschluss:



3.13.2.6 Messung Potentiometer

Das Potentiometer ist mit dem integrierten Netzteil (max. 5V, einstellbar) zu versorgen. Die Schleifer-Spannung wird dann im Verhältnis zur Speisespannung gemessen und in % ausgegeben. Technisch verläuft die Messung also wie eine DMS-Halbbrücke.

Es sind Potentiometer ab 1 kΩ einsetzbar.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 5-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 5-Leiter-Anschluss kompensiert und das Poti wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 3-Leiter-Anschluss leistet der Messkanal grundsätzlich die gleiche Spezifikation da er intern weiterhin im 5-Leiter-Betrieb misst und dazu intern Brücken schließt. Allerdings wird seine Sicht auf das angeschlossene Poti durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird dann das Gesamtsystem „Potentiometer + Zuleitungen + Messkanal“ im 3-Leiter-Anschluss praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Diagnosen

- Schleiferbruch: Vollausschlag bzw. 0-Anzeige
- Versorgungsunterbrechung: Vollausschlag bzw. 0-Anzeige

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)
Betriebsart	Die Speisespannung ist per CoE einstellbar, 0,5...5 V
Messbereich, nominell	-1 ... 1 V/V
Messbereich, Endwert (MBE)	1 V/V
Messbereich, technisch nutzbar	-1 ...1 V/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. µV/V
	inkl. Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. µV/V
	inkl. Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< tbd. ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< tbd. ppm/K
	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd. µV/V/K
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits
	Max. SNR	> tbd. dB
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{ppm}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits

Messung Modus		Potentiometer (3/5-Leiter)		
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾		DC: $\frac{mV/V}{V}$ typ. tbd.	50 Hz: $\frac{mV/V}{V}$ typ. tbd.	1 kHz: $\frac{mV/V}{V}$ typ. tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		DC: $\frac{mV/V}{V}$ typ. tbd.	50 Hz: $\frac{mV/V}{V}$ typ. tbd.	1 kHz: $\frac{\mu V/V}{V}$ typ. tbd.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE} = tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		tbd.		

2) Ein ggf. regelmäßiger Offset-Abgleich bei angeschlossenem Potentiometer wird empfohlen. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen `Tara [► 000]` als auch `ZeroOffset [► 000]` der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung kann sich über die Zeit ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb ($T_{ambient}$). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur $T_{ambient}$ wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Potentiometer-Messbereich

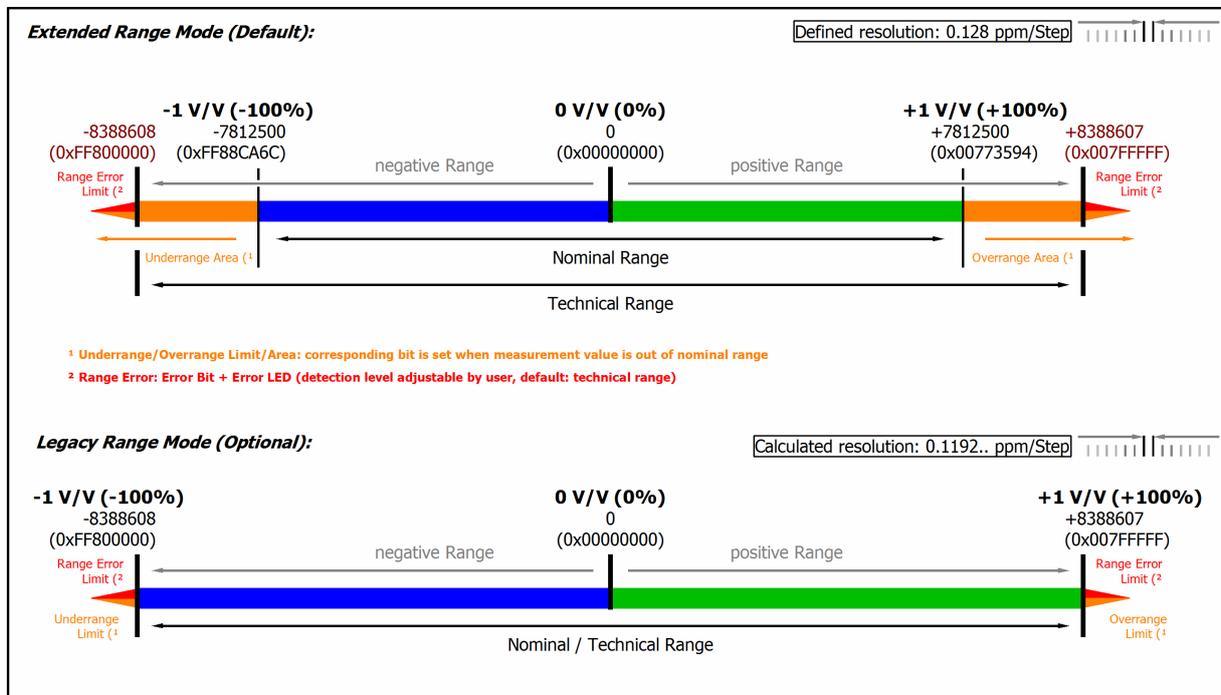


Abb. 144: Darstellung Potentiometer-Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.7 Messung SG 1/1-Bridge (Vollbrücke) 4/6-Leiter-Anschluss

Zur Ermittlung des Messfehlers:

Der Messbereich nominell/technisch wird hier in „mV/V“ angegeben, wobei eine maximale Versorgungsspannung von 5 V zulässig ist. Maximal ist also für die Brückenspannung ein nomineller Messbereich von $\pm 32 \text{ mV/V} \cdot 5 \text{ V} = \pm 160 \text{ mV}$ nutzbar, entsprechend sind die internen Schaltungen ausgelegt.

Die interne Messung erfolgt ratiometrisch, d.h. die Speise- und die Brückenspannung werden nicht absolut gemessen, sondern als Verhältnis erfasst.

Zur Speisung kann die integrierte Versorgung genutzt werden. Eine externe Versorgung ist zulässig wenn 5 V nicht überstiegen werden.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 6-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 6-Leiter-Anschluss kompensiert und die Vollbrücke wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 4-Leiter-Anschluss leistet die Klemme grundsätzlich die gleiche Spezifikation, allerdings wird Ihre Sicht auf die angeschlossene Vollbrücke durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird das Gesamtsystem „Vollbrücke + Zuleitungen + Messkanal“ praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Die Zuleitungswiderstände (Kabel, Steckverbinder, ...) wirken sich insbesondere auf den Gain-Fehler aus, auch in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Gain-Fehler kann abgeschätzt werden durch:

$$(R_{+uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu}) + R_{-uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu})) / R_{nom} \text{ mit } T_{kCu} \sim 3930 \text{ ppm/K, } R_{nom}$$

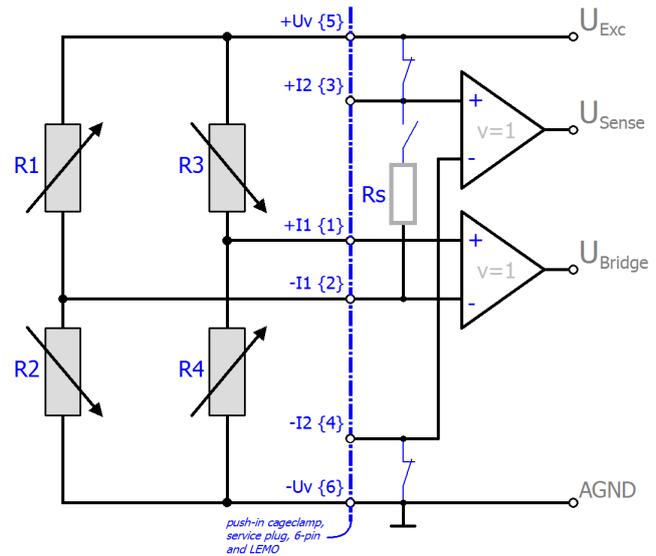
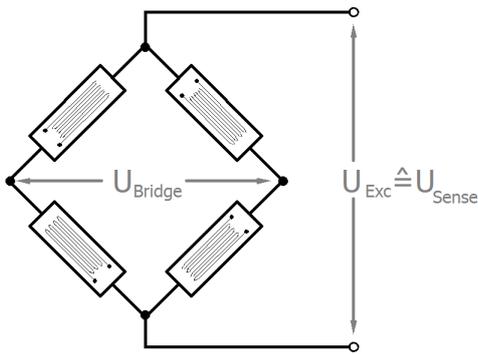
z.B. 350 Ω und R_{+uv} bzw. R_{-uv} Zuleitungswiderstände.

Die Verwendung des Messkanals im 6-Leiter-Anschluss wird empfohlen, insbesondere wenn erhebliche Widerstände wie ein Blitzstrom-Ableiter in die Leitung gesetzt werden.

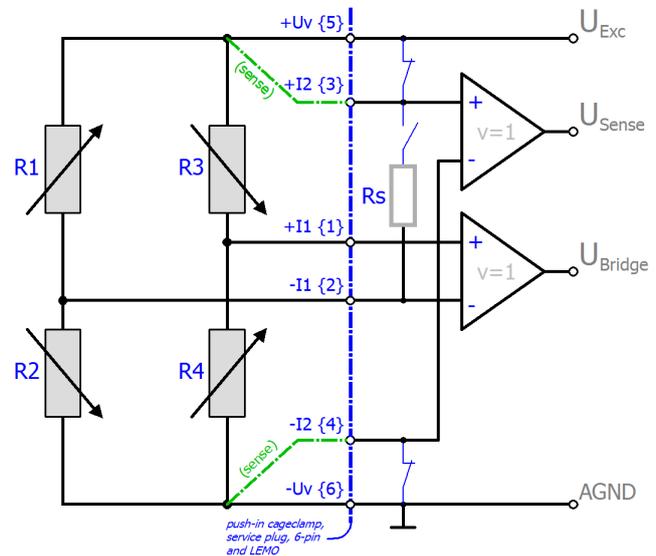
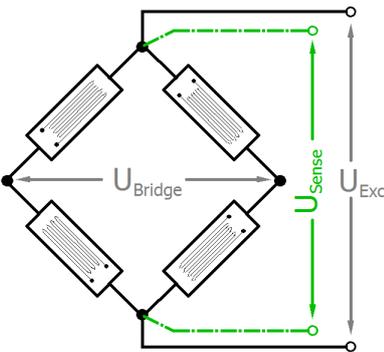
Hinweis: Angaben gelten für 5 V DMS Erregung und symmetrische 350R DMS.

Zur Berechnung der Vollbrücke:

4 wire



6 wire



Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{Nk\epsilon}{4}$$

$$N = 1, 2, 4, 1 - \vartheta, 1 + \vartheta, 2(1 - \vartheta), 2(1 + \vartheta)$$

Allgemeine Angaben

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/ SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter		
	32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Integrierte Speisung	1...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit 120R DMS: bis 2,5 V; 350R DMS: bis 5,0 V		
Messbereich, nominell	-32 ... +32 mV/V	-4 ... +4 mV/V	-2 ... +2 mV/V
Messbereich, Endwert (MBE)	32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	-34,359 ... +34,359 mV/V	-4,295 ... +4,295 mV/V	-2,147 ... +2,147 mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm		
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm		

Spezifische Angaben ELM370x (nicht gültig für ELM3704-1001)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter		
		32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. 2)	ohne Offset	< ±0,003 % _{MBE} < ±30 ppm _{MBE} < ±0,96 µV/V	< ±0,0085 % _{MBE} < ±85 ppm _{MBE} < ±0,34 µV/V	< ±0,013 % _{MBE} < ±130 ppm _{MBE} < ±0,26 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,0075 % _{MBE} < ±75 ppm _{MBE} < ±2,4 µV/V	< ±0,03 % _{MBE} < ±300 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V	< ±0,06 % _{MBE} < ±600 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. 2) 6)	ohne Offset	< ±0,011 % _{MBE} < ±110 ppm _{MBE} < ±3,52 µV/V	< ±0,0515 % _{MBE} < ±515 ppm _{MBE} < ±2,06 µV/V	< ±0,099 % _{MBE} < ±990 ppm _{MBE} < ±1,98 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,013 % _{MBE} < ±130 ppm _{MBE} < ±4,16 µV/V	< ±0,059 % _{MBE} < ±590 ppm _{MBE} < ±2,36 µV/V	< ±0,115 % _{MBE} < ±1150 ppm _{MBE} < ±2,3 µV/V
Offset/Nullpunkt- Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}	< 280 ppm _{MBE}	< 580 ppm _{MBE}
Gain/Scale/ Verstärkungs- Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 24 ppm	< 70 ppm	< 110 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 18 ppm _{MBE}	< 45 ppm _{MBE}	< 65 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}	< 15 ppm _{MBE}	< 25 ppm _{MBE}
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd.
Temperaturkoeffizient, typ.	TK _{Gain}	< 2,5 ppm/K	< 5 ppm/K	< 6 ppm/K
	TK _{Offset}	< 2 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 15 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 30 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	4-Leiter	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.

2) Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[► 000\]](#) als auch [ZeroOffset \[► 000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben ELM370x (10 kSps) (nicht gültig für ELM3704-1001)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter		
		32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 90 ppm _{MBE} < 703 digits < 2,88 µV/V	< 600 ppm _{MBE} < 4688 digits < 2,40 µV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 2,40 µV/V
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 15 ppm _{MBE} < 117 digits < 0,48 µV/V	< 100 ppm _{MBE} < 781 digits < 0,40 µV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 0,40 µV/V
	Max. SNR	> 96,5 dB	> 80,0 dB	> 74,0 dB
	Rauschdichte@1 kHz	< 6,79 $\frac{\text{nV/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$	< 5,66 $\frac{\text{nV/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$	< 5,66 $\frac{\text{nV/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 12 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,38 µV/V	< 60 ppm _{MBE} < 469 digits < 0,24 µV/V	< 120 ppm _{MBE} < 938 digits < 0,24 µV/V
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 2,0 ppm _{MBE} < 16 digits < 0,06 µV/V	< 10,0 ppm _{MBE} < 78 digits < 0,04 µV/V	< 20,0 ppm _{MBE} < 156 digits < 0,04 µV/V
	Max. SNR	> 114,0 dB	> 100,0 dB	> 94,0 dB

3.13.2.8 Messung SG 1/2-Bridge (Halbbrücke) 3/5-Leiter-Anschluss

Zur Ermittlung des Messfehlers:

Der Messbereich nominell/technisch wird hier in „mV/V“ angegeben, wobei eine maximale Versorgungsspannung von 5 V zulässig ist. Maximal ist also für die Brückenspannung ein nomineller Messbereich von $\pm 16 \text{ mV/V} \cdot 5 \text{ V} = \pm 80 \text{ mV}$ nutzbar; die internen Schaltungen sind auf die 160 mV der Vollbrückenmessung ausgelegt.

Die interne Messung erfolgt ratiometrisch, d.h. die Speise- und die Brückenspannung werden nicht absolut gemessen, sondern als Verhältnis erfasst.

Zur Speisung kann die integrierte Versorgung genutzt werden. Eine externe Versorgung ist zulässig wenn 5 V nicht überstiegen werden.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 5-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 5-Leiter-Anschluss kompensiert und die Halbbrücke wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 3-Leiter-Anschluss leistet die Klemme grundsätzlich die gleiche Spezifikation, allerdings wird Ihre Sicht auf die angeschlossene Halbbrücke durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird das Gesamtsystem „Halbbrücke + Zuleitungen + Messkanal“ praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Die Zuleitungswiderstände (Kabel, Steckverbinder, ...) wirken sich insbesondere auf den Gain-Fehler aus, auch in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Gain-Fehler kann abgeschätzt werden durch:

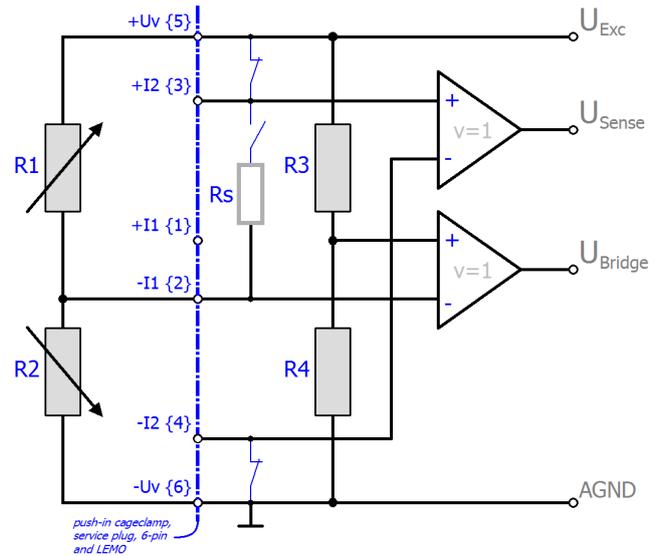
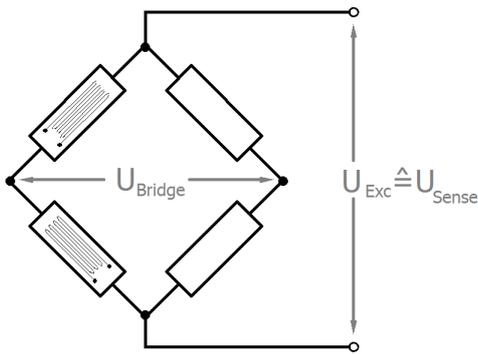
$$(R_{+uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu}) + R_{-uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu})) / R_{nom} \text{ mit } T_{kCu} \sim 3930 \text{ ppm/K, } R_{nom}$$

z.B. 350 Ω und R_{+uv} bzw. R_{-uv} Zuleitungswiderstände.

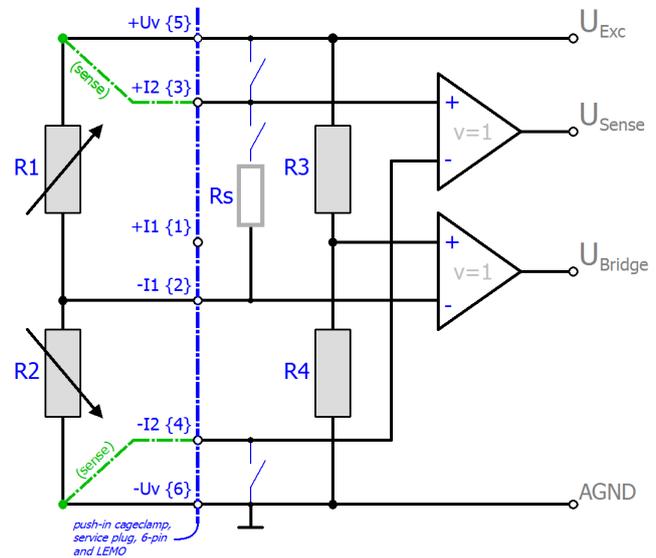
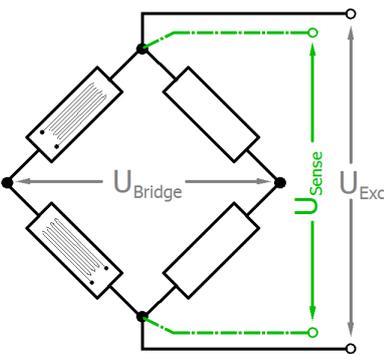
Die Verwendung des Messkanals im 5-Leiter-Anschluss wird empfohlen.

Zur Berechnung der $R_{1/2}$ -Halbrücke:

3 wire



5 wire



$R_{3/4}$ sind die internen schaltbaren Ergänzungswiderstände der Klemme. Sie sind mit einigen $k\Omega$ hochohmig im Vergleich zu $R_{1/2}$ und belasten die interne Speisung somit nicht wesentlich.

Andere Halbbrückenkonfigurationen (z.B. $R_{1/4}$ oder $R_{1/3}$ veränderlich) sind nicht anschließbar.

Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{Nk\epsilon}{4}$$

$$N = 1, 2, 4, 1 - \vartheta, 1 + \vartheta$$

Die Wahl von N ist nach der mechanischen Anordnung der variablen Widerstände zu wählen (Poisson, 2 aktive uniaxial, ...). Die Interpretation des Kanalwerts (PDO) ist direkt [mV/V].

Allgemeine Angaben

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 3/5-Leiter	
	16 mV/V	2 mV/V
Integrierte Speisung	1...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit <ul style="list-style-type: none"> • 120R DMS: bis 2,5 V • 350R DMS: bis 5,0 V 	
Messbereich, nominell	-16 ... 16 mV/V	-2 ... 2 mV/V
Messbereich, Endwert (MBE)	16 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	-17,179 ... 17,179 mV/V	-2,147 ... 2,147 mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm	
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm	

Hinweis: Angaben gelten für 3,5 V DMS Erregung und symmetrische 350R DMS.

Hinweis: Abgleich der Halbbrückenmessung und damit Gültigkeit der Daten ab Produktionswoche 2018/50

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-1001, vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 3/5-Leiter	
		16 mV/V	2 mV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,0145 % _{MBE} < ±145 ppm _{MBE} < ±2,32 µV/V	< ±0,105 % _{MBE} < ±1050 ppm _{MBE} < ±2,10 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,041 % _{MBE} < ±410 ppm _{MBE} < ±6,56 µV/V	< ±0,274 % _{MBE} < ±2740 ppm _{MBE} < ±5,48 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾⁶⁾	ohne Offset	< ±0,053 % _{MBE} < ±530 ppm _{MBE} < ±8,48 µV/V	< ±0,317 % _{MBE} < ±3170 ppm _{MBE} < ±6,34 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,0655 % _{MBE} < ±655 ppm _{MBE} < ±10,48 µV/V	< ±0,4055 % _{MBE} < ±4055 ppm _{MBE} < ±8,11 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 385 ppm _{MBE}	< 2530 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs- Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 80 ppm	< 590 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 120 ppm _{MBE}	< 860 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}	< 125 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 5 ppm/K	< 25 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 15 ppm _{MBE} /K < 0,24 µV/V/K	< 90 ppm _{MBE} /K < 0,18 µV/V/K
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC:	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.
	50 Hz:	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.
	1 kHz:	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC:	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.
	50 Hz:	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/ SG 1/2-Bridge 3/5-Leiter	
		16 mV/V	2 mV/V
	1 kHz:	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 500 ppm _{MBE} < 3906 digits < 8,00 µV/V	< 4000 ppm _{MBE} < 31250 digits < 8,00 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 85 ppm _{MBE} < 664 digits < 1,36 µV/V	< 660 ppm _{MBE} < 5156 digits < 1,32 µV/V
	Max. SNR	> 81,4 dB	> 63,6 dB
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 19,23	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 18,67
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 35 ppm _{MBE} < 273 digits < 0,56 µV/V	< 280 ppm _{MBE} < 2188 digits < 0,56 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 6,0 ppm _{MBE} < 47 digits < 0,10 µV/V	< 46,0 ppm _{MBE} < 359 digits < 0,09 µV/V
	Max. SNR	> 104,4 dB	> 86,7 dB
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. tbd. CommonMode typ. tbd.	Differentiell typ. tbd. CommonMode typ. tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2 (Innenwiderstand)		3-Leiter: Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt Differentiell typ. tbd. CommonMode typ. tbd.	3-Leiter: Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt Differentiell typ. tbd. CommonMode typ. tbd.

2) Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen **Tara** [▶ 000] als auch **ZeroOffset** [▶ 000] der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

HINWEIS

Übergangswiderstände der Anschlusskontakte

Die Übergangswiderstände der Anschlusskontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

i **Gültigkeit der Eigenschaftswerte**

Der Brückenwiderstand liegt parallel zum o.a. Innenwiderstand der Klemme und führt zu entsprechender Offset-Verschiebung. Der Beckhoff-Werksabgleich erfolgt mit Halbbrücke 350 Ω , die o.a. Werte sind deshalb direkt nur für eine 350 Ω -Halbbrücke gültig. Bei Anschluss einer anders dimensionierten Halbbrücke ist:

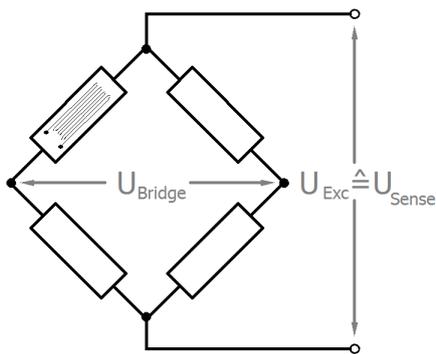
- anwenderseitig ein Abgleich (Offsetkorrektur) in der Klemme oder Steuerung/PLC durchzuführen
 - oder der theoretische Offsetfehler im Abgleichparameter S0 der Klemme einzutragen. Beispiel:
Bei einer 350 Ω -Brücke entspricht der beim Werksabgleich kompensierte Einfluss des Eingangswiderstandes (2 M Ω) 0,26545 %MBE (16 mV/V), das entspricht 20738 Digits.
-

3.13.2.9 Messung SG 1/4-Bridge (Viertelbrücke) 2/3-Leiter-Anschluss

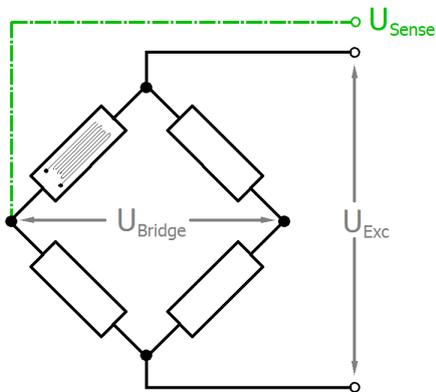
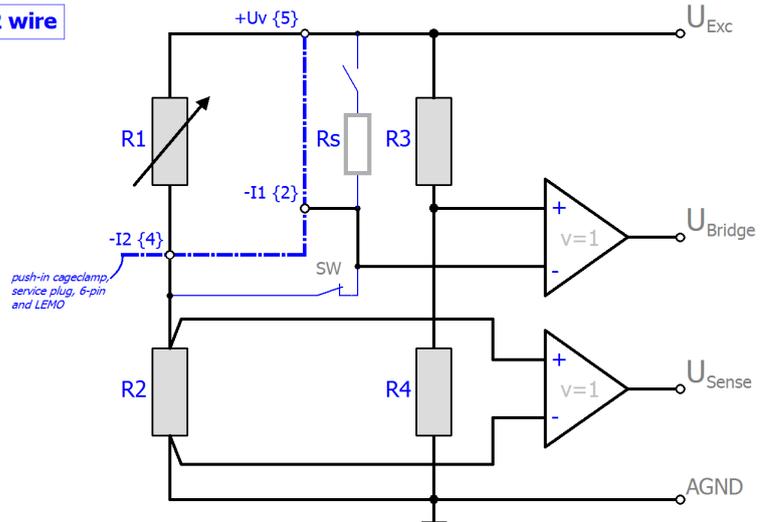
Hinweise

- Die Viertelbrückenmessung im 2-Leiter-Betrieb wird praktisch nicht empfohlen. Die üblichen Kupferzuleitungen gehen mit ihrem eigenen Widerstand (z.B. $\sim 17 \text{ m}\Omega/\text{m}$ bei 1 mm^2 Litze) und ihrer sehr hohen Temperaturempfindlichkeit ($\sim 4000 \text{ ppm/K}$, $\sim 0,4\%/K$) wesentlich in die Rechnung mit ein und können nur durch fortwährenden Offset- und Gain-Abgleich korrigiert werden. Es sollte nur im 3-Leiter-Betrieb gearbeitet werden.
- Angaben gelten für 5 V Erregung.
Bei geringerer Erregungsspannung verschlechtert sich die Spezifikation, detaillierte Angaben liegen Beckhoff dazu nicht vor.
Ist aus Gründen der Sensorselbsterwärmung eine geringere Erregungsspannung gewünscht, kann bei nicht-kontinuierlichen Messungen die Erregungsspannung temporär ein/ausgeschaltet werden (getakteter Betrieb). Das Ein/Ausschalten muss aus der Steuerung per ADS Zugriff auf das CoE 0x80n0:02 erfolgen.
- Angaben gelten nur bei Verwendung von Aderendhülsen und für Querschnitte $\geq 0,5 \text{ mm}^2$. Bei kleineren Querschnitten ist mit erhöhten Übergangswiderständen zu rechnen.
- Das wiederholte Ein/Ausstecken der PushIn-Stecker ist im Viertelbrückenbetrieb zu vermeiden da sich der Übergangswiderstand erhöhen kann.
- Integrierte Speisung: 2...5V einstellbar, max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung).
Hinweis: effektiv liegt an der Viertelbrücke wegen der intern geschalteten Brückenergänzung nur die halbe Spannung an.

Zur Berechnung der Viertelbrücke:



2 wire



3 wire

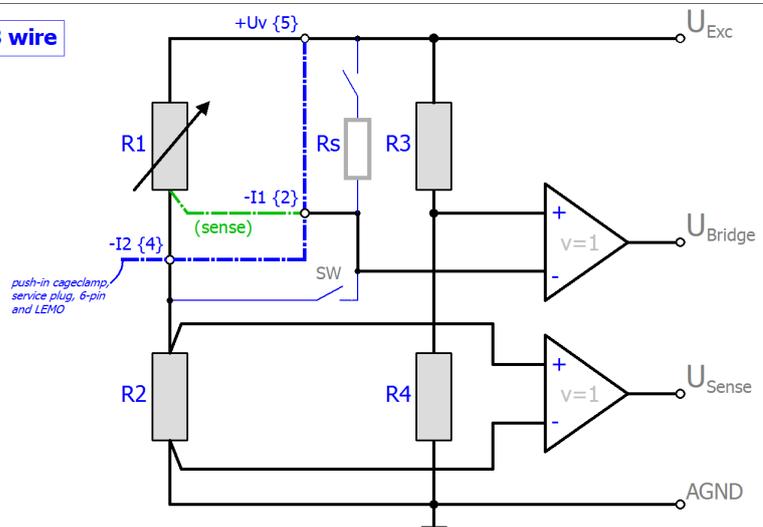


Abb. 145: Anschluss der Viertelbrücke

Erläuterung:

- R1: externer Viertelbrückenwiderstand, nominell 120/350/1000 Ω
- R2: interner Ergänzungswiderstand, wird nach der CoE Einstellung „Interface“ betragsgleich zu R1 gesetzt, beträgt demnach ebenfalls 120, 350 oder 1000 Ω
- R3, R4: hochohmige interne Brückenergänzungswiderstände, belasten die interne Versorgung also nicht wesentlich
- Rs: schaltbarer Shunt-Widerstand
- SW: interner Schalter für 2/3-Leiter-Betrieb; offen: 3-Leiter-Betrieb

Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{N \Delta R_1}{4 R_1} = \frac{N k \epsilon}{4}$$

$$N = 1$$

Bei der Viertelbrücke ist immer $N = 1$.

Der Zusammenhang zwischen $U_{\text{Bridge}}/U_{\text{Exc}}$ und ΔR_1 ist nicht-linear:

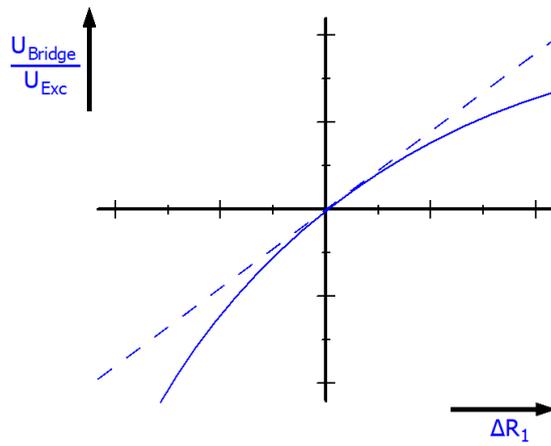


Abb. 146: Zusammenhang zwischen $U_{\text{Bridge}}/U_{\text{Exc}}$ und ΔR_1

Die ELM350x verwenden eine interne Linearisierung, so dass die Ausgabe schon linearisiert erfolgt mit

$$\text{PDO [mV/V]} = \frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{\Delta R_1}{4R_1}$$

da intern mit U_{Exc} gerechnet wird.

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell	±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 120 ± 15,36 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 120 ± 3,84 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 120 ± 1,92 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 120 ± 0,96 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm 3,814... nV/V	0,119... ppm 0,9535... nV/V	0,119... ppm 0,47675... nV/V	0,119... ppm 0,238375... nV/V

Spezifische Angaben (vorläufig, nicht gültig für ELM3704-1001)

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter				
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,026 % _{MBE} < ±260 ppm _{MBE} < ±8,3 µV/V	< ±0,08 % _{MBE} < ±800 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,16 % _{MBE} < ±1600 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,32 % _{MBE} < ±3200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1 % _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,4 % _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,8 % _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±1,6 % _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 960 ppm _{MBE}	< 3920 ppm _{MBE}	< 7840 ppm _{MBE}	< 15680 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 160 ppm	< 440 ppm	< 880 ppm	< 1760 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 200 ppm _{MBE}	< 650 ppm _{MBE}	< 1300 ppm _{MBE}	< 2600 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 100 ppm _{MBE}	< 200 ppm _{MBE}	< 400 ppm _{MBE}
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 310 ppm _{MBE} < 2422 digits < 9,92 µV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 9,60 µV/V	< 2400 ppm _{MBE} < 18750 digits < 9,60 µV/V	< 4800 ppm _{MBE} < 37500 digits < 9,60 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 50 ppm _{MBE} < 391 digits < 1,60 µV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 1,60 µV/V	< 400 ppm _{MBE} < 3125 digits < 1,60 µV/V	< 800 ppm _{MBE} < 6250 digits < 1,60 µV/V
	Max. SNR	> 86,0 dB	> 74,0 dB	> 68,0 dB	> tbd. dB
	Rauschdichte@1k Hz	< 0,02 $\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	< 0,02 $\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 24 ppm _{MBE} < 188 digits < 0,77 µV/V	< 72 ppm _{MBE} < 563 digits < 0,58 µV/V	< 144 ppm _{MBE} < 1125 digits < 0,58 µV/V	< 288 ppm _{MBE} < 2250 digits < 0,58 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 4,0 ppm _{MBE} < 31 digits < 0,13 µV/V	< 12,0 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,10 µV/V	< 24,0 ppm _{MBE} < 188 digits < 0,10 µV/V	< 48,0 ppm _{MBE} < 375 digits < 0,10 µV/V
	Max. SNR	> 108,0 dB	> 98,4 dB	> 92,4 dB	> 86,4 dB
	Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 20 ppm/K	< 48 ppm/K	< 96 ppm/K	< 192 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 50 ppm _{MBE} /K < 1,60 µV/V/K	< 180 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K	< 360 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K	< 720 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter				
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell	±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 350 ± 44,8 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 350 ± 11,2 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 350 ± 5,6 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 350 ± 2,8 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm 3,814... nV/V	0,119... ppm 0,9535... nV/V	0,119... ppm 0,47675... nV/V	0,119... ppm 0,238375... nV/V

Spezifische Angaben (vorläufig, nicht gültig für ELM3704-1001)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,022 % _{MBE} < ±220 ppm _{MBE} < ±7,0 µV/V	< ±0,08 % _{MBE} < ±800 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,16 % _{MBE} < ±1600 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,32 % _{MBE} < ±3200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1 % _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,4 % _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,8 % _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±1,6 % _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 970 ppm _{MBE}	< 3920 ppm _{MBE}	< 7840 ppm _{MBE}	< 15680 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 120 ppm	< 380 ppm	< 760 ppm	< 1520 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 180 ppm _{MBE}	< 750 ppm _{MBE}	< 1500 ppm _{MBE}	< 3000 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 100 ppm _{MBE}	< 200 ppm _{MBE}	< 400 ppm _{MBE}
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 320 ppm _{MBE} < 2500 digits < 10,24 µV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 9,60 µV/V	< 2400 ppm _{MBE} < 18750 digits < 9,60 µV/V	< 4800 ppm _{MBE} < 37500 digits < 9,60 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 55 ppm _{MBE} < 430 digits < 1,76 µV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 1,60 µV/V	< 400 ppm _{MBE} < 3125 digits < 1,60 µV/V	< 800 ppm _{MBE} < 6250 digits < 1,60 µV/V
	Max. SNR	> 85,2 dB	> 74,0 dB	> 68,0 dB	> 61,9 dB
	Rauschdichte @1kHz	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,02	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,02	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,02	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 0,02
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 18 ppm _{MBE} < 141 digits < 0,58 µV/V	< 72 ppm _{MBE} < 563 digits < 0,58 µV/V	< 144 ppm _{MBE} < 1125 digits < 0,58 µV/V	< 288 ppm _{MBE} < 2250 digits < 0,58 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 3,0 ppm _{MBE} < 23 digits < 0,10 µV/V	< 12,0 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,10 µV/V	< 24,0 ppm _{MBE} < 188 digits < 0,10 µV/V	< 48,0 ppm _{MBE} < 375 digits < 0,10 µV/V
	Max. SNR	> 110,5 dB	> 98,4 dB	> 92,4 dB	> 86,4 dB
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 12 ppm/K	< 50 ppm/K	< 100 ppm/K	< 200 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 30 ppm _{MBE} /K < 0,96 µV/V/K	< 110 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K	< 220 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K	< 440 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter				
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

- ²⁾ Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[▶_000\]](#) als auch [ZeroOffset \[▶_000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.
- ³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.
- ⁴⁾ Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da hier geräteseitig der Offset erhöht ist. Es wird deshalb ein anlagenseitiger Offset-Abgleich empfohlen, siehe [Tara- \[▶_000\]](#) oder [Zero-Offset-Funktion \[▶_000\]](#). Die final erzielbare Grundgenauigkeit im 2-Leiter-Betrieb ist wesentlich von der Qualität dieses anlagenseitigen Offset-Abgleichs abhängig.
- ⁵⁾ Der Kanal misst elektrisch auf 8 mV/V, stellt aber seinen Messwert skaliert auf 2 bzw. 4 mV/V dar. Die Compensated-Funktion ermöglicht die Messung kleiner Pegel auch bei hohem Offset-Anteil.

HINWEIS

Übergangswiderstände der Anschlusskontakte

Die Übergangswiderstände der Anschlusskontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

Wenn statt der internen Ergänzungswiderstände für Viertelbrückenbetrieb ein externer, temperaturstabilerer Ergänzungswiderstand bei Betrieb der Klemme in Halb- oder gar Vollbrücke verwendet wird, kann die Temperaturempfindlichkeit der Klemme und somit des Messaufbaus verringert werden.

3.13.2.10 Messung IEPE 10 V / 20 V / $\pm 2,5$ V / ± 5 V / ± 10 V

3.13.2.10.1 IEPE-Hochpass Eigenschaften

Zur optionalen Ausregelung der IEPE Bias-Spannung verfügt die ELM370x über ein einstellbares Hochpassfilter 1.Ordnung.

Zur Erläuterung der Bezeichnungen AC und DC siehe Kapitel „Analogtechnische Hinweise - dynamische Signale“.

Die Eingangskanäle können grundsätzlich in der Betriebsart AC-Coupling oder DC-Coupling betrieben werden, siehe Kapitel „IEPE AC Coupling“:

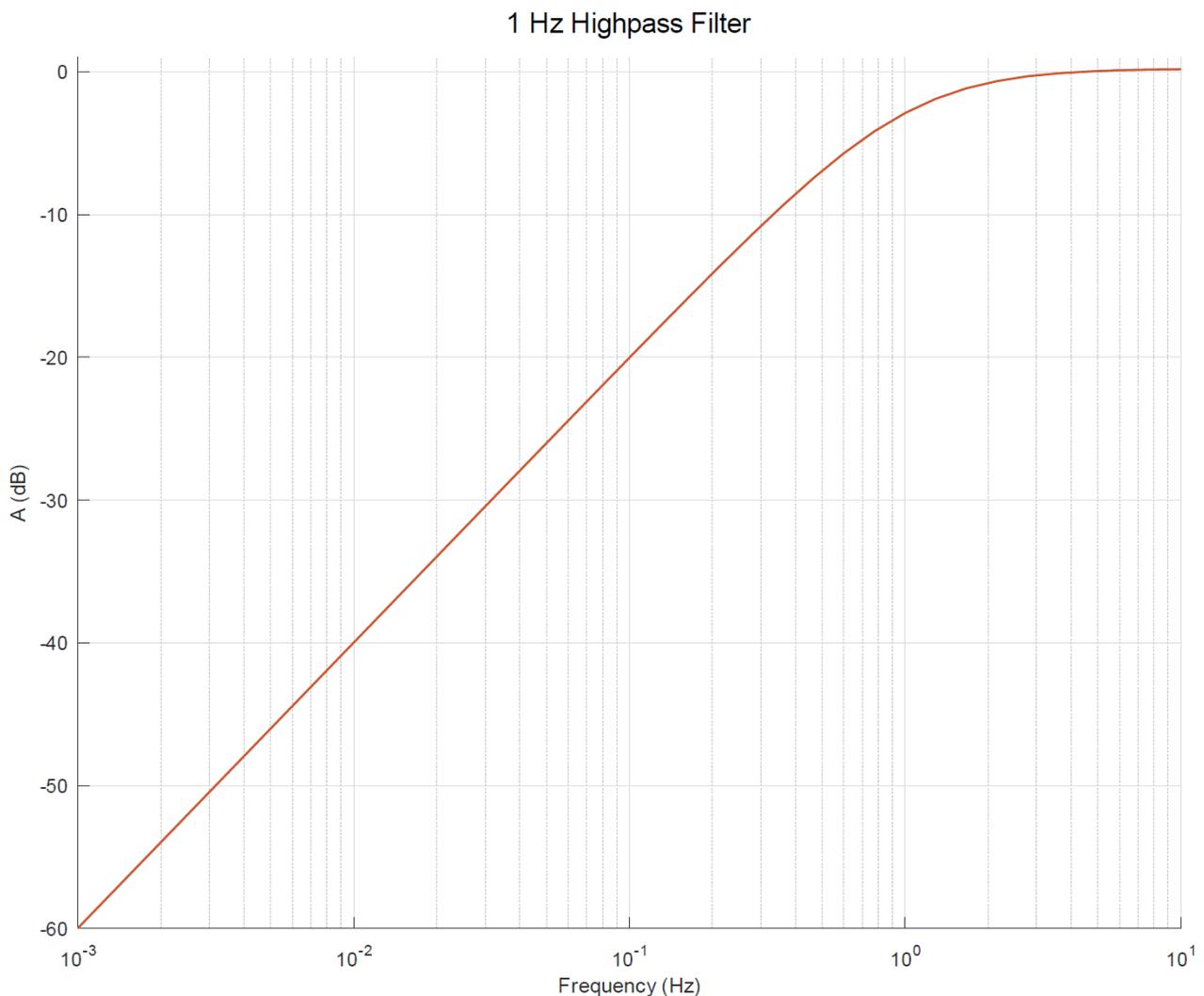
- AC-Coupling: das beliebige Eingangssignal wird über einen einstellbaren Hochpassfilter geleitet, es verbleibt dahinter nur der entsprechende Wechselanteil (AC) zur klemmeninternen digitalen Weiterverarbeitung.
- DC-Coupling: das beliebige Eingangssignal „wie es ist“ wird klemmenintern digital weiterverarbeitet, unabhängig davon, ob es Wechselanteile (AC) enthält oder nicht.

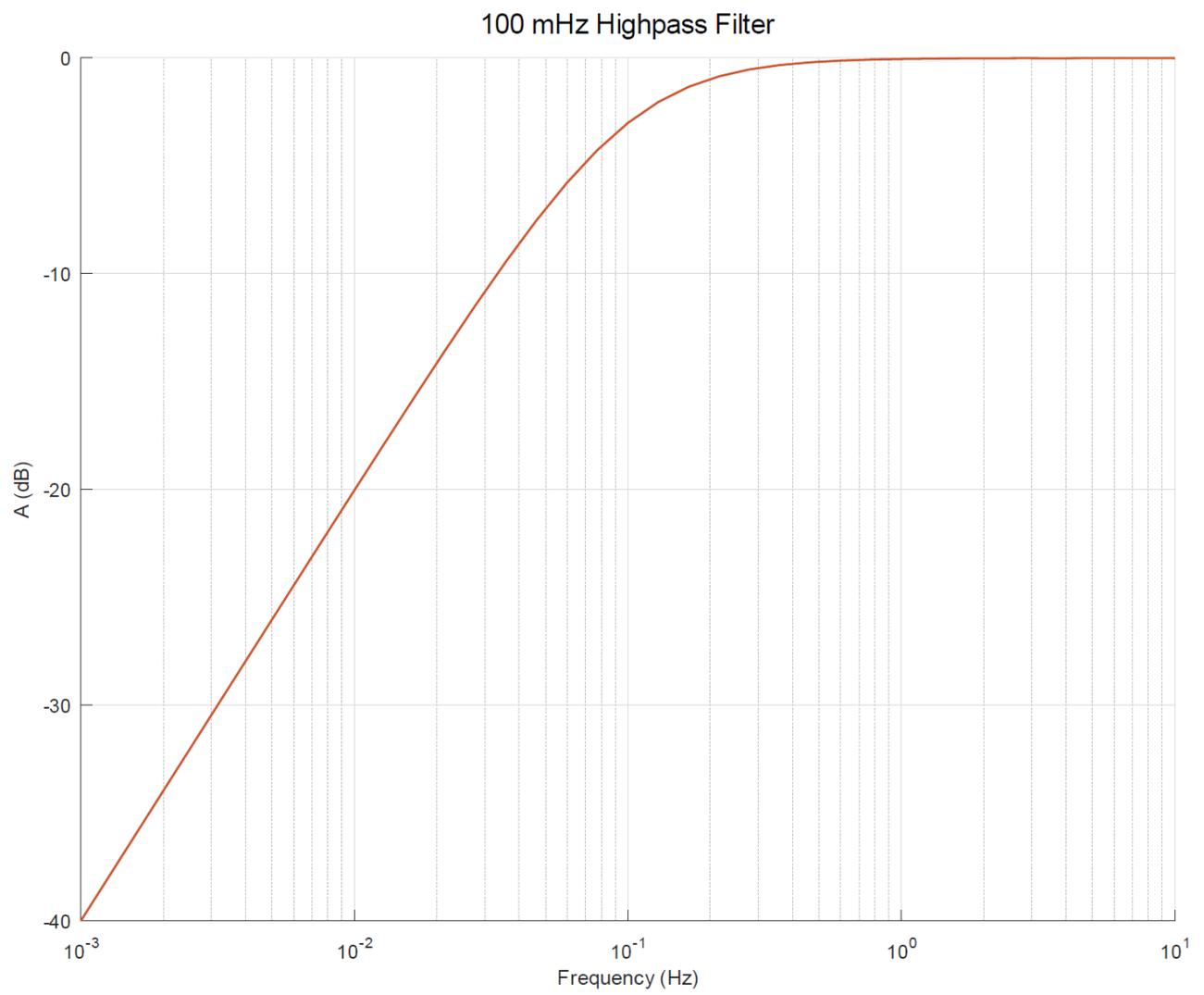
● DC-Einschränkung

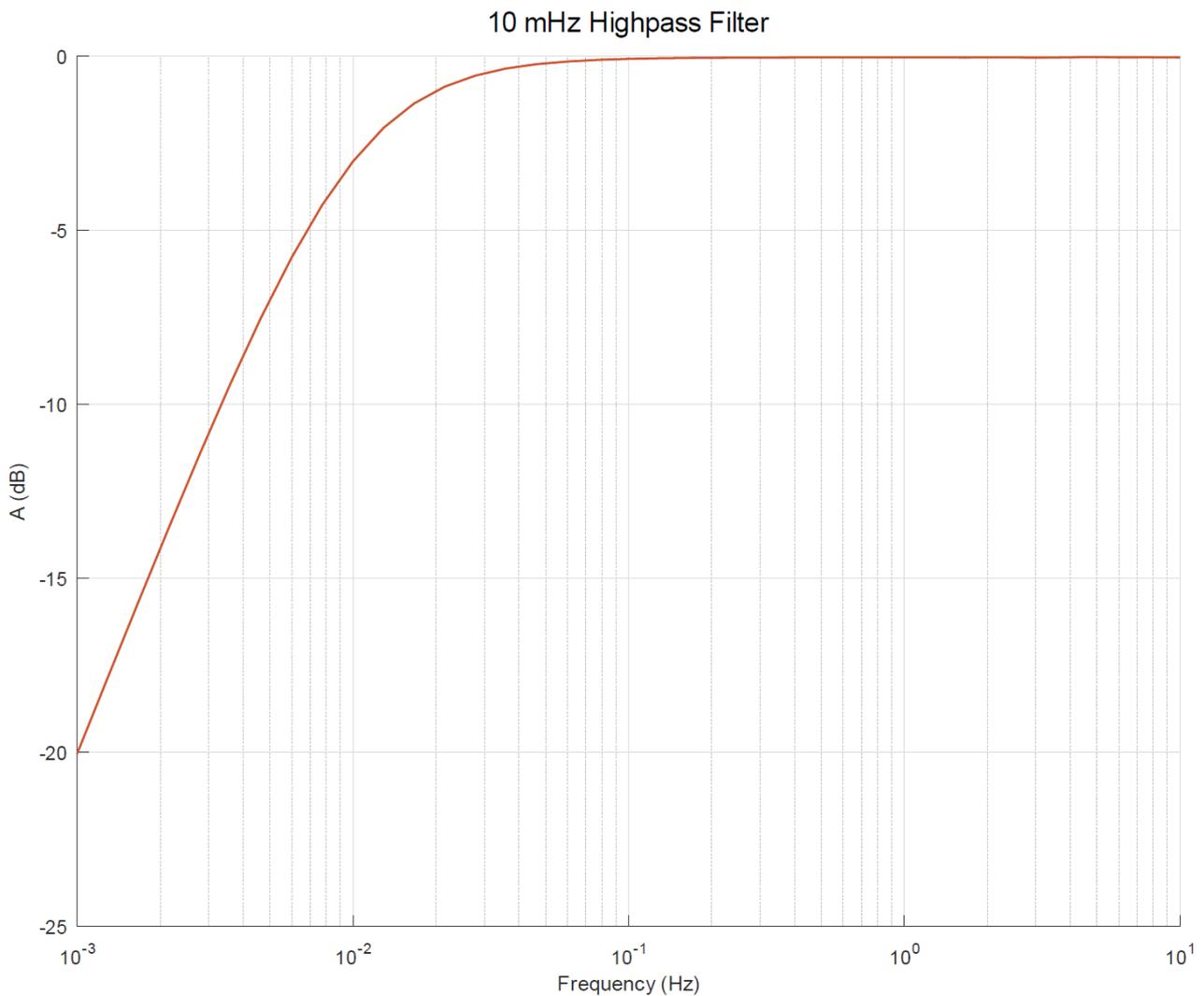
i In den drei Messbereichen „IEPE ± 10 V“ (97), „IEPE ± 5 V“ (98) und „IEPE $\pm 2,5$ V“ (99) ist nur AC-Coupling möglich. Wenn Spannungen mit einem DC-Anteil (Offset) gemessen werden sollen, sind ersatzweise die Spannungsmessbereiche „U ± 10 V“ (2), „U ± 5 V“ (3) und „U $\pm 2,5$ V“ (4) zu verwenden.

In der Klammer ist die jeweilige Messbereichsindexnummer angegeben.

Das typische Frequenzverhalten im Messbereich 2,5 V ist wie folgt:







Hinweis: falls andere dynamische Filtereigenschaften gewünscht werden kann wie folgt verfahren werden:

- Klemme ELM370x im Messbereich „0..20V“ betreiben
- IEPE AC Coupling im jeweiligen Kanal deaktivieren

Off (DC Coupling)

Off (DC Coupling)

0.001 Hz

- Der Kanal misst nun mit 23 Bit + Vorzeichen über 20 V, also inkl. der Bias-Spannung die üblicherweise 10..16 V beträgt. Mit einer Anwenderseitigen Implementierung eines Hochpasses mittels TwinCAT Programmierung (innerhalb der PLC) ist Steuerungsseitig der Bias-Anteil (Gleichspannungsanteil) folglich nun zu unterdrücken. Zu bedenken ist die nun herabgesetzte Signalaufösung vom Messbereich $\pm 2,5$ V mit 24 Bit zu 20 V mit 23 Bit. Dafür erhält der Anwender volle digitale Kontrolle über das Messverhalten im unteren Frequenzbereich.

3.13.2.10.2 Messung IEPE ±10 V

Messung Modus	±10 V	
Messbereich, nominell	-10...+10 V ³⁾	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-10,737...+10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

³⁾ Für IEPE Messung gilt: Die Eingangsspannung darf nicht unter -5 V bezogen auf GND sinken, die Messgenauigkeit ist dann nicht mehr gegeben. Das bedeutet, eine Messung bis -10 V bezogen auf GND ist nur möglich, wenn zugleich ein Offset von mind. +5 V anliegt, wie dies bei einer IEPE-Versorgung üblich ist.

Vorläufige Angaben in kursiv

Messung Modus	±10 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,01 % = 100 ppm MBE typ. < ±td. typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C, mit Mittelwertbildung ^{1) 6)}	< ±td. % = tbd. ppm MBE typ. < ±td. typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 650 ppm _{MBE}	< 5078 digits	< 6,5 mV
	F _{Noise, RMS}	< 110 ppm _{MBE}	< 859 digits	< 1,1 mV
	Max. SNR	> 79,2 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 15,56 \frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 400 ppm _{MBE}	< 3125 digits	< 4 mV
	F _{Noise, RMS}	< 75 ppm _{MBE}	< 586 digits	< 750 µV
	Max. SNR	> 82,5 dB		
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	< 8 ppm/K typ.		
	Tk _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ. < tbd. typ.		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.			

¹⁾ Gültig für ELM3704-00x1 ab HW00, ELM370x-00x0 ab HW01; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

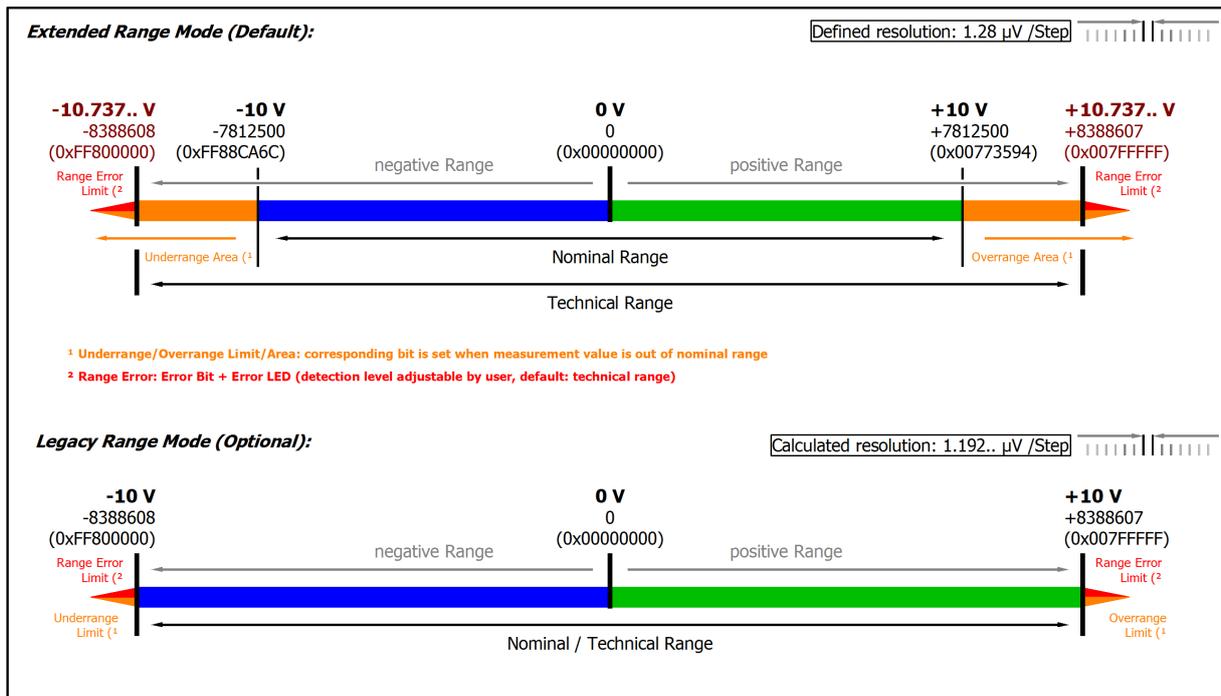


Abb. 147: Darstellung ± 10 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.10.3 Messung IEPE ±5 V

Messung Modus	±5 V	
Messbereich, nominell	-5...+5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-5,368...+5,368 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	640 nV	163,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)	596.. nV	152,59.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. tbd. tbd. CommonMode typ. tbd. gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |► 582|

Spezifische Angaben (vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	±5 V		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,01 % = 100 ppm _{MBE} typ.		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 55 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}	
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 1200 ppm _{MBE}	< 9375 digits
	F _{Noise, RMS}	< 200 ppm _{MBE}	< 1563 digits
	Max. SNR	> 74 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$< 14,14 \frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 700 ppm _{MBE}	< 5469 digits
	F _{Noise, RMS}	< 140 ppm _{MBE}	< 1094 digits
	Max. SNR	> 77,1 dB	
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< 8 ppm/K typ.	
	TK _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ.	
Übersprechen (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ. 1 kHz: >80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ. 1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

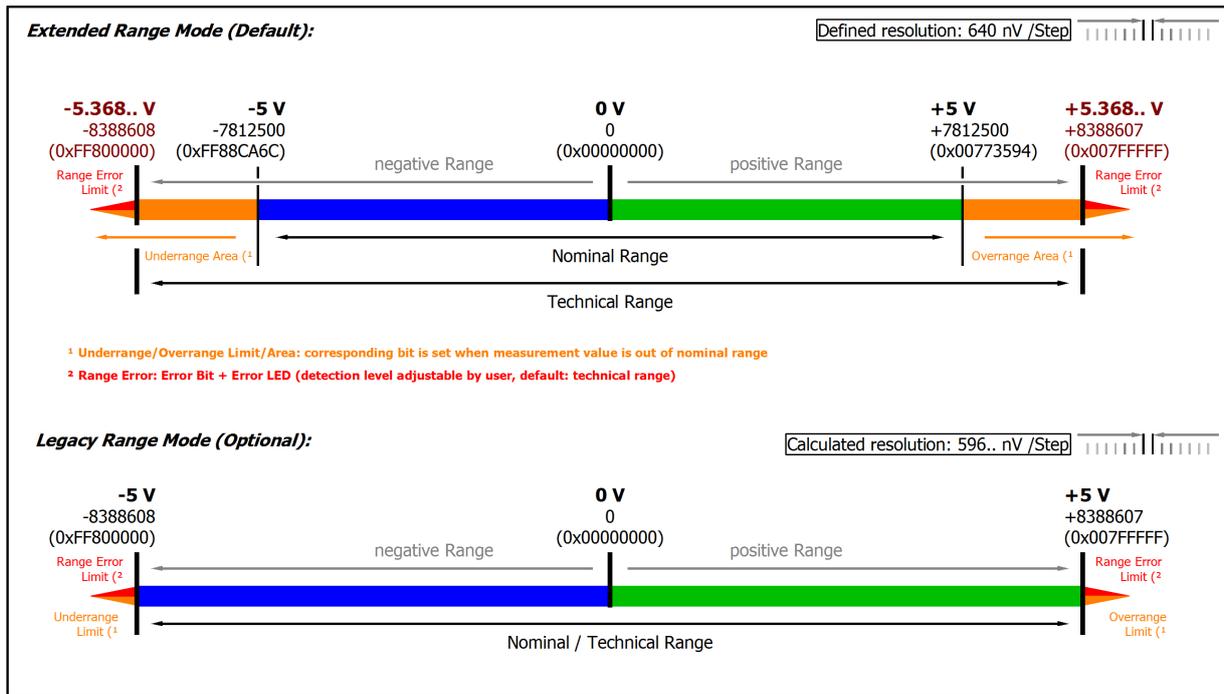


Abb. 148: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.10.4 Messung IEPE ±2,5 V

Messung Modus	±2,5 V	
Messbereich, nominell	-2,5...+2,5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	2,5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-2,684...+2,684 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	320 nV	81,92 µV
PDO LSB (Legacy Range)	298.. nV	76,29.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben (vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	±2,5 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,01 % = 100 ppm _{MBE} typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 55 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 2400 ppm _{MBE}	< 18750 digits	< 6 mV
	F _{Noise, RMS}	< 400 ppm _{MBE}	< 3125 digits	< 1 mV
	Max. SNR	> 68 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 14,14 \frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 1550 ppm _{MBE}	< 12109 digits	< 3,88 mV
	F _{Noise, RMS}	< 250 ppm _{MBE}	< 1953 digits	< 625 µV
	Max. SNR	> 72 dB		
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< 8 ppm/K typ.		
	TK _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ.		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.			

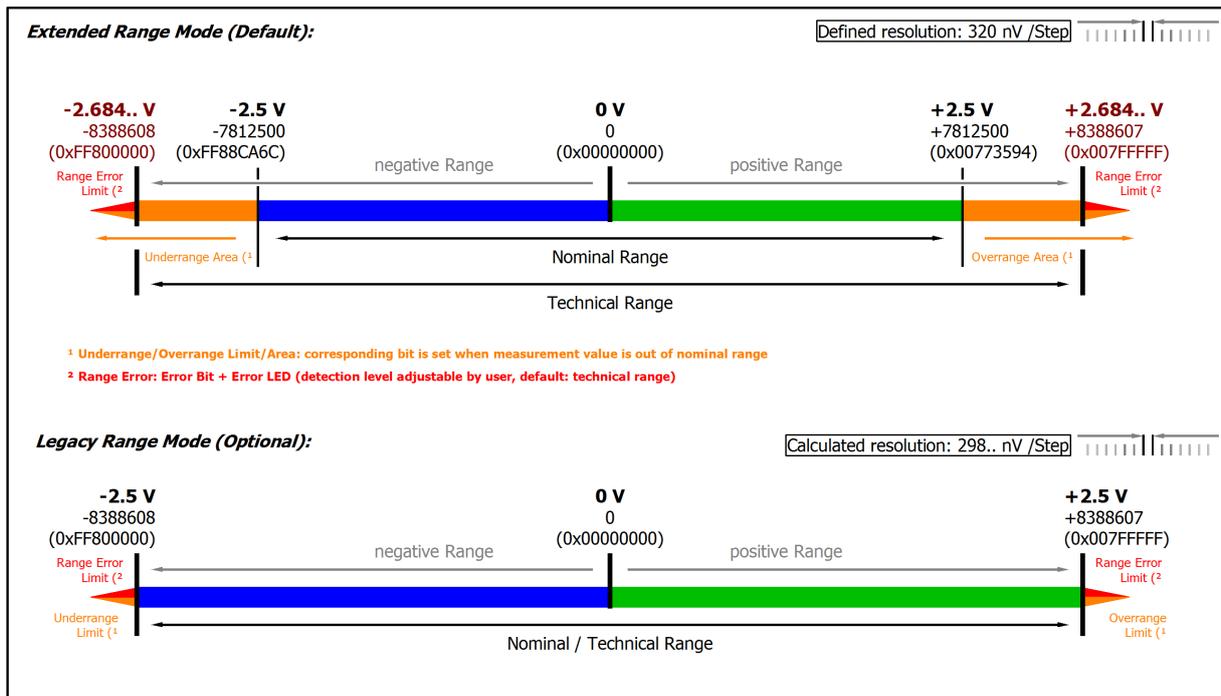


Abb. 149: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.13.2.10.5 Messung IEPE 0...20 V

Messung Modus	0...20 V	
Messbereich, nominell	0...20 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 V	
Messbereich, technisch nutzbar	0...+21,474 V	
PDO Auflösung (vorzeichenlos)	23 Bit	15 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 µV	655,36 µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 550 kΩ 11 nF	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-10x1/ -10x2, vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	0...20 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	$< \pm 0,035 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 350 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 7 \text{ mV}$			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C, mit Mittelwertbildung ^{1) 6)}	$< \pm 0,062 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 620 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 12,4 \text{ mV}$			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	$< 150 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	$< 100 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	$< 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	$< 75 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 586 \text{ digits}$	$< 1,5 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 13 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 98 \text{ digits}$	$< 0,25 \text{ mV}$
	Max. SNR	$> 98,1 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 3,54 \frac{\mu\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	$< 18 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 141 \text{ digits}$	$< 0,36 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 3 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 23 \text{ digits}$	$< 60 \mu\text{V}$
	Max. SNR	$> 110,5 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	$< 15 \text{ ppm/K typ.}$		
	Tk _{Offset}	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$ $< 100 \mu\text{V/K}$		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: $> 115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $> 105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $> 80 \text{ dB typ.}$	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: $> 115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $> 115 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $> 115 \text{ dB typ.}$	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	$\pm 0,03 \% = 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$			

¹⁾ Gültig für ELM3704-00x1 ab HW00, ELM370x-00x0 ab HW01; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

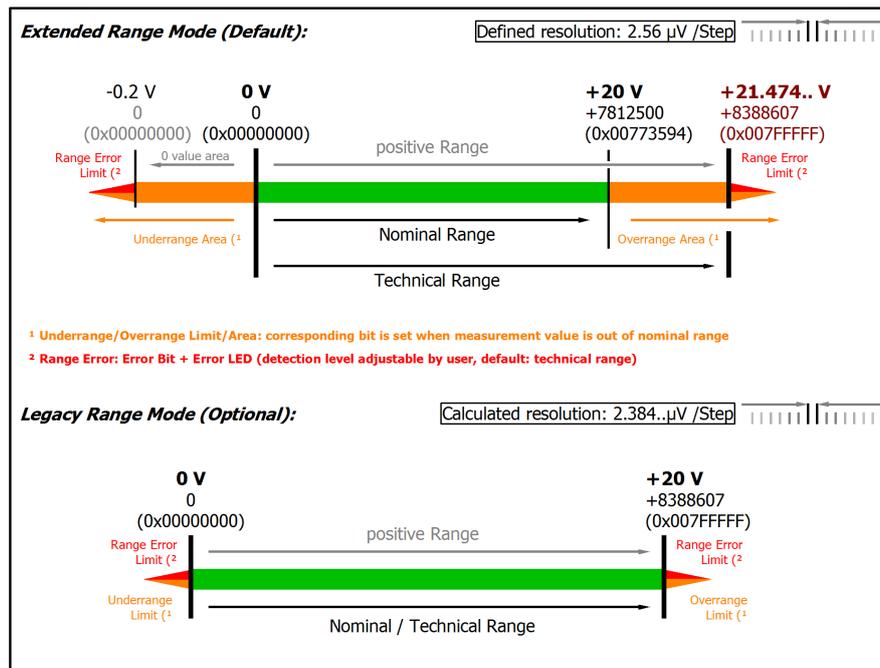


Abb. 150: Darstellung 0...20 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.13.2.10.6 Messung IEPE 0..10 V

Messung Modus	0...10 V	
Messbereich, nominell	0...10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V	
Messbereich, technisch nutzbar	0...+10,737 V	
PDO Auflösung (vorzeichenlos)	23 Bit	15 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 550 kΩ 11 nF	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

³⁾ Für IEPE Messung gilt: Die Eingangsspannung darf nicht unter -5 V bezogen auf GND sinken, die Messgenauigkeit ist dann nicht mehr gegeben. Das bedeutet, eine Messung bis -10 V bezogen auf GND ist nur möglich, wenn zugleich ein Offset von mind. +5 V anliegt, wie dies bei einer IEPE-Versorgung üblich ist.

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-10x1/ -10x2, vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	0...10 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	$< \pm 0,05 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 5 \text{ mV}$			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C, mit Mittelwertbildung ^{1) 6)}	$< \pm 0,113 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 1130 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 11,3 \text{ mV}$			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	$< 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	$< 100 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	$< 380 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	$< 75 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 586 \text{ digits}$	$< 0,75 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 13 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 98 \text{ digits}$	$< 0,13 \text{ mV}$
	Max. SNR	$> 98,1 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}/\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ $< 1,77$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	$< 18 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 141 \text{ digits}$	$< 0,18 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 3 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 23 \text{ digits}$	$< 30 \mu\text{V}$
	Max. SNR	$> 110,5 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient ¹⁾	TK _{Gain}	$< 30 \text{ ppm}/\text{K typ.}$		
	TK _{Offset}	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$ $< 100 \mu\text{V}/\text{K}$		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>115 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>115 \text{ dB typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,03 \% = 300 \text{ ppm}_{\text{MBE typ.}}$		

¹⁾ Gültig für ELM3704-00x1 ab HW00, ELM370x-00x0 ab HW01; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

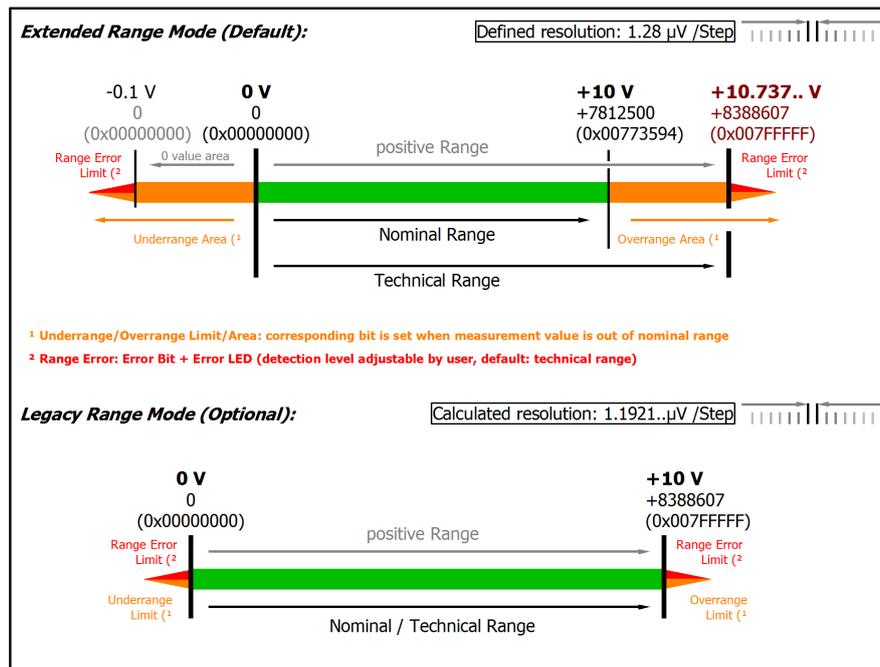


Abb. 151: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.13.2.11 Messung Thermoelement

HINWEIS

Grundlagen Thermoelemente

Die im Folgenden beschriebenen Inhalte setzen die Kenntnis des im Kapitel „Grundlagen der Thermoelement-Technologie“ Beschriebenen voraus.

Anwendung auf die ELM370x

Die Klemme unterstützt die Messung von Spannungen und die Konvertierung diverser Thermoelement-Typen, siehe folgende Liste.

Zur Spannungsmessung wird der der beim jeweiligen TC-Typ angegebene elektrische Messbereich mit seiner angegebenen Spezifikation verwendet.

Es müssen isolierte (also nicht-geerdete) Thermoelemente verwendet werden. Bei Einsatz von geerdeten Thermoelementen ist damit zu rechnen, dass Störungen aus dem unklaren Erd-Potential die Messung beeinträchtigen.

TC-Messbereich

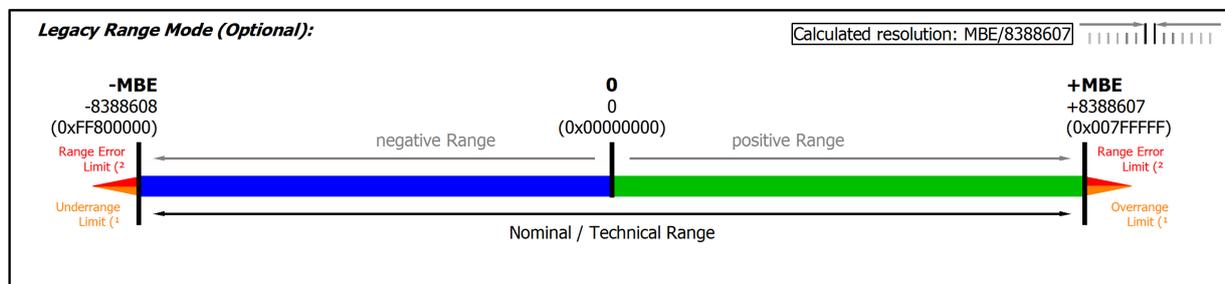


Abb. 152: Darstellung Thermoelement-Messbereich

Im Temperatur-Modus steht nur der Legacy-Range zur Verfügung, der „Extended Range Modus“ ist nicht verfügbar.

Die Temperaturdarstellung in [°C/digit] (z.B. 0,1°/digit oder 0,01°/digit) ist unabhängig von der elektrischen Messung, sie ist „nur“ eine Anzeigeeinstellung und ergibt sich aus der PDO-Einstellung, siehe Kapitel Inbetriebnahme.

Von der ELM370x unterstützte TC-Typen (ab FW02):

- A-1 0...2500°C
- A-2 0...1800°C
- A-3 0...1800°C
- Au/Pt 0...1000°C
- B 200...1820°C
- C 0...2320°C
- D 0...2490°C
- E -270...1000°C
- G 1000...2300°C
- J -210...1200°C
- K -270...1372°C
- L -50...900°C
- N -270...1300°C
- P (PLII) 0...1395°C
- Pt/Pd 0...1500°C
- R -50...1768°C

- S -50...1768°C
- T -270...400°C
- U -50...600°C

Im Folgenden werden die Spezifikationsdaten je Typ aufgeführt.

3.13.2.11.1 Thermoelement (TC) Messung mit Beckhoff Klemmen

Thermoelement-Spezifikation und Konvertierung

Die Temperaturmessung mit Thermoelementen umfasst generell drei Schritte:

- Messung der elektrischen Spannung,
- optional: Temperaturmessung der internen Kaltstelle,
- optional: Konvertierung (Umrechnung) der Spannung per Software in einen Temperaturwert nach eingestelltem Thermoelement-Typ (K, J, ...).

Alle drei Schritte können lokal im Beckhoff-Messgerät stattfinden. Die Transformation im Gerät kann auch deaktiviert werden, wenn sie übergeordnet in der Steuerung gerechnet werden soll. Je nach Gerätetyp können mehrere Thermoelement-Konvertierungen implementiert sein, die sich dann nur in Software unterscheiden.

Dies bedeutet für Beckhoff Thermoelement-Messgeräte, dass

- eine Spezifikation der elektrischen Spannungsmessung gegeben ist und
- darauf aufbauend im Folgenden je nach unterstütztem Thermoelement-Typ die Auswirkung für die Temperaturmessung angegeben wird. Zu beachten ist, dass Thermoelement-Kennlinien immer als Formeln höherer Ordnung oder durch eine Stützsteltentabelle in der Software realisiert werden, so dass eine direkte, lineare Übertragung $U \rightarrow T$ nur in einem engen Bereich sinnvoll ist.

i Angaben zu den Sensortypen in nachfolgender Tabelle

Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte zu den Sensortypen werden hier lediglich zu informativen Zwecken als Orientierungshilfe dargestellt. Alle Angaben sind ohne Gewähr und müssen mit dem Datenblatt des jeweiligen verwendeten Sensors überprüft werden.

Die Thermoelement-Messung umfasst eine Verkettung von Mess- und Rechenelementen die auf die erzielbare Messabweichung einwirken:

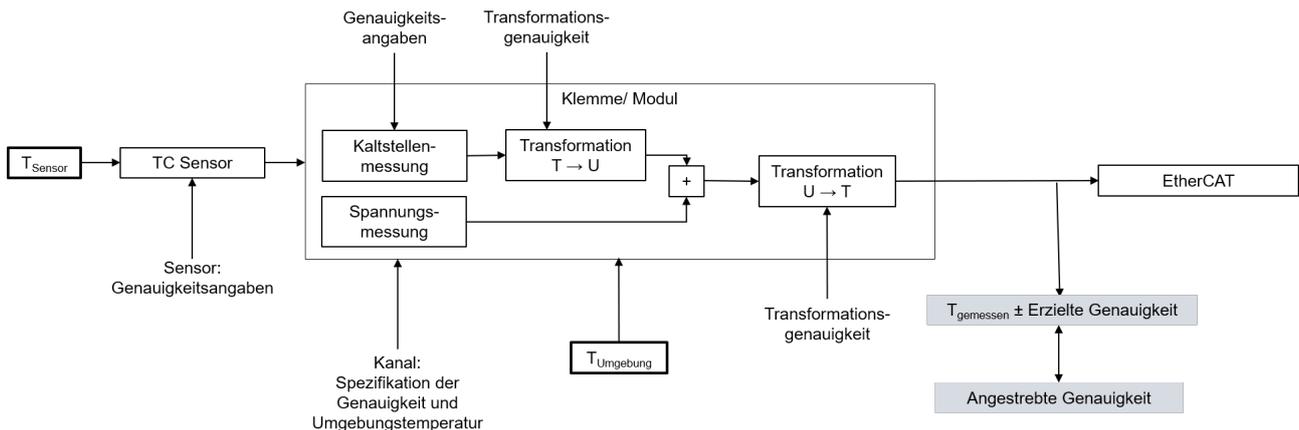


Abb. 153: Verkettung der Unsicherheiten in der Temperaturmessung mit Thermoelementen

Maßgebend für die erzielbare Temperatur-Messgenauigkeit ist die angegebene Spannungs-Spezifikation. Im Folgenden wird sie auf die möglichen Thermoelement-Typen angewendet.

Aufgrund

- der bei Thermoelementen vorhandenen, starken Nichtlinearität, die eine sinnvolle Verwendung dessen in einem nur eingeschränkten Temperaturbereich nahelegt (wenn möglich),
- des Einflusses der ggf. verwendeten internen Kaltstelle,

- der möglichen Verwendung einer externen Kaltstelle, deren Spezifikation an dieser Stelle nicht bekannt ist und
- des Einflusses der Umgebungstemperatur auf das verwendete Auswerte-Einheit bei der Spannungs- und Kaltstellenmessung (führt zu einer Veränderung von T_{measured} aufgrund von $\Delta T_{\text{ambient}}$)

werden im Folgenden keine detaillierten Temperatur-Spezifikationstabellen angegeben, sondern je Thermoelement-Typ

- eine Kurztabelle:
 - Mit Angabe des verwendeten elektrischen Messbereichs der Spannungsmessung.
 - Mit Angabe des vom Gerät unterstützen, gesamten technisch nutzbaren Messbereichs. Das ist auch der Linearisierungsbereich der Temperaturtransformation, in der Regel der normativ gegebene Einsatzbereich des jeweiligen Thermoelements.
Hinweis: der elektrische Messbereich ist so ausgelegt, dass der gesamte Linearisierungsbereich abgedeckt wird. Es kann also der gesamte Temperaturmessbereich genutzt werden.
 - Mit Angabe des von Beckhoff empfohlenen Messbereichs für diesen Typ. Er ist eine Teilmenge des technisch nutzbaren Messbereichs und deckt den industriell üblicherweise verwendeten Messbereich ab, in dem noch eine relativ geringe Messunsicherheit erreicht wird.
Da Thermoelemente über den gesamten implementierten Messbereich - wie im Grundlagenkapitel zu Thermoelementen gezeigt - eine nichtlineare Kennlinie haben, wäre die Angabe der Messunsicherheit über diesen gesamten Bereich als sog. Grundgenauigkeit praxisfremd und sogar irreführend. Im industriell üblicherweise genutzten Temperaturbereich wird eine deutlich kleinere Unsicherheit erreicht. Dennoch ist eine Verwendung des Geräts außerhalb des „empfohlenen Messbereichs“ (aber innerhalb des „technisch nutzbaren Messbereichs“) natürlich möglich.
 - Mit der spezifizierten Messunsicherheit im „empfohlenen Messbereich“ bei 23 °C und 55 °C Umgebungstemperatur, wobei die Angabe der Messunsicherheit bei 55 °C dem Wert für 23 °C ± 32 °C entspricht.
Damit kann die Messunsicherheit bei anderen Umgebungstemperaturen im empfohlenen Messbereich näherungsweise interpoliert bzw. extrapoliert werden. Die Werte können auch aus dem Spezifikations-Plot entnommen werden.
Achtung: Bei Ermittlung des Temperaturkoeffizienten (T_k [K/Kamb]): die angegebenen Werte müssen nicht unbedingt beim gleichen T_{sens} vorliegen! Zur T_k -Ermittlung am besten aus dem Plot bei T_{sens} die Messunsicherheitswerte ablesen und T_k berechnen.
- der „Spezifikations-Plot“: Eine umfassende Spezifikationsaussage als grafische Darstellung der Messunsicherheit über T_{sens} bei den beiden genannten Umgebungstemperaturen und zusätzlich 39 °C im gesamten technisch nutzbaren Messbereich. Die Darstellung der Messunsicherheit bei 39 °C Umgebungstemperatur (mittlere Temperatur zwischen 23 °C und 55 °C) zeigt den nichtlinearen Einfluss der Temperatur auf die Messunsicherheit.
Werden Genauigkeitswerte außerhalb des „empfohlenen Messbereichs“ benötigt, können sie also hier grafisch abgelesen werden.
- einige Formeln, um weitere Kenngrößen (Offset / Gain / Nichtlinearität / Wiederholgenauigkeit / Rauschen) bei Bedarf aus der Spezifikation beim gewünschten Betriebspunkt zu berechnen.

Hinweise zur Berechnung detaillierter Spezifikationsangaben

Sind weitere Spezifikationsangaben von Interesse, können bzw. müssen sie aus den in der Spannungsspezifikation gegebenen Werten berechnet werden.

Zum Ablauf:

- Allgemein: Die Umrechnung wird hier nur für einen Messpunkt (ein bestimmtes Eingangssignal) erklärt, bei mehreren Messpunkten (bis hin zum ganzen Messbereich) müssen die Schritte einfach wiederholt werden.
- Die Ermittlung des gesamten Temperaturfehlers an einem Messpunkt ergibt sich aus zwei Schritten:
 - Ermittlung des Temperaturfehlers aus dem Fehler der Spannungsmessung und
 - Ermittlung des Fehlers durch die Kaltstellenmessung an der Temperatur des Messpunkts.
 - Hinweis: Aufgrund der Nichtlinearität der Thermoelemente ist keine einfache Addition der Temperaturfehler möglich.

- Falls die gemessene Spannung bei dem gemessenen Temperaturmesspunkt nicht bekannt ist, muss der Messwert $MW = U_{\text{Messpunkt}}(T_{\text{Messpunkt}})$ mithilfe einer $U \rightarrow T$ Tabelle ermittelt werden:
- Bei diesem Spannungswert wird die Abweichung berechnet:
 - Über die Gesamtformel

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + (TK_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise,PIF}})^2 + (TK_{\text{Offset}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

- oder einen Einzelwert, z. B. $F_{\text{Einzel}} = 15 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- muss die Messunsicherheit in [mV] berechnet werden:
 $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Gesamt}}(U_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder: $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Einzel}}(U_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder (falls schon bekannt) z.B.: $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = 0,003 \text{ mV}$
- Auch für die Berechnung des Kaltstellenfehlers, der für weitere Berechnungen benötigt wird, muss der gesamte Fehler über die obige Formel berechnet werden.
- Dann muss die Steigung an der verwendeten Stelle ermittelt werden:
 $\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = [U(T_{\text{Messpunkt}} + 1^\circ\text{C}) - U(T_{\text{Messpunkt}})] / 1^\circ\text{C}$
 mithilfe einer $U \rightarrow T$ Tabelle
- Der Kaltstellenfehler ist als Temperatur in °C angegeben. Der Temperaturfehler muss dann über die Steigung an dem Temperaturmesspunkt in eine Spannungsfehler in [mV] umgerechnet werden:
 $F_{\text{CJC, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{CJC, T}} \cdot \Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}})$
- Über eine quadratische Addition des Spannungsfehlers und des Kaltstellenfehlers muss dann der kombinierte Fehler in [mV] berechnet werden:

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \sqrt{(F_{\text{Spannung}})^2 + (F_{\text{CJC, U}})^2}$$

- Bei kalibrierten Thermoelementen kann auch der Fehler des Thermoelements an dieser Stelle von mit einbezogen werden, um den kombinierten Fehler des gesamten Systems in mV zu ermitteln. Dazu müssen alle drei Fehlereinflüsse in [mV] (Spannung, Kaltstelle, Thermoelement) quadratisch addiert werden.
- Über die Spannungs-Messunsicherheit und die Steigung kann die Temperatur-Messunsicherheit berechnet werden
 $F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}}(T_{\text{Messpunkt}})) / (\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}))$

In den folgenden drei Beispielen dienen die verwendeten Zahlenwerte der Veranschaulichung. Maßgebend bleiben die in den technischen Daten genannten Spezifikationswerte.

Beispiel 1:

Grundgenauigkeit einer ELM3704 bei 35°C Umgebung, Messung von 400°C mit Thermoelement Typ K, ohne Rausch- und Alterungs-Einflüsse:

$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$

$MW = U_{\text{Typ K, 400}^\circ\text{C}} = 16,397 \text{ mV}$

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{\left(55 \text{ ppm} \cdot \frac{16,397 \text{ mV}}{80 \text{ mV}}\right)^2 + \left(8 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K} \cdot \frac{16,397 \text{ mV}}{80 \text{ mV}}\right)^2 + (70 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (25 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (20 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + \left(5 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K}\right)^2}$$

$= 100,196 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$

$F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = 100,196 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 8,016 \text{ } \mu\text{V}$

$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ }^\circ\text{C}) - U(400 \text{ }^\circ\text{C})) / (1 \text{ }^\circ\text{C}) = 42,243 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$

$F_{\text{CJC, T}} = \text{td}$

$F_{\text{CJC, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{td } ^\circ\text{C} \cdot 42,243 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{td } \mu\text{V}$

$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{td}$

$$F_{\text{ELM3704@35}^\circ\text{C, Typ K, 400}^\circ\text{C}} = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu\text{V}) / (42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) \approx \text{tbd } ^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^\circ\text{C)}$$

Beispiel 2:

Betrachtung allein der Wiederholgenauigkeit unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$MW = U_{\text{Messpunkt}} (400 \text{ } ^\circ\text{C}) = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Einzel}} = 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}} = 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 1,6 \mu\text{V}$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ } ^\circ\text{C}) - U(400 \text{ } ^\circ\text{C})) / (1 \text{ } ^\circ\text{C}) = 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel}} = \text{tbd } ^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{tbd } ^\circ\text{C} \cdot 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{tbd } \mu\text{V}$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{tbd}$$

$$F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu\text{V}) / (42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) \approx \text{tbd } ^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^\circ\text{C)}$$

Beispiel 3:

Betrachtung allein des RMS-Rauschens ohne Filter unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$MW = U_{\text{Messpunkt}} (400 \text{ } ^\circ\text{C}) = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Einzel}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 2,96 \mu\text{V}$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ } ^\circ\text{C}) - U(400 \text{ } ^\circ\text{C})) / (1 \text{ } ^\circ\text{C}) = 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel}} = \text{tbd } ^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, Einzel, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{tbd } ^\circ\text{C} \cdot 42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{tbd } \mu\text{V}$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{tbd}$$

$$F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu\text{V}) / (42,243 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) \approx \text{tbd } ^\circ\text{C} \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^\circ\text{C)}$$

3.13.2.11.2 Spezifikation Hinweise

Die nachfolgenden Tabellen mit der TC-Spezifikation gelten nur bei der Verwendung der internen Kaltstelle. In der ELM334x/ ELM370x verfügt jeder Kanal über einen eigenen Kaltstellensensor.

Die Klemme kann auch bei Bedarf mit externer Kaltstelle verwendet werden. Die Unsicherheiten müssen dann für die externe Kaltstelle anwendungsseitig ermittelt werden. Der Temperaturwert der externen Kaltstelle muss der Klemme dann über die Prozessdaten zur eigenen Verrechnung mitgeteilt werden. Die Auswirkung auf die TC-Messung ist dann anlagenseitig zu berechnen.

Thermische Stabilisierung

Die hier angegebenen Spezifikationswerte für die Messung der Kaltstelle gelten nur bei Einhaltung folgender Zeiten zur thermischen Stabilisierung bei konstanter Umgebungstemperatur

- nach dem Einschalten: 60 min
- nach Änderung von Verdrahtung/Steckern: 15 min

Umgebungsluft in Bewegung

Für eine konstante TC-Messung sind thermisch stabile Umgebungsbedingungen um die ELM-Klemme herum wichtig. Luftbewegungen um die Klemme mit ggf. veränderlicher Lufttemperatur sind zu vermeiden. Wenn diese nicht vermeidbar sind, sollte die separat erhältliche Schirmhaube ZS9100-0003 zur thermischen Abschirmung verwendet werden. Die nachfolgende Spezifikation wurde ohne Schirmhaube an ruhender Umgebung erstellt.



Abb. 154: Schirmhaube ZS9100-0003

Drahtquerschnitt am Push-In Stecker

Der TC-Draht führt Wärme je nach Temperaturgefälle in den ELM-Stecker zu oder ab. Auch bei thermischen konstanten Bedingungen führt dies dann zu einer Offset-Abweichung. Wenn eine sehr genaue Messung benötigt wird, kann dies störenden Einfluss haben. Die im Weiteren spezifizierten Werte gelten für Leitungsdicke 0,2 mm (0,0314 mm²). Bei dickeren Drähten entsteht durch das Wärmegefälle eine Offset-Abweichung nach folgendem Diagramm:

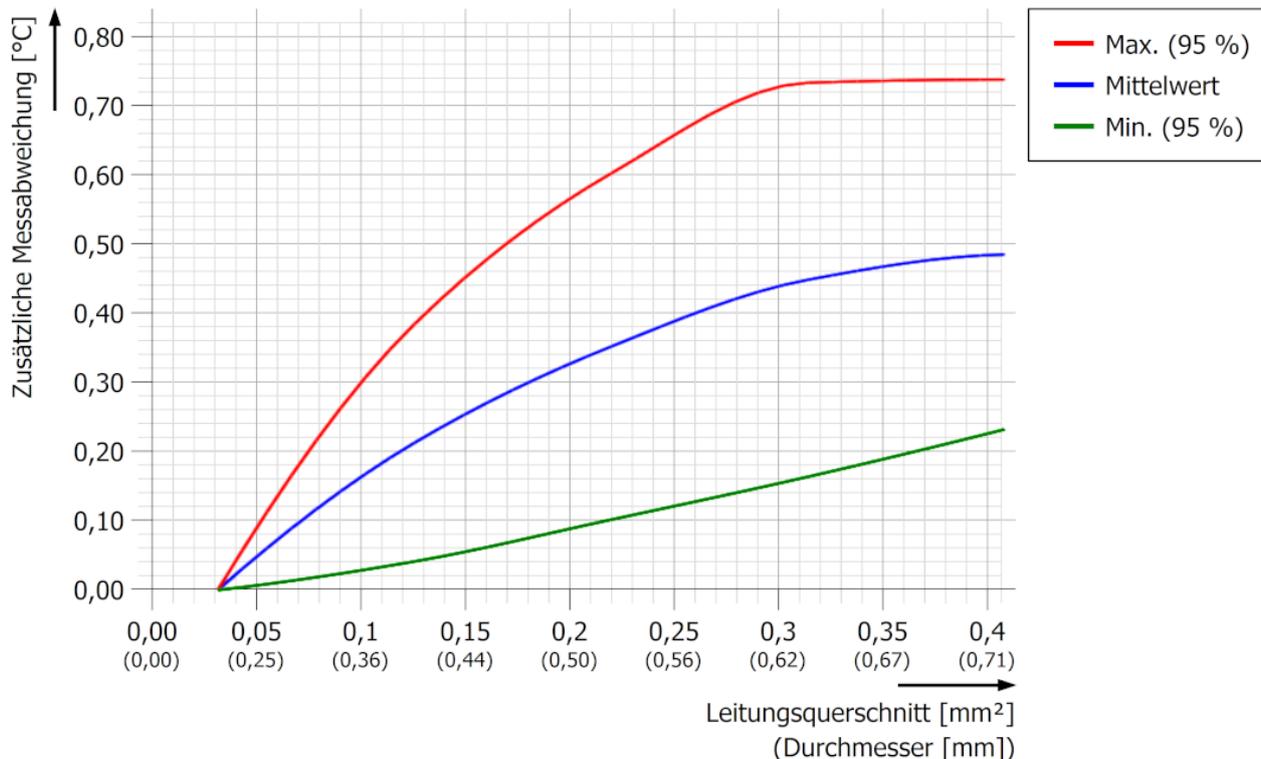


Abb. 155: Zusätzliche Abweichung in Abhängigkeit vom TC-Drahtdurchmesser/ Querschnitt bei ELM370x-0000 mit Push-In Stecker

Die Klemme misst also „zu warm“ und der angegebene Betrag muss entsprechend vom Messwert des Kanals abgezogen werden.

Das Diagramm wurde bei Raumtemperatur (23 °C) ermittelt und entsprechender Klemmenbetriebstemperatur. Eine abweichende Raumtemperatur hat keinen nennenswerten Einfluss, da sich die Klemmenbetriebstemperatur wieder entsprechend einstellt und das Wärmegefälle gleich bleibt.

Hinweis: Die zusätzliche Messabweichung in Abhängigkeit vom TC-Drahtdurchmesser/ Querschnitt ist bei LEMO- und MiniTC-Steckertypen vernachlässigbar klein.“

Spezifikation der internen Kaltstellenmessung

Messung Modus	Kaltstelle	
	ELM3702-0000, ELM3704-0000	ELM3704-0001
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,75 °C	< ±4,0 °C
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep} < 30 mK	< 50 mK
Temperaturkoeffizient	T _k < 15 mK/K	< 75 mK/K

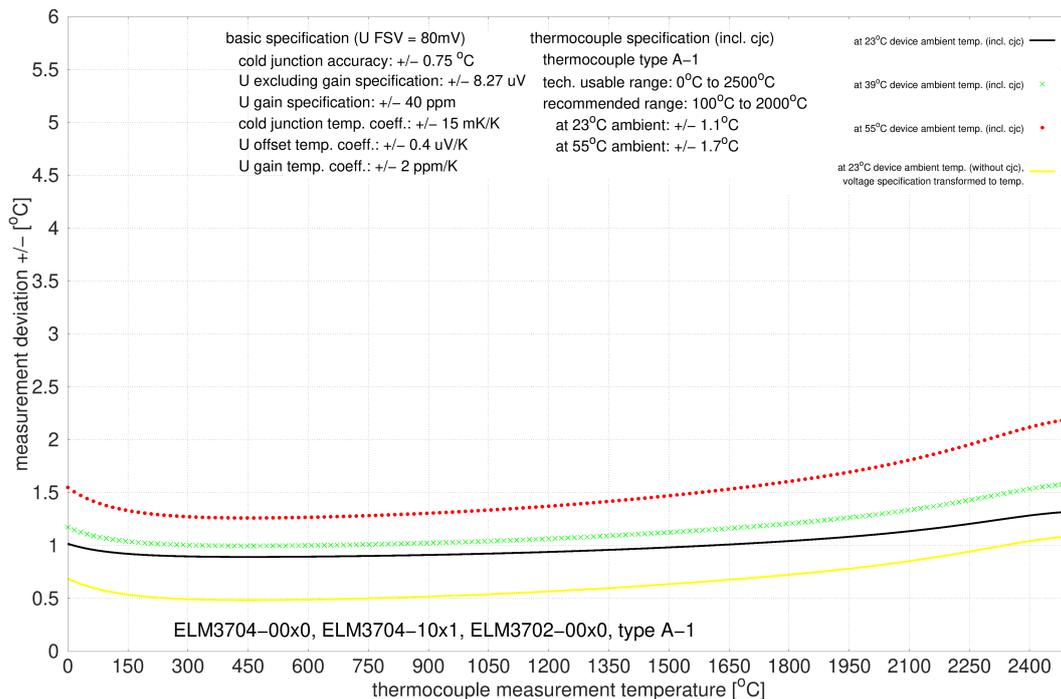
Im Folgenden wird nun für die einzelnen TC-Typen die erzielbare Temperaturmessunsicherheit angegeben, dem Typ nach in aufsteigender Reihenfolge.

3.13.2.11.3 ELM3704-00x0, ELM3704-10x1, ELM3702-00x0

3.13.2.11.3.1 Spezifikation Typ A-1

Temperaturmessung TC		Typ A-1
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +2500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2500 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,1 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,7 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

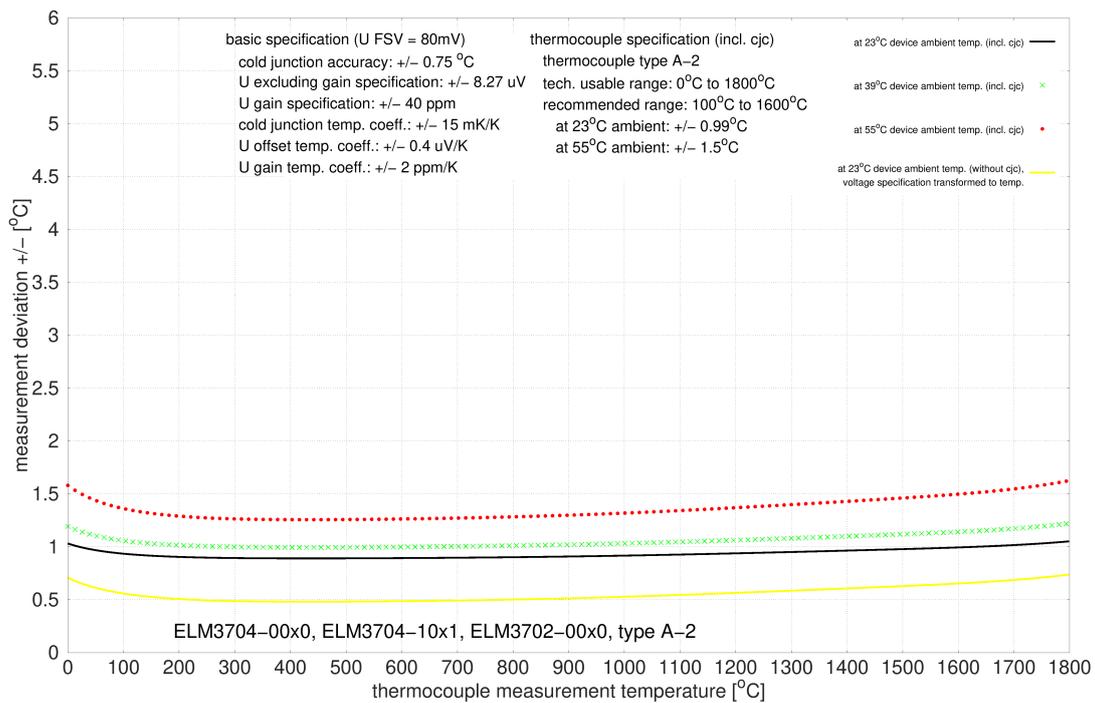
Messunsicherheit für TC Typ A-1:



3.13.2.11.3.2 Spezifikation Typ A-2

Temperaturmessung TC		Typ A-2
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,99 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,5 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

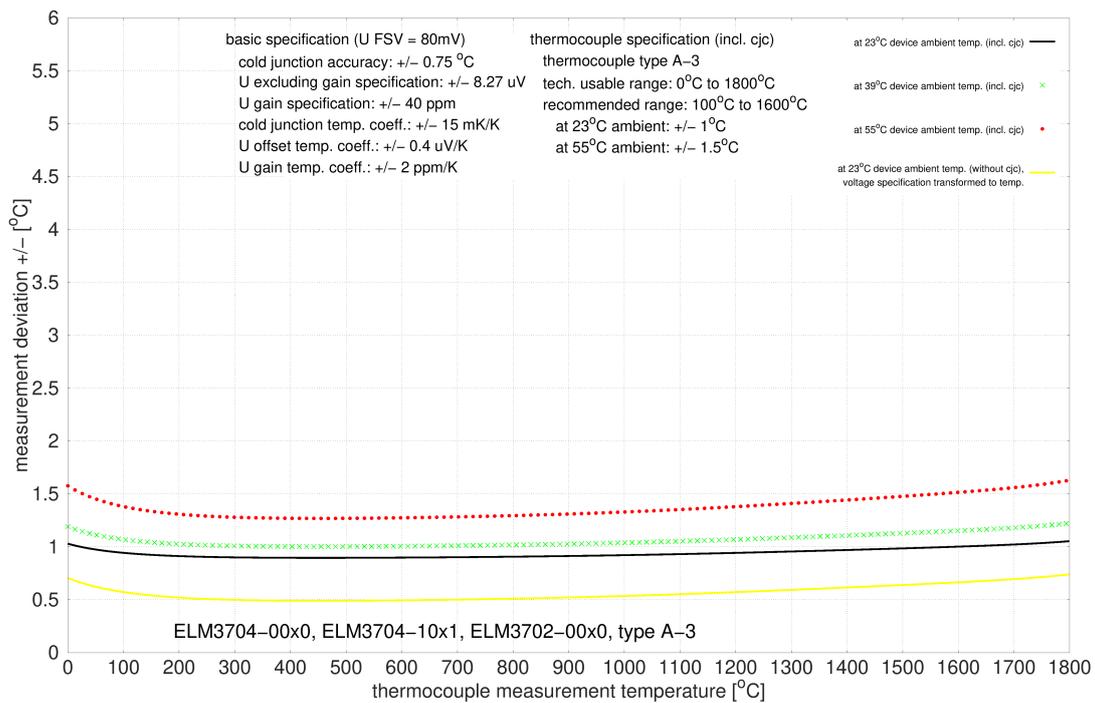
Messunsicherheit für TC Typ A-2:



3.13.2.11.3.3 Spezifikation Typ A-3

Temperaturmessung TC		Typ A-3
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,5 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

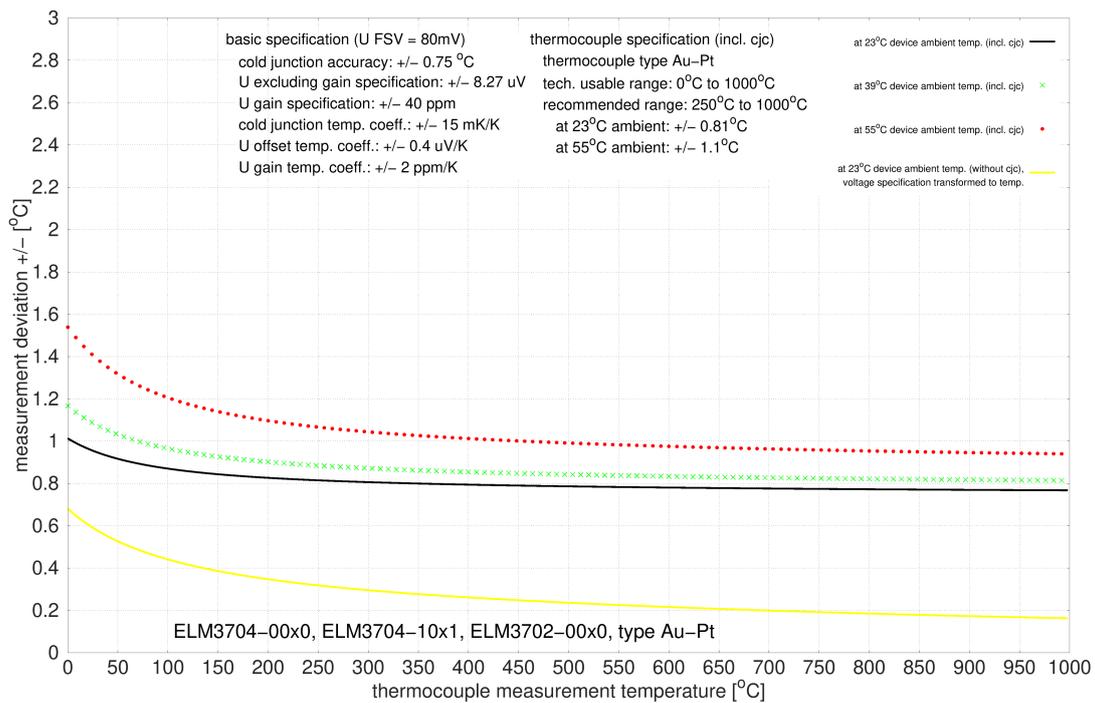
Messunsicherheit für TC Typ A-3:



3.13.2.11.3.4 Spezifikation Typ Au/Pt

Temperaturmessung TC		Typ Au/Pt
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1000 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,81 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,1 K ≈ ±0,11 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

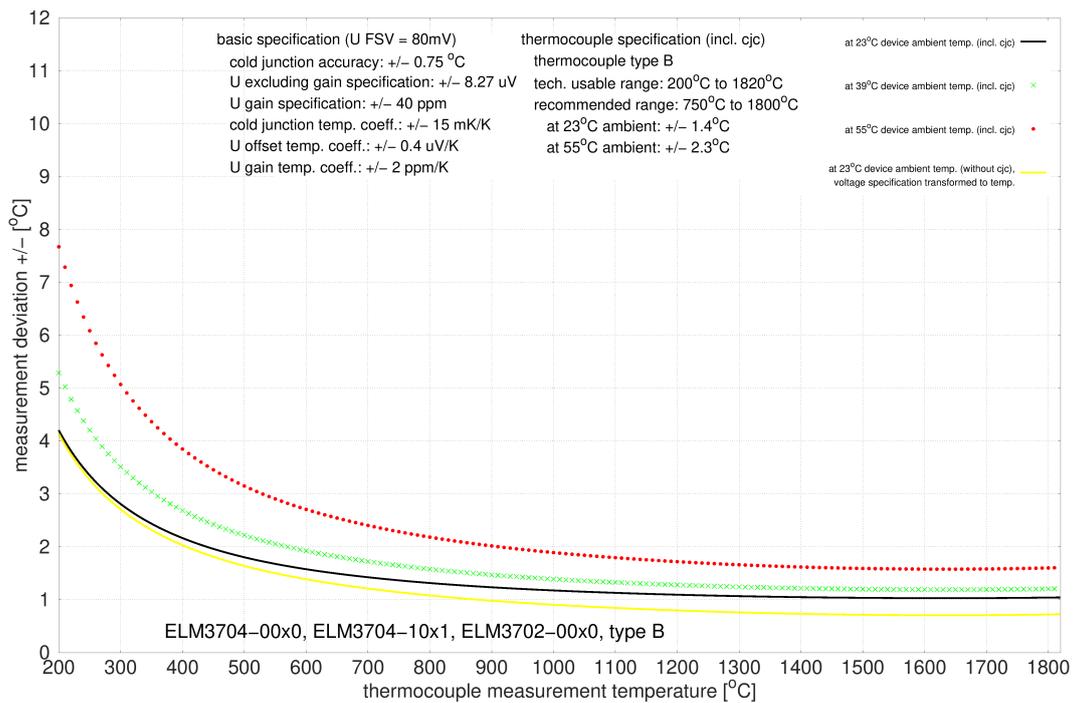
Messunsicherheit für TC Typ Au/Pt:



3.13.2.11.3.5 Spezifikation Typ B

Temperaturmessung TC		Typ B
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+200 °C ≈ 0,178 mV ... +1820 °C ≈ 13,820 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1820 °C
Messbereich, empfohlen		+750 °C ... +1800 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,4 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±2,3 K ≈ ±0,13 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

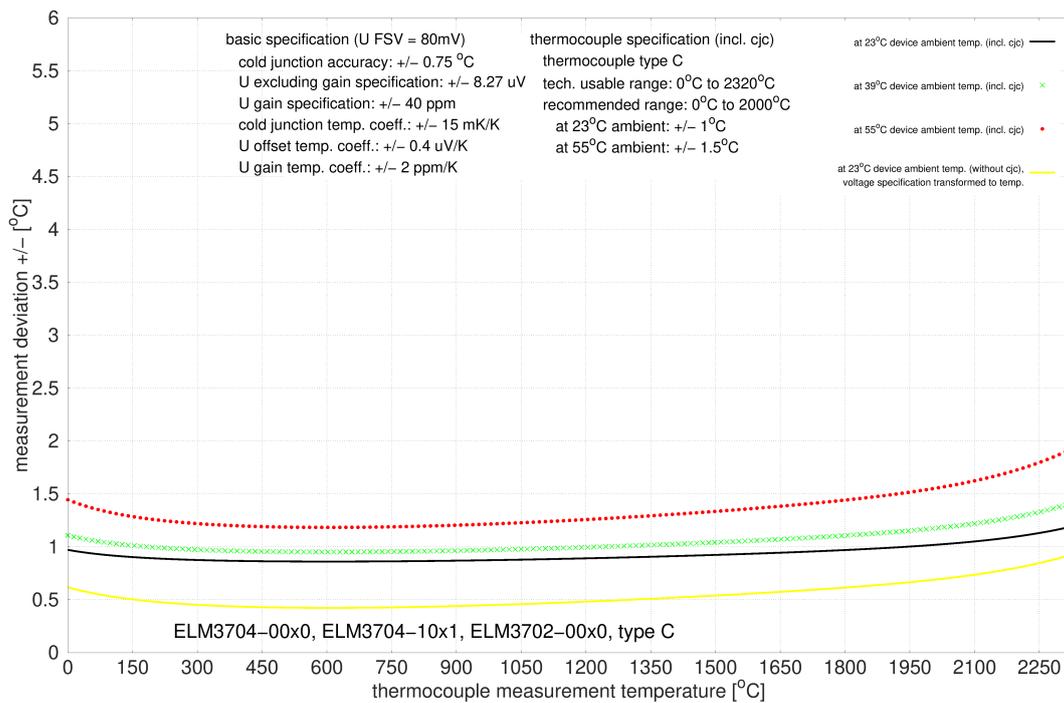
Messunsicherheit für TC Typ B:



3.13.2.11.3.6 Spezifikation Typ C

Temperaturmessung TC		Typ C
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ≈ 0 mV ... +2320 °C ≈ 37,107 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+2320 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,5 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

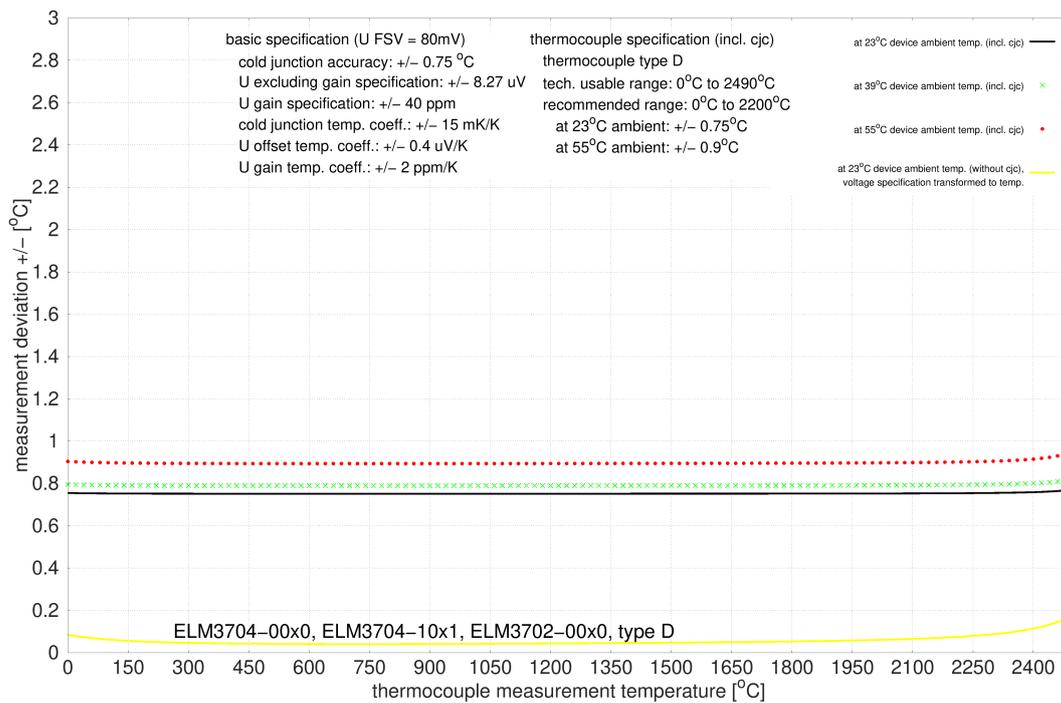
Messunsicherheit für TC Typ C:



3.13.2.11.3.7 Spezifikation Typ D

Temperaturmessung TC		Typ D
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 ° ... +2490 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2490 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,75 K ≈ ±0,03 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,9 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

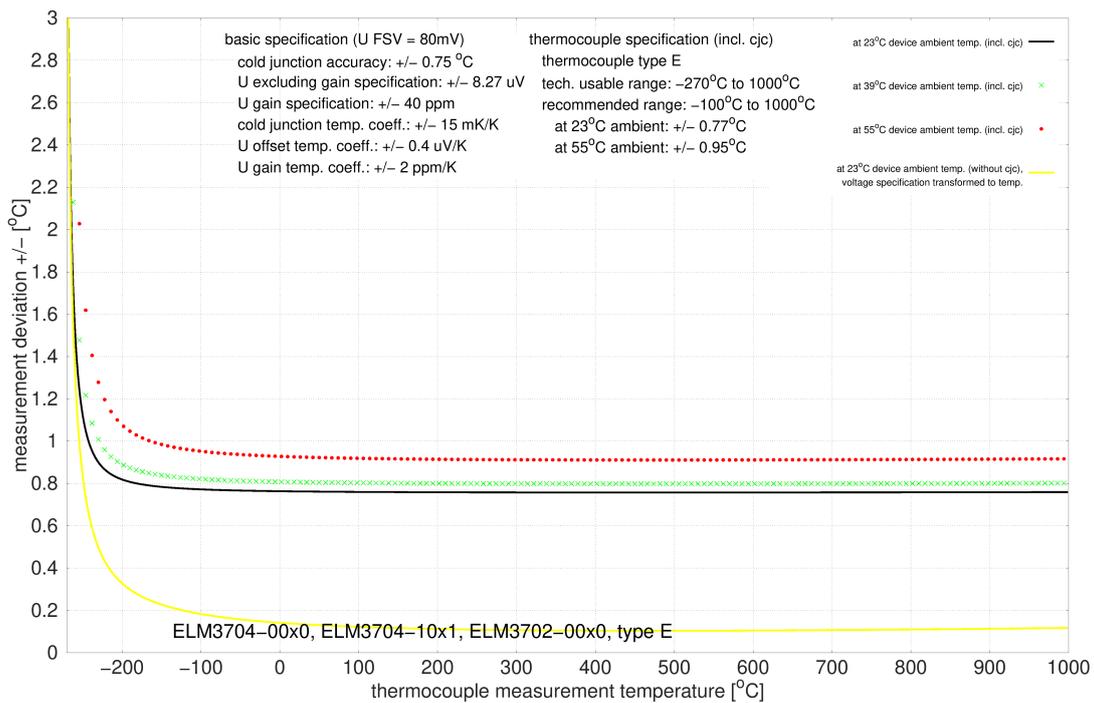
Messunsicherheit für TC Typ D:



3.13.2.11.3.8 Spezifikation Typ E

Temperaturmessung TC		Typ E
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -9,835 mV ... +1000 °C ≈ 76,373 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,77 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,95 K ≈ ±0,1 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

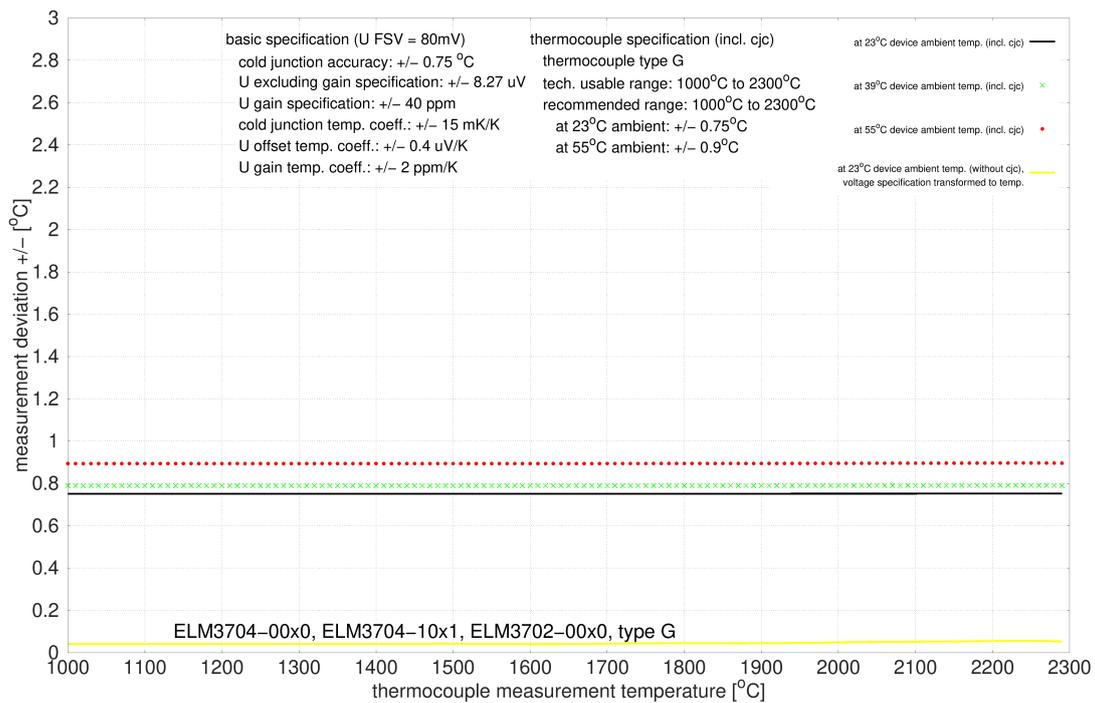
Messunsicherheit für TC Typ E:



3.13.2.11.3.9 Spezifikation Typ G

Temperaturmessung TC		Typ G
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+1000 ° ... +2300 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2300 °C
Messbereich, empfohlen		+1000 °C ... +2300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,75 K ≈ ±0,03 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,9 K ≈ ±0,04 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

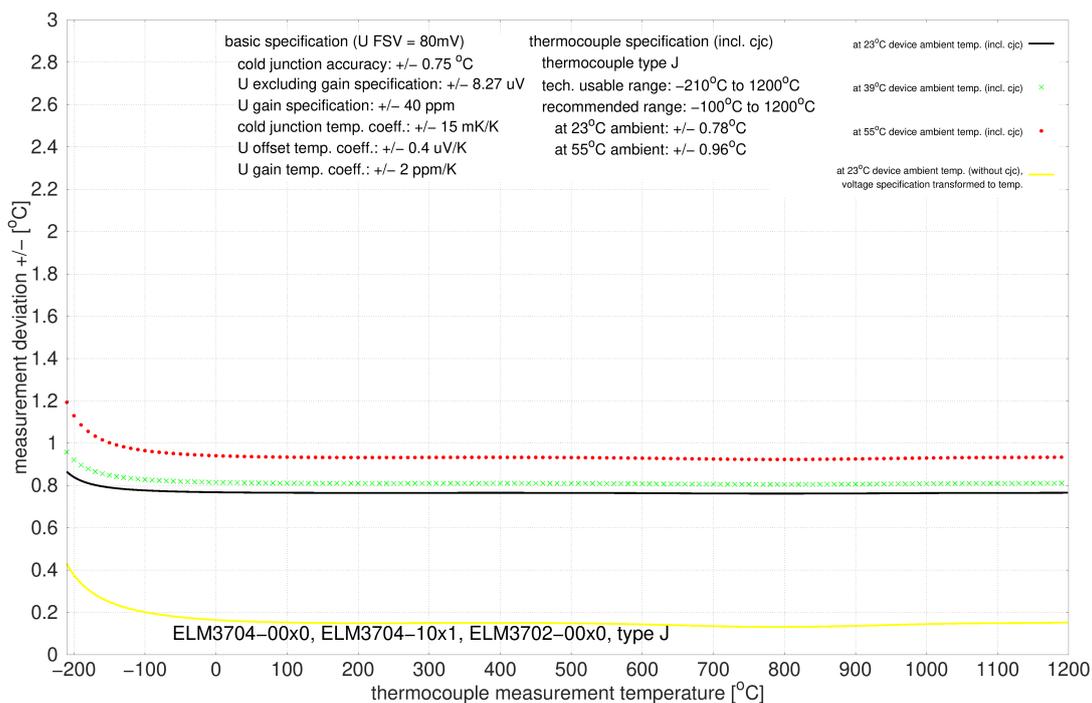
Messunsicherheit für TC Typ G:



3.13.2.11.3.10 Spezifikation Typ J

Temperaturmessung TC		Typ J
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-210 °C ≈ -8,095 mV ... +1200 °C ≈ +69,553 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1200 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,78 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,96 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

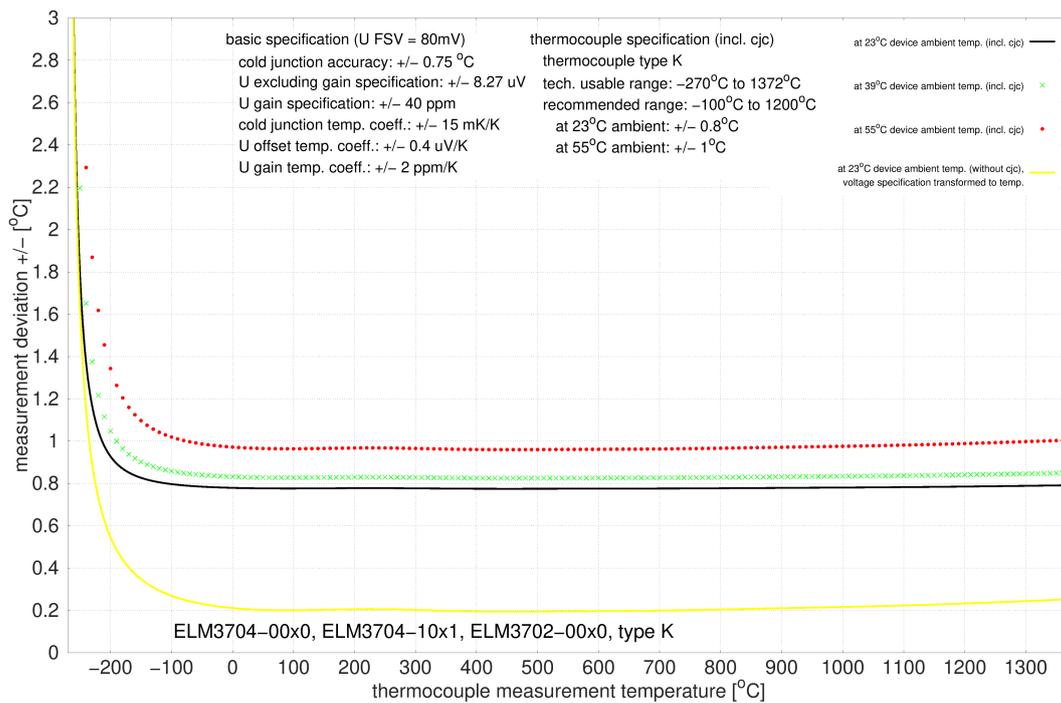
Messunsicherheit für TC Typ J:



3.13.2.11.3.11 Spezifikation Typ K

Temperaturmessung TC		Typ K
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,458 mV ... 1372 °C ≈ 54,886 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1372°C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,8 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

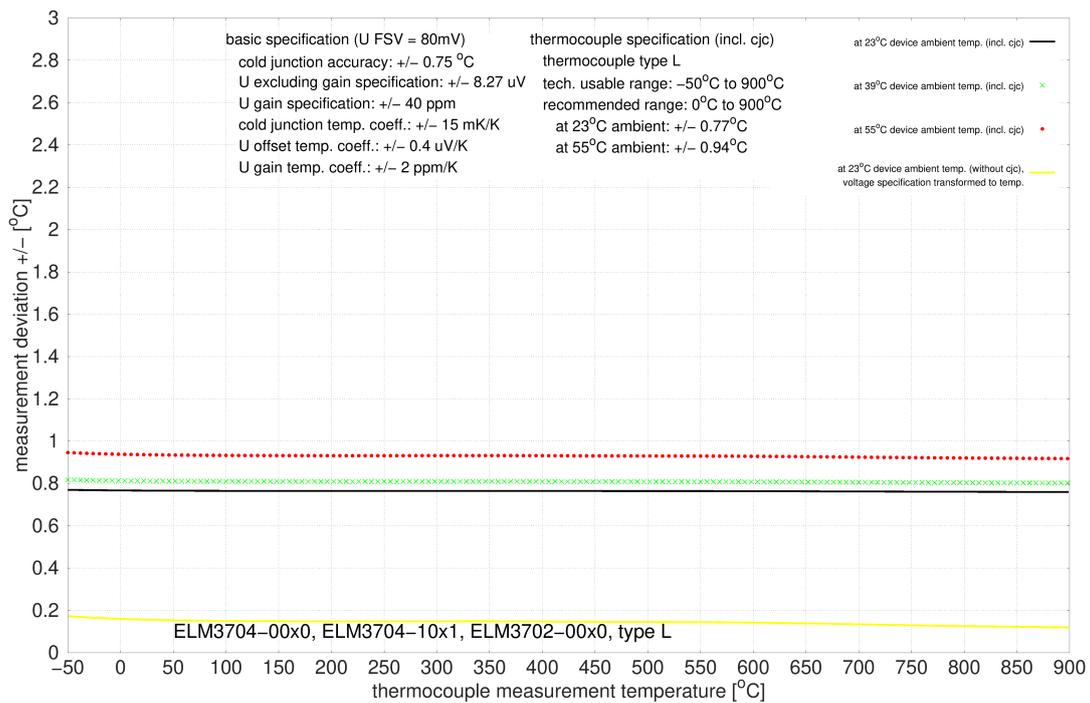
Messunsicherheit für TC Typ K:



3.13.2.11.3.12 Spezifikation Typ L

Temperaturmessung TC		Typ L
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -2,510 mV ... +900 °C ≈ 52,430 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+900 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +900 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,77 K ≈ ±0,09 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,94 K ≈ ±0,1 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

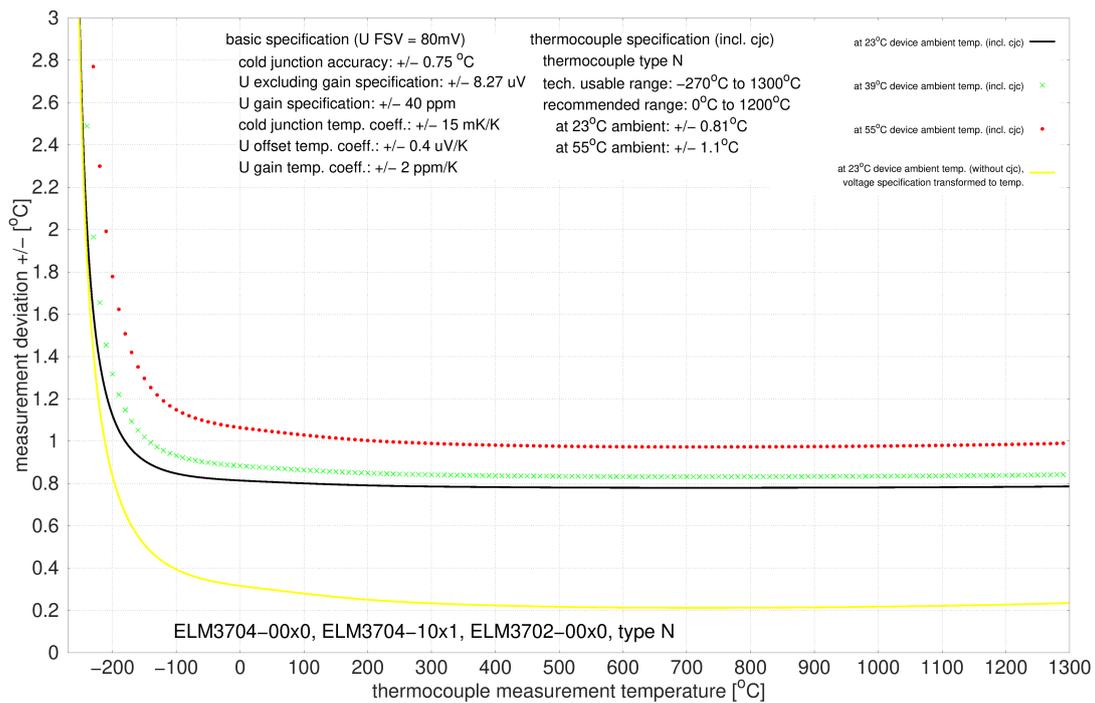
Messunsicherheit für TC Typ L:



3.13.2.11.3.13 Spezifikation Typ N

Temperaturmessung TC		Typ N
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -4,346 mV ... +1300 °C ≈ 47,513 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1300 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,81 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,1 K ≈ ±0,08 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

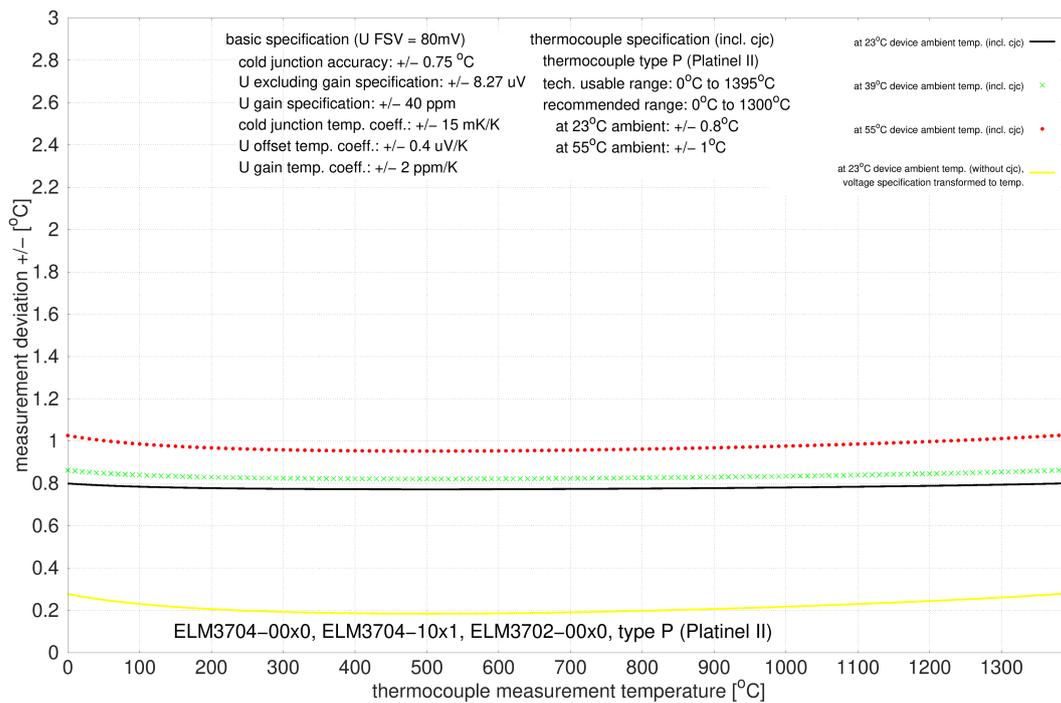
Messunsicherheit für TC Typ N:



3.13.2.11.3.14 Spezifikation Typ P

Temperaturmessung TC		Typ P
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1395 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1395 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,8 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

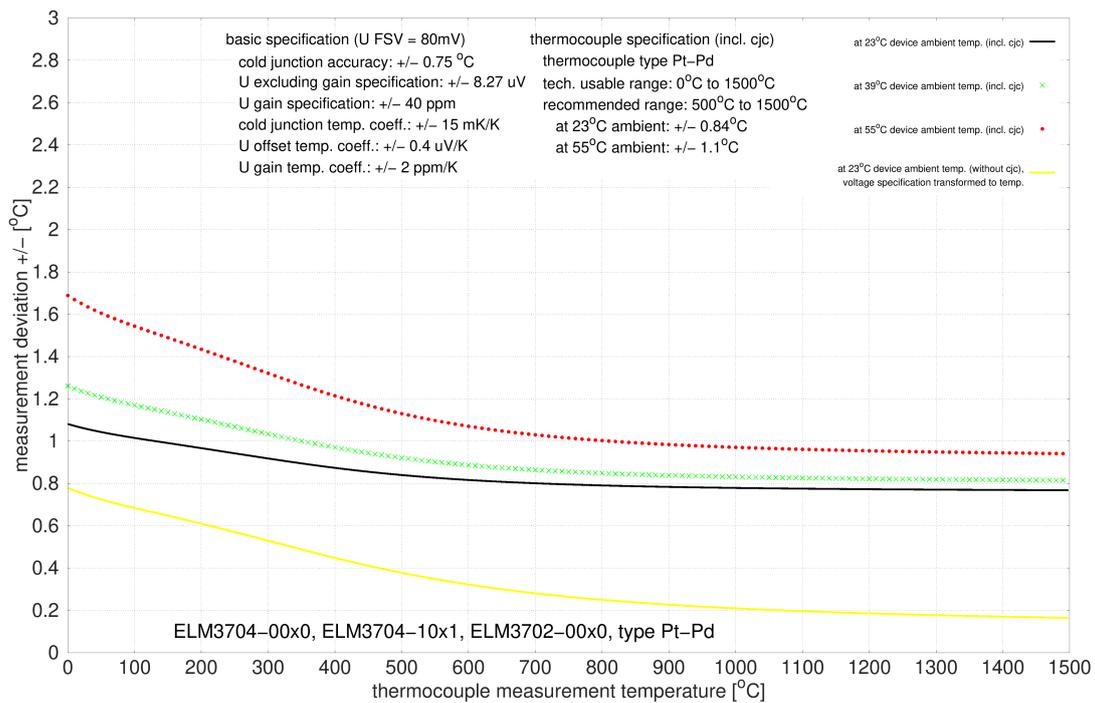
Messunsicherheit für TC Typ P:



3.13.2.11.3.15 Spezifikation Typ Pt/Pd

Temperaturmessung TC		Typ Pt/Pd
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1500 °C
Messbereich, empfohlen		+500 °C ... +1500 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,84 K ≈ ±0,06 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,1 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

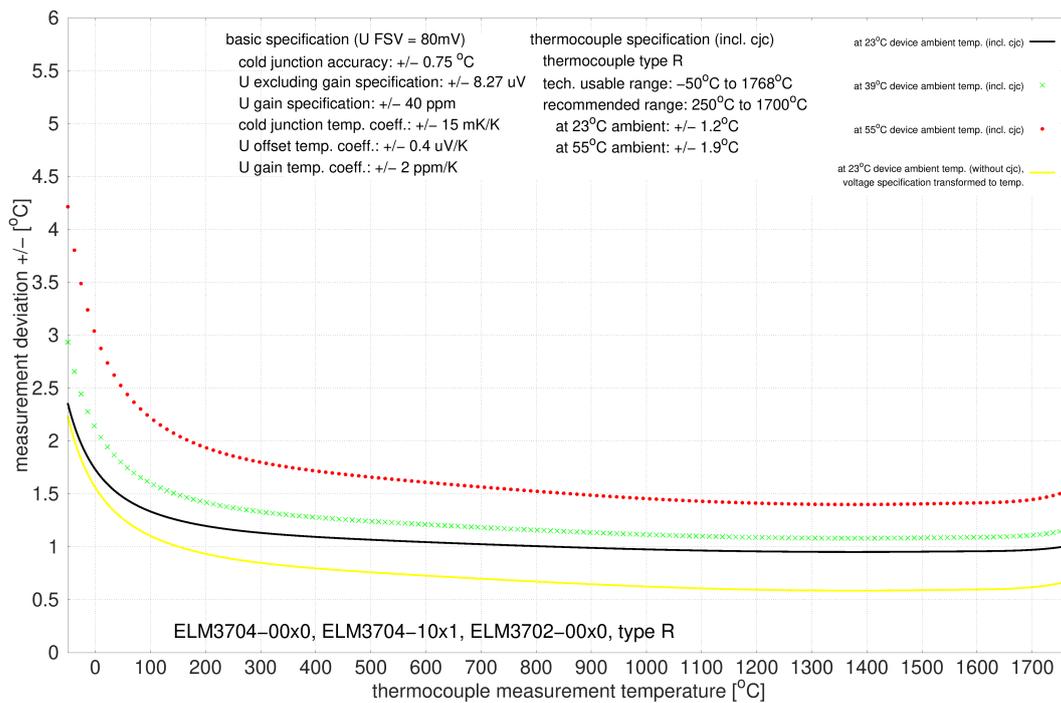
Messunsicherheit für TC Typ Pt/Pd:



3.13.2.11.3.16 Spezifikation Typ R

Temperaturmessung TC		Typ R
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,226 mV ... +1768 °C ≈ 21,101 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,9 K ≈ ±0,11 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

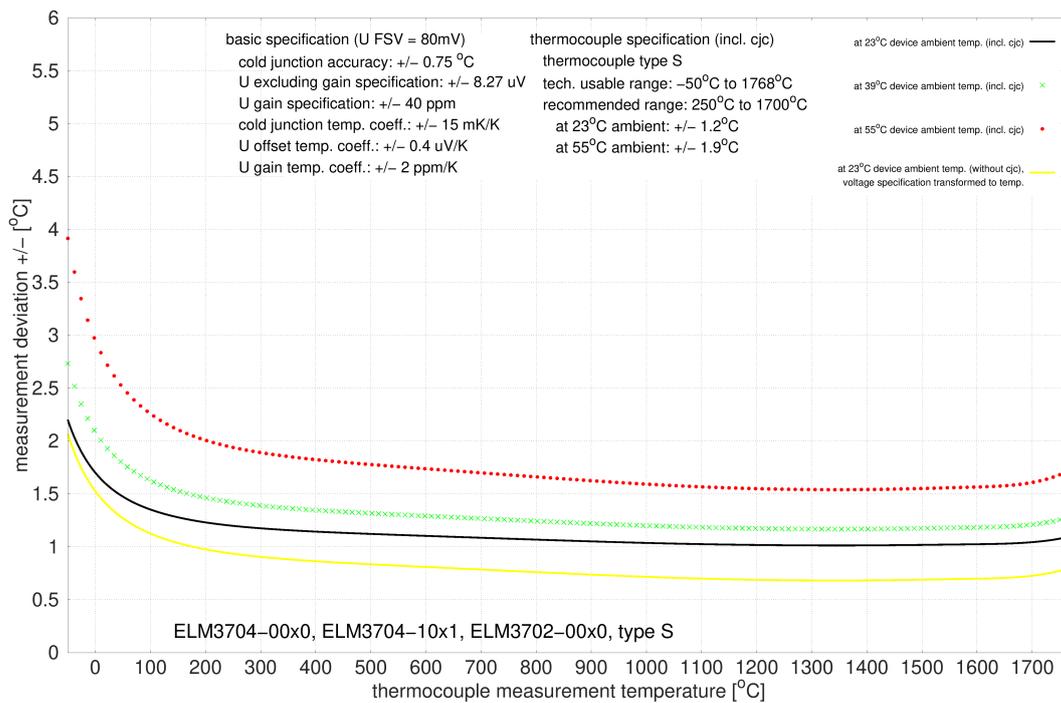
Messunsicherheit für TC Typ R:



3.13.2.11.3.17 Spezifikation Typ S

Temperaturmessung TC		Typ S
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,236 mV ... +1768 °C ≈ 18,693 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±1,2 K ≈ ±0,07 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,9 K ≈ ±0,11 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

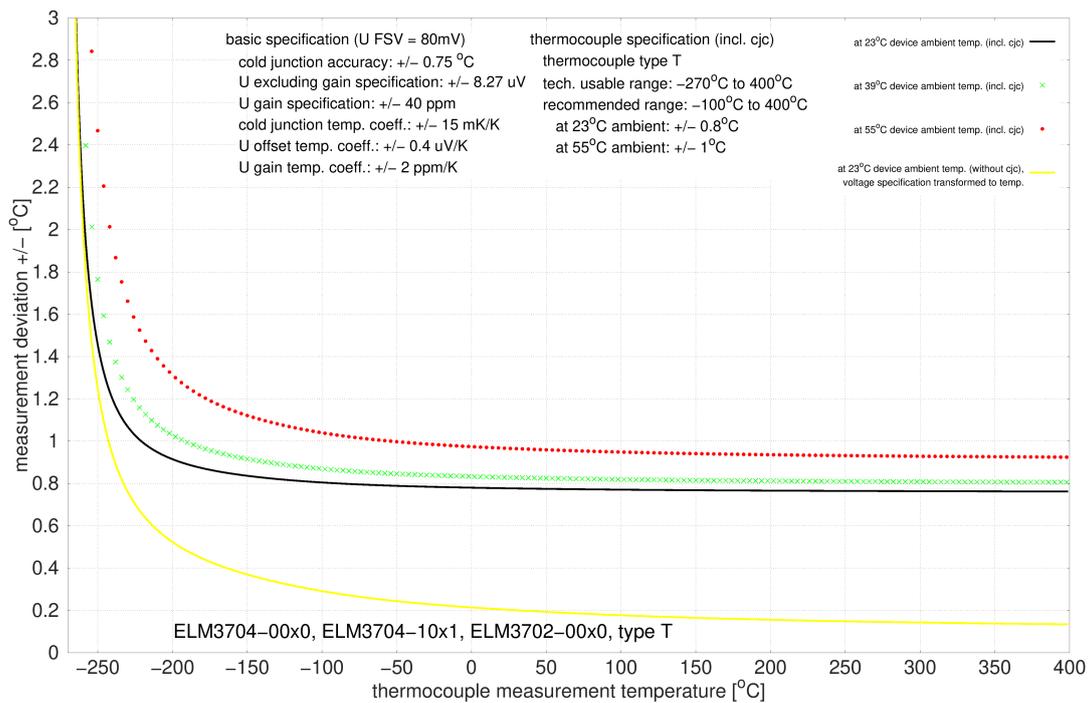
Messunsicherheit für TC Typ S:



3.13.2.11.3.18 Spezifikation Typ T

Temperaturmessung TC		Typ T
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,258 mV +400 °C ≈ 20,872 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+400 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +400 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,8 K ≈ ±0,2 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±1,0 K ≈ ±0,25 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

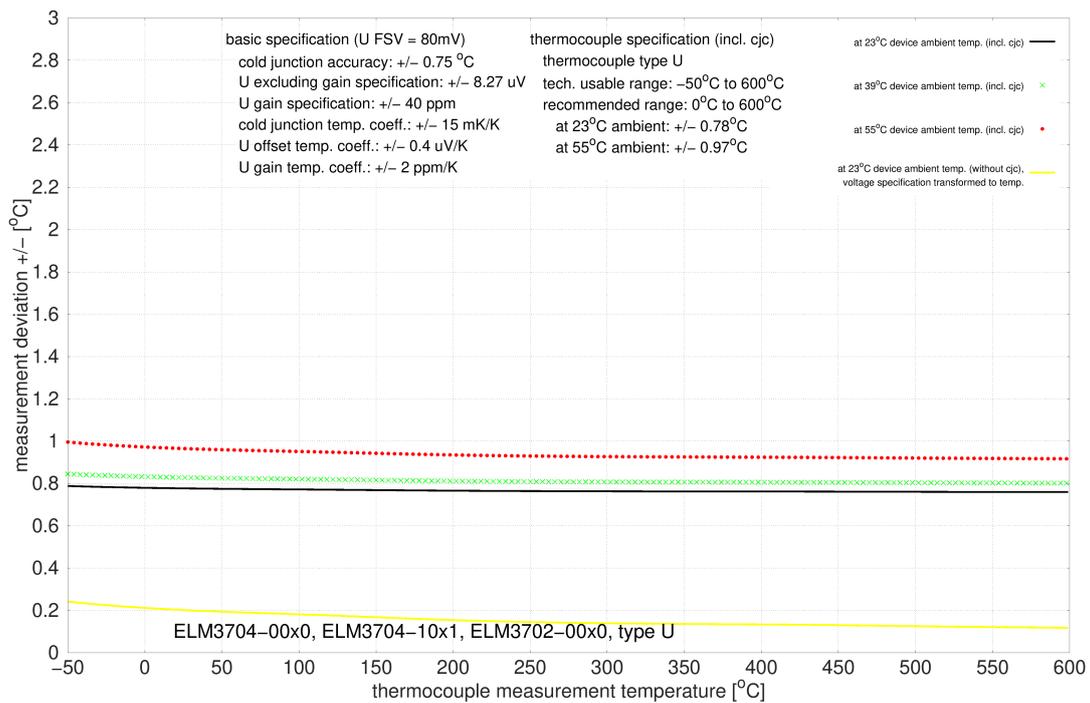
Messunsicherheit für TC Typ T:



3.13.2.11.3.19 Spezifikation Typ U

Temperaturmessung TC		Typ U
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -1,850 mV ... +600 °C ≈ 33,600 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+600 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±0,78 K ≈ ±0,13 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±0,97 K ≈ ±0,16 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

Messunsicherheit für TC Typ U:

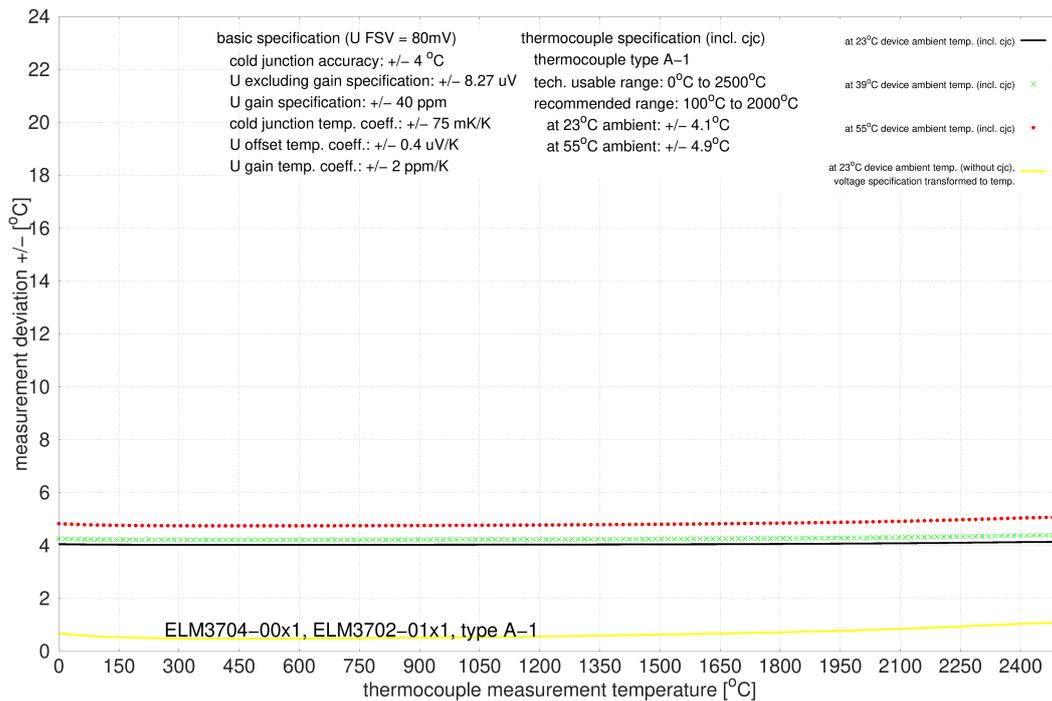


3.13.2.11.4 ELM3704-00x1

3.13.2.11.4.1 Spezifikation Typ A-1

Temperaturmessung TC		Typ A-1
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +2500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2500 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,16 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,9 K ≈ ±0,2 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

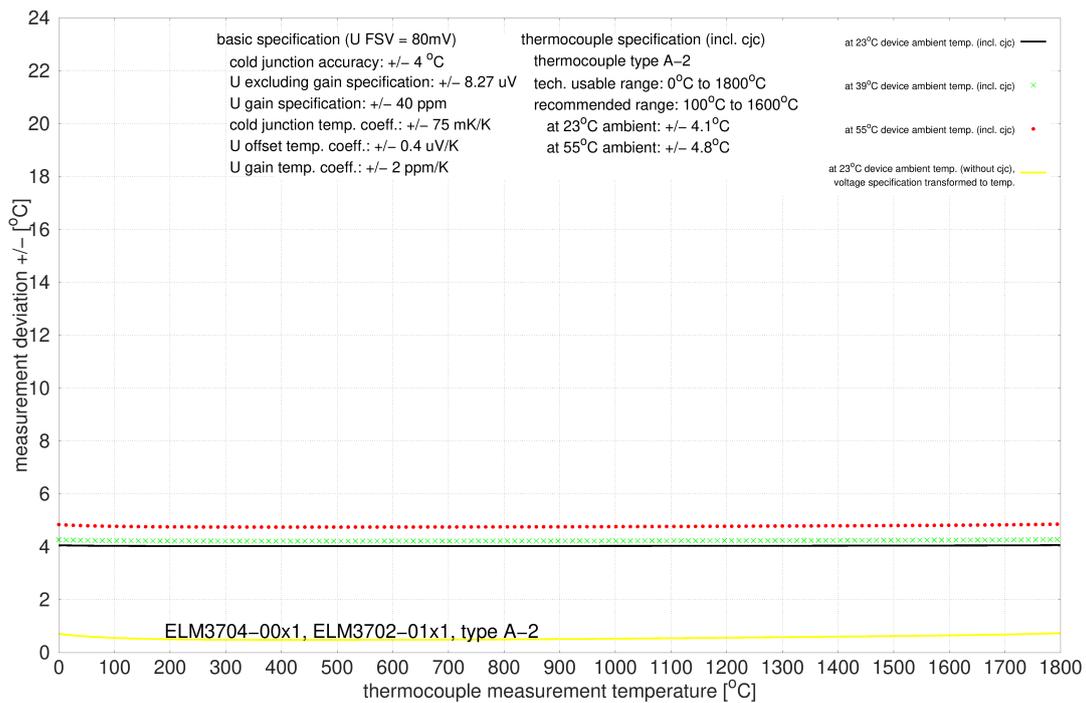
Messunsicherheit für TC Typ A-1:



3.13.2.11.4.2 Spezifikation Typ A-2

Temperaturmessung TC		Typ A-2
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,8 K ≈ ±0,27 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

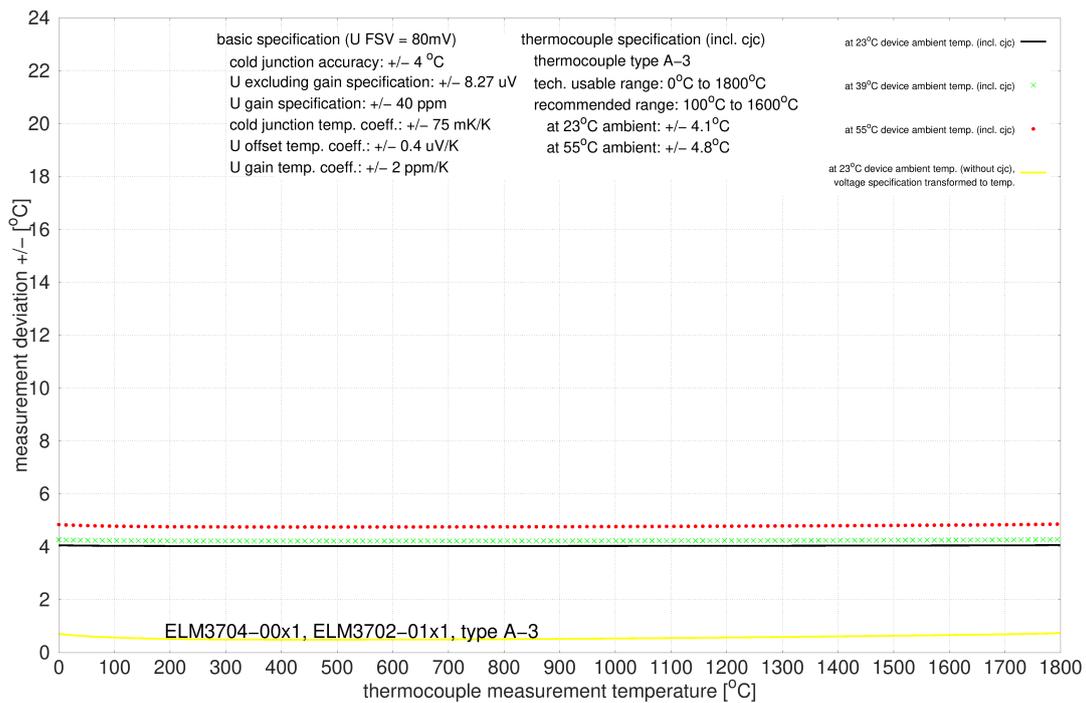
Messunsicherheit für TC Typ A-2:



3.13.2.11.4.3 Spezifikation Typ A-3

Temperaturmessung TC		Typ A-3
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,8 K ≈ ±0,27 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

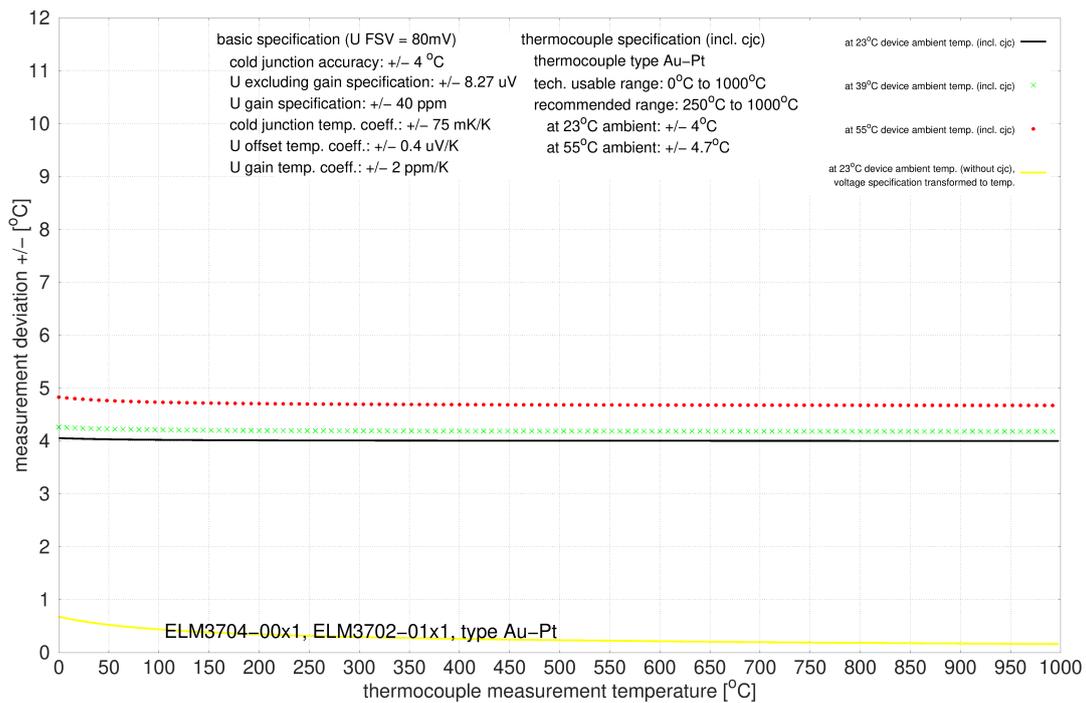
Messunsicherheit für TC Typ A-3:



3.13.2.11.4.4 Spezifikation Typ Au/Pt

Temperaturmessung TC		Typ Au/Pt
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1000 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,4 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,47 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

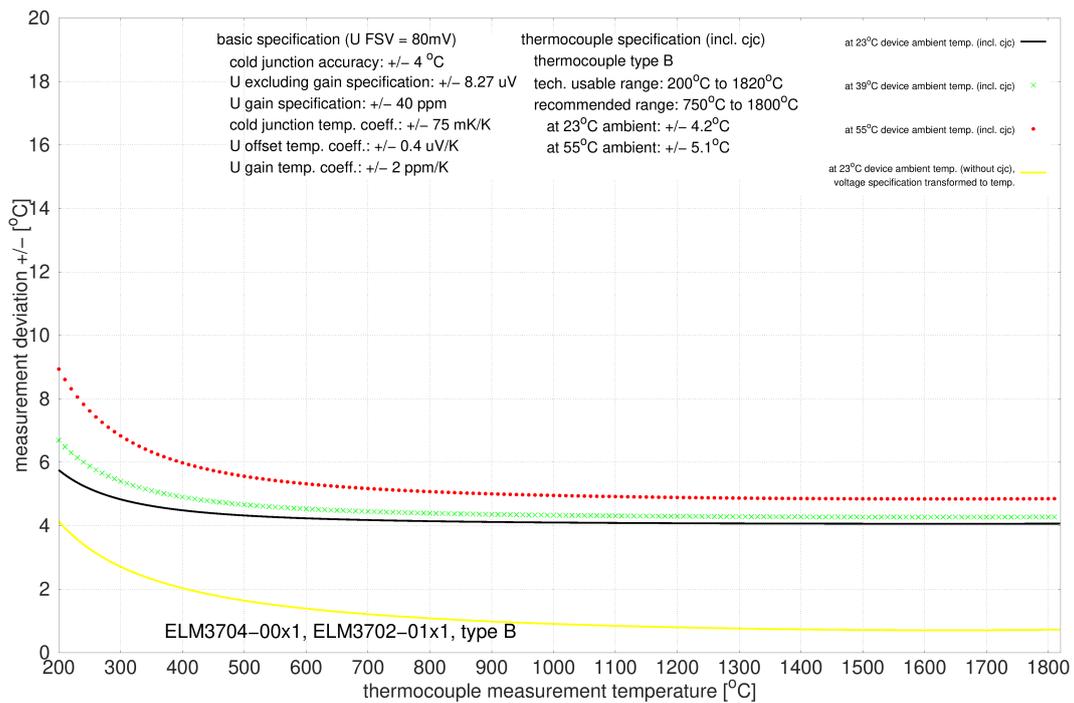
Messunsicherheit für TC Typ Au/Pt:



3.13.2.11.4.5 Spezifikation Typ B

Temperaturmessung TC		Typ B
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+200 °C ≈ 0,178 mV ... +1820 °C ≈ 13,820 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1820 °C
Messbereich, empfohlen		+750 °C ... +1800 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,2 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±5,1 K ≈ ±0,28 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

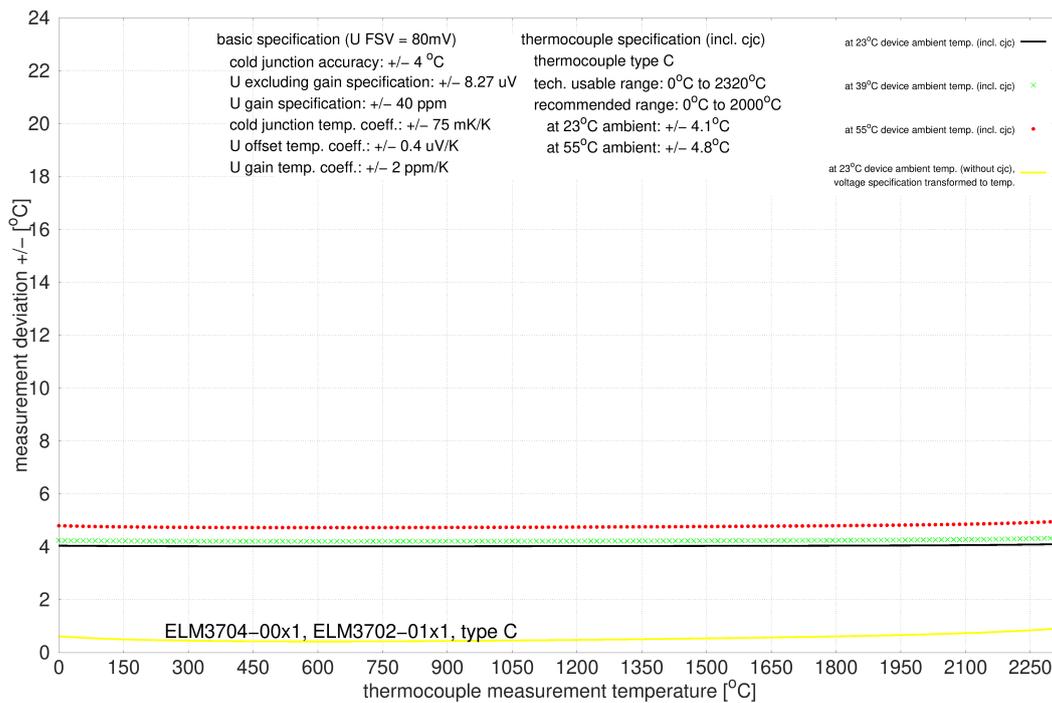
Messunsicherheit für TC Typ B:



3.13.2.11.4.6 Spezifikation Typ C

Temperaturmessung TC		Typ C
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ≈ 0 mV ... +2320 °C ≈ 37,107 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+2320 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,18 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,8 K ≈ ±0,21 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

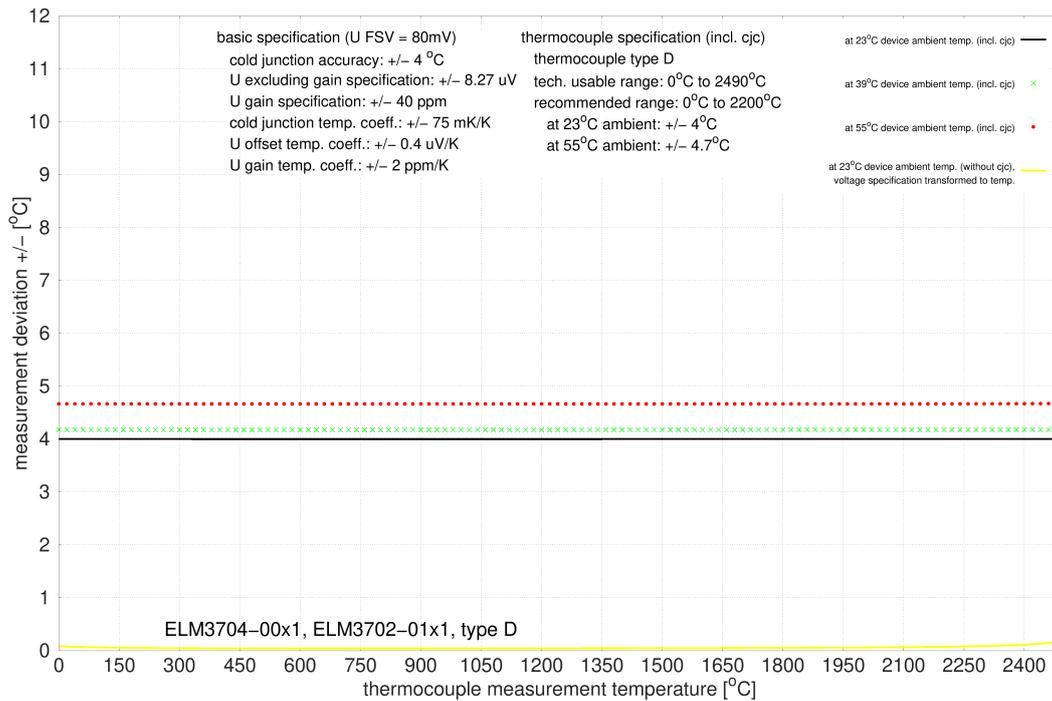
Messunsicherheit für TC Typ C:



3.13.2.11.4.7 Spezifikation Typ D

Temperaturmessung TC		Typ D
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 ° ... +2490 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2490 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,16 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,19 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

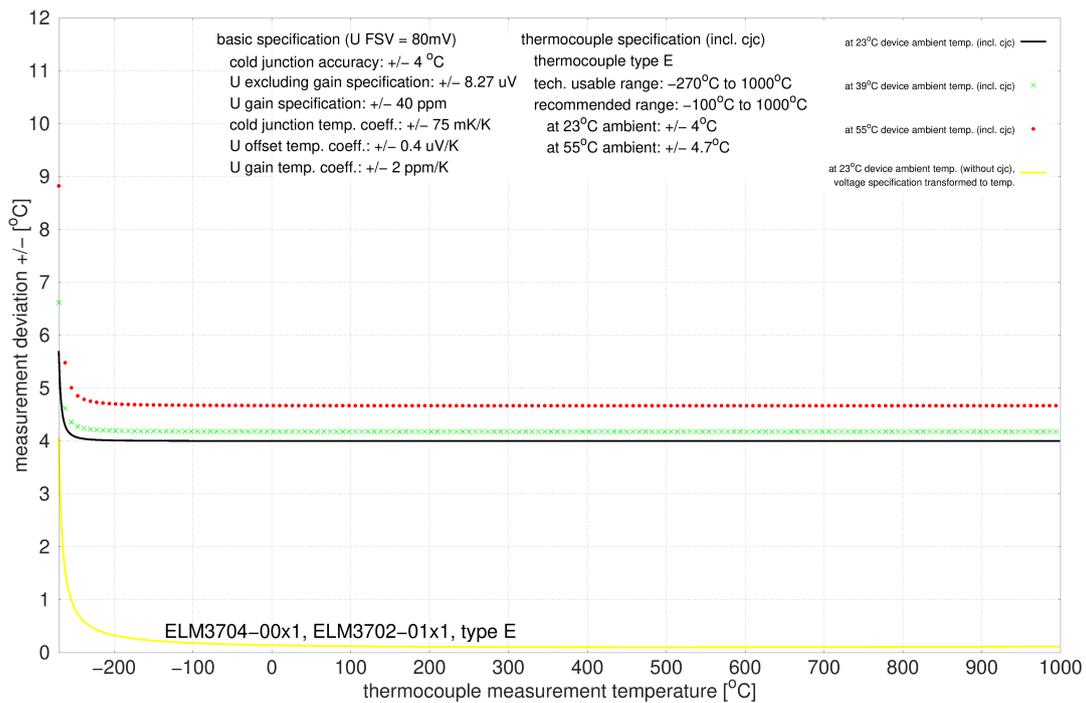
Messunsicherheit für TC Typ D:



3.13.2.11.4.8 Spezifikation Typ E

Temperaturmessung TC		Typ E
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -9,835 mV ... +1000 °C ≈ 76,373 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,4 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,47 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

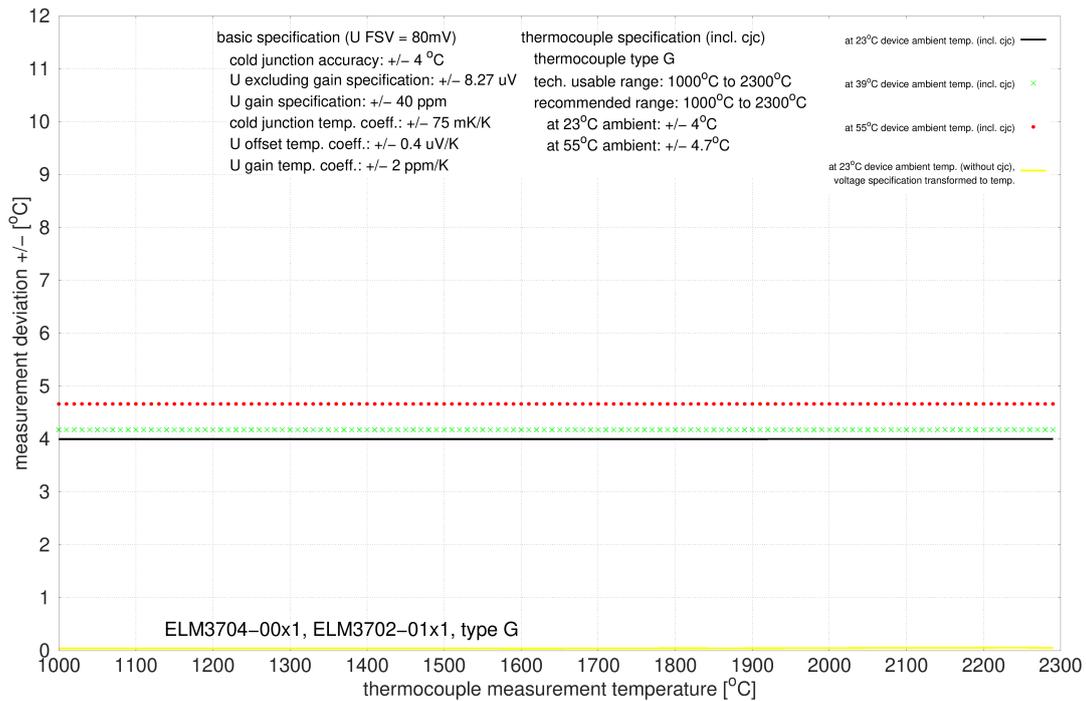
Messunsicherheit für TC Typ E:



3.13.2.11.4.9 Spezifikation Typ G

Temperaturmessung TC		Typ G
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+1000 ° ... +2300 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2300 °C
Messbereich, empfohlen		+1000 °C ... +2300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,17 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,2 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

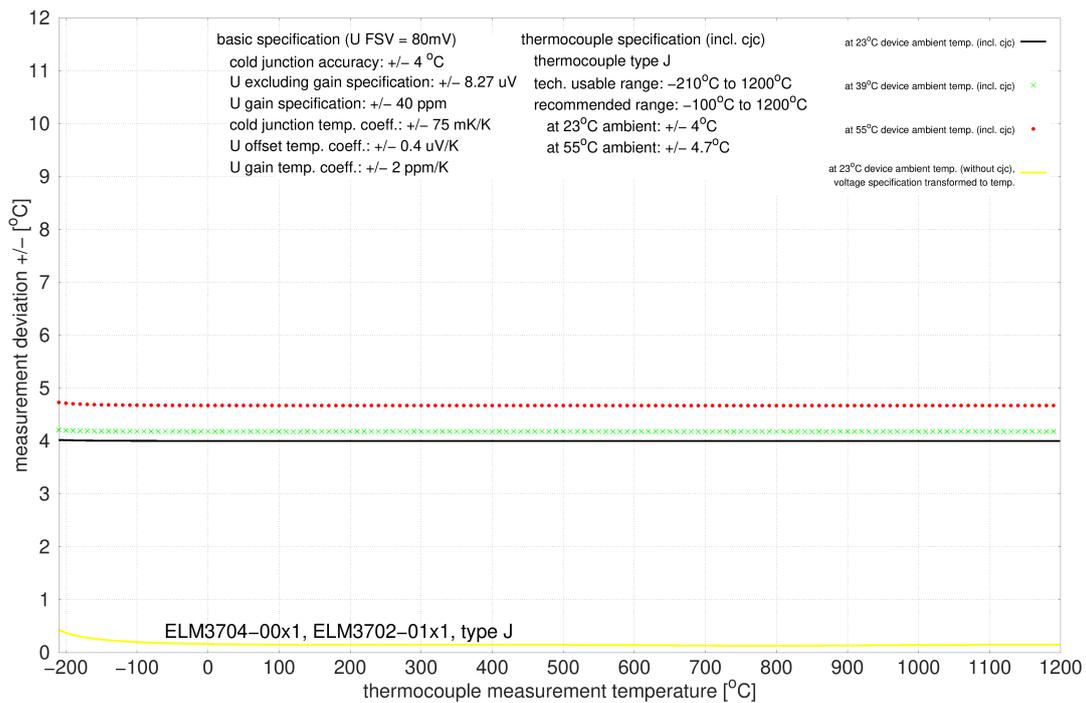
Messunsicherheit für TC Typ G:



3.13.2.11.4.10 Spezifikation Typ J

Temperaturmessung TC		Typ J
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-210 °C ≈ -8,095 mV ... +1200 °C ≈ +69,553 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1200 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,33 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,39 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

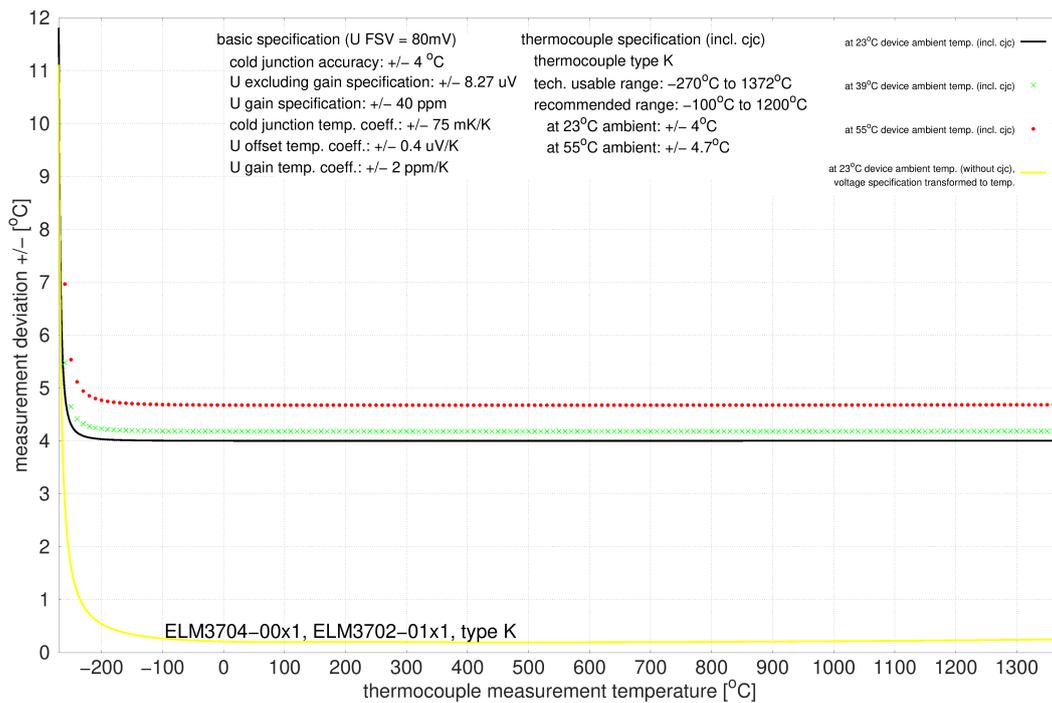
Messunsicherheit für TC Typ J:



3.13.2.11.4.11 Spezifikation Typ K

Temperaturmessung TC		Typ K
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,458 mV ... 1372 °C ≈ 54,886 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1372°C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,29 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,34 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

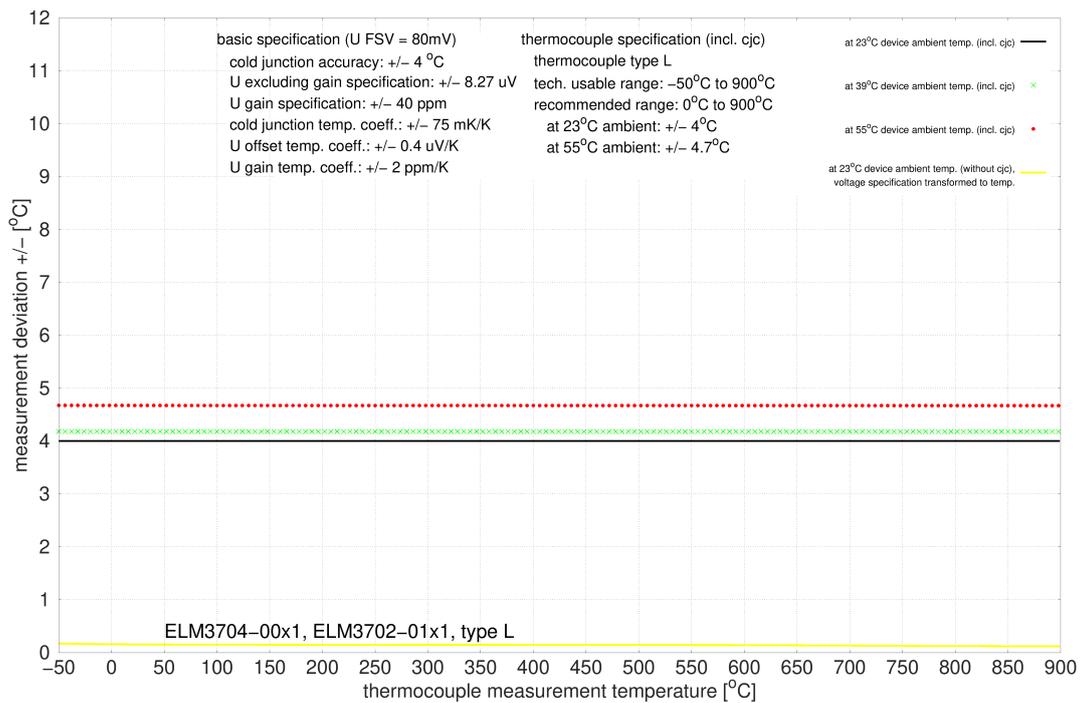
Messunsicherheit für TC Typ K:



3.13.2.11.4.12 Spezifikation Typ L

Temperaturmessung TC		Typ L
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -2,510 mV ... +900 °C ≈ 52,430 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+900 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +900 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,44 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,52 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

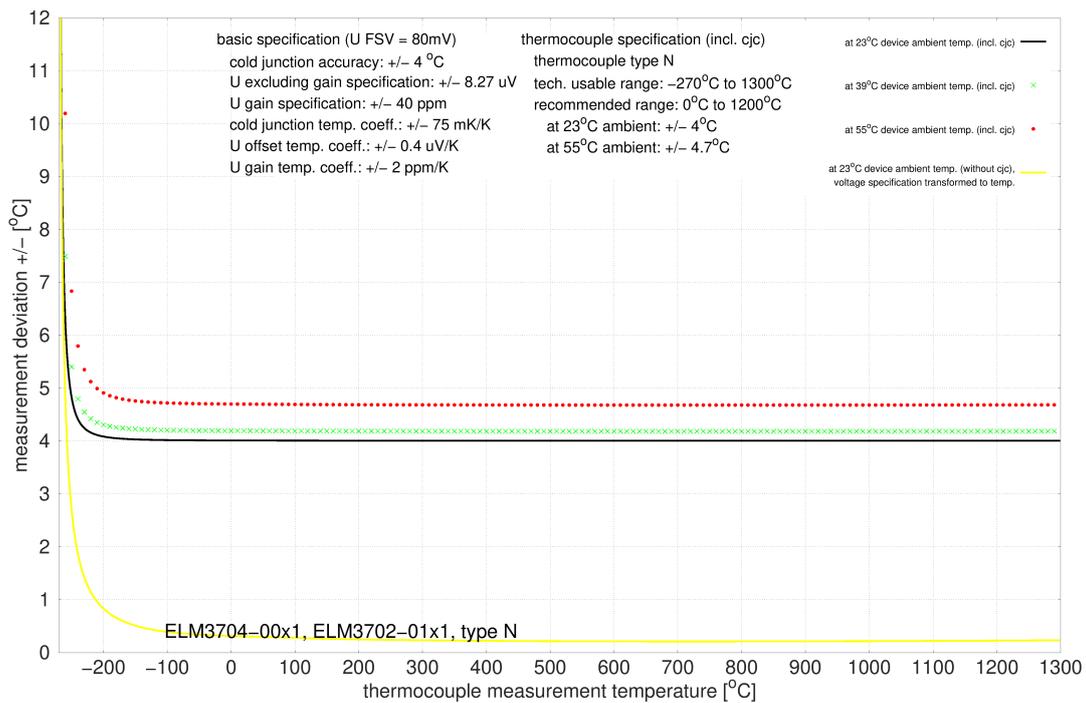
Messunsicherheit für TC Typ L:



3.13.2.11.4.13 Spezifikation Typ N

Temperaturmessung TC		Typ N
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -4,346 mV ... +1300 °C ≈ 47,513 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1300 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,31 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,36 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

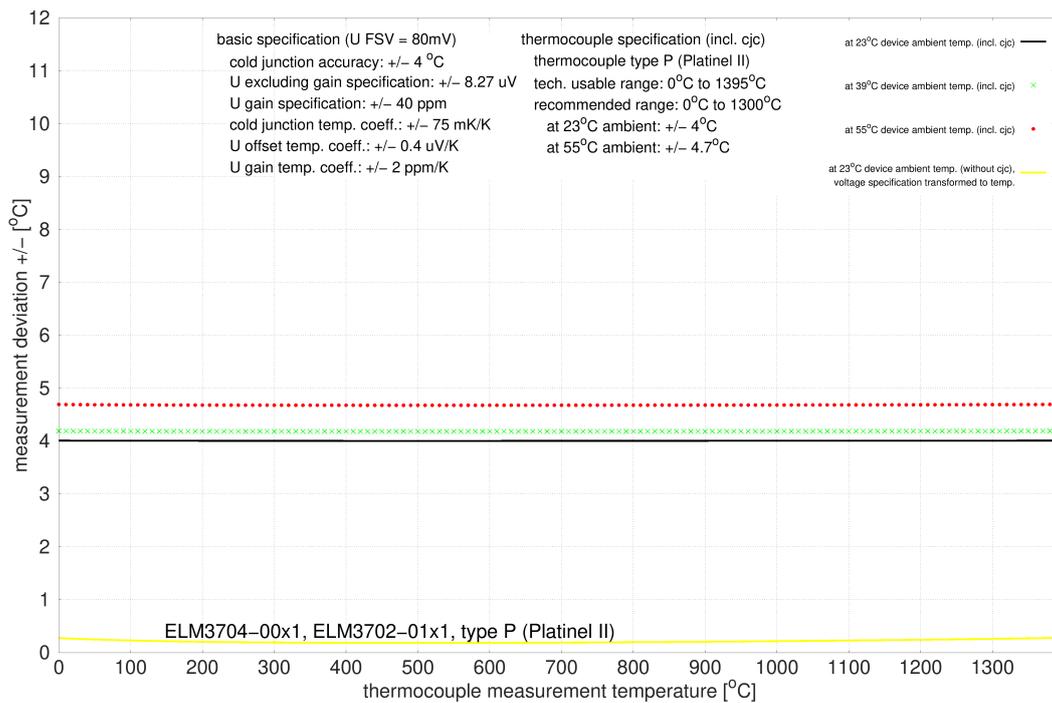
Messunsicherheit für TC Typ N:



3.13.2.11.4.14 Spezifikation Typ P

Temperaturmessung TC		Typ P
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1395 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1395 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,29 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,34 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

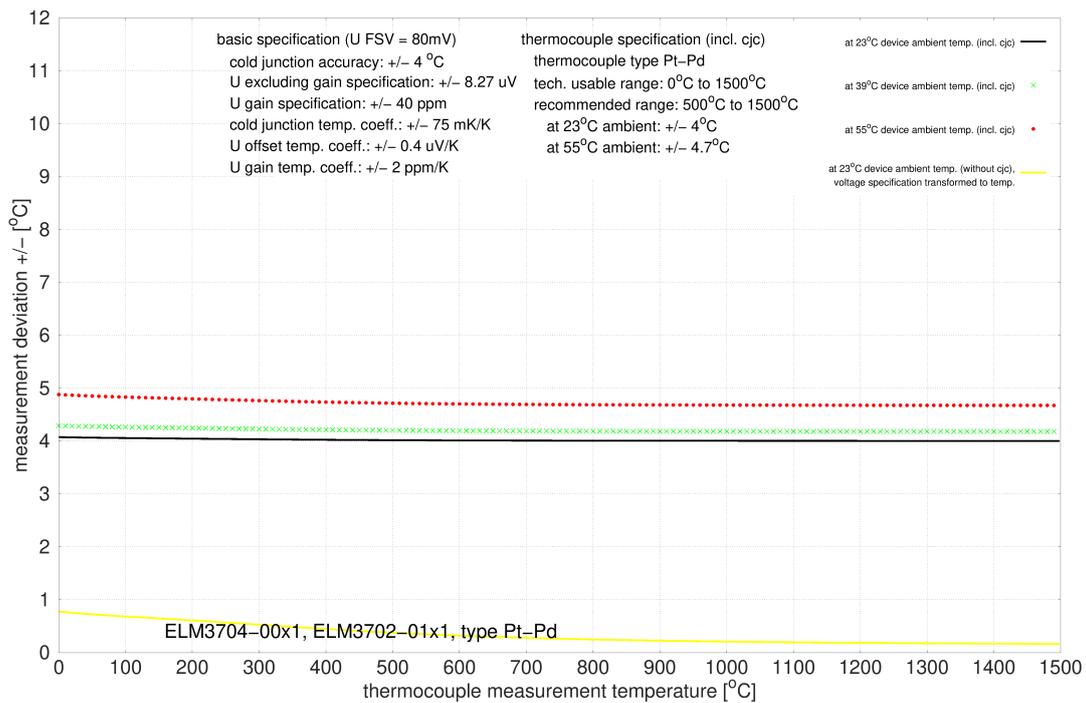
Messunsicherheit für TC Typ P:



3.13.2.11.4.15 Spezifikation Typ Pt/Pd

Temperaturmessung TC		Typ Pt/Pd
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1500 °C
Messbereich, empfohlen		+500 °C ... +1500 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,27 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,31 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

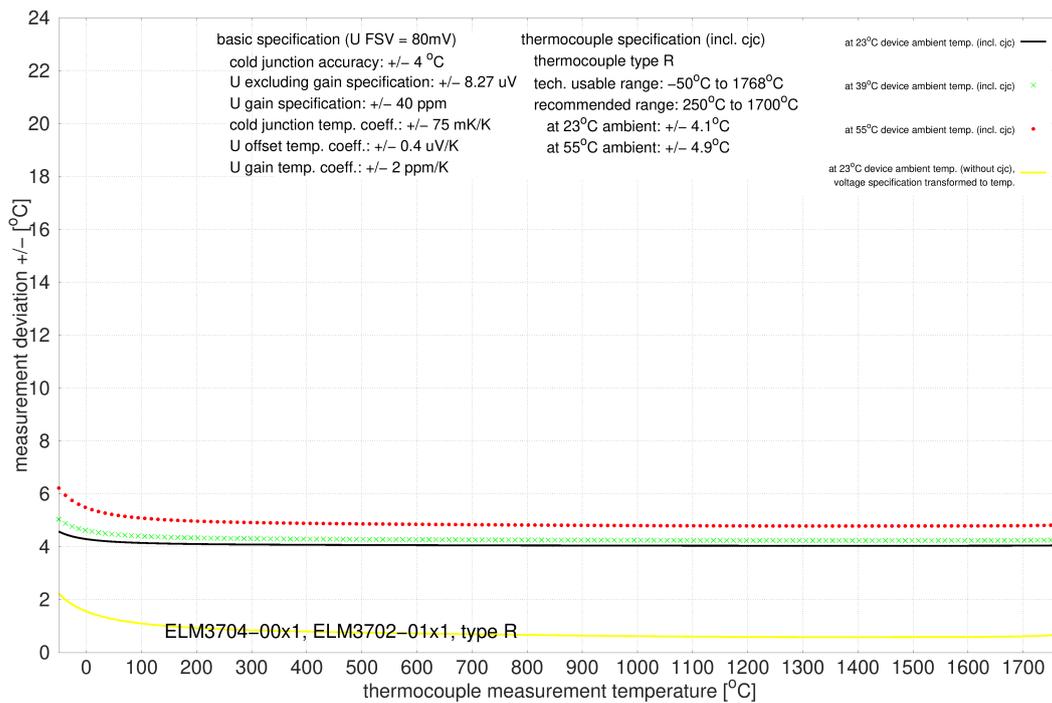
Messunsicherheit für TC Typ Pt/Pd:



3.13.2.11.4.16 Spezifikation Typ R

Temperaturmessung TC		Typ R
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,226 mV ... +1768 °C ≈ 21,101 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,9 K ≈ ±0,28 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

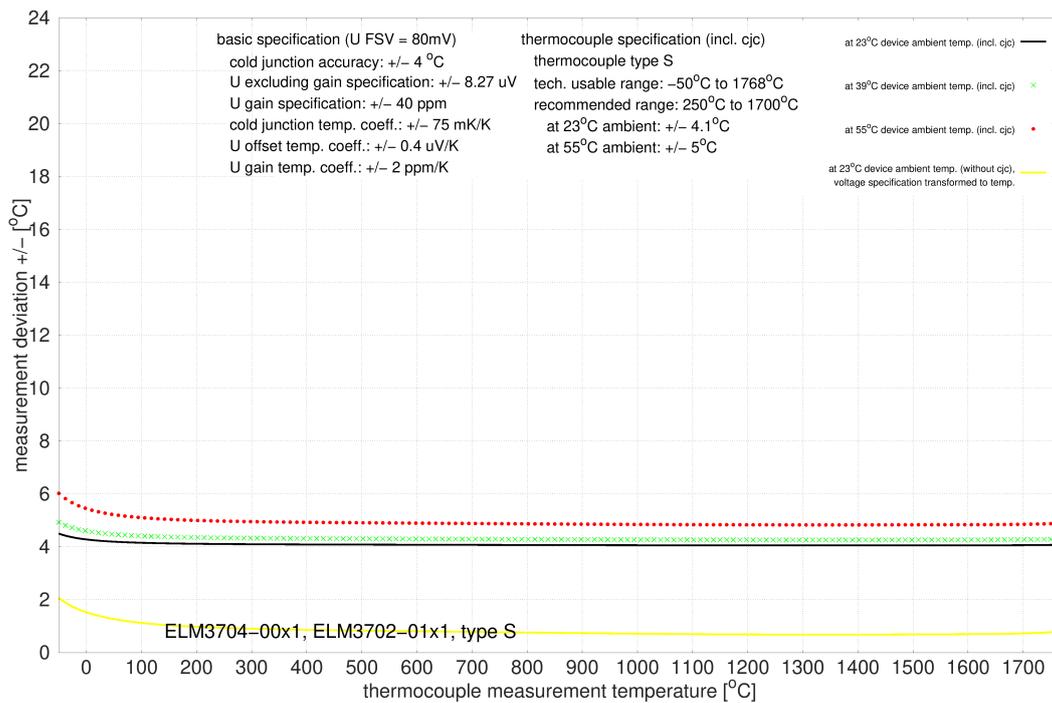
Messunsicherheit für TC Typ R:



3.13.2.11.4.17 Spezifikation Typ S

Temperaturmessung TC		Typ S
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,236 mV ... +1768 °C ≈ 18,693 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±5,0 K ≈ ±0,28 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

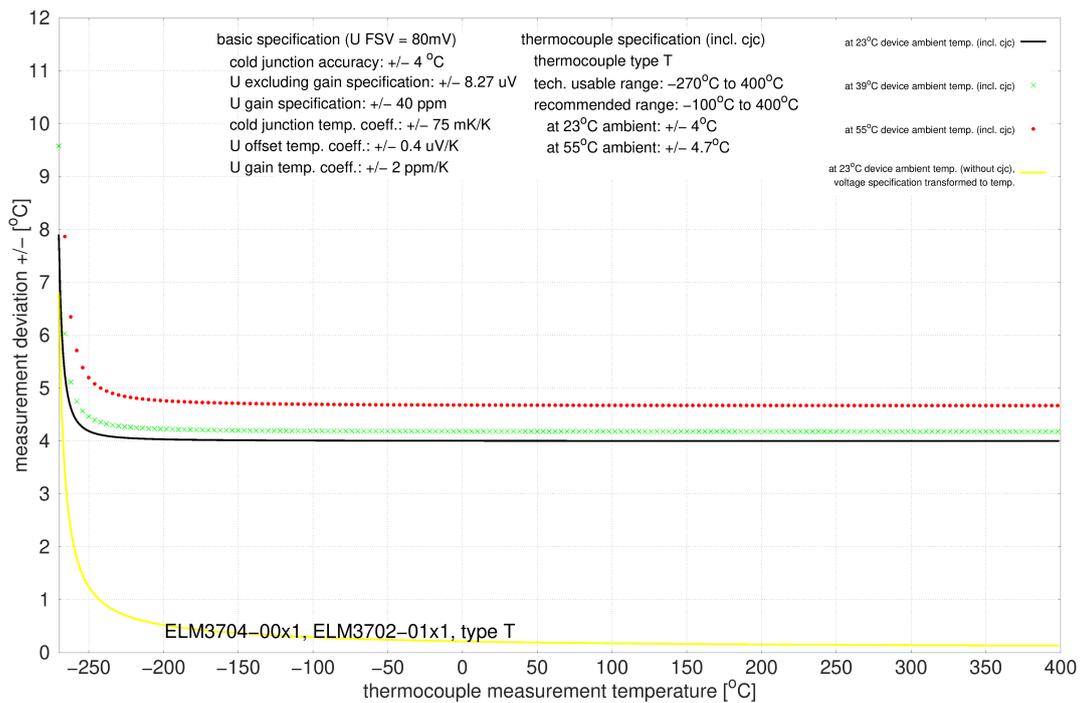
Messunsicherheit für TC Typ S:



3.13.2.11.4.18 Spezifikation Typ T

Temperaturmessung TC		Typ T
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,258 mV +400 °C ≈ 20,872 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+400 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +400 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±1,0 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±1,18 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

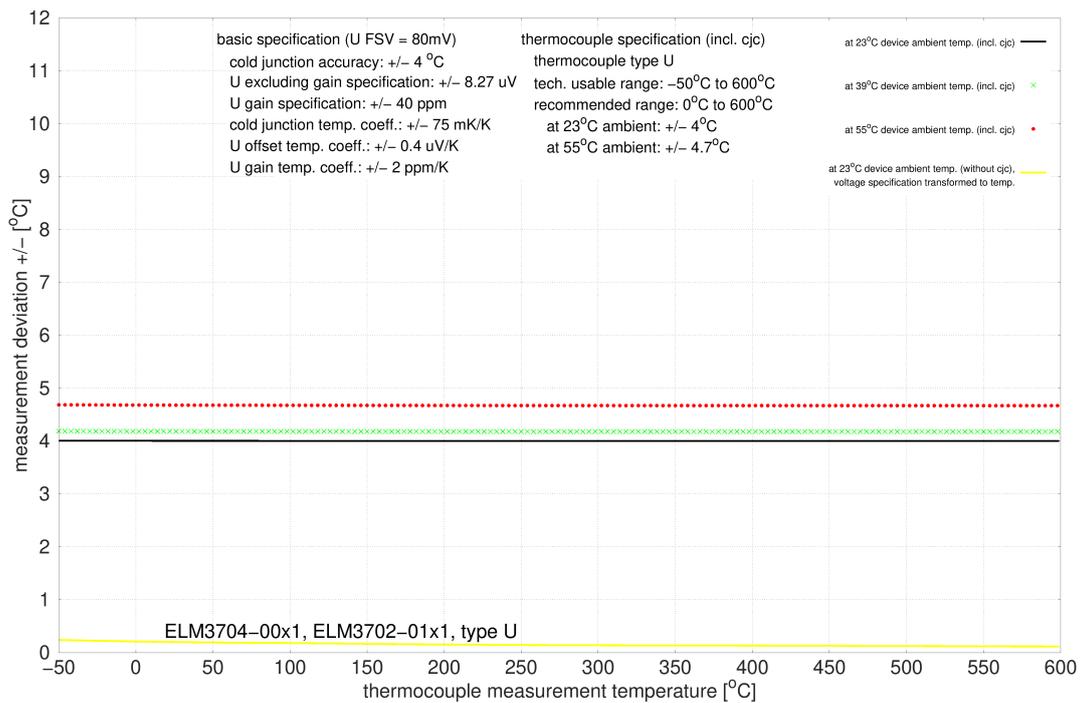
Messunsicherheit für TC Typ T:



3.13.2.11.4.19 Spezifikation Typ U

Temperaturmessung TC		Typ U
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -1,850 mV ... +600 °C ≈ 33,600 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+600 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,67 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,78 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

Messunsicherheit für TC Typ U:



3.14 ELM3702-0101

3.14.1 ELM3702-0101 - Einführung



Abb. 156: ELM3702-0101

2-Kanal-Multifunktionseingang, 24 Bit, 10 kSps, galvanisch getrennt, LEMO

Die EtherCAT-Klemmen der ELM3xxx-Serie wurden entwickelt, um die gängigen elektrischen Signale im industriellen Umfeld hochwertig messtechnisch erfassen zu können. Besonders im Labor- und Prüftechnikumfeld sind flexibel einsetzbare Messgeräte gewünscht. Deshalb verfügt die Multifunktionsklemme ELM3702-0101 über eine Eingangsbeschaltung, die über EtherCAT auf 76 verschiedene Messbereiche mit z.T. unterschiedlichen Anschlusstechniken, je nach Typ im 2- bis 6-Leiteranschluss, eingestellt werden kann: von Spannung ± 60 V bis ± 20 mV und damit auch Thermoelement und IEPE, Strom ± 20 mA, Widerstandsmessung 5 k Ω und damit auch Temperatur RTD (PT100 etc.), Messbrücken und Potentiometer. Somit sind die meisten elektrischen Messaufgaben mit nur einer Klemme lösbar.

Die 2-Kanal-Multifunktionseingang ELM3702-0101 bringt in diese Reihe einige hilfreiche Funktionen mit ein: Die beiden Kanäle sind nicht nur wie in allen ELM3xxx Klemmen unabhängig voneinander einstellbar, sondern auch untereinander und gegen den EtherCAT-Bus galvanisch getrennt. Sie kann die bei Thermoelementmessung gelegentlich genutzte externe Kaltstelle gleich direkt selbst per Pt1000 messen, TEDS-Daten im Sensor abfragen und unterstützt 1000 Ω Viertelbrücken.

Mit den LEMO-Buchsen ist sie vor allem für den Laborbereich ausgelegt, in dem tagtäglich Sensorkonfigurationen geändert werden und dabei trotzdem eine stabile und zuverlässige Steckverbindung gefordert ist.

Die ELM3702-0101 basiert auf der ELM3702-0000 mit den folgenden Unterscheidungsmerkmalen:

- galvanische Trennung zwischen den Kanälen und Masse,
- Viertelbrücke zusätzlich 1000 Ω ,
- TEDS class 2 an separaten Anschlüssen,
- LEMO Anschluss 1B/308 (8 polig).

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)

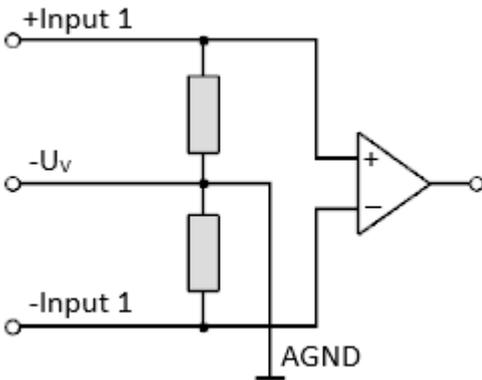
- [Montage und Verdrahtung \[▶ 852\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[▶ 582\]](#)
- [Anschlussbilder \[▶ 582\]](#)
- [Objektbeschreibung und Parametrierung \[▶ 701\]](#)

3.14.2 ELM3702-0101 - Technische Daten

HINWEIS	
Extended Range Modus nicht verfügbar	
Der „Extended Range Modus“ ist für RTD-Messung nicht verfügbar.	
<ul style="list-style-type: none"> • bis FW07: Das Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird in dieser Einstellung ignoriert. Im Hintergrund wird der „Legacy Range Modus“ angewandt. • ab FW08: Das Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird dann automatisch in den „Legacy Range Modus“ versetzt. Eine Umstellung ist nicht möglich solange dieser Messbereich ausgewählt ist. 	

Technische Daten		ELM3702-0101
Analoge Eingänge		2 Kanal (differentiell)
Zeitbezug der Kanäle untereinander		Simultane (gleichzeitige) Wandlung aller Kanäle in der Klemme, synchrone Wandlung zwischen Klemmen wenn DistributedClocks genutzt wird
ADC Wandlungsmethode		$\Delta\Sigma$ (Delta-Sigma) mit interner Abtastrate 8 MSps
Grenzfrequenz Eingangsfiler Hardware (siehe Erläuterungen im Kapitel ELM Features/ Firmware Filterkonzept)		Vor AD-Wandler: Hardware Tiefpass -3 dB @ 30 kHz Typ Butterworth 3.Ordnung Im AD-Wandler nach der Wandlung: Tiefpass -3 dB @ 2,6 kHz, Anstiegszeit 300 μ s, Typ sinc3/Mittelwertfilter <i>Die durch diese Filterung verursachte Anstiegszeit/SettlingTime/Verzögerung wird im DistributedClocks-Timestamp berücksichtigt.</i>
Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)
Anschlusstechnik		2-/3-/4-/5-/6-Leiter
Samplingrate (je Kanal, simultan)		im Modus TC CJC RTD (Thermoelement mit RTD Kaltstelle): 500 Sps in allen anderen Modi 100 μ s/10 kSps (pro channel, nicht veränderbar) freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor
Oversampling		1...100 wählbar (max. 10 kSps)
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)		DistributedClocks: min. 100 μ s, max. 10 ms FrameTriggered/Synchron: min. 200 μ s, max. 100 ms FreeRun: wird noch nicht unterstützt
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		> 500 k Ω (60 V); > 4 M Ω (andere) ; 150 Ω (Strom)
Einsatzbereich Spannungsmessung		\pm 60/10/5/2,5/1,25 V, \pm 640/320/160/80/40/20 mV, 0...5/10 V, 2-Leiter-Anschluss
Einsatzbereich Strommessung		\pm 20 mA, 0/4...20 mA, NAMUR NE43, 2-Leiter-Anschluss
Einsatzbereich DMS, Messbrücke	Vollbrücke	Vollbrücke (\pm 2/4/8/32 mV/V), 4/6-Leiter-Anschluss, Brückenspeisung einstellbar, 120 ... 5000 Ω möglich
	Halbbrücke	Halbbrücke (\pm 2/16 mV/V), intern geschaltete Brückenergänzung, 3/5-Leiter-Anschluss Brückenspeisung einstellbar, 120 ... 5000 Ω möglich
	Viertelbrücke	Viertelbrücke 120 Ω , 350 Ω und 1000 Ω (\pm 2/4/8/32 mV/V), intern geschaltete Brückenergänzung, 2/3-Leiter-Anschluss, Brückenspeisung einstellbar
Einsatzbereich IEPE		Messbereiche \pm 2,5/5/10 V einstellbar, Stromspeisung/ I _{EXCITE} (IEPE Bias Current) 2 mA (Abschaltung nicht möglich), Erfassung der modulierten Wechselspannung, AC/DC Kopplung (parametrierbarer Hochpass), 2-Leiter-Anschluss
Einsatzbereich Potentiometer		Potentiometer \geq 1 k Ω , Speisung integriert und einstellbar 0...5 V,

Technische Daten		ELM3702-0101
		3/5-Leiter-Anschluss
Einsatzbereich Widerstandsmessung	0...50 Ω, 0...200 Ω, 0...500 Ω, 0...2 kΩ, 0...5 kΩ, fest eingestellte Versorgungsspannung 2,5 V bei 5 kΩ, 2 kΩ; 4,5V bei 500 Ω, 200 Ω, 50 Ω; interner Referenzwiderstand 5 kΩ	
		2/3/4-Leiter-Anschluss
Einsatzbereich Temperatur (RTD)	Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000, Ni100, Ni120, Ni1000, div. KT/KTY (Typen siehe Dokumentation), 2/3/4-Leiter-Anschluss	
Einsatzbereich Temperatur (Thermoelement)	Typ A, Au/Pd, B, C, D, E, G, J, K, L, N, PLII, Pt/Pd, R, S, T, U Kaltstellenmessung: intern (Klemme), intern (Anschluss) und extern 2-Leiter-Anschluss	
Anschlussdiagnose	Drahtbruch/Kurzschluss	
Interne analoge Masse AGND	Bei externer Verbindung am Anschluss -Uv vorhanden	
Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf -Uv (interne Masse)	tbd.	
Eigenversorgung	über E-Bus	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 580 mA	
Stromaufnahme Powerkontakte	-	
Thermische Verlustleistung	typ. 3 W	
Spannungsfestigkeit – Zerstörgrenze (Absolutes Maximum)	Maximal zul. Spannung zwischen +/- Input1 und -Uv (pro Kanal)	±35 V
	Maximal zul. Spannung zwischen +/- Input2 und -Uv (pro Kanal)	±35 V
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation (Betriebsart Normal)	Maximal zul. Spannung zwischen +/- Input1 und -Uv (pro Kanal)	±33 V im ±60 V Messbereich ±10 V in allen anderen Messbereichen
	Maximal zul. Spannung zwischen +/- Input2 und -Uv (pro Kanal)	±5 V



Allgemeine Daten		ELM3702-0101
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling n = 1...100, Genauigkeit << 1 μs	
Besondere Eigenschaften	Extended Range 107 %, freie konfigurierbare numerische Filter, TrueRMS, Integrator/Differenziator, nichtlineares Scaling, PeakHold	
Funktionsdiagnose ¹⁾	ja	
Potentialtrennung Kanal/Kanal ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/GND ²⁾	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Konfiguration	Über den EtherCAT Master, z.B. TwinCAT	
Hinweis zur Leitungslänge	Signal-Leitungslängen zum Sensor/Geber über 3 m müssen geschirmt ausgeführt werden, die Schirmausführung muss dem Stand der Technik entsprechen und wirksam sein. Bei größeren Kabellängen >30 m ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen wenn entsprechende Störungen auf das Signalkabel einwirken könnten.	

¹⁾ siehe Kapitel „Selbsttest und Selbsttest-Bericht“ und „Verbindungstest/schaltbare Anschlussdiagnose“

2) siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 873]

Grundlegende mechanische Eigenschaften	ELM3702-0101
Anschlussart	LEMO 1B 308 8-pin
Abmessungen (B x H x T)	Siehe Kapitel Gehäuse [► 850]
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715
Hinweis Montage	Stecker teilweise nicht im Lieferumfang, siehe Kapitel Hinweise Anschlusstechnik [► 854]
Gewicht	ca. 350 g
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0...+55 °C
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C

Umweltangaben	ELM3702-0101
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000 m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)
Relative Feuchte	max. 95%, keine Betauung
Schutzart	IP 20

Normative Angaben	ELM3702-0101
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, UKCA, EAC, cULus [► 910]

*) Real zutreffende Zulassungen/Kennzeichnungen siehe seitliches Typenschild (Produktbeschriftung).

3.14.2.1 ELM3702-0101 Übersicht Messbereiche

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Spannung	2-Leiter	±60 V	Extended	±64,414.. V
			Legacy	±60 V
		±10 V	Extended	±10,737.. V
			Legacy	±10 V
		±5 V	Extended	±5,368.. V
			Legacy	±5 V
		±2,5 V	Extended	±2,684.. V
			Legacy	±2,5 V
		±1,25 V	Extended	±1,342.. V
			Legacy	±1,25 V
		±640 mV	Extended	±687,2.. mV
			Legacy	±640 mV
		±320 mV	Extended	±343,6.. mV
			Legacy	±320 mV
		±160 mV	Extended	±171,8.. mV
			Legacy	±160 mV
		±80 mV	Extended	±85,9.. mV
			Legacy	±80 mV
±40 mV	Extended	±42,95.. mV		
	Legacy	±40 mV		
±20 mV	Extended	±21,474.. mV		
	Legacy	±20 mV		
Spannung	2-Leiter	+10 V	Extended	0...10,737.. V
			Legacy	0...10 V
		+5 V	Extended	0...5,368.. V
			Legacy	0...5 V
Strom	2-Leiter	±20 mA (-20...20 mA)	Extended	±21,474.. mA
			Legacy	±20 mA
		+20 mA (0...20 mA)	Extended	0...21,474.. mA
			Legacy	0...20 mA
		+20 mA (4...20 mA)	Extended	0...21,179 mA
			Legacy	4...20 mA
		+20 mA (4...20 mA NAMUR)	Extended	3,6...21 mA
			Legacy	4...20 mA
Widerstand	2/3/4-Leiter	5 kΩ	Extended	0 Ω...5,368 kΩ
			Legacy	0...5 kΩ
		2 kΩ	Extended	0 Ω...2,147 kΩ
			Legacy	0...2 kΩ
		500 Ω	Extended	0 Ω...536,8 Ω
			Legacy	0...500 Ω
		200 Ω	Extended	0 Ω...214,7 Ω
			Legacy	0...200 Ω
		50 Ω	Extended	0 Ω...53,68 Ω
			Legacy	0...50 Ω
Potentiometer	3/5-Leiter	±1 V/V	Extended	±1 V/V
			Legacy	
Vollbrücke	4/6-Leiter	±32 mV/V	Extended	±34,359.. mV/V
			Legacy	±32 mV/V
		±4 mV/V	Extended	±4,2949.. mV/V
			Legacy	±4 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V
			Legacy	±2 mV/V
Halbbrücke	3/5-Leiter	±16 mV/V	Extended	±17,179.. mV/V
			Legacy	±16 mV/V
		±2 mV/V	Extended	±2,1474.. mV/V

Messung	Anschluss	MBE	Modus	Maximal Wert/ Wertebereich
Viertelbrücke 120/350/1000 Ω	2/3-Leiter	±32 mV/V	Legacy	±2 mV/V
			Extended	±34,359.. mV/V
		±8 mV/V	Legacy	±32 mV/V
			Extended	±8,5899.. mV/V
		±4 mV/V	Legacy	±8 mV/V
			Extended	±4,2949.. mV/V
±2 mV/V	Legacy	±4 mV/V		
	Extended	±2,1474.. mV/V		
Spannung (IEPE)	2-Leiter	±10 V	Legacy	±10 V
			Extended	±10,737.. V
		±5 V	Legacy	±5 V
			Extended	±5,368.. V
		±2,5 V	Legacy	±2,5 V
			Extended	±2,684.. V
Spannung (IEPE)	2-Leiter	+20 V	Legacy	0...20 V
			Extended	0...21,474.. V
		+10 V	Legacy	0...10 V
			Extended	0...10,737.. V
Temperatur Thermoelement (TC)	2-Leiter	±80 mV	Temperature 0,01°C	Je nach Typ bis zu 2320°C
Temperatur RTD	2/3/4-Leiter	5 kΩ	Legacy	Je nach Typ bis zu 300°C
		2 kΩ		
		500 Ω		
		200 Ω		
		50 Ω		

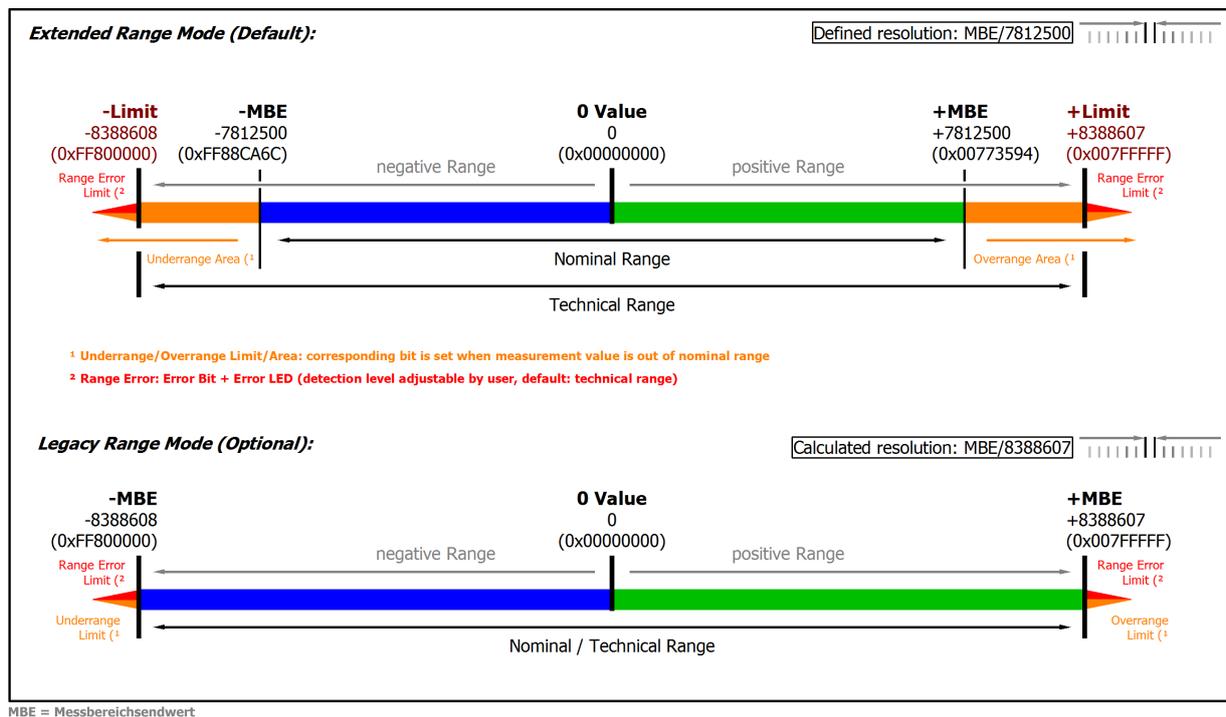


Abb. 157: Übersicht Messbereiche, Bipolar

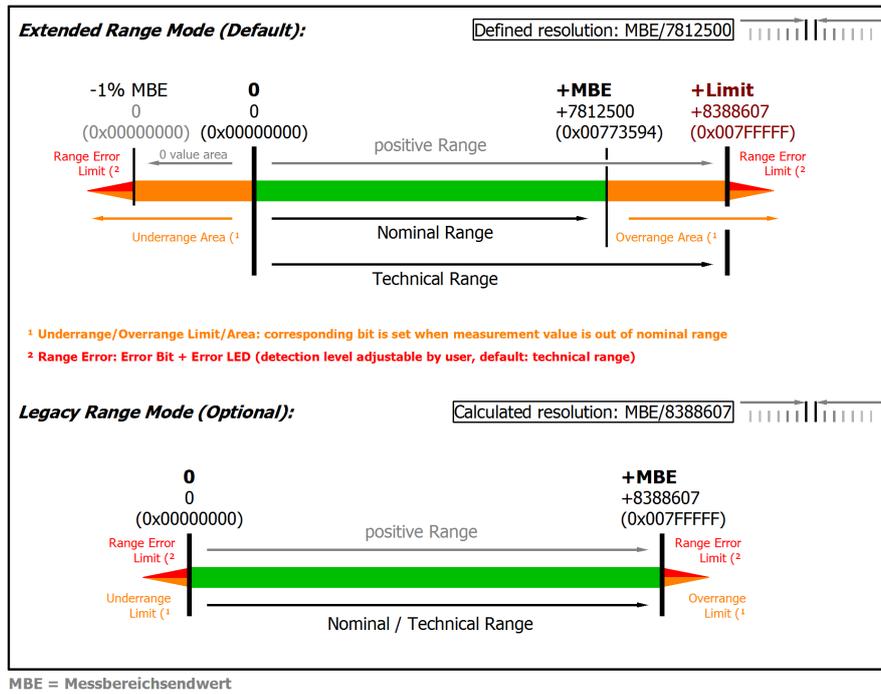


Abb. 158: Übersicht Messbereiche, Unipolar

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2 Messung 5V/ 10V/ ±20 mV..±60 V

3.14.2.2.1 Messung ±60 V

Messung Modus	±60 V	
Messbereich, nominell	-60...+60 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	60 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-64,414...+64,414 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	7,68 µV	1,966 mV
PDO LSB (Legacy Range)	7,152... µV	1,831.. mV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 485 kΩ 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND	

2) Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±60 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±(tbd) = (tbd) ppm _{MBE} typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< (tbd) ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< (tbd) ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< (tbd) ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep}	< (tbd) ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< (tbd) ppm/K typ.		
	TK _{Offset}	< (tbd) ppm _{MBE} /K typ.		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 75 ppm _{MBE}	< 586 [digits]	< 4,50 mV
	F _{Noise, RMS}	< 13 ppm _{MBE}	< 98 [digits]	< 0,75 mV
	Max. SNR	> 98,1 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 10,61		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 [digits]	< 0,72 mV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 [digits]	< 0,12 mV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >(tbd) dB typ.	50 Hz: >(tbd) dB typ.	1 kHz: >(tbd) dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >(tbd) dB typ.	50 Hz: >(tbd) dB typ.	1 kHz: >(tbd) dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	± (tbd)% = (tbd) ppm _{MBE} typ.			

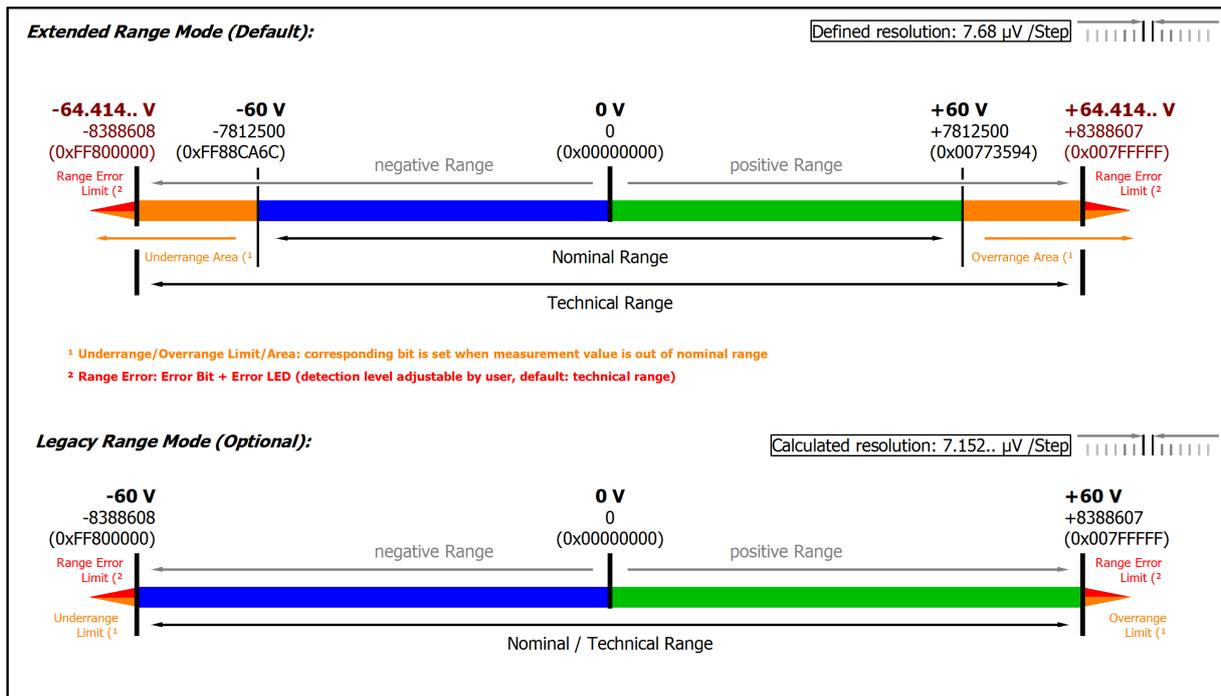


Abb. 159: Darstellung ± 60 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2 Messung ±10 V, 0...10 V

Messung Modus	±10 V		0...10 V	
Messbereich, nominell	-10...+10 V		0...10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V			
Messbereich, technisch nutzbar	-10,737...+10,737 V		0...10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND			

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

Messung Modus	±10 V, 0...10 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,50 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 10,00 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±10 V, 0...10 V		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits < 0,70 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits < 0,12 mV
	Max. SNR	> 98,4 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 1,70	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits < 120,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits < 20,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.		

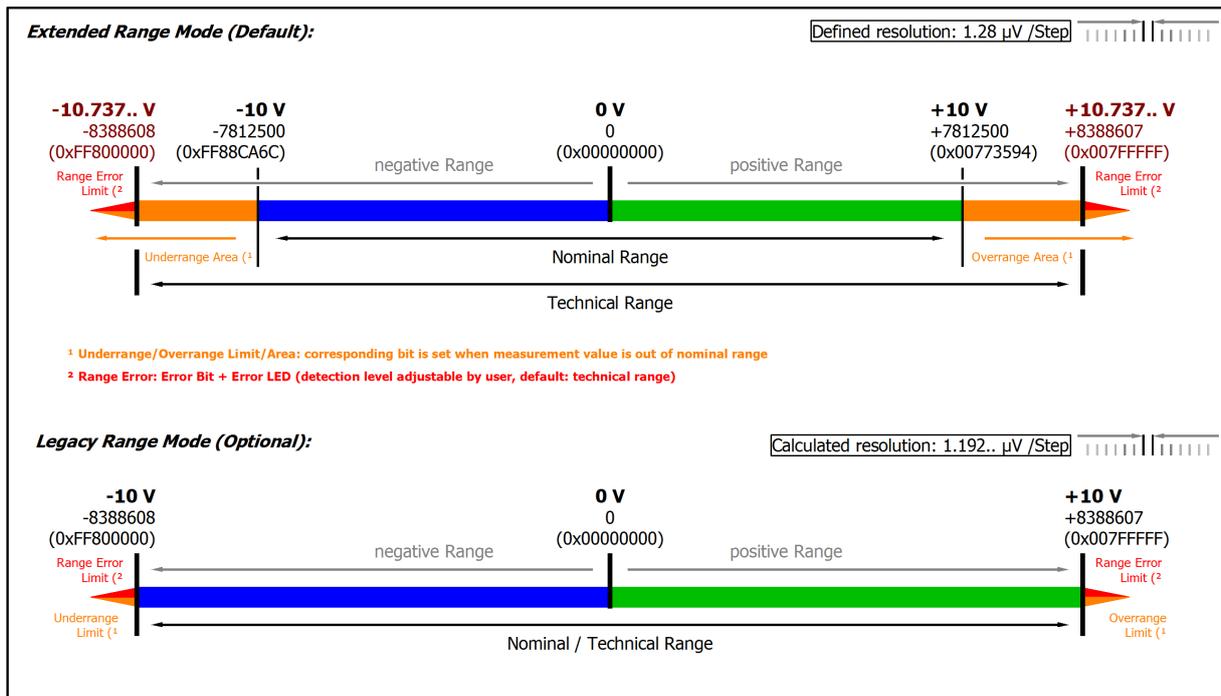


Abb. 160: Darstellung $\pm 10\text{ V}$ Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

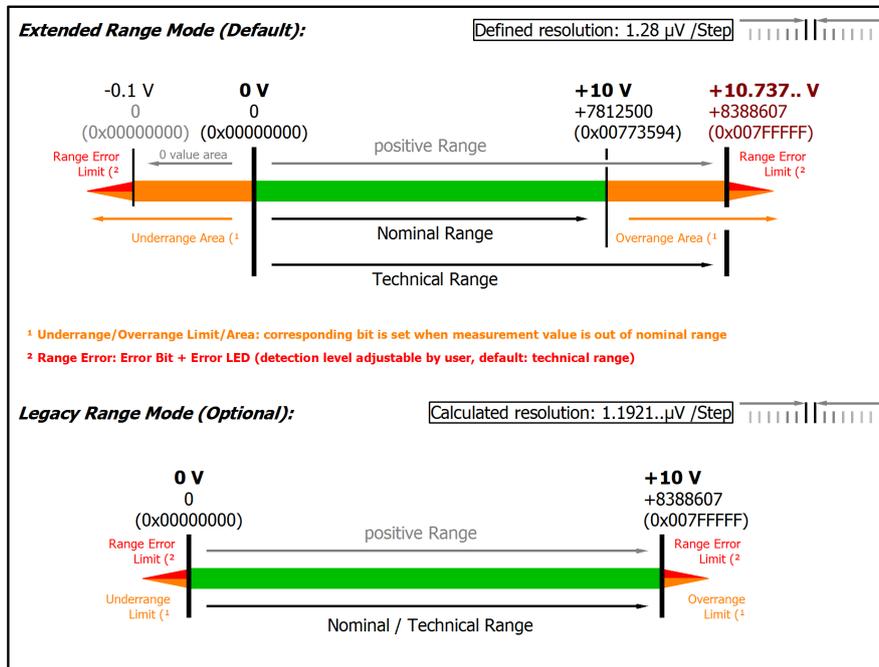


Abb. 161: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.14.2.2.3 Messung ±5 V, 0...5 V

Messung Modus	±5 V		0...5 V	
Messbereich, nominell	-5...+5 V		0...5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	5 V			
Messbereich, technisch nutzbar	-5,368...+5,368 V		0... 5,368 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	640 nV	163,84 µV	640 nV	163,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)	596.. nV	152,59.. µV	596.. nV	152,59.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND			

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

Messung Modus	±5 V, 0...5 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,25 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 5,00 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±5 V, 0...5 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,35 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,85		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 60,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 10,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			

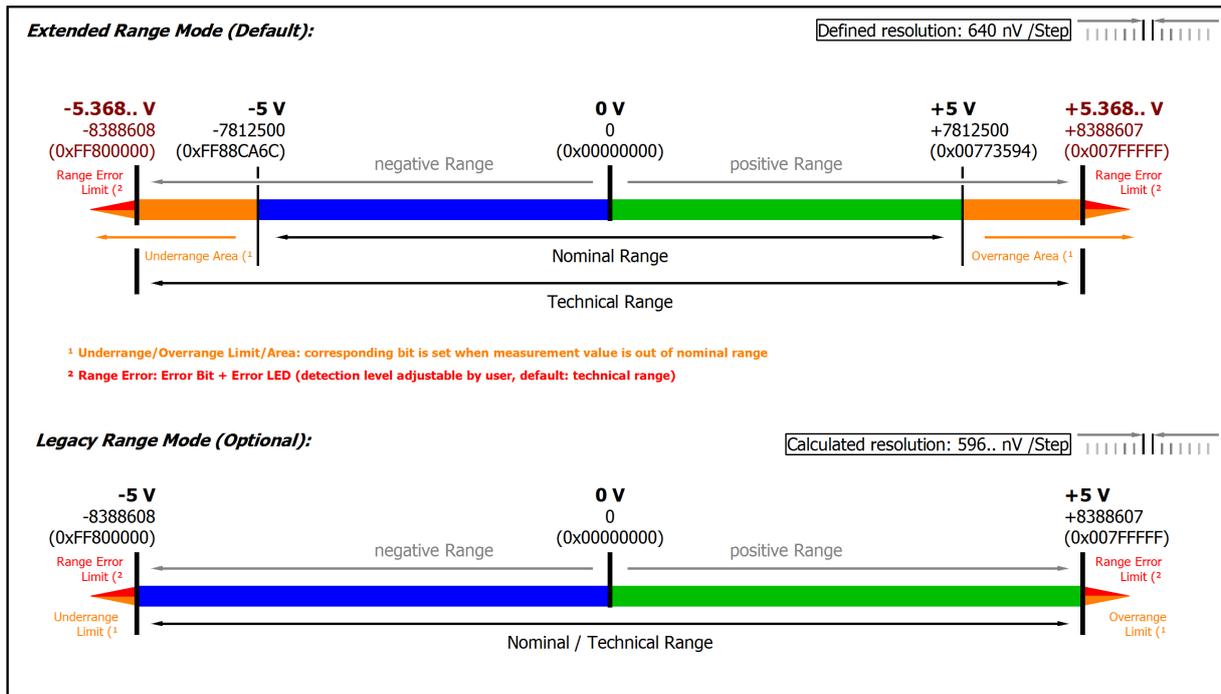


Abb. 162: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

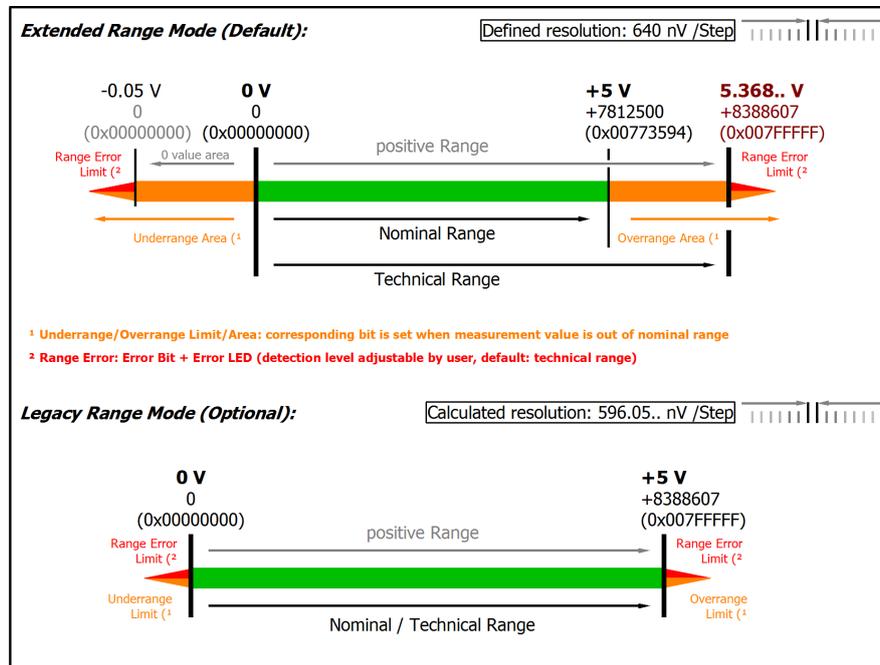


Abb. 163: Darstellung 0...5 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.14.2.2.4 Messung ±2,5 V

Messung Modus	±2,5 V	
Messbereich, nominell	-2,5...+2,5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	2,5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-2,684...+2,684 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	320 nV	81,92 µV
PDO LSB (Legacy Range)	298.. nV	76,29.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ | ▶ 582]

Messung Modus	±2,5 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±0,13 mV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 2,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 2,50 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±2,5 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 0,18 mV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,42		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 30,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 5,00 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			

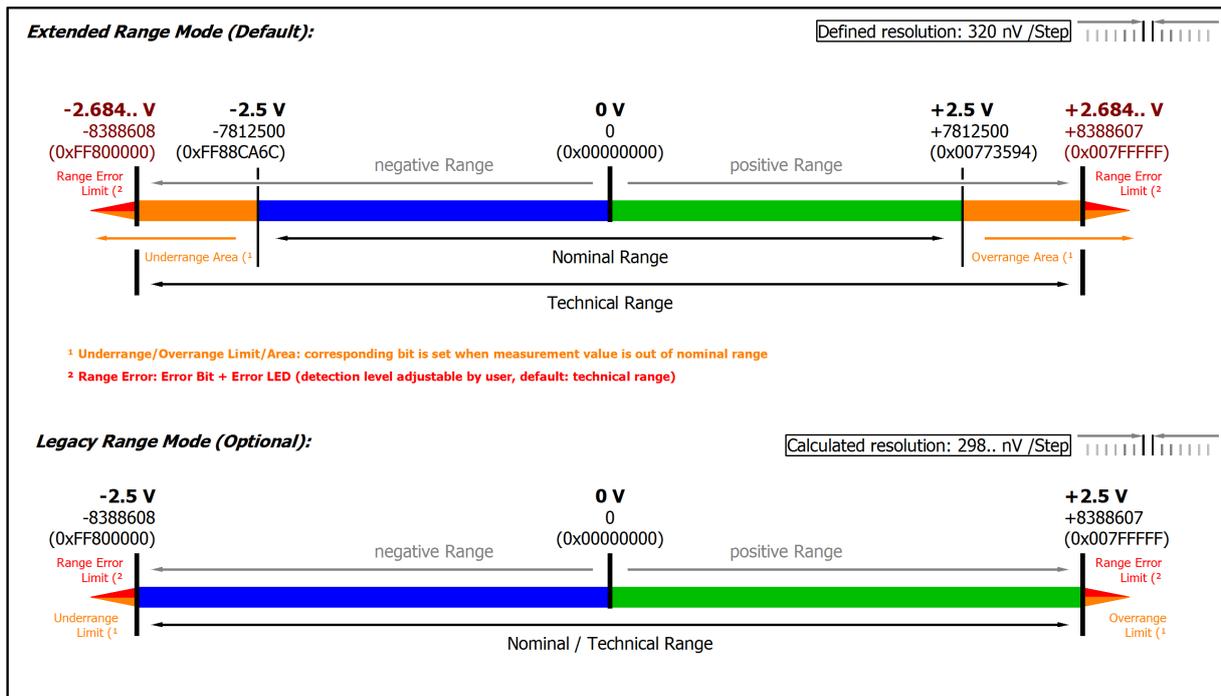


Abb. 164: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2.5 Messung ±1,25 V

Messung Modus	±1,25 V	
Messbereich, nominell	-1,25...+1,25 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	1,25 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-1,342...+1,342 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	160 nV	40,96 µV
PDO LSB (Legacy Range)	149.. nV	38,14.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ | ▶ 582]

Messung Modus	±1,25 V	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±62,5 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 15 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,0 ppm _{MBE} /K typ. < 1,25 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±1,25 V			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 87,50 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15,00 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,21		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 15,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 2,50 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			

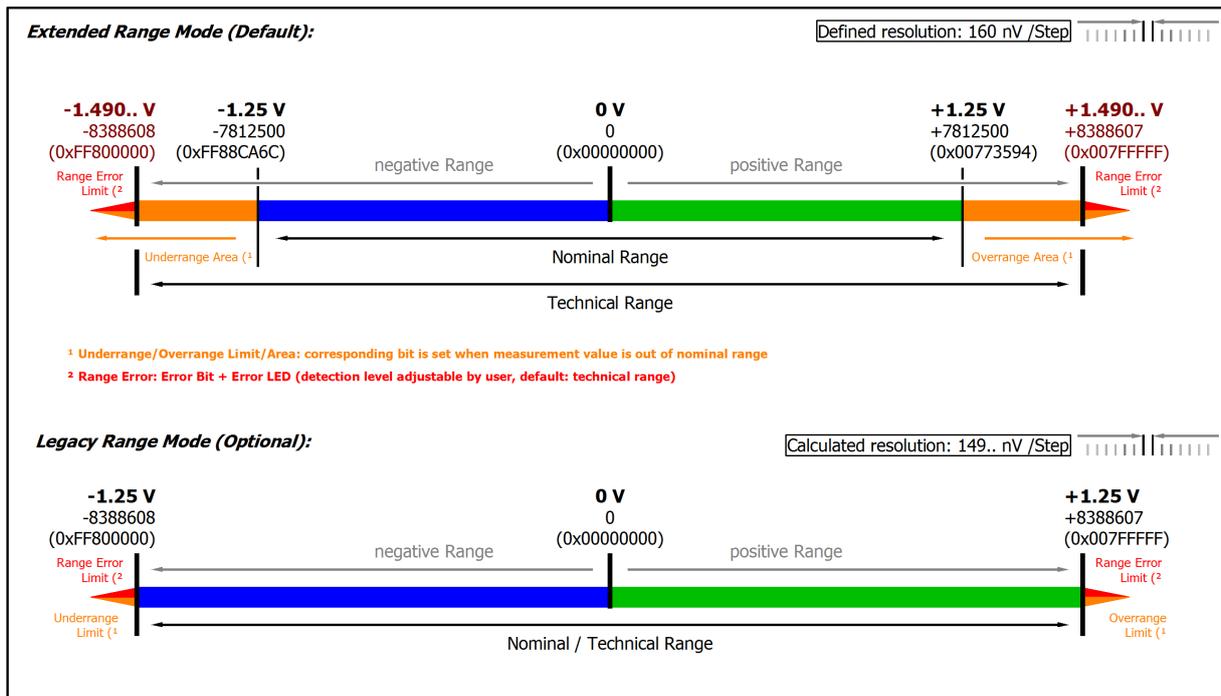


Abb. 165: Darstellung ±1,25 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2.6 Messung ±640 mV

Messung Modus	±640 mV	
Messbereich, nominell	-640...+640 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	640 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-687,2...+687,2 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	81,92 nV	20,97152 µV
PDO LSB (Legacy Range)	76,29.. nV	19,53.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582]

Messung Modus	±640 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,005 %, < ±50 ppm _{MBE} typ. < ±32,0 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 20 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 1,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,96 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±640 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 44,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,11		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 7,68 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 1,28 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			

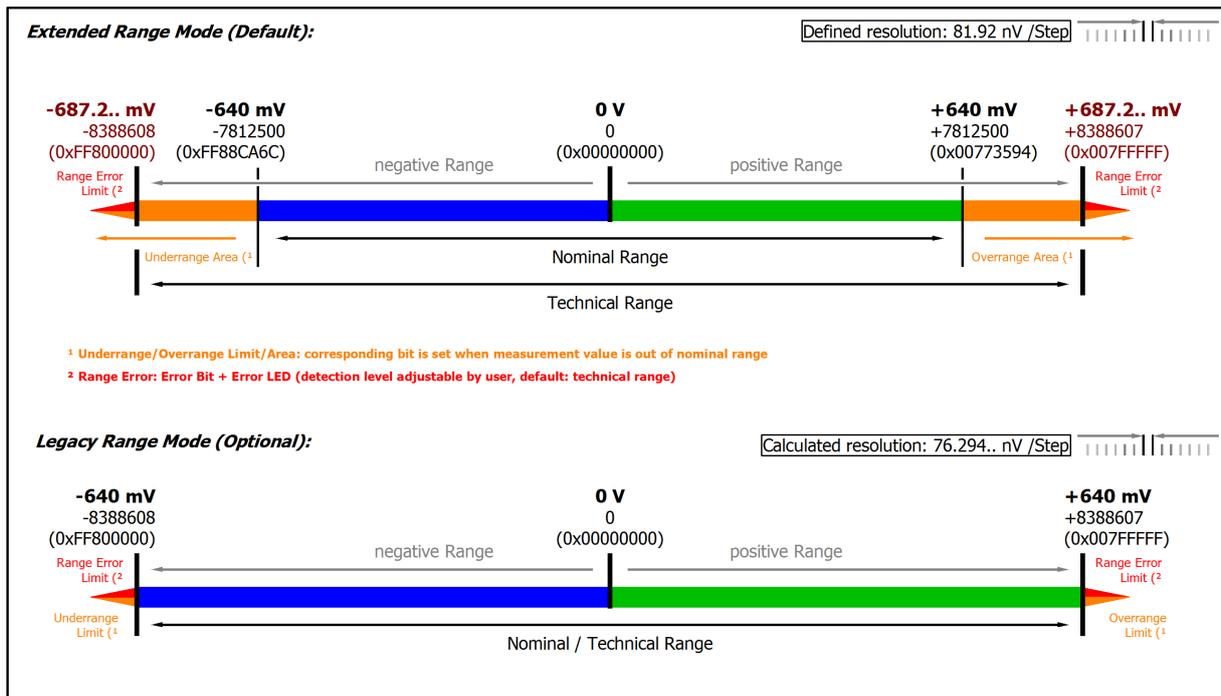


Abb. 166: Darstellung ±640 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2.7 Messung ±320 mV

Messung Modus	±320 mV	
Messbereich, nominell	-320...+320 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	320 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-343,6...+343,6 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	40,96 nV	10,48576 µV
PDO LSB (Legacy Range)	38,14.. nV	9,765.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ | ▶ 582]

Messung Modus	±320 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,0065 %, < ±65 ppm _{MBE} typ. < ±20,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 40 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 30 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 2,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,64 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±320 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 70 ppm _{MBE}	< 547 digits	< 22,40 µV
	F _{Noise, RMS}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 3,84 µV
	Max. SNR	> 98,4 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,05		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 12 ppm _{MBE}	< 94 digits	< 3,84 µV
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 digits	< 0,64 µV
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			

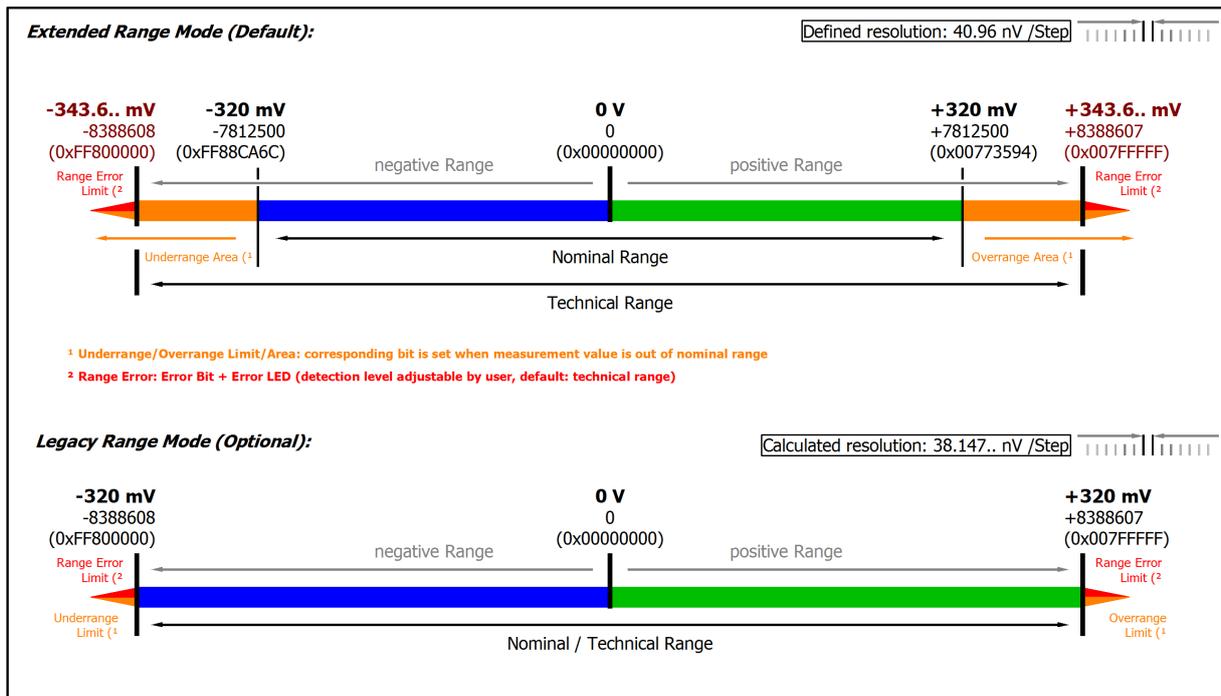


Abb. 167: Darstellung ±320 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2.8 Messung ±160 mV

Messung Modus	±160 mV	
Messbereich, nominell	-160...+160 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	160 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-171,8...+171,8 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	20,48 nV	5,24288 µV
PDO LSB (Legacy Range)	19,07.. nV	4,882.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582|

Messung Modus	±160 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,0085 %, < ±85 ppm _{MBE} typ. < ±13,6 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 65 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 35 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 3,5 ppm _{MBE} /K typ. < 0,56 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±160 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PP}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 14,40 µV
	F _{Noise, RMS}	< 15 ppm _{MBE}	< 117 digits	< 2,40 µV
	Max. SNR	> 96,5 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PP}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 digits	< 2,88 µV
	F _{Noise, RMS}	< 3,0 ppm _{MBE}	< 23 digits	< 0,48 µV
	Max. SNR	> 110,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			

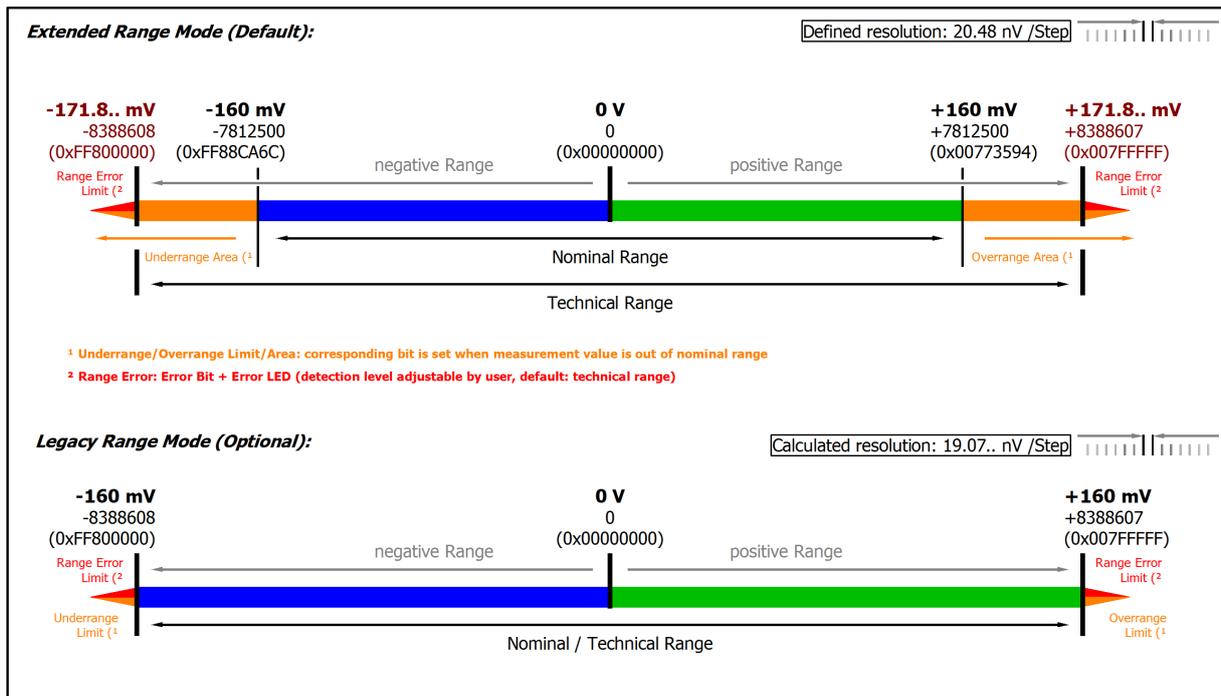


Abb. 168: Darstellung ±160 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2.9 Messung ±80 mV

Messung Modus	±80 mV	
Messbereich, nominell	-80...+80 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	80 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-85,9...+85,9 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	10,24 nV	2,62144 µV
PDO LSB (Legacy Range)	9,536.. nV	2,441.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582]

Messung Modus	±80 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,011 %, < ±110 ppm _{MBE} typ. < ±8,8 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 95 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 40 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 7,5 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 2 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 5,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±80 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PP}	< 150 ppm _{MBE}	< 1172 digits	< 12,00 µV
	F _{Noise, RMS}	< 25 ppm _{MBE}	< 195 digits	< 2,00 µV
	Max. SNR	> 92,0 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PP}	< 24 ppm _{MBE}	< 188 digits	< 1,92 µV
	F _{Noise, RMS}	< 4,0 ppm _{MBE}	< 31 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 108,0 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03% = 300 ppm _{MBE} typ.			

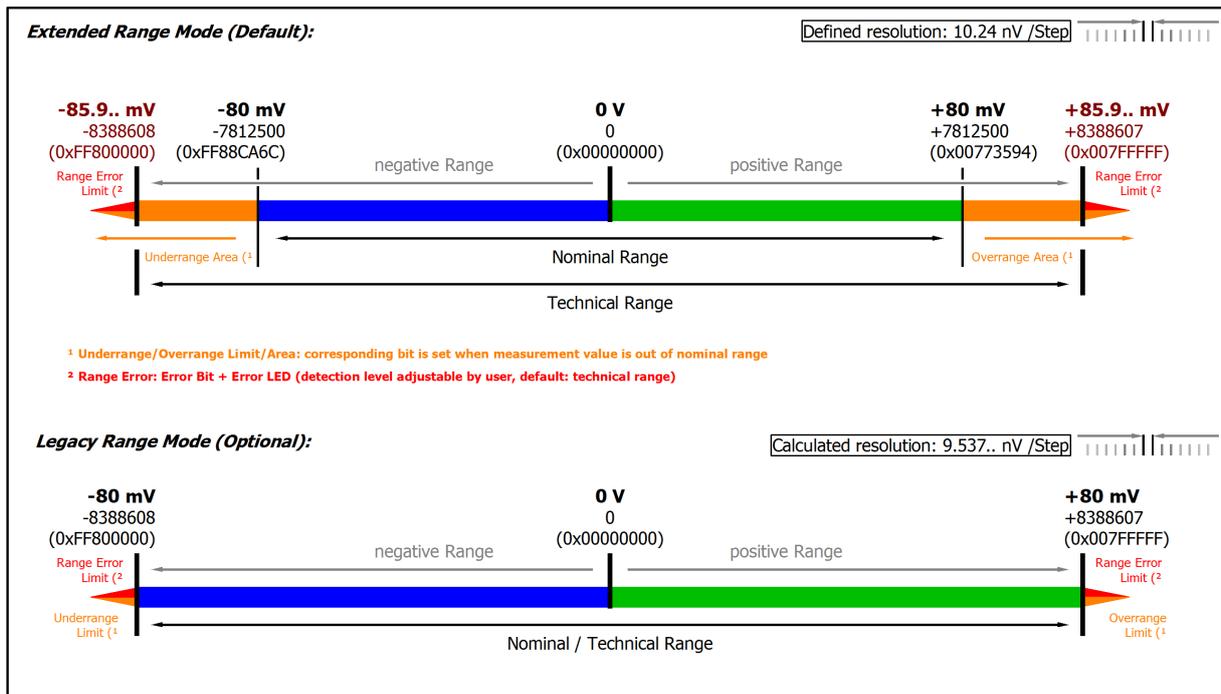


Abb. 169: Darstellung ±80 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2.10 Messung ±40 mV

Messung Modus	±40 mV	
Messbereich, nominell	-40...+40 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	40 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-42,95...+42,95 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	5,12 nV	1,31072 µV
PDO LSB (Legacy Range)	4,768.. nV	1,220.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582]

Messung Modus	±40 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,0205 %, < ±205 ppm _{MBE} typ. < ±8,2 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 190 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 50 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 60 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 10,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 3 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 10,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±40 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PP}	< 270 ppm _{MBE}	< 2109 digits	< 10,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 45 ppm _{MBE}	< 352 digits	< 1,80 µV
	Max. SNR	> 86,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PP}	< 48 ppm _{MBE}	< 375 digits	< 1,92 µV
	F _{Noise, RMS}	< 8,0 ppm _{MBE}	< 63 digits	< 0,32 µV
	Max. SNR	> 101,9 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt			

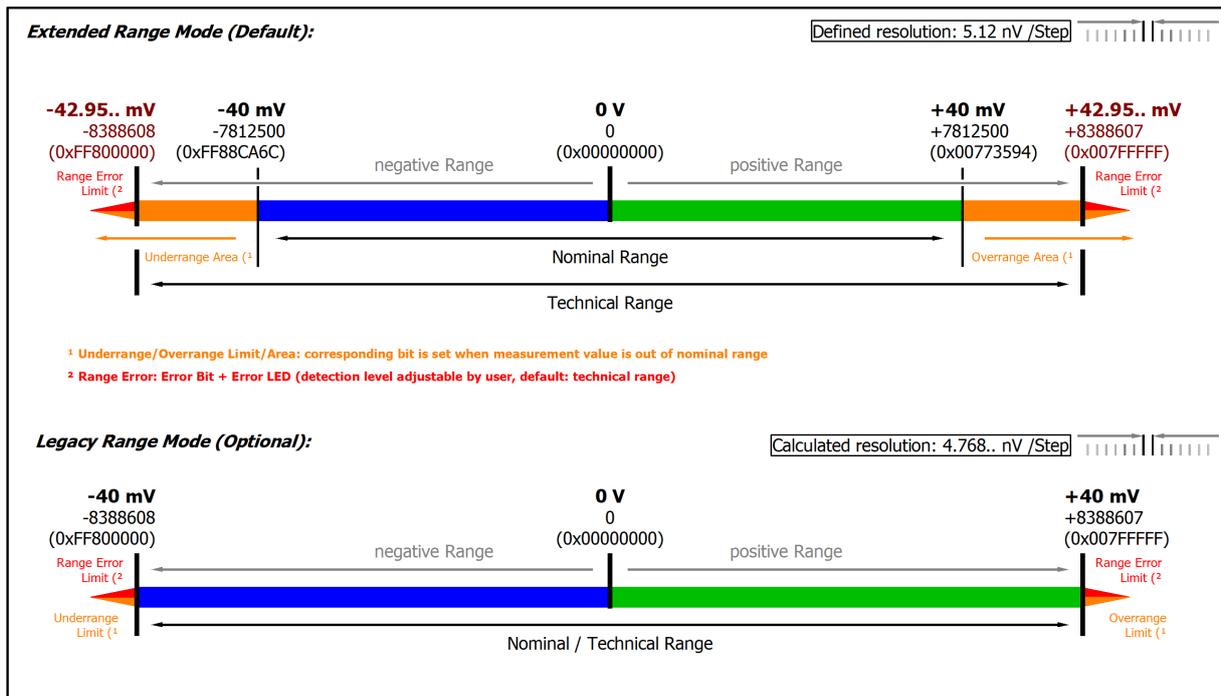


Abb. 170: Darstellung ±40 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.2.11 Messung ±20 mV

Messung Modus	±20 mV	
Messbereich, nominell	-20...+20 mV	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mV	
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mV	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nV	655,36 nV
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nV	610,37.. nV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ |> 582]

Messung Modus	±20 mV	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,04 %, < ±400 ppm _{MBE} typ. < ±8,0 µV typ.	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 380 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 60 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 100 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25,0 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 4 ppm/K typ.
	Tk _{Offset}	< 20,0 ppm _{MBE} /K typ. < 0,40 µV/K typ.

Vorläufige Angaben

Messung Modus	±20 mV			
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PP}	< 540 ppm _{MBE}	< 4219 digits	< 10,80 µV
	F _{Noise, RMS}	< 90 ppm _{MBE}	< 703 digits	< 1,80 µV
	Max. SNR	> 80,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$ < 0,03		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PP}	< 80 ppm _{MBE}	< 625 digits	< 1,60 µV
	F _{Noise, RMS}	< 13,0 ppm _{MBE}	< 102 digits	< 0,26 µV
	Max. SNR	> 97,7 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt			

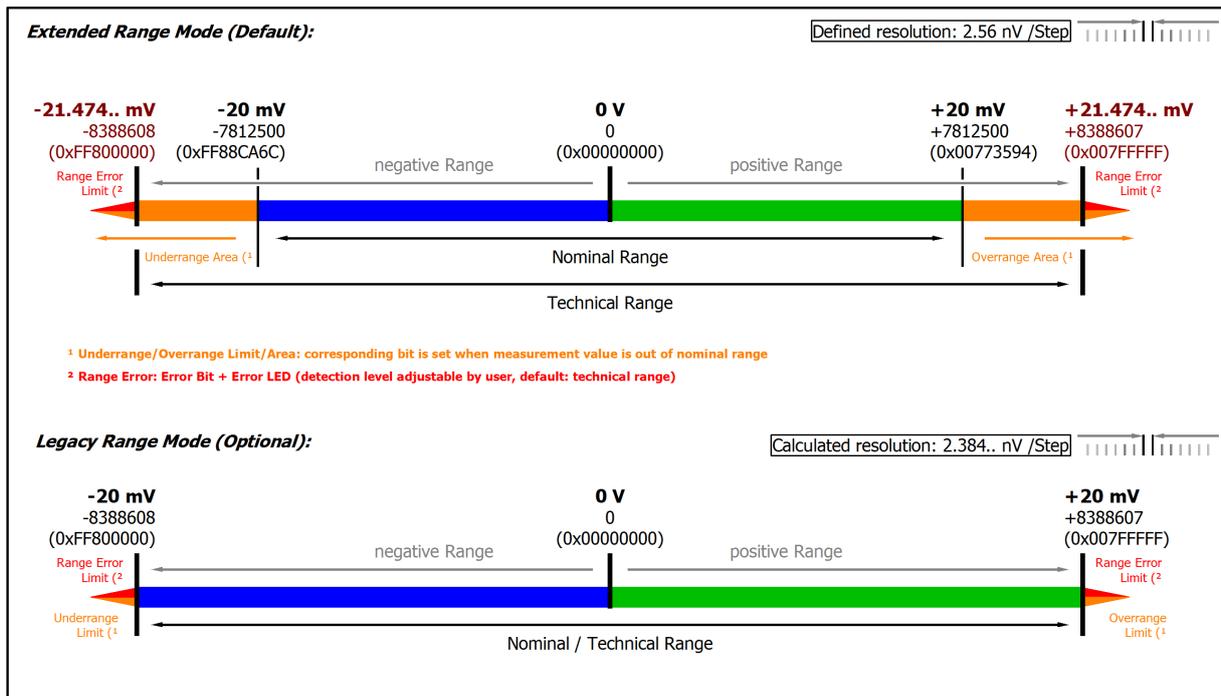


Abb. 171: Darstellung ±20 mV Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.3 Messung ±20 mA/ 0..20 mA/ 4..20 mA/NAMUR

3.14.2.3.1 Messung ±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43

Messung Modus	±20 mA		0...20 mA		4...20 mA		3,6...21 mA (NAMUR NE43)	
Messbereich, nominell	-20...+20 mA		0...20 mA		4...20 mA		4...20 mA	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 mA							
Messbereich, technisch nutzbar	-21,474...+21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,474 mA, überstromgeschützt		0...21,179 mA, überstromgeschützt		3,6...21 mA, überstromgeschützt	
Absicherung	Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest							
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 nA	655,36 nA	2,56 nA	655,36 nA	2,048 nA	524,288 nA	2,048 nA	524,288 nA
PDO LSB (Legacy Range)	2,384.. nA	610,37.. nA	2,384.. nA	610,37.. nA	1,907.. nA	488,29.. nA	n.a.	
Gleichtaktspannung U _{cm}	max. ±10V bezogen auf -U _v (interne Masse)							
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. ca. 150 Ω 11 nF CommonMode typ. ca. 40 nF gegen SGND							

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Vorläufige Angaben:

Messung Modus	±20 mA, 0...20 mA, 4...20 mA, NE43		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,01% = 100 ppm _{MBE} typ.		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 65 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 50 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 40 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 40 ppm _{MBE}	
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< 100 ppm _{MBE}	< 781 [digits]
	F _{Noise, RMS}	< 18 ppm _{MBE}	< 141 [digits]
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nA}{\sqrt{Hz}}$ < 5,09	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< 10 ppm _{MBE}	< 78 [digits]
	F _{Noise, RMS}	< 2,0 ppm _{MBE}	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	Tk _{Gain}	< 15 ppm/K typ.	
	Tk _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ.	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)	DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 5 nA/V typ.	1 kHz: < 80 nA/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 3 nA/V typ.	1 kHz: < 3 nA/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	Wert folgt [ppm] typ. (MBE)		

Strommessbereich ±20 mA

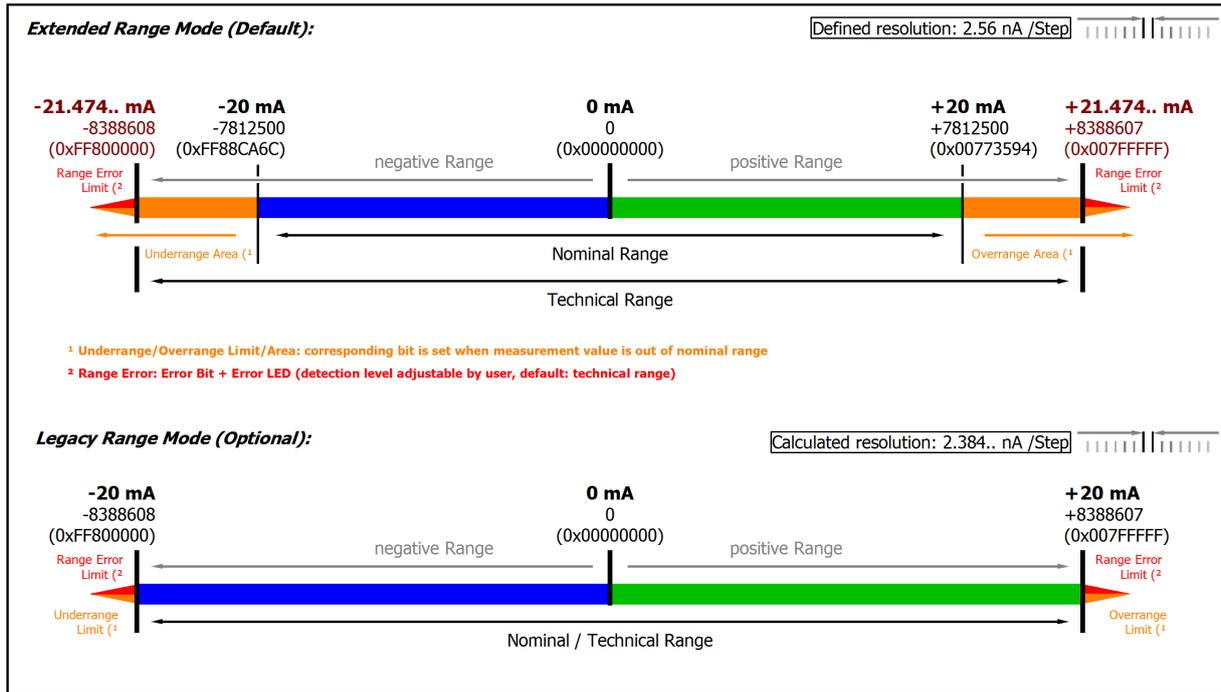


Abb. 172: Darstellung Strommessbereich ±20 mA

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

Strommessbereich 0...20 mA

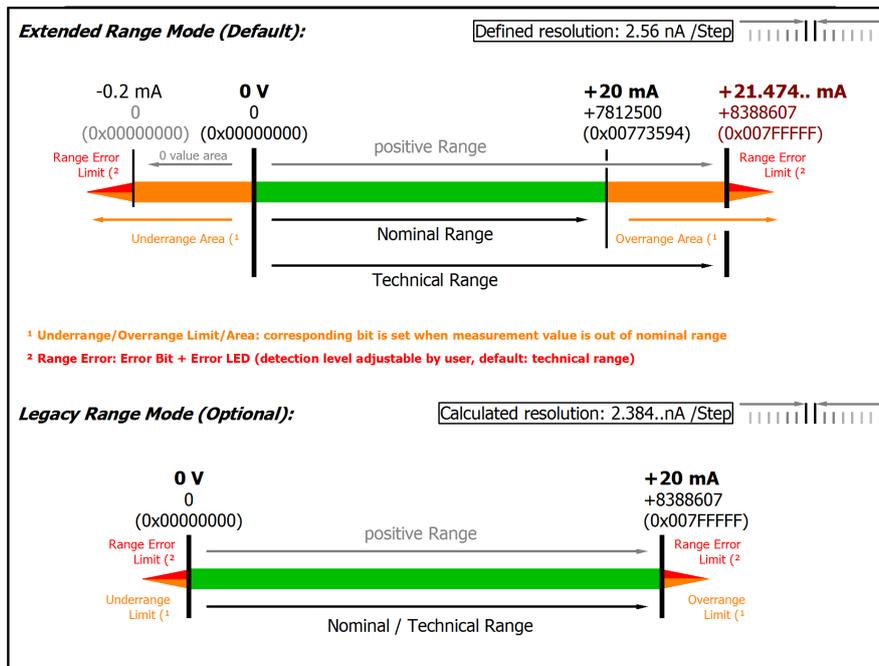


Abb. 173: Darstellung Strommessbereich 0...20 mA

Strommessbereich 4...20 mA

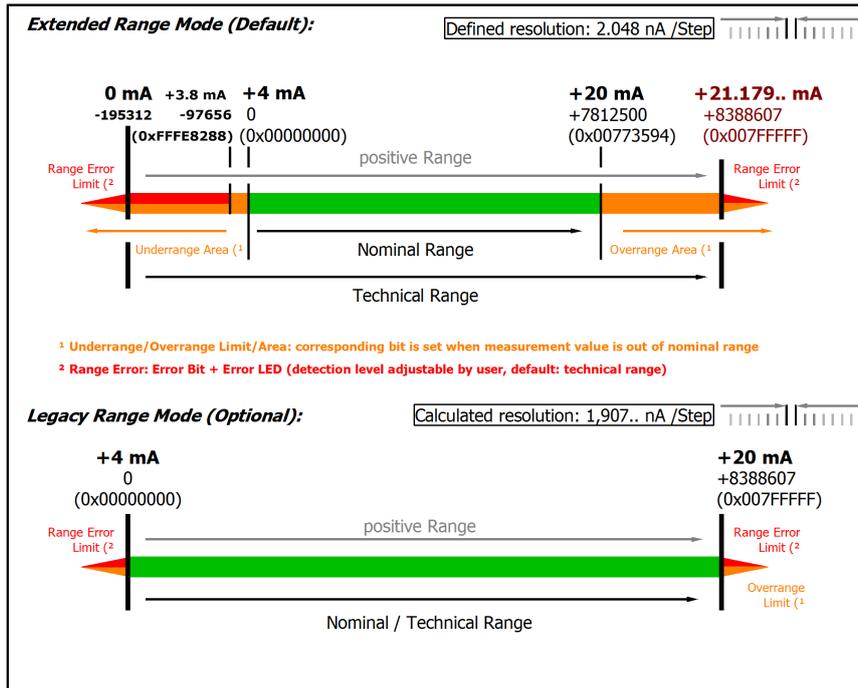


Abb. 174: Darstellung Strommessbereich 4...20 mA

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

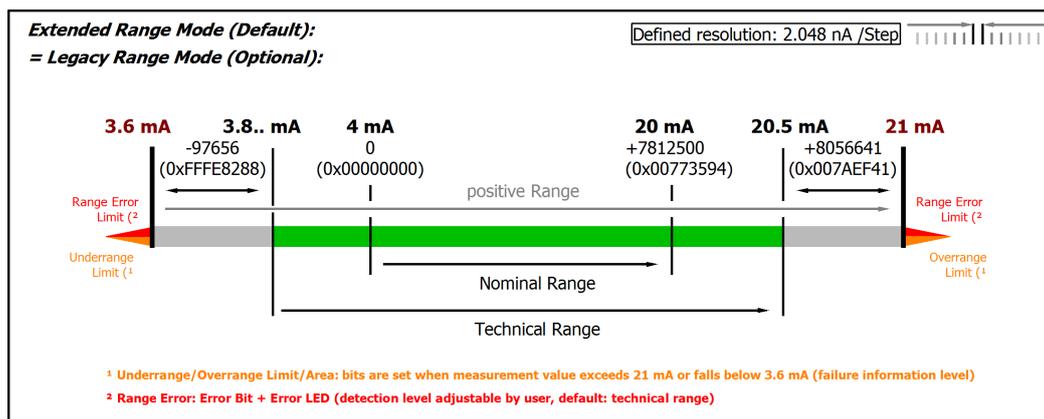


Abb. 175: Darstellung Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

i Nur Extended Range Mode bei Messbereich 4 mA NAMUR

In diesem Messbereich ist kein Legacy Range Mode verfügbar. Eine Umstellung auf den Extended Range Mode erfolgt automatisch und ein Schreibzugriff auf das entsprechende CoE Objekt 0x8000:2E (Scaler) wird zwar nicht abgelehnt, führt aber zu keiner Änderung des Parameters.

3.14.2.4 Messung Widerstand

Hinweis zur Messung von Widerständen bzw. Widerstandsverhältnissen

Bei der einfachen **2-Leiter-Messung** beeinflusst der Leitungswiderstand der zu dem Sensor geführten Zuleitungen den gemessenen Wert. Ist eine Reduzierung dieses systematischen Fehleranteils bei der 2-Leiter-Messung angestrebt, ist der Zuleitungswiderstand zum Messwiderstand einzurechnen, dieser Zuleitungswiderstand muss dann allerdings erst ermittelt werden.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheit dieses Zuleitungswiderstands kann dieser dann statisch in die laufende Rechnung einbezogen werden, z.B. bei der EL3751 über das CoE-Objekt [0x8000:13 \[► 591\]](#) und bei ELM350x/ ELM370x über das CoE-Objekt [0x80n0:13 \[► 591\]](#).

Eine z.B. durch Alterung oder Temperatur bedingte Widerstandsänderung der Zuleitung wird jedoch nicht automatisch erfasst. Gerade die Temperaturabhängigkeit von Kupferleitungen mit ~4000ppm/K (entspricht 0,4%/K!) ist nicht unwesentlich beim 24/7-Betrieb!

Durch die **3-Leiter-Messung** ist es möglich den systematischen Anteil zu eliminieren, unter der Annahme, dass die zwei Zuleitungen identisch sind. Bei dieser Messungsart wird der Leitungswiderstand einer Zuleitung dauernd gemessen. Der ermittelte Wert wird dann zwei Mal von dem Messergebnis abgezogen und der Leitungswiderstand so eliminiert. Dies führt technisch zu einer deutlich zuverlässigeren Messung. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit ist der Gewinn durch den 3-Leiter-Anschluss allerdings nicht so erheblich, da diese Annahme einer hohen Ungewissheit unterliegt - die einzelne, nicht nachgemessene Leitung könnte doch beschädigt oder unbemerkt widerstandsvariant sein.

Der 3-Leiter-Anschluss ist also ein technisch bewährter Ansatz, bei einer methodisch nach Messunsicherheit bewerteten Messung wird dringend der voll-kompensierte **4-Leiter-Anschluss** empfohlen.

Sowohl bei 2-Leiter- als auch bei 3-Leiter-Anschluss beeinflussen die Übergangswiderstände der Klemmkontakte den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

HINWEIS

Messung von kleinen Widerständen

Insbesondere bei Messungen im Bereich ca. $< 10 \Omega$ wird der 4-Leiter-Anschluss durch die relativ hohen Zuleitungs- und Übergangswiderstände unbedingt erforderlich. Zu bedenken ist auch dass bei solch niedrigen Widerständen die relative Messabweichung bezogen auf den MBE hoch werden kann - für solche Messungen sind ggf. Widerstandsmessklemmen mit kleinen Widerstands-Messbereichen wie z.B. die EL3692 in 4-Leiter-Messung zu verwenden

Entsprechende Überlegungen führen auch im Brückenbetrieb zu den gängigen Anschlussmethoden:

- Vollbrücke: 4-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 6-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Halbbrücke: 3-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 5-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Viertelbrücke: 2-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 3-Leiter-Anschluss mit theoretischer und 4-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation

3.14.2.4.1 Widerstandsmessbereich 5 kΩ

Messung Modus	Widerstand 0..5 kΩ
Betriebsart	2,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $2,5 \text{ V} / (5 \text{ k}\Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...5 kΩ
Messbereich, Endwert (MBE)	5 kΩ
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω...5,368 kΩ
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	640 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	596.. μΩ

Spezifische Angaben

Messung Modus		Widerstand 0..5 kΩ				
		2/3-Leiter		4-Leiter		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.		< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾		< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}		< tbd. ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< tbd. ppm _{MBE}		< tbd. ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}		< tbd. ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}		< tbd. ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd./K		< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd./K		
	Tk _{Gain}	< tbd. ppm/K		< tbd. ppm /K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	< tbd. [ppm _{MBE}]	< tbd. [digits]	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Widerstandsmessbereich 5 kΩ

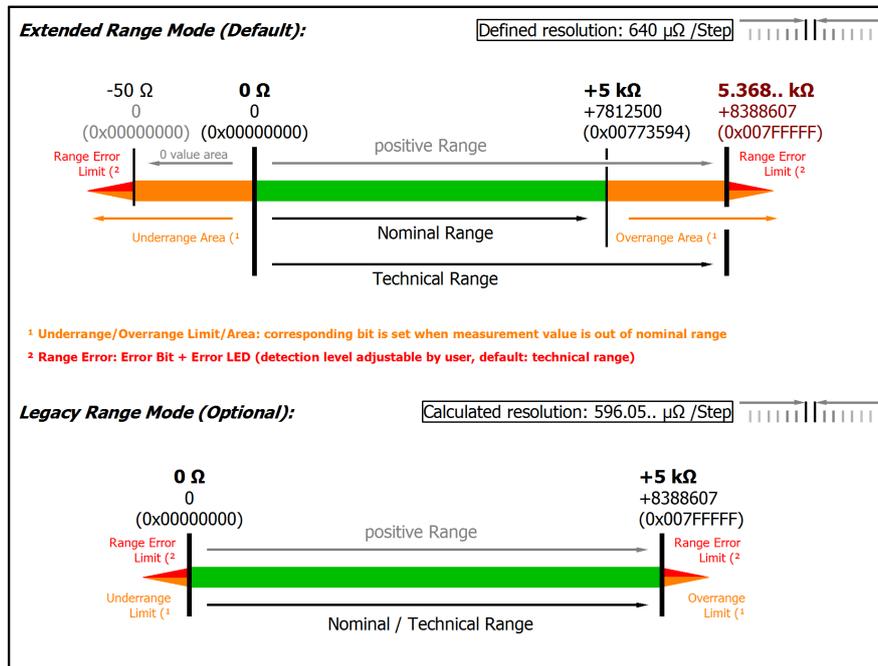


Abb. 176: Darstellung Widerstandsmessbereich 5 kΩ

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80h0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.4.2 Widerstandsmessbereich 2 kΩ

Messung Modus	Widerstand 0..2 kΩ
Betriebsart	2,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $2,5 \text{ V} / (5 \text{ k}\Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...2 kΩ
Messbereich, Endwert (MBE)	2 kΩ
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω... 2,147 kΩ
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	256 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	238.. μΩ

Spezifische Angaben

Messung Modus	Widerstand 0..2 kΩ					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±50 ppm _{MBE} < ±100 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±170 ppm _{MBE} < ±0 Ω			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}		< 8 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< tbd. ppm _{MBE}		< 44 ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}		< 22 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}		< 5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd.		< 0,5 ppm _{MBE} /K < 1 mΩ/K		
	Tk _{Gain}	< tbd. ppm/K		< 5 ppm /K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		$\frac{\text{m}\Omega}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

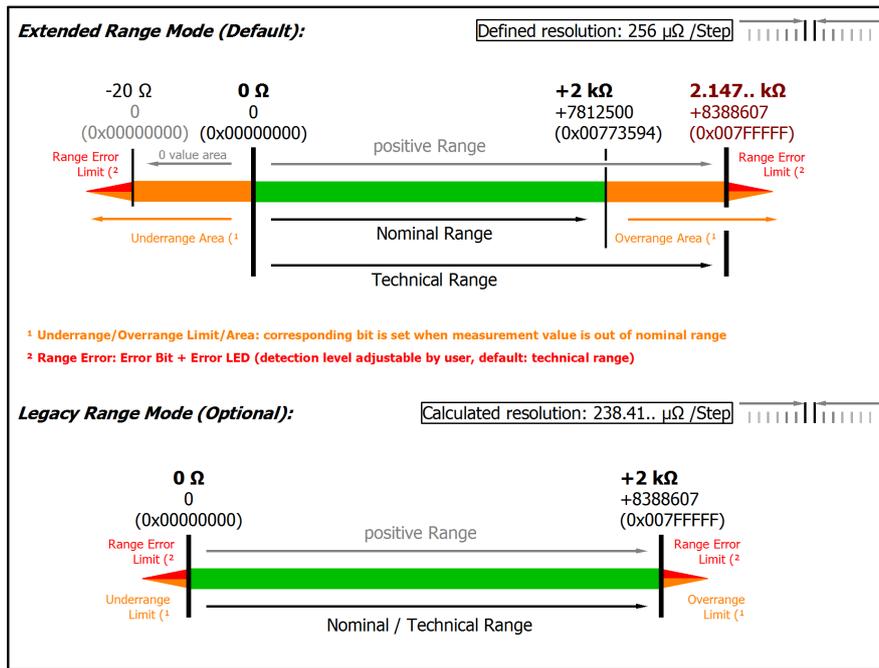


Abb. 177: Darstellung Widerstandsmessbereich 2 k Ω

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwertes (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt [0x80h0:32](#) [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.4.3 Widerstandsmessbereich 500 Ω

Messung Modus	Widerstand 0..500 Ω
Betriebsart	4,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $4,5 V / (5 k\Omega + R_{Messung})$
Messbereich, nominell	0...500 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	500 Ω
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω...536,8 Ω
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	64 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	59,6.. μΩ

Spezifische Angaben

Messung Modus	Widerstand 0..500 Ω					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±50 ppm _{MBE} < ±25 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±175 ppm _{MBE} < ±88 mΩ			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}		< 15 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< tbd. ppm _{MBE}		< 40 ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}		< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}		< 5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd.		< 1 ppm _{MBE} /K < 0,50 mΩ/K		
	Tk _{Gain}	< tbd. ppm/K		< 5 ppm /K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

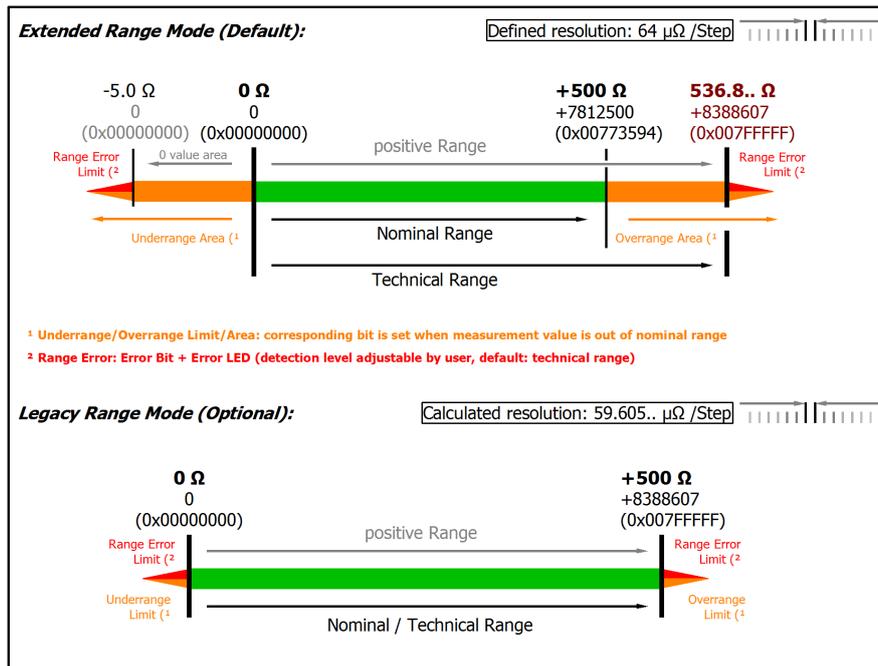


Abb. 178: Darstellung Widerstandsmessbereich 500 Ω

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt `0x80h0:32` [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.4.4 Widerstandsmessbereich 200 Ω

Messung Modus	Widerstand 0..200 Ω
Betriebsart	4,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $4,5 V / (5 k\Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...200 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	200 Ω
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω... 214,7 Ω
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	25,6 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	23,8.. μΩ

Spezifische Angaben

Messung Modus	Widerstand 0..200 Ω					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±70 ppm _{MBE} < ±14 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±185 ppm _{MBE} < ±37 mΩ			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}		< 45 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< tbd. ppm _{MBE}		< 45 ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}		< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}		< 5 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd.		< 1,5 ppm _{MBE} /K < 0,30 mΩ/K		
	Tk _{Gain}	< tbd. ppm/K		< 5 ppm /K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

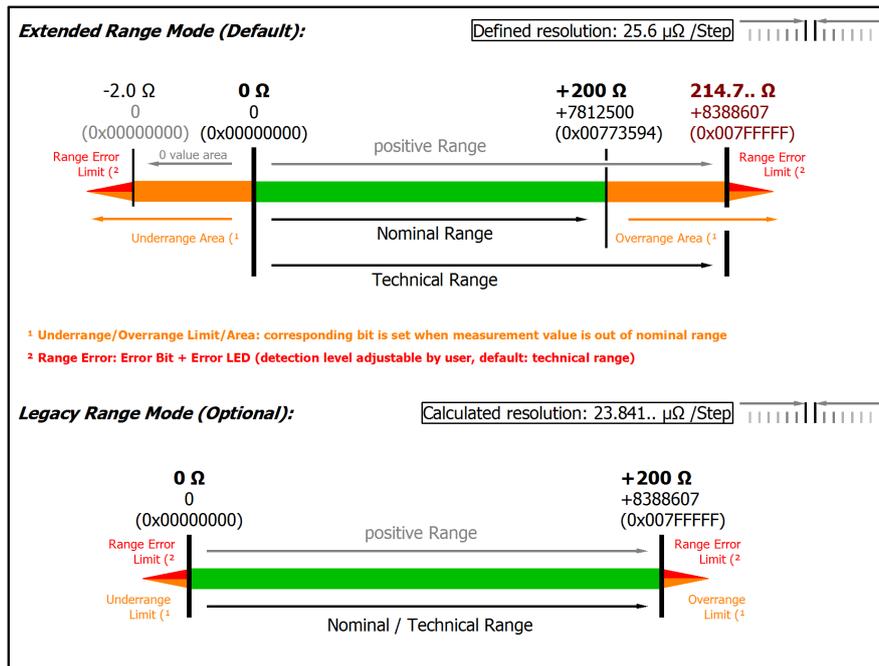


Abb. 179: Darstellung Widerstandsmessbereich 200 Ω

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt [0x80h0:32](#) [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.4.5 Widerstandsmessbereich 50 Ω

Messung Modus	Widerstand 0..50 Ω
Betriebsart	4,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $4,5 V / (5 k \Omega + R_{\text{Messung}})$
Messbereich, nominell	0...50 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	50 Ω
Messbereich, technisch nutzbar	0 Ω...53,68 Ω
PDO Auflösung	23 Bit (vorzeichenlos)
PDO LSB (Extended Range)	6,4 μΩ
PDO LSB (Legacy Range)	5,96.. μΩ

Spezifische Angaben

Messung Modus	Widerstand 0..50 Ω					
	2/3-Leiter		4-Leiter			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±200 ppm _{MBE} < ±10 mΩ			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ⁶⁾	< ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.		< ±305 ppm _{MBE} < ±15 mΩ			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}		< 175 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< tbd. ppm _{MBE}		< 80 ppm _{MBE}		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}		< 50 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}		< 10 ppm _{MBE}		
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd.		< 5 ppm _{MBE} /K < 0,25 mΩ/K		
	Tk _{Gain}	< tbd. ppm/K		< 5 ppm /K		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		$\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$ < tbd.		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	< tbd. ppm _{MBE}	< tbd. digits	
	Max. SNR	> tbd. [dB]		> tbd. [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. Ω/V typ.	1 kHz: < tbd. Ω/V typ.	DC: < tbd. Ω/V typ.	50 Hz: < tbd. kΩ/V typ.	1 kHz: < tbd. kΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.			±tbd.% _{MBE} = ±tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)	tbd					

³⁾ Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere

(bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

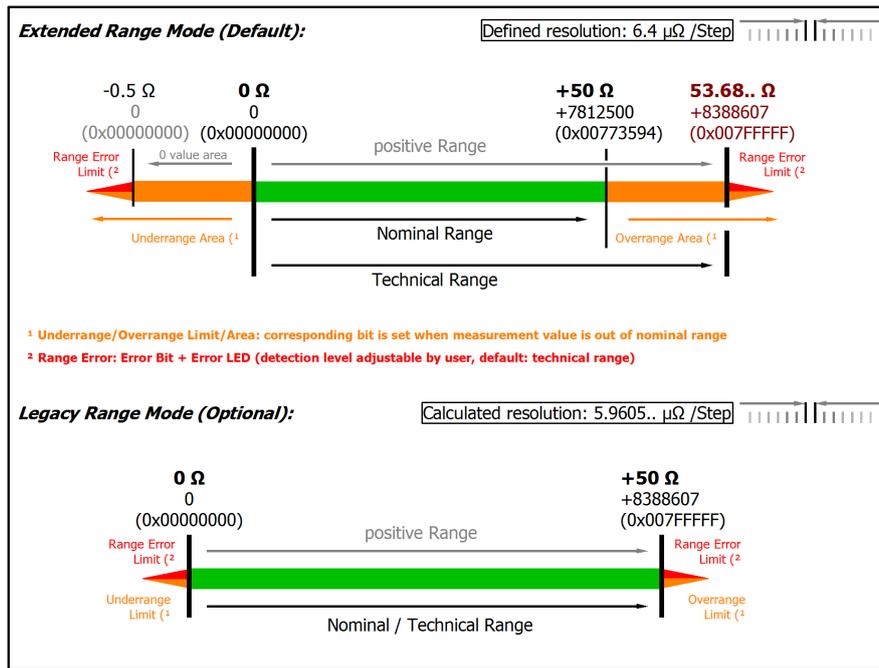


Abb. 180: Darstellung Widerstandsmessbereich 50 Ω

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt [0x80h0:32](#) [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.5 Messung RTD

Anwendung auf die ELM3702-0101

Grundsätzlich ist der elektrische Widerstandsmessbereich unabhängig von der RTD-Transformation einstellbar. Deshalb werden im Folgenden erzielbare Temperaturmessgenauigkeiten in Abhängigkeit vom elektrischen Widerstandsmessbereich angegeben. Bei der Wahl der Kombination ist darauf zu achten, dass je nach gewünschtem Einsatzbereich des Sensors der richtige, ausreichende elektrische Widerstandsbereich gewählt wird, z.B. wird der 50 Ω -Bereich in Kombination mit einem PT1000-Sensor nur selten sinnvoll sein. Es ist also eine Einstellung zu wählen für

- den elektrischen Widerstandsmessbereich in [Ω] im CoE 0x80n0:01
- die Transformation/Umrechnung $R \rightarrow \Omega$ im CoE 0x80n0:14

RTD-Messbereich

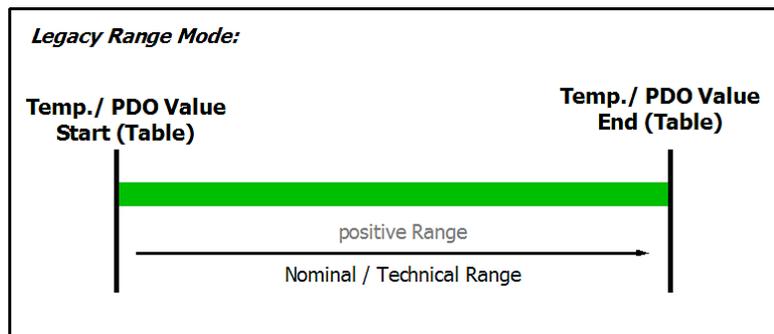


Abb. 181: Darstellung RTD-Messbereich

Im Temperatur-Modus steht nur der Legacy-Range zur Verfügung, der „Extended Range Modus“ ist nicht verfügbar.

Die Temperaturdarstellung in [$^{\circ}\text{C}/\text{digit}$] (z.B. $0,1^{\circ}/\text{digit}$ oder $0,01^{\circ}/\text{digit}$) ist unabhängig von der elektrischen Messung, sie ist „nur“ eine Anzeigeeinstellung und ergibt sich aus der PDO-Einstellung, siehe Kapitel Inbetriebnahme.

Implementierte Kennlinien, Übersicht

Von der ELM370x ab FW01 unterstützte RTD-Typen bzw. Transformationen

- None (keine Transformation)
- PT100 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- PT200 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- PT500 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- PT1000 (-200...850 $^{\circ}\text{C}$)
- NI100 (-60...250 $^{\circ}\text{C}$)
- NI120 (-60...320 $^{\circ}\text{C}$)
- NI1000 (-60...250 $^{\circ}\text{C}$)
- NI1000 TK5000 (-30...160 $^{\circ}\text{C}$)
- KT100/110/130/210/230 KTY10/11/13/16/19 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81/82-110,120,150 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-121 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-122 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-151 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-152 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81/82-210,220,250 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)
- KTY81-221 (-50...150 $^{\circ}\text{C}$)

- KTY81-222 (-50...150°C)
- KTY81-251 (-50...150°C)
- KTY81-252 (-50...150°C)
- KTY83-110,120,150 (-50...175°C)
- KTY83-121 (-50...175°C)
- KTY83-122 (-50...175°C)
- KTY83-151 (-50...175°C)
- KTY83-152 (-50...175°C)
- KTY84-130,150 (-40...300°C)
- KTY84-151 (-40...300°C)
- KTY21/23-6 (-50...150°C)
- KTY1x-5 (-50...150°C)
- KTY1x-7 (-50...150°C)
- KTY21/23-5 (-50...150°C)
- KTY21/23-7 (-50...150°C)
- B-Parameter
- DIN IEC 60751
- Steinhart Hart

Die Pt-Typen sind nach DIN EN 60751/IEC751 implementiert mit

- $A = 0,0039083 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- $B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$
- $C = -4,183 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-3}$

und somit $\alpha = 0,003851 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Werden andere Koeffizienten benötigt sind diese über die Einstellung „DIN IEC 60751“ direkt im CoE einzugeben, bei Rechnung nur mit α ist der CoE Scaler 0x80n0:2E „linear“ zu benutzen.

3.14.2.5.1 RTD-Messung mit Beckhoff Klemmen

RTD Spezifikation und Konvertierung

Die Temperaturmessung mit widerstandsabhängigem RTD-Sensor umfasst generell zwei Schritte:

- Elektrische Messung des Widerstands, ggf. in mehreren Ohm'schen Messbereichen
- Konvertierung (Umrechnung, Transformation) des Widerstands per Software in einem Temperaturwert nach eingestelltem RTD-Typ (Pt100, Pt1000...).

Beide Schritte können lokal im Beckhoff Messgerät stattfinden. Die Transformation im Gerät kann auch deaktiviert werden, wenn sie übergeordnet in der Steuerung gerechnet werden soll. Je nach Gerätetyp können mehrere RTD-Konvertierungen implementiert sein, die sich dann nur in Software unterscheiden. Dies bedeutet für Beckhoff RTD-Messgeräte, dass

- eine Spezifikation der elektrischen Widerstandsmessung gegeben ist
- und darauf aufbauend im Folgenden je nach unterstütztem RTD-Typ die Auswirkung für die Temperaturmessung angegeben wird. Zu beachten ist, dass RTD-Kennlinien immer als Formeln höherer Ordnung oder durch eine Stützstellentabelle in der Software realisiert werden, so dass eine lineare Übertragung $R \rightarrow T$ nur in einem engen Bereich sinnvoll ist.

Hinweis zu 2-/3-/4-Leiter-Anschluss im R/RTD-Betrieb

Bei der einfachen **2-Leiter-Messung** beeinflusst der Leitungswiderstand der zu dem Sensor geführten Zuleitungen den gemessenen Wert. Ist eine Reduzierung dieses systematischen Fehleranteils bei der 2-Leiter-Messung angestrebt, ist der Zuleitungswiderstand zum Messwiderstand einzurechnen, dieser Zuleitungswiderstand muss dann allerdings erst ermittelt werden.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheit dieses Zuleitungswiderstands kann dieser dann statisch in die laufende Rechnung einbezogen werden, z.B. bei der EL3751 über das CoE-Objekt [0x8000:13 \[► 591\]](#) und bei ELM350x/ ELM370x über das CoE-Objekt [0x80n0:13 \[► 591\]](#).

Eine z.B. durch Alterung oder Temperatur bedingte Widerstandsänderung der Zuleitung wird jedoch nicht automatisch erfasst. Gerade die Temperaturabhängigkeit von Kupferleitungen mit ~4000ppm/K (entspricht 0,4%/K!) ist nicht unwesentlich beim 24/7-Betrieb!

Durch die **3-Leiter-Messung** ist es möglich den systematischen Anteil zu eliminieren, unter der Annahme, dass die zwei Zuleitungen identisch sind. Bei dieser Messungsart wird der Leitungswiderstand einer Zuleitung dauernd gemessen. Der ermittelte Wert wird dann zwei Mal von dem Messergebnis abgezogen und der Leitungswiderstand so eliminiert. Dies führt technisch zu einer deutlich zuverlässigeren Messung. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit ist der Gewinn durch den 3-Leiter-Anschluss allerdings nicht so erheblich, da diese Annahme einer hohen Ungewissheit unterliegt - die einzelne, nicht nachgemessene Leitung könnte doch beschädigt oder unbemerkt widerstandsvariant sein.

Der 3-Leiter-Anschluss ist also ein technisch bewährter Ansatz, bei einer methodisch nach Messunsicherheit bewerteten Messung wird dringend der voll-kompensierte **4-Leiter-Anschluss** empfohlen.

Sowohl bei 2-Leiter- als auch bei 3-Leiter-Anschluss beeinflussen die Übergangswiderstände der Klemmkontakte den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

HINWEIS

Messung von kleinen Widerständen

Insbesondere bei Messungen im Bereich ca. $< 10 \Omega$ wird der 4-Leiter-Anschluss durch die relativ hohen Zuleitungs- und Übergangswiderstände unbedingt erforderlich. Zu bedenken ist auch dass bei solch niedrigen Widerständen die relative Messabweichung bezogen auf den MBE hoch werden kann - für solche Messungen sind ggf. Widerstandsmessklemmen mit kleinen Widerstands-Messbereichen wie z.B. die EL3692 in 4-Leiter-Messung zu verwenden

Entsprechende Überlegungen führen auch im Brückenbetrieb zu den gängigen Anschlussmethoden:

- Vollbrücke: 4-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 6-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Halbbrücke: 3-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 5-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation
- Viertelbrücke: 2-Leiter-Anschluss ohne Leitungskompensation, 3-Leiter-Anschluss mit theoretischer und 4-Leiter-Anschluss mit voller Leitungskompensation

Angaben zu den Sensortypen in nachfolgender Tabelle

I Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte zu den Sensortypen werden hier lediglich zu informativen Zwecken als Orientierungshilfe dargestellt. Alle Angaben sind ohne Gewähr und müssen mit dem Datenblatt des jeweiligen verwendeten Sensors überprüft werden.

Die RTD-Messung umfasst eine Verkettung von Mess- und Rechenelementen, die auf die erzielbare Messabweichung einwirken:

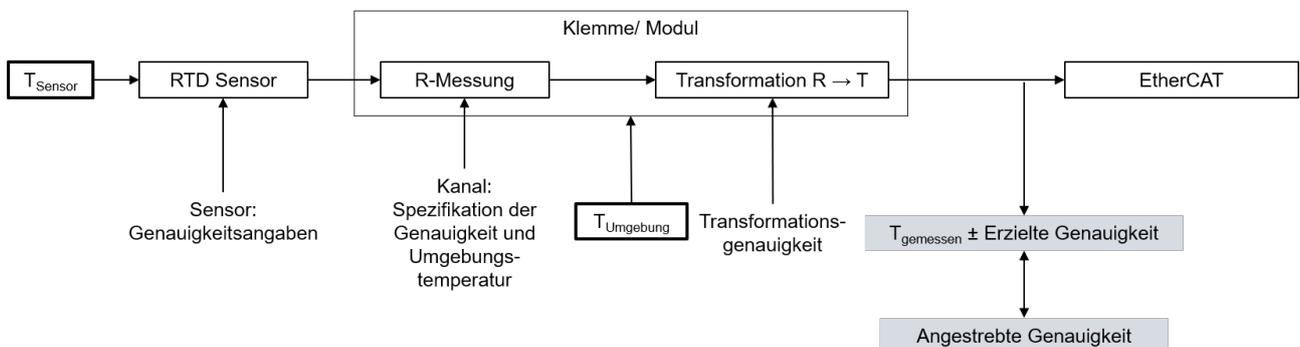


Abb. 182: Verkettung der Unsicherheiten in der RTD-Messung

Maßgebend für die erzielbare Temperatur-Messgenauigkeit ist die angegebene Widerstands-Spezifikation. Im Folgenden wird sie auf die möglichen RTD-Typen angewendet.

Aufgrund

- der bei RTD vorhandenen Nichtlinearität und damit der starken Abhängigkeit der Spezifikationsdaten von der Sensortemperatur T_{sens} und
- des Einflusses der Umgebungstemperatur auf das verwendete Analogeingangsgerät (führt zu einer Veränderung von T_{measured} aufgrund von $\Delta T_{\text{ambient}}$ obwohl $T_{\text{sens}} = \text{konstant}$)

werden im Folgenden keine detaillierten Temperatur-Spezifikationstabellen angegeben, sondern

- eine Kurztabelle mit Angabe des elektrischen Messbereichs und Orientierungswert für die Grundgenauigkeit
- eine grafische Darstellung der Grundgenauigkeit über T_{sens} (dies bei zwei Beispiel-Umgebungstemperaturen damit aufgrund der real vorliegenden Umgebungstemperatur grafisch auf die erzielbare Grundgenauigkeit geschlossen werden kann)
- Formeln, um weitere Kenngrößen (Offset/Gain/Nichtlinearität/Wiederholgenauigkeit/Rauschen) bei Bedarf aus der Widerstandsspezifikation beim gewünschten Betriebspunkt zu berechnen

Hinweise zur Berechnung detaillierter Spezifikationsangaben

Sind weitere Spezifikationsangaben von Interesse, können bzw. müssen sie aus den in der Widerstandsspezifikation gegebenen Werten berechnet werden.

Zum Ablauf:

- Allgemein: Die Umrechnung wird hier nur für einen Messpunkt (ein bestimmtes Eingangssignal) erklärt, bei mehreren Messpunkten (bis hin zum ganzen Messbereich) müssen die Schritte einfach wiederholt werden.
- Falls der gemessene Widerstand bei dem gemessenen Temperaturmesspunkt nicht bekannt ist, muss der Messwert (MW) in [Ω] ermittelt werden:
 $MW = R_{\text{Messpunkt}}(T_{\text{Messpunkt}})$ mithilfe einer R→T Tabelle
- Bei diesem Widerstandswert wird die Abweichung berechnet
 - Über die Gesamtformel

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + (TK_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise,PIF}})^2 + (TK_{\text{Offset}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

- oder einen Einzelwert, z.B. $F_{\text{Einzel}} = 15 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- muss die Messunsicherheit in [Ω] berechnet werden:
 $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Gesamt}}(R_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder: $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Einzel}}(R_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder (falls schon bekannt) z.B.: $F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,03 \Omega$
- Dann muss die Steigung an der verwendeten Stelle ermittelt werden:
 $\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}) = [R(T_{\text{Messpunkt}} + 1^\circ\text{C}) - R(T_{\text{Messpunkt}})] / 1^\circ\text{C}$
 mithilfe einer R→T Tabelle

- Über die Widerstands-Messunsicherheit und die Steigung kann die Temperatur-Messunsicherheit berechnet werden
 $F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Widerstand}}(T_{\text{Messpunkt}})) / (\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}))$

- Um den Fehler des gesamten Systems bestehend aus RTD und dem Messgerät in [°C] zu ermitteln, müssen die beiden Fehler quadratisch addiert werden.

$$F_{\text{System}} = \sqrt{(F_{\text{Temp}})^2 + (F_{\text{RTD}})^2}$$

Im Folgenden drei Beispiele, die verwendeten Zahlenwerte dienen der Veranschaulichung. Maßgebend bleiben die in den techn. Daten genannten Spezifikationswerte.

Beispiel 1:

Grundgenauigkeit einer ELM3504 bei 35°C Umgebung, Messung von -100°C im PT1000-Interface (4-Leiter), ohne Rausch- und Alterungs-Einflüsse:

$T_{\text{Messpunkt}} = -100 \text{ }^\circ\text{C}$

$MW = R_{\text{PT1000}, -100^\circ\text{C}} = 602,56 \Omega$

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{((80 \text{ ppm} \cdot (602,56 \Omega) / (2000 \Omega))^2 + (10 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K} \cdot (602,56 \Omega) / (2000 \Omega))^2 + (30 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + \dots + (65 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (10 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (1,5 (\text{ppm}_{\text{MBE}}) / \text{K} \cdot 12 \text{ K})^2)}$$

$= 86,238 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$

$F_{\text{Widerstand}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 86,238 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \Omega = 0,1725 \Omega$

$\Delta R_{\text{prok}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R(-99 \text{ }^\circ\text{C}) - R(-100 \text{ }^\circ\text{C})) / (1 \text{ }^\circ\text{C}) = 4,05 \Omega/^\circ\text{C}$

$F_{\text{ELM3504@35}^\circ\text{C}, \text{PT1000}, -100^\circ\text{C}} = (0,1725 \Omega) / (4,05 \Omega/^\circ\text{C}) \approx 0,043 \text{ }^\circ\text{C}$ (bedeutet ±0,043 °C)

Beispiel 2:

Betrachtung allein der Wiederholgenauigkeit unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = -100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$MW = R_{\text{Messpunkt}}(-100 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 602,56 \text{ } \Omega$$

$$F_{\text{Einzel}} = 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Widerstand}} = 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \text{ } \Omega = 0,02 \text{ } \Omega$$

$$\Delta R_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R_{-99^{\circ}\text{C}} - R_{-100^{\circ}\text{C}}) / 1^{\circ}\text{C} = 4,05 \text{ } \Omega/^{\circ}\text{C}$$

$$F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,02 \text{ } \Omega / 4,05 \text{ } \Omega/^{\circ}\text{C} \approx 0,005^{\circ}\text{C} \text{ (bedeutet } \pm 0,005 \text{ }^{\circ}\text{C)}$$

Beispiel 3:

Betrachtung allein des RMS-Rauschens ohne Filter unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = -100^{\circ}\text{C}$$

$$MW = R_{\text{Messpunkt}}(-100^{\circ}\text{C}) = 602,56 \text{ } \Omega$$

$$F_{\text{Einzel}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Widerstand}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 2000 \text{ } \Omega = 0,074 \text{ } \Omega$$

$$\Delta R_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (R_{-99^{\circ}\text{C}} - R_{-100^{\circ}\text{C}}) / 1^{\circ}\text{C} = 4,05 \text{ } \Omega/^{\circ}\text{C}$$

$$F_{\text{Temp}}(R_{\text{Messpunkt}}) = 0,074 \text{ } \Omega / 4,05 \text{ } \Omega/^{\circ}\text{C} \approx 0,018^{\circ}\text{C} \text{ (bedeutet } \pm 0,018^{\circ}\text{C)}$$

Beispiel 4:

Wird das Rauschen $F_{\text{Noise, PtP}}$ der o.a. Beispielklemme nicht nur für einen Sensorpunkt -100°C sondern allgemein betrachtet ergibt sich folgender Plot:

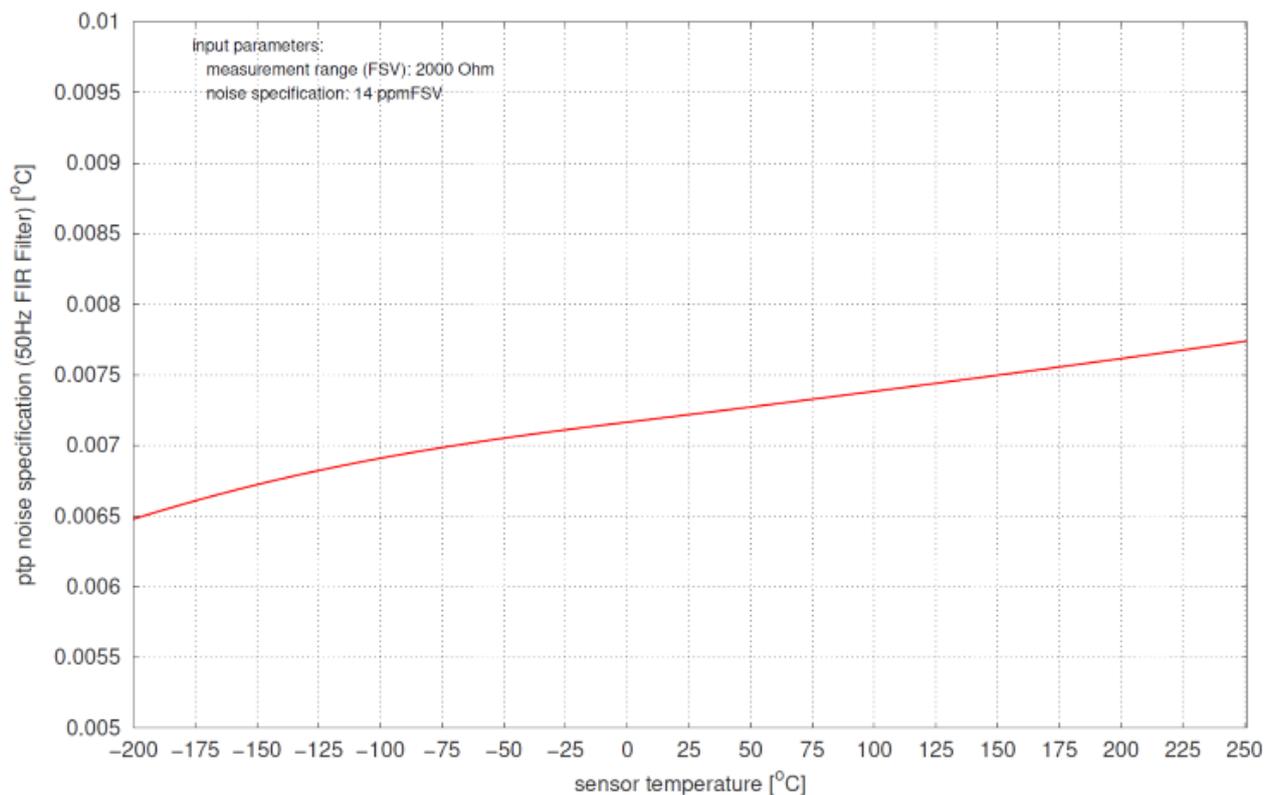


Abb. 183: Diagramm Rauschen $F_{\text{Noise, PtP}}$ in Abhängigkeit zur Sensortemperatur

Einstellung „B-Parameter Equation“ für NTC-Sensoren

Die B-Parameter-Gleichung kann auf NTC-Sensoren (Heißeiter), d.h. RTD-Elemente mit negativem Koeffizienten k, angewendet werden.

$$R(T) = RT0 \cdot e^{B(\frac{1}{T} - \frac{1}{T0})}$$

Dabei gibt der Koeffizienten RT0 den Widerstand bei der Temperatur T0 an, der B-Parameter kann den Angaben des Sensorherstellers entnommen oder durch Messung des Widerstandes bei zwei bekannten Temperaturen bestimmt werden.

In der Dokumentation zur EL3204-0200 ist dazu eine hilfreiche Excel-Datei zu finden.

Die Parameter sind dann im CoE 0x80n7 einzugeben

8007:0	PAI RTD Settings Ch.1	RW	> 6 <
8007:01	R0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:02	T0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:03	A Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:04	B Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:05	C Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:06	D Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)

Abb. 184: ELM37xx/ CoE-Objekt 0x80n7: PAI RTD Settings Ch.1

mit

RT0 → 0x80n7:01

B → 0x80n7:04

T0 → 0x80n7:02

Einstellung „DIN IEC 60751“ für Pt-Sensoren

Die Berechnung für T > 0°C nach

$$T = \frac{-AR_0 + \sqrt{(AR_0)^2 - 4BR_0(R_0 - R)}}{2BR_0}$$

ist implementiert, die Parameter sind dann im CoE 0x80n7 einzugeben

8007:0	PAI RTD Settings Ch.1	RW	> 6 <
8007:01	R0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:02	T0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:03	A Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:04	B Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:05	C Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:06	D Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)

mit

A bzw. α → 0x80n7:03

B bzw. β → 0x80n7:04

R0 → 0x80n7:01

Einstellung „Steinhart Hart“ für NTC-Sensoren

Die Steinhart-Hart Gleichung kann auf NTC-Sensoren (Heißleiter), d.h. RTD-Elemente mit negativem Koeffizienten k, angewendet werden.

$$\frac{1}{T} = A + B \cdot \ln(R) + C \cdot (\ln(R))^2 + D \cdot (\ln(R))^3$$

Die Koeffizienten C1, C2 und C4 können entweder direkt den Herstellerdaten entnommen, oder aber berechnet werden. Zur Berechnung der Steinhart-Hart Parameter steht ebenfalls in der EL3204-0200 Dokumentation eine Beispieldatei zur Verfügung. Zur Bestimmung der Parameter werden die Widerstandswerte bei drei bekannten Temperaturen benötigt. Diese können entweder den Herstellerdaten entnommen oder direkt am Sensor gemessen werden. Der Parameter C3 läuft in den meisten Fällen gegen Null, und ist somit zu vernachlässigen, er wird daher nicht in der Berechnung der Beispieldatei berücksichtigt.

Die Parameter sind dann im CoE 0x80n7 einzugeben

8007:0	PAI RTD Settings Ch.1	RW	> 6 <
8007:01	R0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:02	T0	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:03	A Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:04	B Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:05	C Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)
8007:06	D Parameter	RW	0.000000 (0.000000e+00)

mit

A → 0x80n7:03

B → 0x80n7:04

C → 0x80n7:05

D → 0x80n7:06

3.14.2.5.2 Spezifikation Hinweise

Spezifikation der RTD-Messung

Im Folgenden eine Übersicht für einige oft genutzte RTD-Typen über die erzielbaren RTD-Messunsicherheiten, je nach RTD-Typ und verwendetem Messbereich. Die grafischen Darstellungen bieten eine schnelle Orientierung, um für die jeweilige Messaufgabe die bestmögliche Einstellung wählen zu können.

Die Messunsicherheit des RTD-Sensors selbst (Genauigkeitsklasse) ist für das Endergebnis noch hinzuzurechnen.

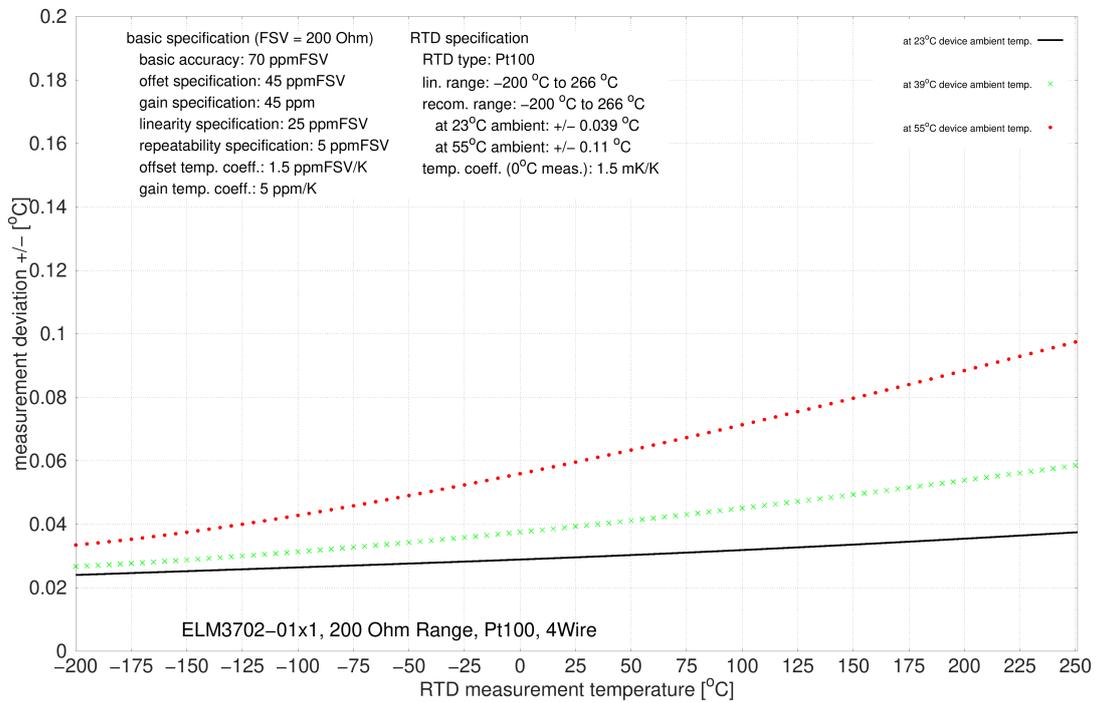
3.14.2.5.3 Spezifikation PT100

Verwendeter elektr. Messbereich	200 Ω		500 Ω		2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-200°C		-200°C		-200°C		-200°C	
Endwert	266°C		850°C		850°C		850°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,039 K	< ±tbd. K	< ±0,074 K	< ±tbd. K	< ±0,18 K	< ±tbd. K	< ±0,45 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,11 K	< ±tbd. K	< ±0,24 K	< ±tbd. K	< ±0,3 K	< ±tbd. K	< ±0,57 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,5 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,9 mK/K	< tbd. mK/K	< 2,9 mK/K	< tbd. mK/K	< 6,6 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung							

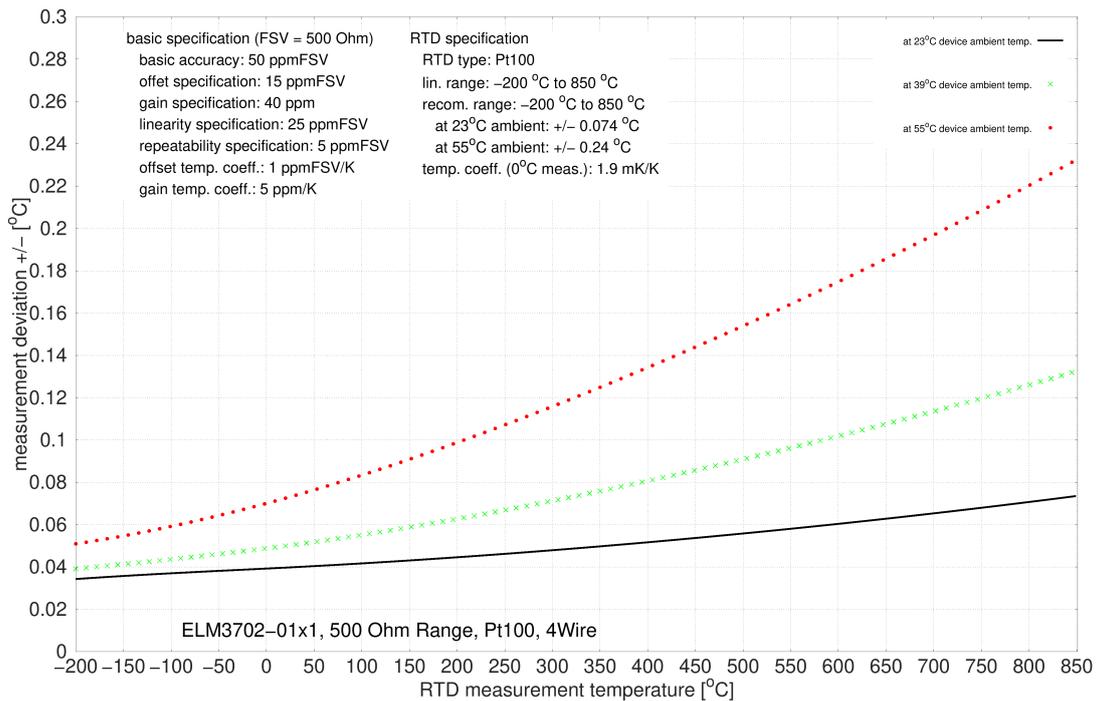
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

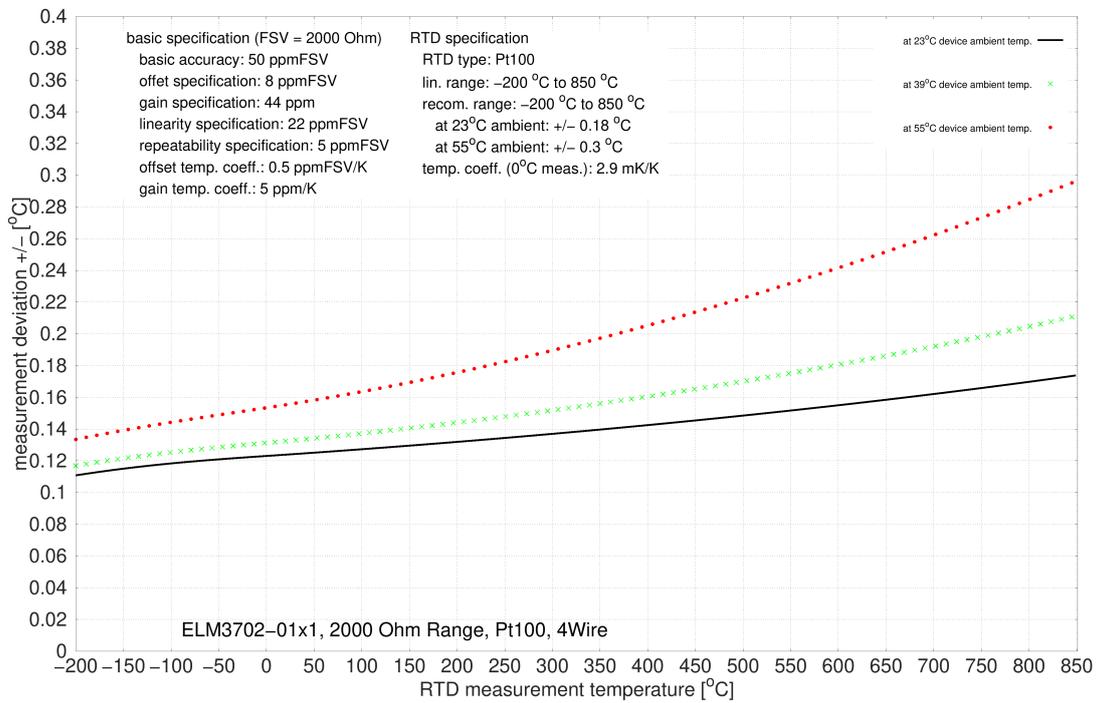
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 200 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



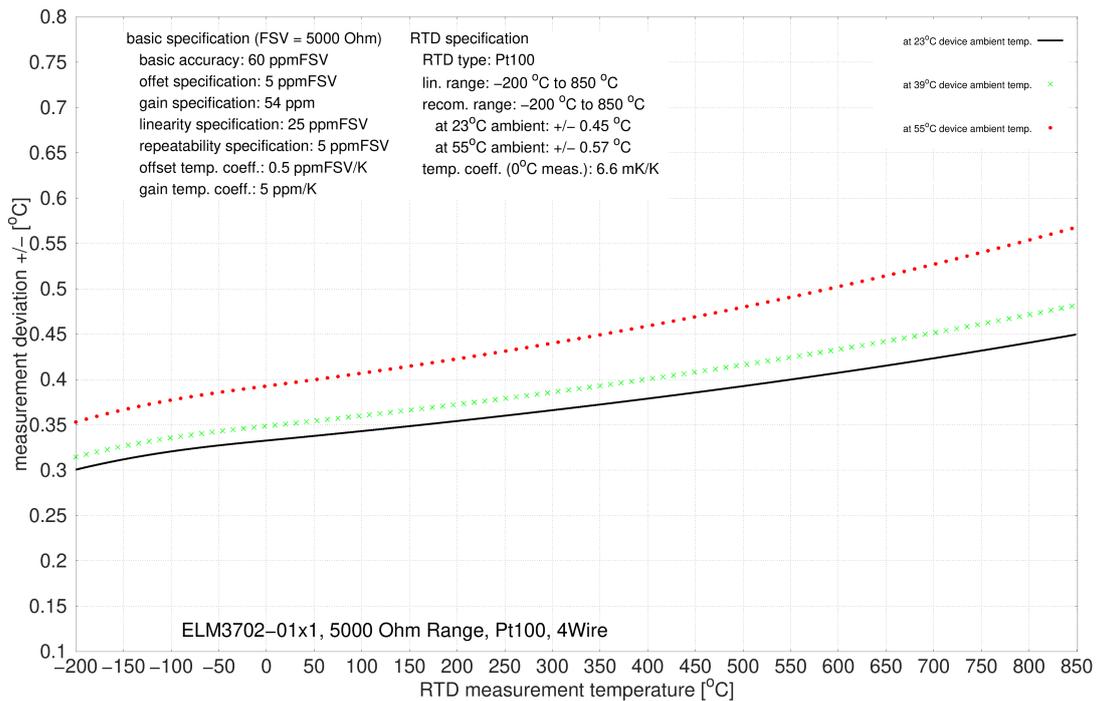
Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt100 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



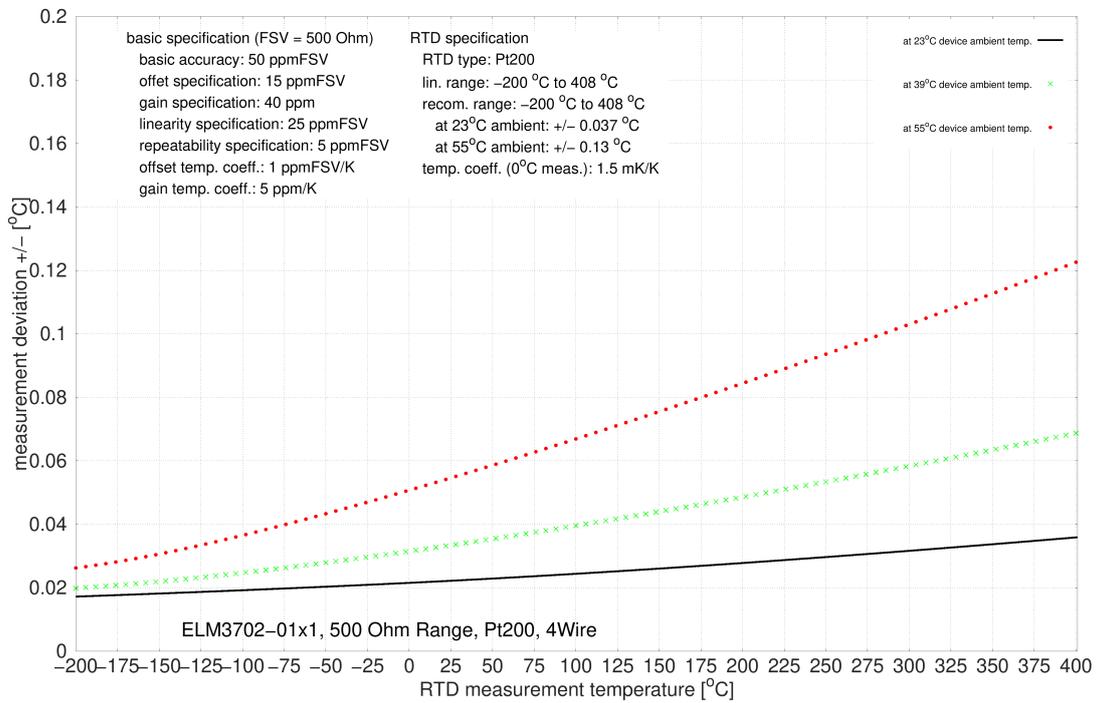
3.14.2.5.4 Spezifikation PT200

Verwendeter elektr. Messbereich	500 Ω		2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-200°C		-200°C		-200°C	
Endwert	408°C		850°C		850°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,037 K	< ±tbd. K	< ±0,11 K	< ±tbd. K	< ±0,24 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,13 K	< ±tbd. K	< ±0,25 K	< ±tbd. K	< ±0,35 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,5 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,9 mK/K	< tbd. mK/K	< 3,5 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung					

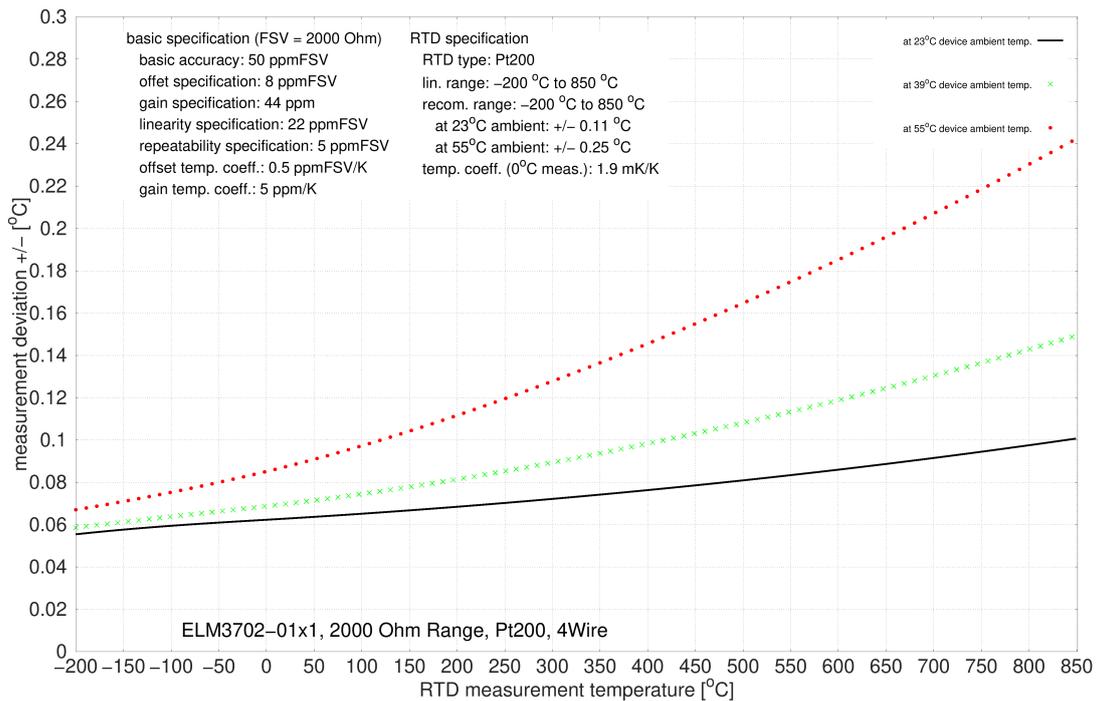
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

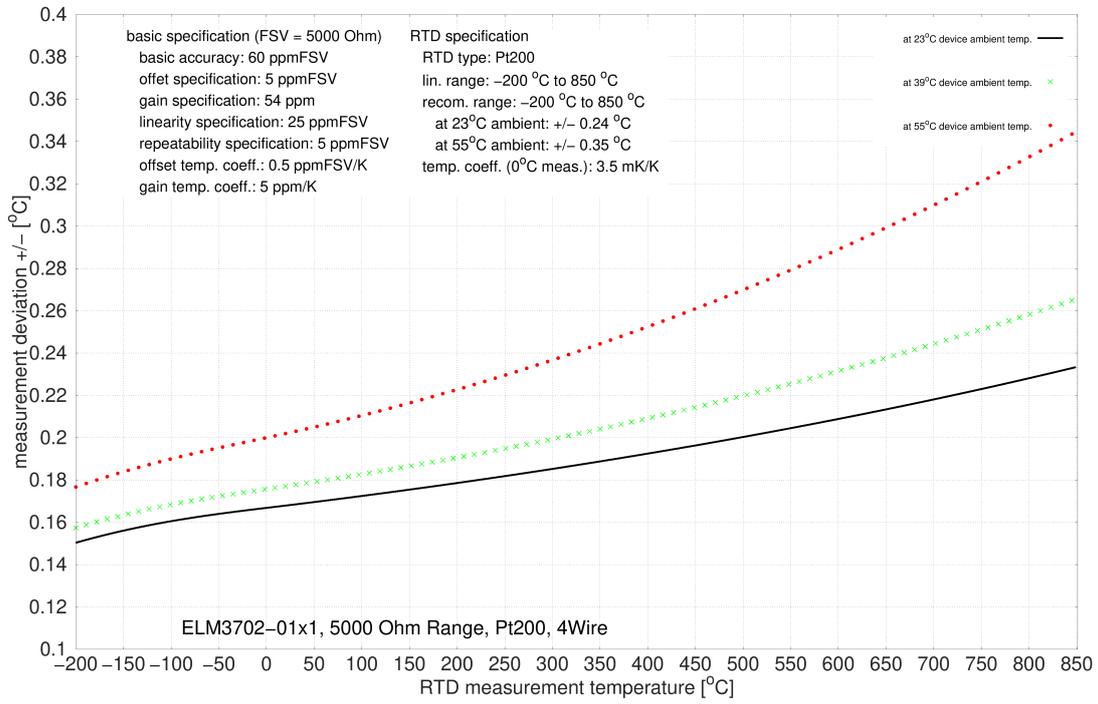
Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt200 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



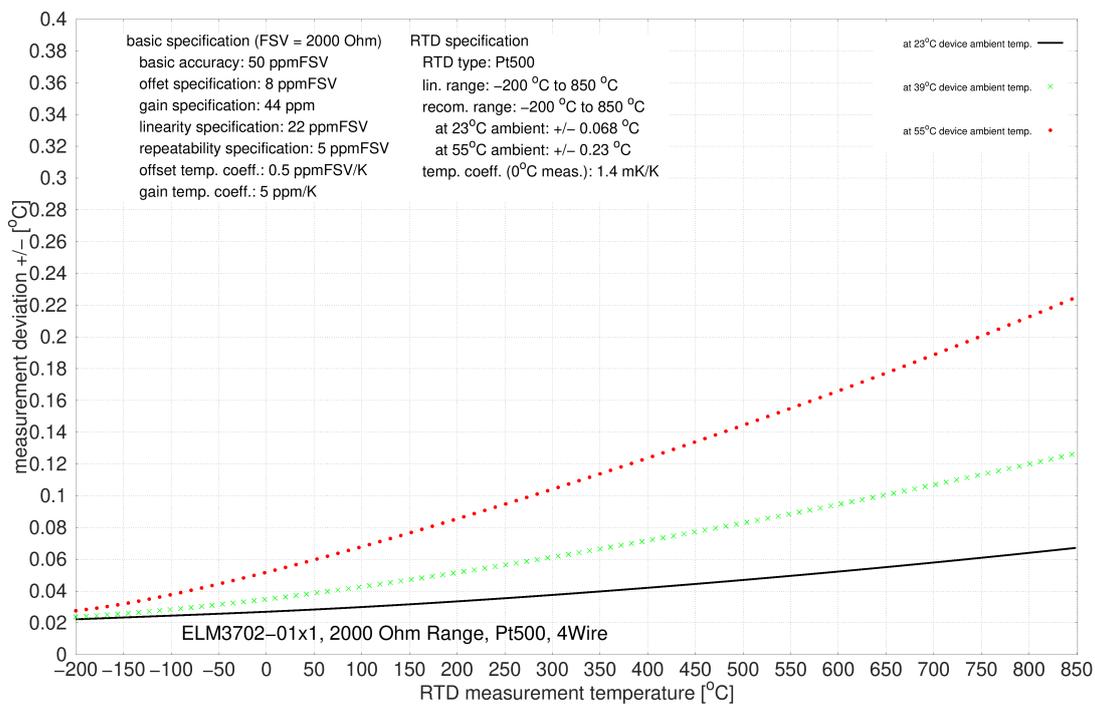
3.14.2.5.5 Spezifikation PT500

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-200°C		-200°C	
Endwert	850°C		850°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,068 K	< ±tbd. K	< ±0,12 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,23 K	< ±tbd. K	< ±0,25 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,4 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,9 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung			

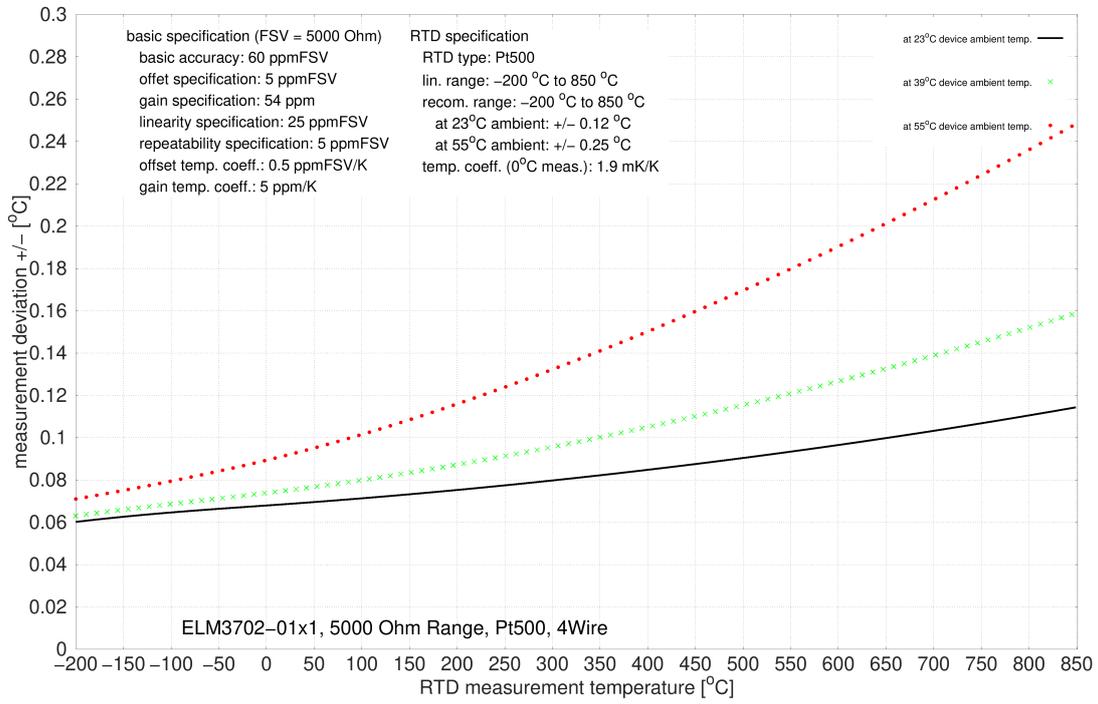
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

Messunsicherheit für Pt500 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt500 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



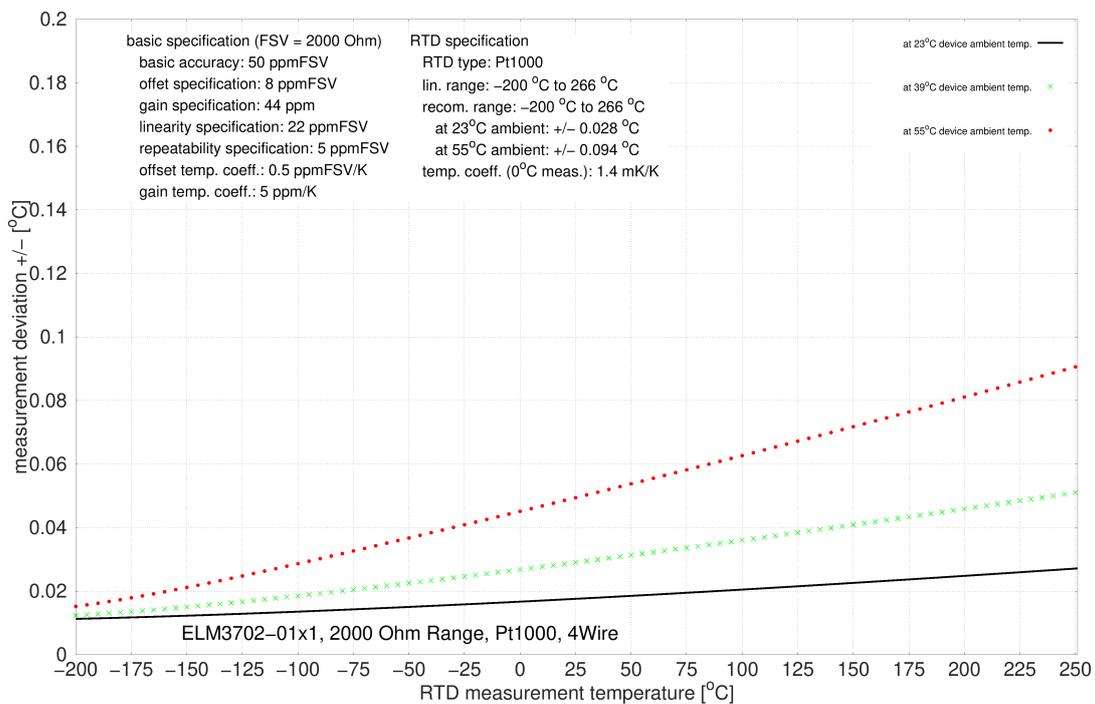
3.14.2.5.6 Spezifikation PT1000

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-200°C		-200°C	
Endwert	266°C		850°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,028 K	< ±tbd. K	< ±0,085 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,094 K	< ±tbd. K	< ±0,24 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ	< 1,4 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,5 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung			

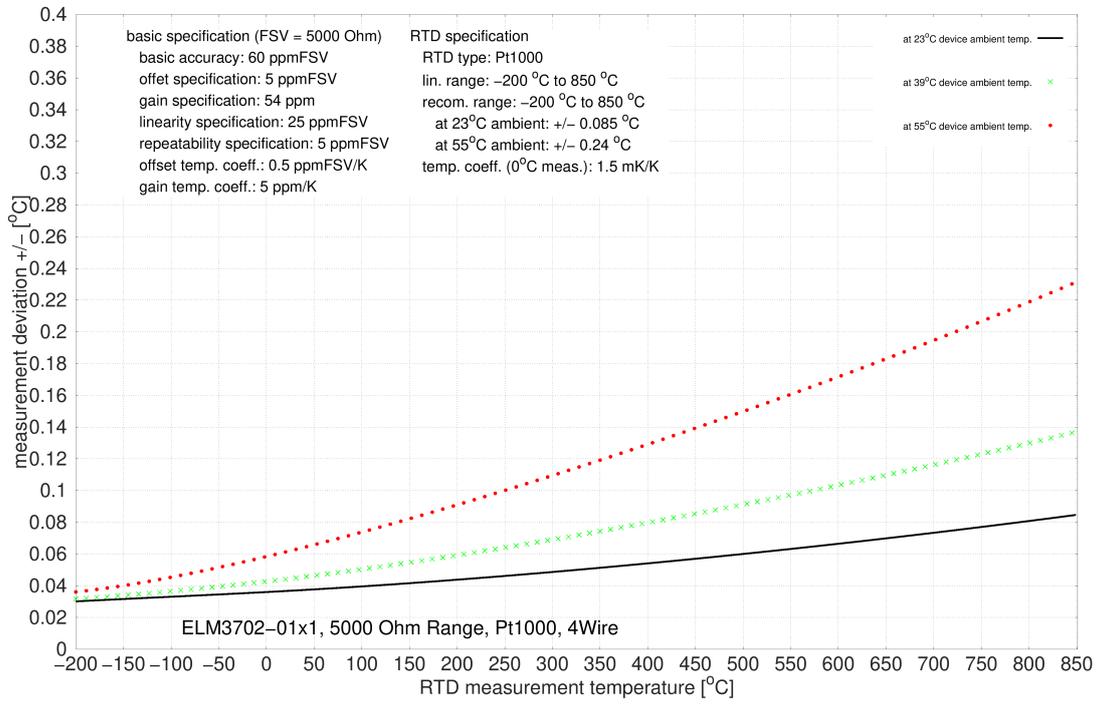
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

Messunsicherheit für Pt1000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Pt1000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



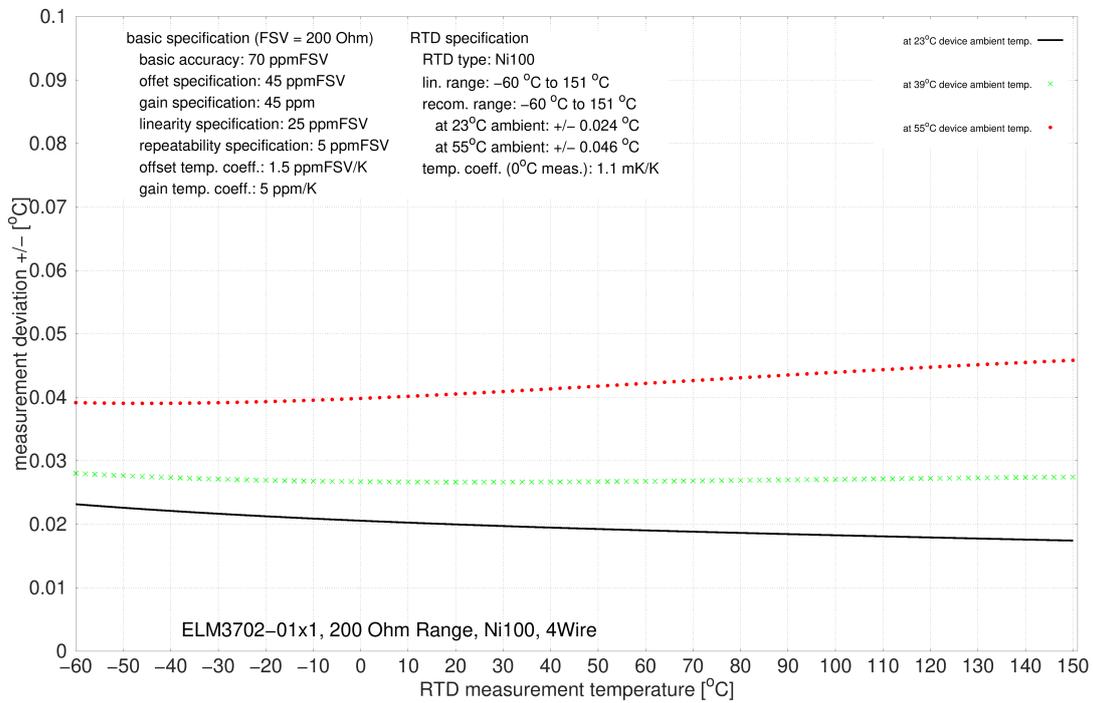
3.14.2.5.7 Spezifikation NI100

Verwendeter elektr. Messbereich	200 Ω		500 Ω		2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-60°C		-60°C		-60°C		-60°C	
Endwert	151°C		250°C		250°C		250°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,024 K	< ±tbd. K	< ±0,033 K	< ±tbd. K	< ±0,11 K	< ±tbd. K	< ±0,28 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,046 K	< ±tbd. K	< ±0,053 K	< ±tbd. K	< ±0,13 K	< ±tbd. K	< ±0,33 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,1 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,3 mK/K	< tbd. mK/K	< 2,1 mK/K	< tbd. mK/K	< 4,7 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung							

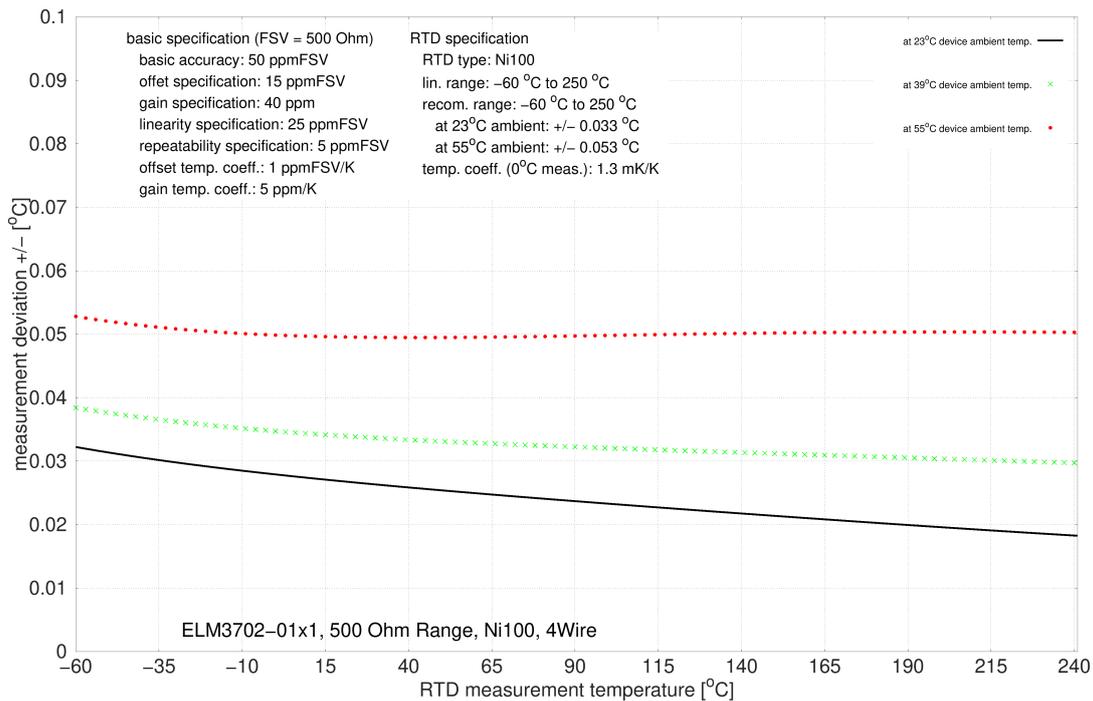
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

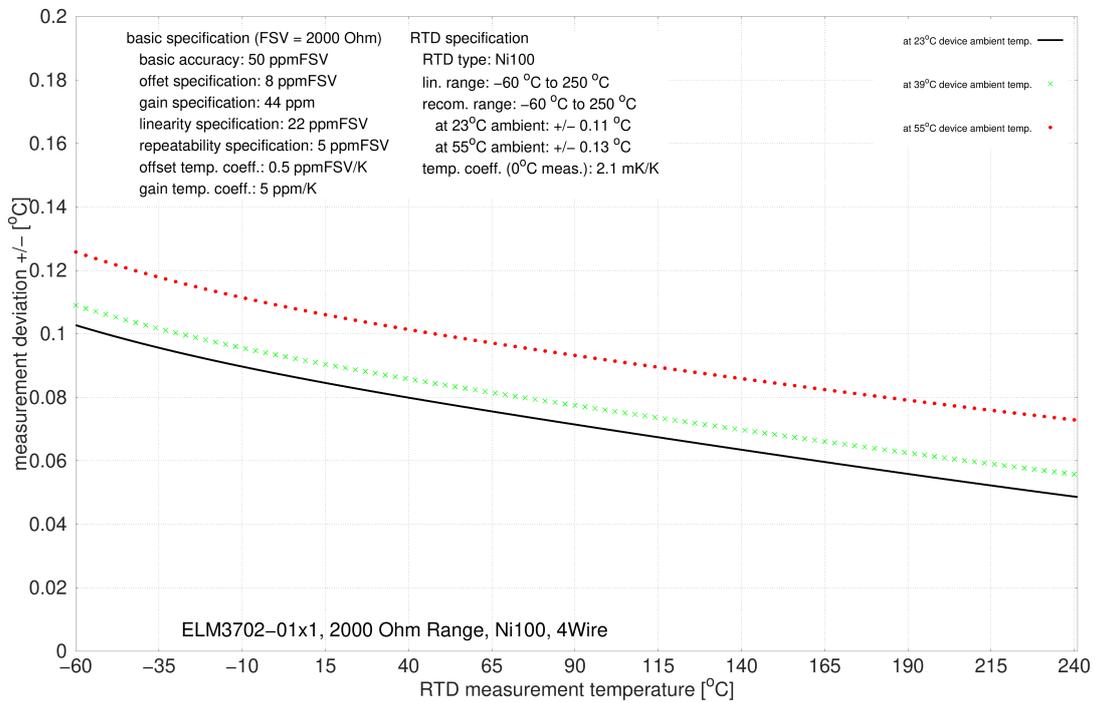
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 200 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



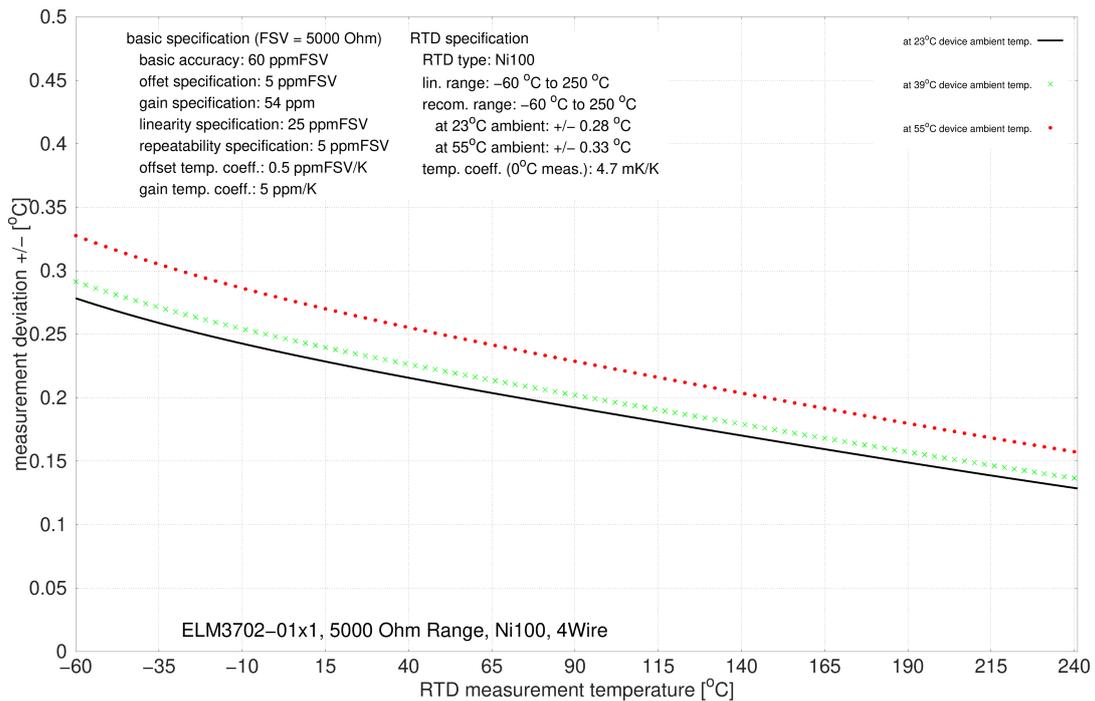
Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni100 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



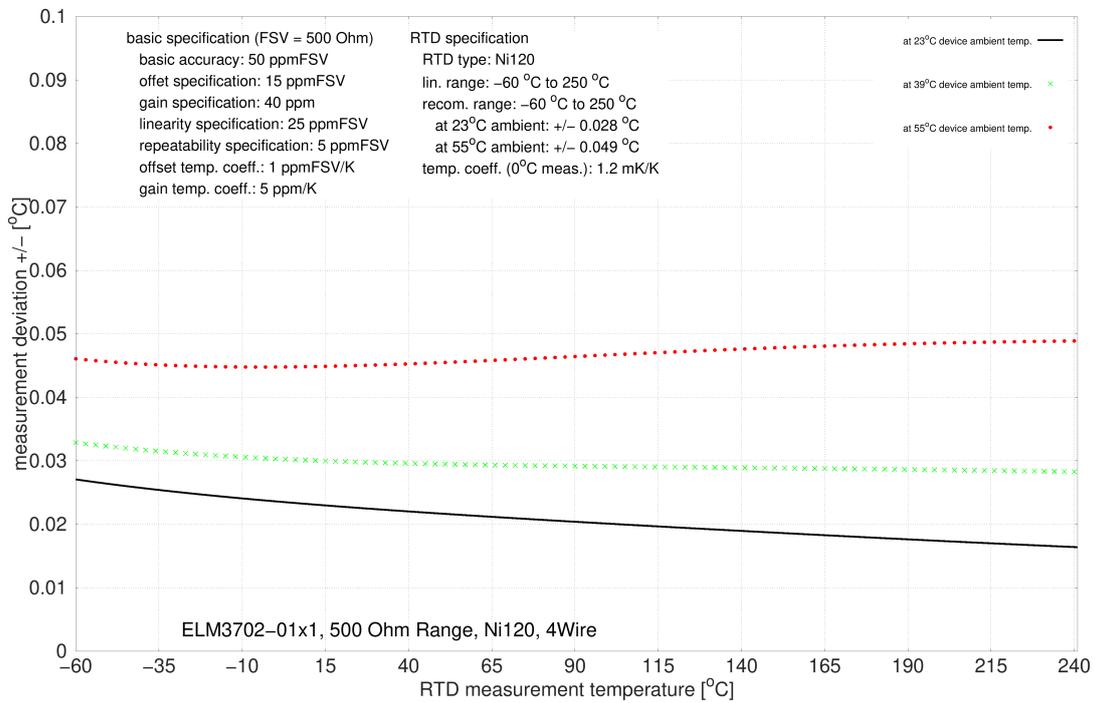
3.14.2.5.8 Spezifikation NI120

Verwendeter elektr. Messbereich	500 Ω		2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-60°C		-60°C		-60°C	
Endwert	250°C		250°C		250°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,028 K	< ±tbd. K	< ±0,086 K	< ±tbd. K	< ±0,24 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,049 K	< ±tbd. K	< ±0,11 K	< ±tbd. K	< ±0,28 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 1,2 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,8 mK/K	< tbd. mK/K	< 4 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung					

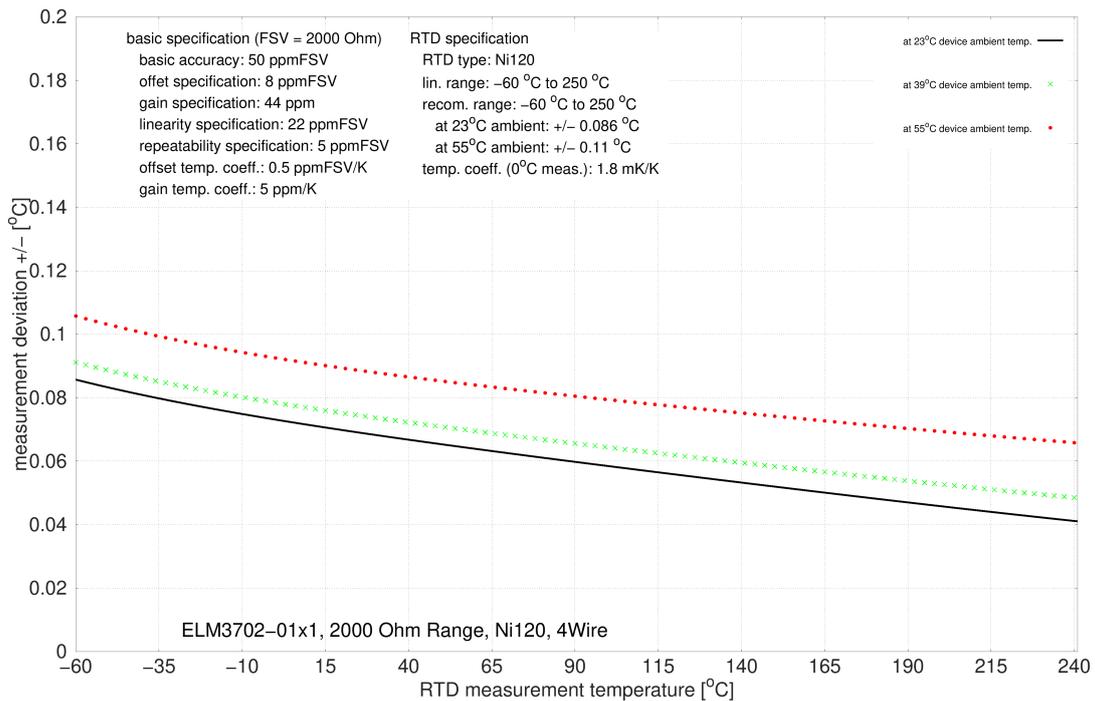
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

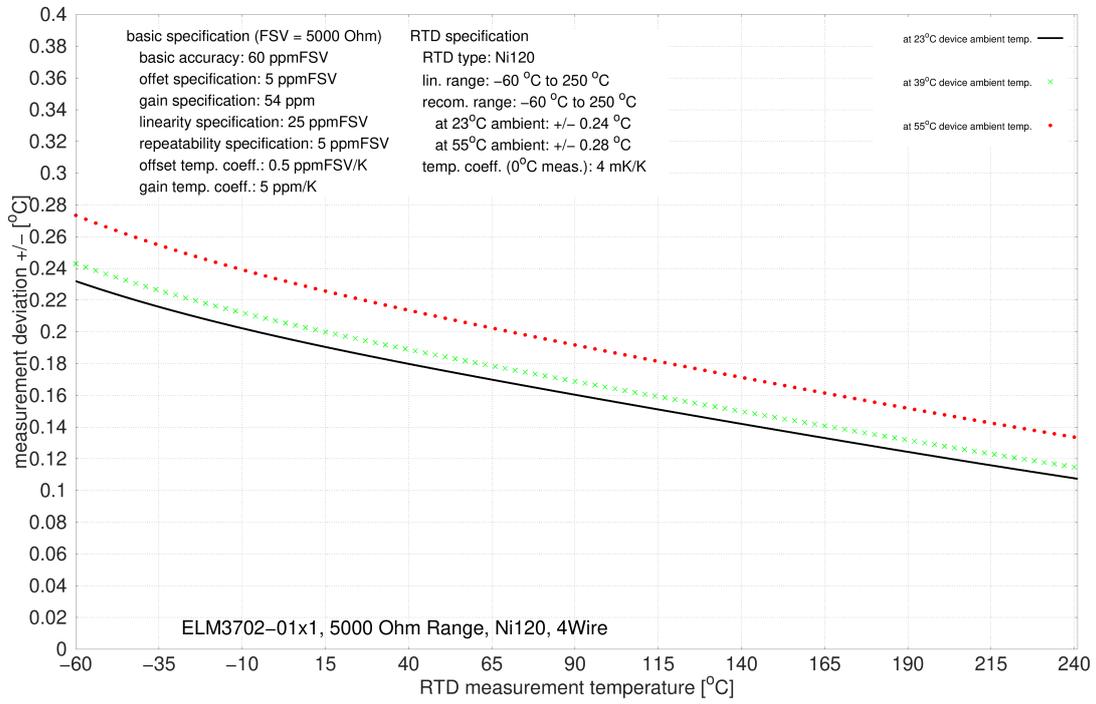
Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 500 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni120 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



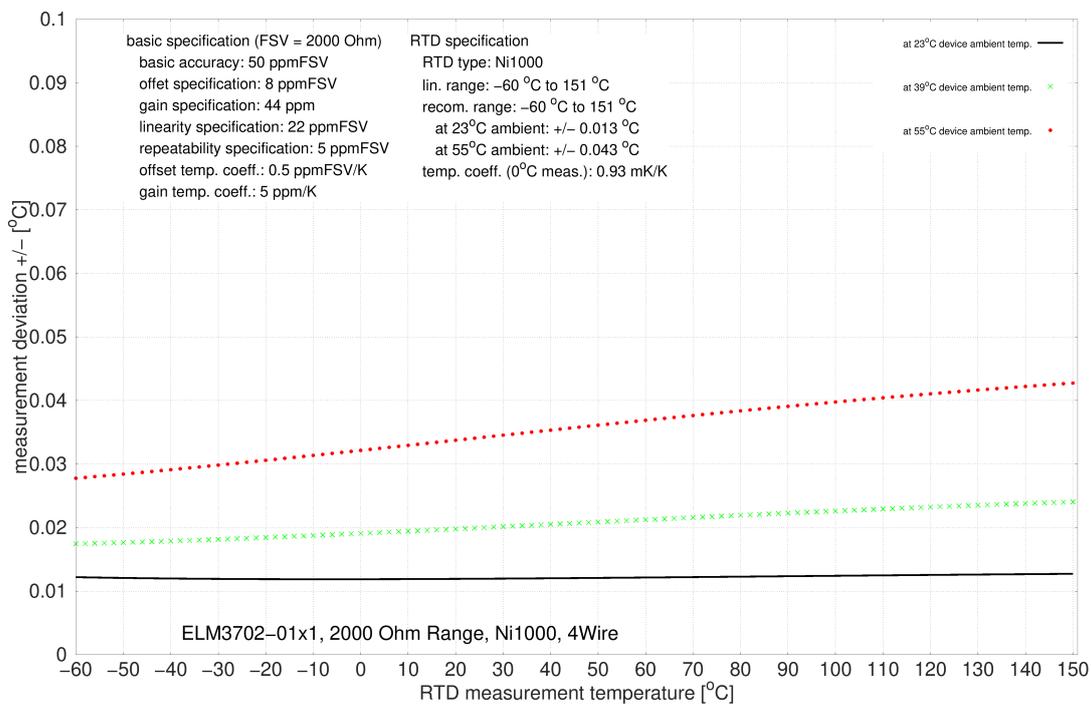
3.14.2.5.9 Spezifikation NI1000

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-60°C		-60°C	
Endwert	151°C		250°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,013 K	< ±tbd. K	< ±0,029 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,043 K	< ±tbd. K	< ±0,05 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 0,93 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,1 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung			

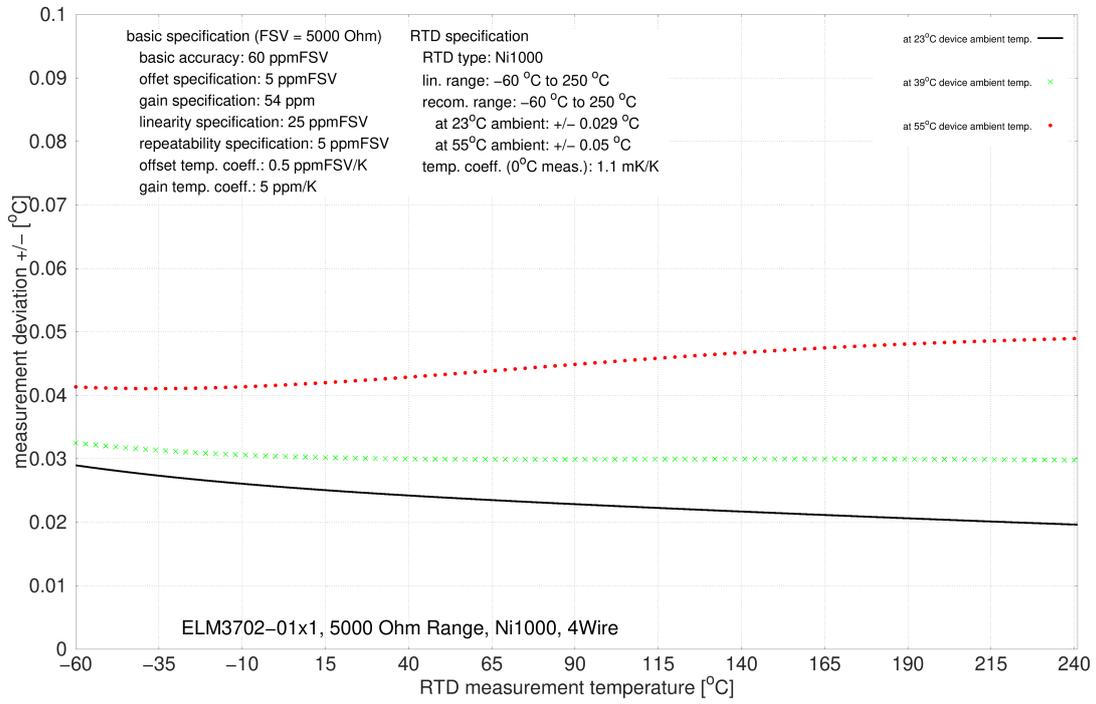
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

Messunsicherheit für Ni1000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni1000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



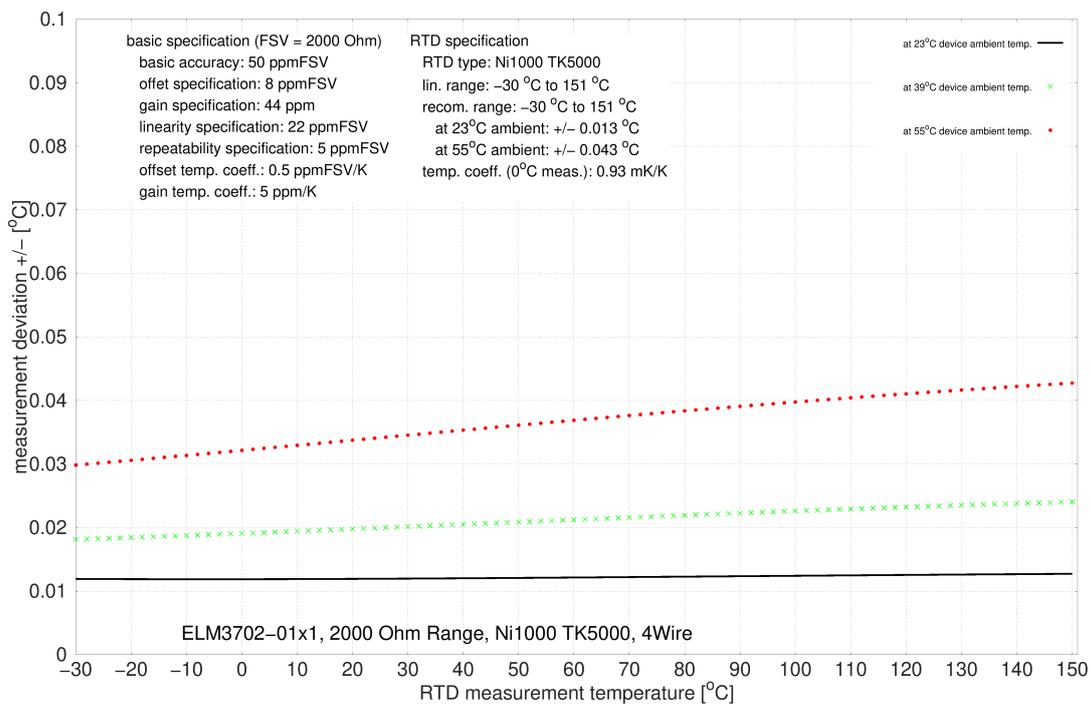
3.14.2.5.10 Spezifikation NI1000 TK5000

Verwendeter elektr. Messbereich	2000 Ω		5000 Ω	
	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Anschluss	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾	4-Leiter	2/3-Leiter ¹⁾
Startwert	-30°C		-30°C	
Endwert	151°C		160°C	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,013 K	< ±tbd. K	< ±0,028 K	< ±tbd. K
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C Klemmenumgebung, mit Mittelwertbildung, typ.	< ±0,043 K	< ±tbd. K	< ±0,05 K	< ±tbd. K
Temperaturkoeffizient ²⁾ , typ.	< 0,93 mK/K	< tbd. mK/K	< 1,1 mK/K	< tbd. mK/K
PDO LSB (nur Legacy Range)	0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung			

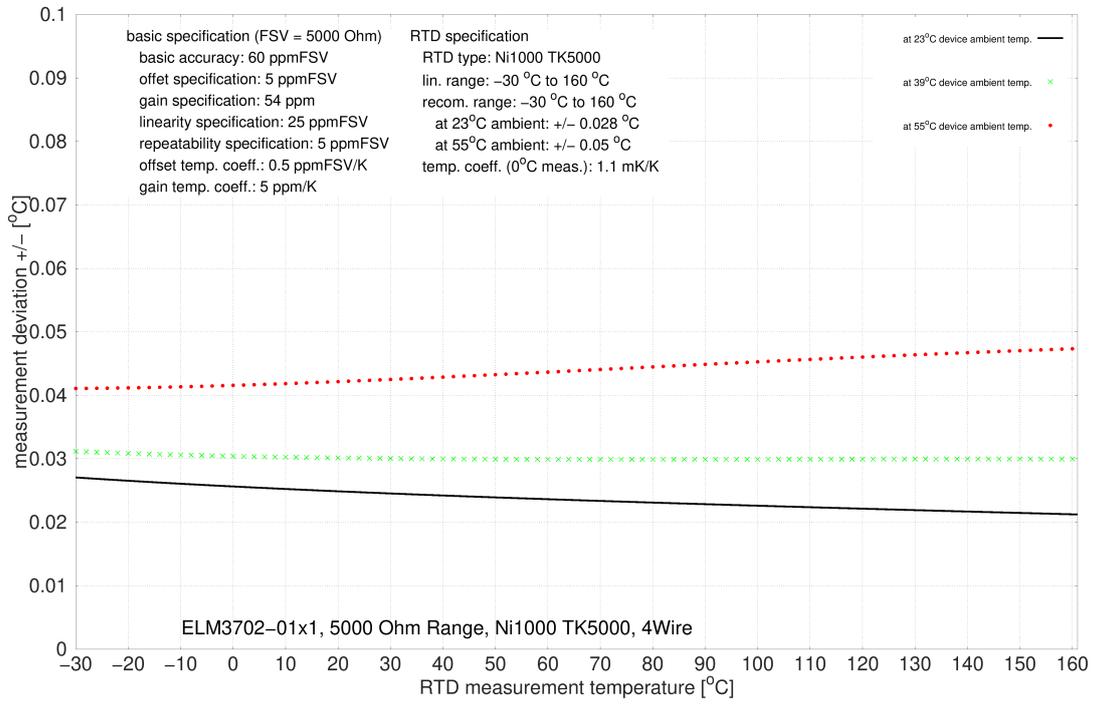
¹⁾ Siehe Eingangsbemerkungen zum 2/3-Leiter-Betrieb. Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da anschlussbedingt der Offset erhöht ist. Im 2-Leiter-Betrieb ist nach Installation ein Offset-Abgleich durchzuführen, siehe dazu die ELM-internen Funktionen Tara (Kapitel „ELM Features“/ „Tara“ [► 000]) oder Zero-Offset (Kapitel „ELM Features“/ „ZeroOffset“ [► 000]). Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Die Offset-Abweichung einer Widerstandsmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

²⁾ Der Temperaturkoeffizient, also die Änderung des Temperatur-Messwerts bei Änderung der Umgebungstemperatur der Klemme, ist, wie im folgenden Plot zu sehen, nicht konstant. Als Orientierungswert wird hier der Wert bei 0°C Sensortemperatur gegeben. Weitere Werte können aus dem Plot entnommen werden.

Messunsicherheit für Ni1000 TK5000 im elektr. Messbereich 2000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



Messunsicherheit für Ni1000 TK5000 im elektr. Messbereich 5000 Ω, 4-Leiter-Anschluss:



3.14.2.6 Messung Potentiometer

Das Potentiometer ist mit dem integrierten Netzteil (max. 5V, einstellbar) zu versorgen. Die Schleifer-Spannung wird dann im Verhältnis zur Speisespannung gemessen und in % ausgegeben. Technisch verläuft die Messung also wie eine DMS-Halbbrücke.

Es sind Potentiometer ab 1 kΩ einsetzbar.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 5-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 5-Leiter-Anschluss kompensiert und das Poti wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 3-Leiter-Anschluss leistet der Messkanal grundsätzlich die gleiche Spezifikation da er intern weiterhin im 5-Leiter-Betrieb misst und dazu intern Brücken schließt. Allerdings wird seine Sicht auf das angeschlossene Poti durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird dann das Gesamtsystem „Potentiometer + Zuleitungen + Messkanal“ im 3-Leiter-Anschluss praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Diagnosen

- Schleiferbruch: Vollausschlag bzw. 0-Anzeige
- Versorgungsunterbrechung: Vollausschlag bzw. 0-Anzeige

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)
Betriebsart	Die Speisespannung ist per CoE einstellbar, 0,5...5 V
Messbereich, nominell	-1 ... 1 V/V
Messbereich, Endwert (MBE)	1 V/V
Messbereich, technisch nutzbar	-1 ...1 V/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm

Messung Modus	Potentiometer (3/5-Leiter)	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. μV/V
	inkl. Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. μV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. μV/V
	inkl. Offset	< ± tbd. % _{MBE} < ± tbd. ppm _{MBE} < ± tbd. μV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< tbd. ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< tbd. ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< tbd. ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< tbd. ppm/K
	Tk _{Offset}	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd. μV/V/K
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits
	Max. SNR	> tbd. dB
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\text{ppm}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ < tbd.
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits

Messung Modus		Potentiometer (3/5-Leiter)		
	Max. SNR	> tbd. dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾		DC: $\frac{\text{mV/V}}{\text{V}}$ tbd. typ.	50 Hz: $\frac{\text{mV/V}}{\text{V}}$ tbd. typ.	1 kHz: $\frac{\text{mV/V}}{\text{V}}$ tbd. typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		DC: $\frac{\text{mV/V}}{\text{V}}$ tbd. typ.	50 Hz: $\frac{\text{mV/V}}{\text{V}}$ tbd. typ.	1 kHz: $\frac{\mu\text{V/V}}{\text{V}}$ tbd. typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE} = tbd. ppm _{MBE} typ.		
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		tbd.		

2) Ein ggf. regelmäßiger Offset-Abgleich bei angeschlossenem Potentiometer wird empfohlen. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen `Tara [► 000]` als auch `ZeroOffset [► 000]` der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung kann sich über die Zeit ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Potentiometer-Messbereich

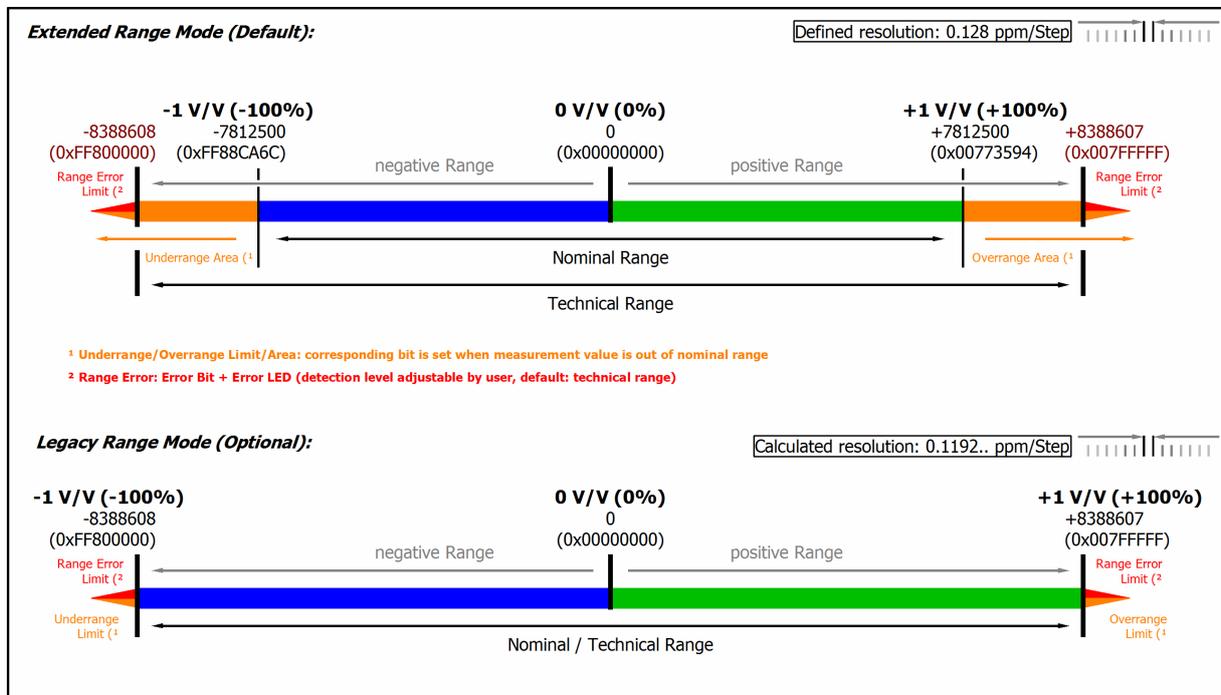


Abb. 185: Darstellung Potentiometer-Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.7 Messung SG 1/1-Bridge (Vollbrücke) 4/6-Leiter-Anschluss

Zur Ermittlung des Messfehlers:

Der Messbereich nominell/technisch wird hier in „mV/V“ angegeben, wobei eine maximale Versorgungsspannung von 5 V zulässig ist. Maximal ist also für die Brückenspannung ein nomineller Messbereich von $\pm 32 \text{ mV/V} \cdot 5 \text{ V} = \pm 160 \text{ mV}$ nutzbar, entsprechend sind die internen Schaltungen ausgelegt.

Die interne Messung erfolgt ratiometrisch, d.h. die Speise- und die Brückenspannung werden nicht absolut gemessen, sondern als Verhältnis erfasst.

Zur Speisung kann die integrierte Versorgung genutzt werden. Eine externe Versorgung ist zulässig wenn 5 V nicht überstiegen werden.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 6-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 6-Leiter-Anschluss kompensiert und die Vollbrücke wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 4-Leiter-Anschluss leistet die Klemme grundsätzlich die gleiche Spezifikation, allerdings wird Ihre Sicht auf die angeschlossene Vollbrücke durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird das Gesamtsystem „Vollbrücke + Zuleitungen + Messkanal“ praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Die Zuleitungswiderstände (Kabel, Steckverbinder, ...) wirken sich insbesondere auf den Gain-Fehler aus, auch in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Gain-Fehler kann abgeschätzt werden durch:

$$(R_{+uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu}) + R_{-uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu})) / R_{nom} \text{ mit } T_{kCu} \sim 3930 \text{ ppm/K, } R_{nom}$$

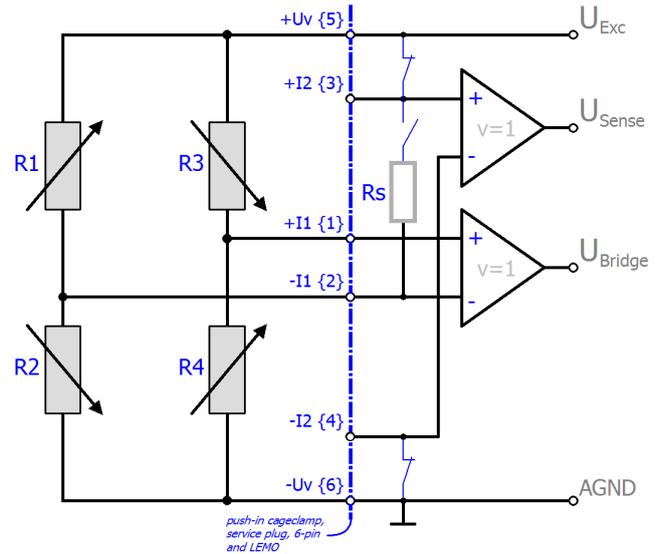
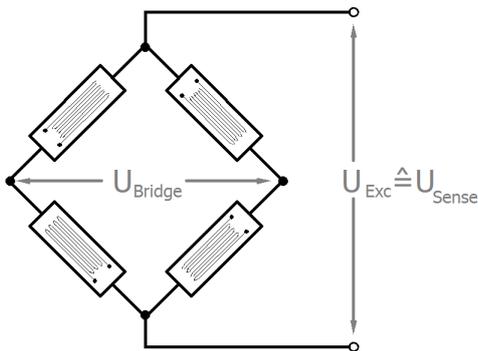
z.B. 350 Ω und R_{+uv} bzw. R_{-uv} Zuleitungswiderstände.

Die Verwendung des Messkanals im 6-Leiter-Anschluss wird empfohlen, insbesondere wenn erhebliche Widerstände wie ein Blitzstrom-Ableiter in die Leitung gesetzt werden.

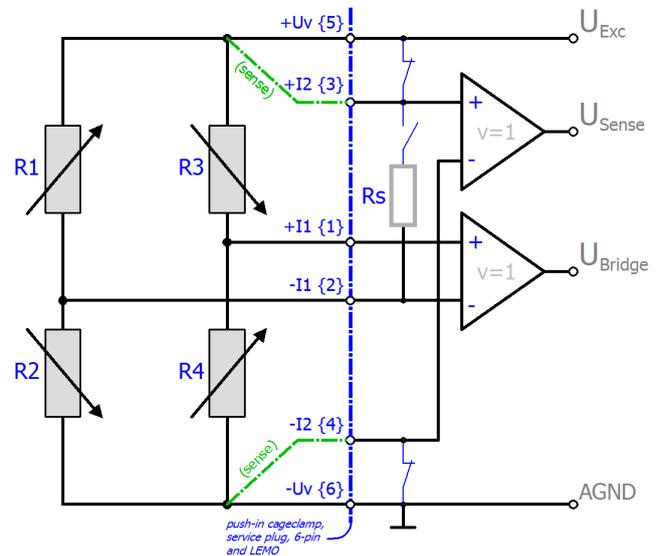
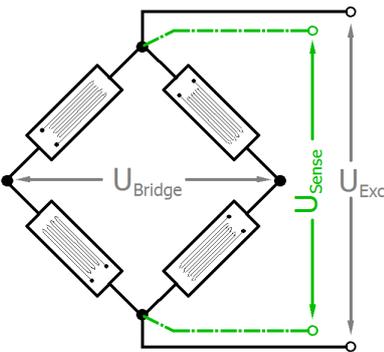
Hinweis: Angaben gelten für 5 V DMS Erregung und symmetrische 350R DMS.

Zur Berechnung der Vollbrücke:

4 wire



6 wire



Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{Nk\epsilon}{4}$$

$$N = 1, 2, 4, 1 - \vartheta, 1 + \vartheta, 2(1 - \vartheta), 2(1 + \vartheta)$$

Allgemeine Angaben

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/ SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter		
	32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Integrierte Speisung	1...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit 120R DMS: bis 2,5 V; 350R DMS: bis 5,0 V		
Messbereich, nominell	-32 ... +32 mV/V	-4 ... +4 mV/V	-2 ... +2 mV/V
Messbereich, Endwert (MBE)	32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	-34,359 ... +34,359 mV/V	-4,295 ... +4,295 mV/V	-2,147 ... +2,147 mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm		
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm		

Spezifische Angaben ELM3702-0101

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter		
		32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. 2)	ohne Offset	< ±0,003 % _{MBE} < ±30 ppm _{MBE} < ±0,96 µV/V	< ±0,0085 % _{MBE} < ±85 ppm _{MBE} < ±0,34 µV/V	< ±0,013 % _{MBE} < ±130 ppm _{MBE} < ±0,26 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,0075 % _{MBE} < ±75 ppm _{MBE} < ±2,4 µV/V	< ±0,03 % _{MBE} < ±300 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V	< ±0,06 % _{MBE} < ±600 ppm _{MBE} < ±1,2 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. 2) 6)	ohne Offset	< ±0,011 % _{MBE} < ±110 ppm _{MBE} < ±3,52 µV/V	< ±0,0515 % _{MBE} < ±515 ppm _{MBE} < ±2,06 µV/V	< ±0,099 % _{MBE} < ±990 ppm _{MBE} < ±1,98 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,013 % _{MBE} < ±130 ppm _{MBE} < ±4,16 µV/V	< ±0,059 % _{MBE} < ±590 ppm _{MBE} < ±2,36 µV/V	< ±0,115 % _{MBE} < ±1150 ppm _{MBE} < ±2,3 µV/V
Offset/Nullpunkt- Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}	< 280 ppm _{MBE}	< 580 ppm _{MBE}
Gain/Scale/ Verstärkungs- Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 24 ppm	< 70 ppm	< 110 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 18 ppm _{MBE}	< 45 ppm _{MBE}	< 65 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 5 ppm _{MBE}	< 15 ppm _{MBE}	< 25 ppm _{MBE}
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd.
	50 Hz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd.
	1 kHz	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd.
Temperaturkoeffizient, typ.	TK _{Gain}	< 2,5 ppm/K	< 5 ppm/K	< 6 ppm/K
	TK _{Offset}	< 2 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 15 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K	< 30 ppm _{MBE} /K < 0,06 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	4-Leiter	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.

2) Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[► 000\]](#) als auch [ZeroOffset \[► 000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

Vorläufige Angaben ELM3702-0101 (10 kSps)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/1-Bridge 4/6-Leiter		
		32 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 90 ppm _{MBE} < 703 digits < 2,88 µV/V	< 600 ppm _{MBE} < 4688 digits < 2,40 µV/V	< 1200 ppm _{MBE} < 9375 digits < 2,40 µV/V
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 15 ppm _{MBE} < 117 digits < 0,48 µV/V	< 100 ppm _{MBE} < 781 digits < 0,40 µV/V	< 200 ppm _{MBE} < 1563 digits < 0,40 µV/V
	Max. SNR	> 96,5 dB	> 80,0 dB	> 74,0 dB
	Rauschdichte@1 kHz	< 6,79 $\frac{\text{nV/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$	< 5,66 $\frac{\text{nV/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$	< 5,66 $\frac{\text{nV/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	< 12 ppm _{MBE} < 94 digits < 0,38 µV/V	< 60 ppm _{MBE} < 469 digits < 0,24 µV/V	< 120 ppm _{MBE} < 938 digits < 0,24 µV/V
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 2,0 ppm _{MBE} < 16 digits < 0,06 µV/V	< 10,0 ppm _{MBE} < 78 digits < 0,04 µV/V	< 20,0 ppm _{MBE} < 156 digits < 0,04 µV/V
	Max. SNR	> 114,0 dB	> 100,0 dB	> 94,0 dB

3.14.2.8 Messung SG 1/2-Bridge (Halbbrücke) 3/5-Leiter-Anschluss

Zur Ermittlung des Messfehlers:

Der Messbereich nominell/technisch wird hier in „mV/V“ angegeben, wobei eine maximale Versorgungsspannung von 5 V zulässig ist. Maximal ist also für die Brückenspannung ein nomineller Messbereich von $\pm 16 \text{ mV/V} \cdot 5 \text{ V} = \pm 80 \text{ mV}$ nutzbar; die internen Schaltungen sind auf die 160 mV der Vollbrückenmessung ausgelegt.

Die interne Messung erfolgt ratiometrisch, d.h. die Speise- und die Brückenspannung werden nicht absolut gemessen, sondern als Verhältnis erfasst.

Zur Speisung kann die integrierte Versorgung genutzt werden. Eine externe Versorgung ist zulässig wenn 5 V nicht überstiegen werden.

Im Folgenden ist die Spezifikation im 5-Leiter-Anschluss gegeben, externe Leitungswiderstände werden durch den 5-Leiter-Anschluss kompensiert und die Halbbrücke wird direkt vom Messkanal erfasst. Im 3-Leiter-Anschluss leistet die Klemme grundsätzlich die gleiche Spezifikation, allerdings wird Ihre Sicht auf die angeschlossene Halbbrücke durch die unklaren und temperaturabhängigen Zuleitungswiderstände in Kabeln und Steckern getrübt. Insofern wird das Gesamtsystem „Halbbrücke + Zuleitungen + Messkanal“ praktisch nicht die u.a. Spezifikationswerte erreichen können.

Die Zuleitungswiderstände (Kabel, Steckverbinder, ...) wirken sich insbesondere auf den Gain-Fehler aus, auch in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Gain-Fehler kann abgeschätzt werden durch:

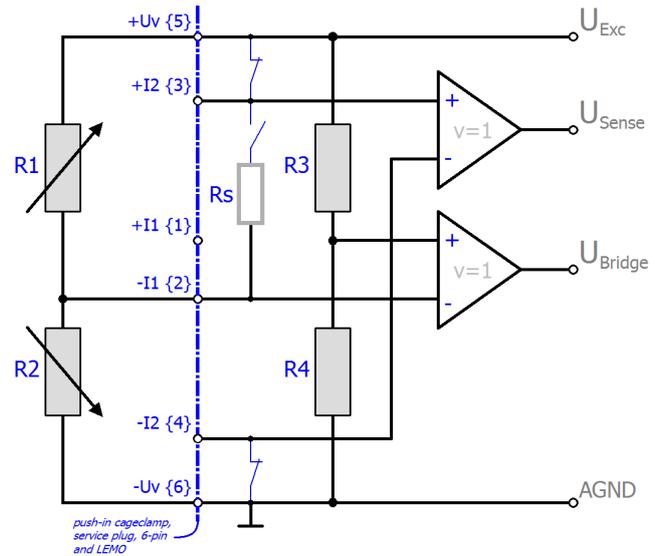
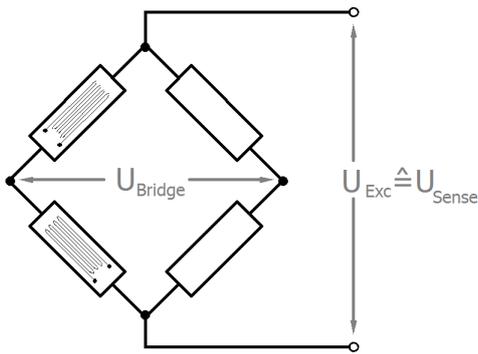
$$(R_{+uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu}) + R_{-uv} (1 + \Delta T \cdot T_{kCu})) / R_{nom} \text{ mit } T_{kCu} \sim 3930 \text{ ppm/K, } R_{nom}$$

z.B. 350 Ω und R_{+uv} bzw. R_{-uv} Zuleitungswiderstände.

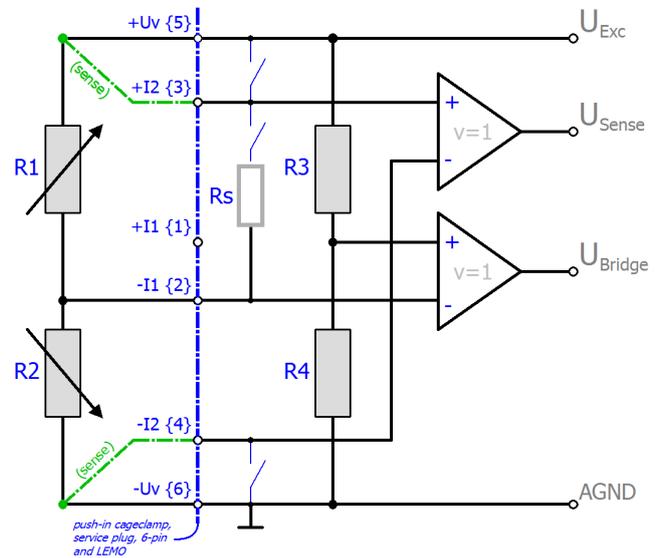
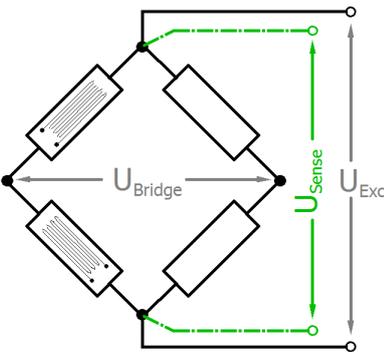
Die Verwendung des Messkanals im 5-Leiter-Anschluss wird empfohlen.

Zur Berechnung der $R_{1/2}$ -Halbrücke:

3 wire



5 wire



$R_{3/4}$ sind die internen schaltbaren Ergänzungswiderstände der Klemme. Sie sind mit einigen $k\Omega$ hochohmig im Vergleich zu $R_{1/2}$ und belasten die interne Speisung somit nicht wesentlich.

Andere Halbbrückenkonfigurationen (z.B. $R_{1/4}$ oder $R_{1/3}$ veränderlich) sind nicht anschließbar.

Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{Nk\epsilon}{4}$$

$$N = 1, 2, 4, 1 - \vartheta, 1 + \vartheta$$

Die Wahl von N ist nach der mechanischen Anordnung der variablen Widerstände zu wählen (Poisson, 2 aktive uniaxial, ...). Die Interpretation des Kanalwerts (PDO) ist direkt [mV/V].

Allgemeine Angaben

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG 1/2-Bridge 3/5-Leiter	
	16 mV/V	2 mV/V
Integrierte Speisung	1...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit <ul style="list-style-type: none"> • 120R DMS: bis 2,5 V • 350R DMS: bis 5,0 V 	
Messbereich, nominell	-16 ... 16 mV/V	-2 ... 2 mV/V
Messbereich, Endwert (MBE)	16 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	-17,179 ... 17,179 mV/V	-2,147 ... 2,147 mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm	
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm	

Hinweis: Angaben gelten für 3,5 V DMS Erregung und symmetrische 350R DMS.

Hinweis: Abgleich der Halbbrückenmessung und damit Gültigkeit der Daten ab Produktionswoche 2018/50

Spezifische Angaben ELM3702-0101 (vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/ SG 1/2-Bridge 3/5-Leiter	
		16 mV/V	2 mV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,0145 % _{MBE} < ±145 ppm _{MBE} < ±2,32 µV/V	< ±0,09 % _{MBE} < ±900 ppm _{MBE} < ±tbd.
	inkl. Offset	< ±0,041 % _{MBE} < ±410 ppm _{MBE} < ±6,56 µV/V	< ±0,27 % _{MBE} < ±2700 ppm _{MBE} < ±tbd.
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ±0,053 % _{MBE} < ±530 ppm _{MBE} < ±8,48 µV/V	< ±tbd. % _{MBE} < ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.
	inkl. Offset	< ±0,0655 % _{MBE} < ±655 ppm _{MBE} < ±10,48 µV/V	< ±tbd. % _{MBE} < ±tbd. ppm _{MBE} < ±tbd.
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 385 ppm _{MBE}	< 2550 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs- Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 80 ppm	< 500 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 120 ppm _{MBE}	< 740 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}	< 120 ppm _{MBE}
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 5 ppm/K	< tbd. ppm/K
	Tk _{Offset}	< 15 ppm _{MBE} /K < 0,24 µV/V/K	< tbd. ppm _{MBE} /K < tbd.
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) ³⁾	DC:	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.
	50 Hz:	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.
	1 kHz:	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{\mu V/V}{V}$ tbd. typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	DC:	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.
	50 Hz:	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.
	1 kHz:	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.	$\frac{nV/V}{V}$ tbd. typ.
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 500 ppm _{MBE} < 3906 digits < 8,00 µV/V	< 4000 ppm _{MBE} < 31250 digits < 8,00 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 85 ppm _{MBE} < 664 digits < 1,36 µV/V	< 660 ppm _{MBE} < 5156 digits < 1,32 µV/V
	Max. SNR	> 81,4 dB	> 63,6 dB
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 19,23	$\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$ < 18,67
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< 35 ppm _{MBE} < 273 digits < 0,56 µV/V	< 280 ppm _{MBE} < 2188 digits < 0,56 µV/V
	F _{Noise, RMS}	< 6,0 ppm _{MBE} < 47 digits < 0,10 µV/V	< 46,0 ppm _{MBE} < 359 digits < 0,09 µV/V
	Max. SNR	> 104,4 dB	> 86,7 dB
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. tbd.	Differentiell typ. tbd.
		CommonMode typ. tbd.	CommonMode typ. tbd.

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/ SG 1/2-Bridge 3/5-Leiter	
	16 mV/V	2 mV/V
Eingangsimpedanz ±Input 2 (Innenwiderstand)	3-Leiter: Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt	3-Leiter: Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt
	Differentiell typ. tbd.	Differentiell typ. tbd.
	CommonMode typ. tbd.	CommonMode typ. tbd.

2) Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[▶ 000\]](#) als auch [ZeroOffset \[▶ 000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [▶ 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb ($T_{ambient}$). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur $T_{ambient}$ wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

HINWEIS

Übergangswiderstände der Anschlusskontakte

Die Übergangswiderstände der Anschlusskontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

● **Gültigkeit der Eigenschaftswerte**

i Der Brückenwiderstand liegt parallel zum o.a. Innenwiderstand der Klemme und führt zu entsprechender Offset-Verschiebung. Der Beckhoff-Werksabgleich erfolgt mit Halbbrücke 350 Ω, die o.a. Werte sind deshalb direkt nur für eine 350 Ω-Halbbrücke gültig. Bei Anschluss einer anders dimensionierten Halbbrücke ist:

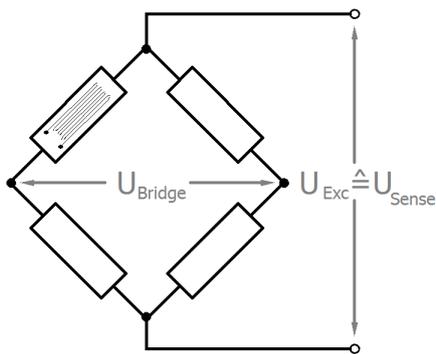
- anwenderseitig ein Abgleich (Offsetkorrektur) in der Klemme oder Steuerung/PLC durchzuführen
- oder der theoretische Offsetfehler im Abgleichparameter S0 der Klemme einzutragen. Beispiel: Bei einer 350 Ω-Brücke entspricht der beim Werksabgleich kompensierte Einfluss des Eingangswiderstandes (2 MΩ) 0,26545 %MBE (16 mV/V), das entspricht 20738 Digits.

3.14.2.9 Messung SG 1/4-Bridge (Viertelbrücke) 2/3-Leiter-Anschluss

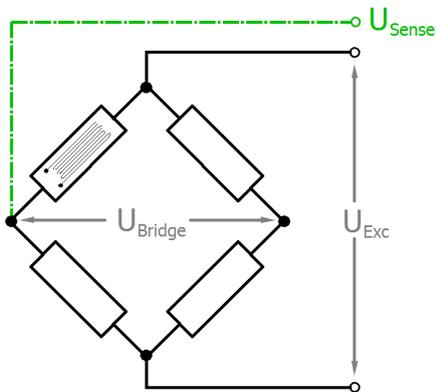
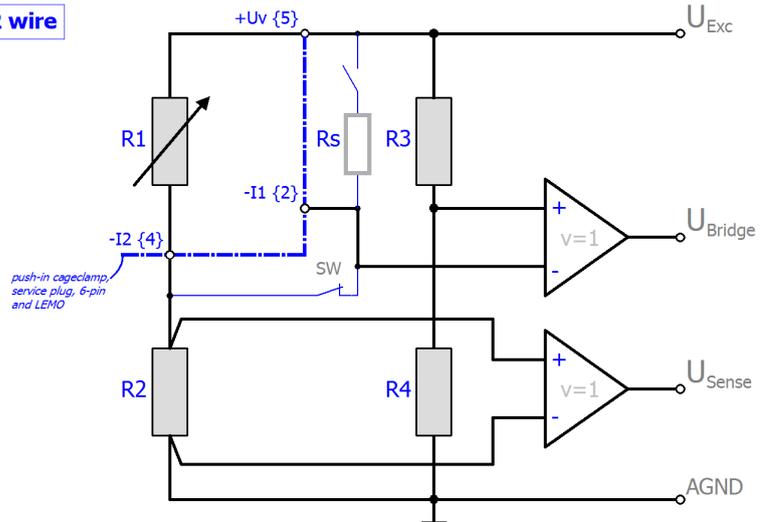
Hinweise

- Die Viertelbrückenmessung im 2-Leiter-Betrieb wird praktisch nicht empfohlen. Die üblichen Kupferzuleitungen gehen mit ihrem eigenen Widerstand (z.B. $\sim 17 \text{ m}\Omega/\text{m}$ bei 1 mm^2 Litze) und ihrer sehr hohen Temperaturempfindlichkeit ($\sim 4000 \text{ ppm/K}$, $\sim 0,4\%/K$) wesentlich in die Rechnung mit ein und können nur durch fortwährenden Offset- und Gain-Abgleich korrigiert werden. Es sollte nur im 3-Leiter-Betrieb gearbeitet werden.
- Angaben gelten für 5 V Erregung.
Bei geringerer Erregungsspannung verschlechtert sich die Spezifikation, detaillierte Angaben liegen Beckhoff dazu nicht vor.
Ist aus Gründen der Sensorselbsterwärmung eine geringere Erregungsspannung gewünscht, kann bei nicht-kontinuierlichen Messungen die Erregungsspannung temporär ein/ausgeschaltet werden (getakteter Betrieb). Das Ein/Ausschalten muss aus der Steuerung per ADS Zugriff auf das CoE 0x80n0:02 erfolgen.
- Angaben gelten nur bei Verwendung von Aderendhülsen und für Querschnitte $\geq 0,5 \text{ mm}^2$. Bei kleineren Querschnitten ist mit erhöhten Übergangswiderständen zu rechnen.
- Das wiederholte Ein/Ausstecken der PushIn-Stecker ist im Viertelbrückenbetrieb zu vermeiden da sich der Übergangswiderstand erhöhen kann.
- Integrierte Speisung: 2...5V einstellbar, max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung).
Hinweis: effektiv liegt an der Viertelbrücke wegen der intern geschalteten Brückenergänzung nur die halbe Spannung an.

Zur Berechnung der Viertelbrücke:



2 wire



3 wire

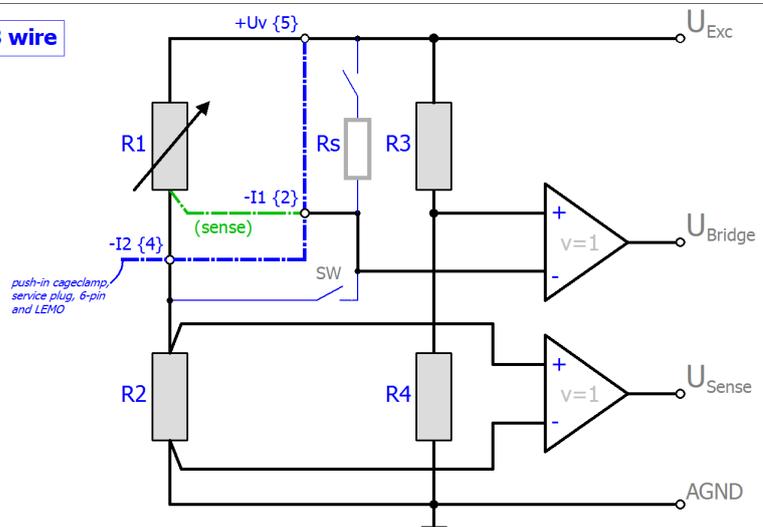


Abb. 186: Anschluss der Viertelbrücke

Erläuterung:

- R1: externer Viertelbrückenwiderstand, nominell 120/350/1000 Ω
- R2: interner Ergänzungswiderstand, wird nach der CoE Einstellung „Interface“ betragsgleich zu R1 gesetzt, beträgt demnach ebenfalls 120, 350 oder 1000 Ω
- R3, R4: hochohmige interne Brückenergänzungswiderstände, belasten die interne Versorgung also nicht wesentlich
- Rs: schaltbarer Shunt-Widerstand
- SW: interner Schalter für 2/3-Leiter-Betrieb; offen: 3-Leiter-Betrieb

Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain , $\mu\epsilon$) ist wie folgt:

$$\frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{N \Delta R_1}{4 R_1} = \frac{N k \epsilon}{4}$$

$$N = 1$$

Bei der Viertelbrücke ist immer $N = 1$.

Der Zusammenhang zwischen $U_{\text{Bridge}}/U_{\text{Exc}}$ und ΔR_1 ist nicht-linear:

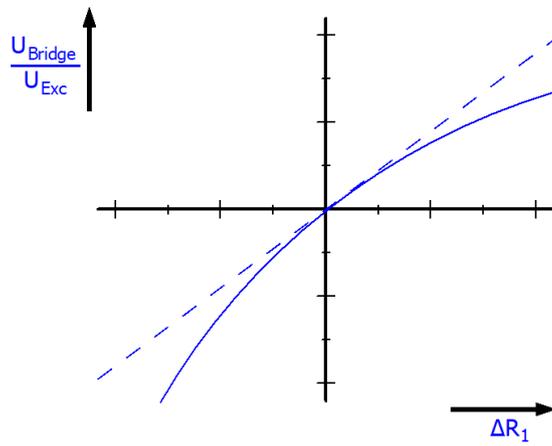


Abb. 187: Zusammenhang zwischen $U_{\text{Bridge}}/U_{\text{Exc}}$ und ΔR_1

Die ELM350x verwenden eine interne Linearisierung, so dass die Ausgabe schon linearisiert erfolgt mit

$$\text{PDO [mV/V]} = \frac{U_{\text{Bridge}}}{U_{\text{Exc}}} = \frac{\Delta R_1}{4R_1}$$

da intern mit U_{Exc} gerechnet wird.

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell	±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 120 ± 15,36 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 120 ± 3,84 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 120 ± 1,92 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 120 ± 0,96 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm 3,814... nV/V	0,119... ppm 0,9535... nV/V	0,119... ppm 0,47675... nV/V	0,119... ppm 0,238375... nV/V

Spezifische Angaben

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V ⁵⁾ (comp.)	2 mV/V ⁵⁾ (comp.)
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,026 % _{MBE} < ±260 ppm _{MBE} < ±8,3 µV/V	< ±0,08 % _{MBE} < ±800 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,16 % _{MBE} < ±1600 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,32 % _{MBE} < ±3200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1 % _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,4 % _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,8 % _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±1,6 % _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ±0,1745 % _{MBE} < ±1745 ppm _{MBE} < ±55,8 µV/V	< ±0,6015 % _{MBE} < ±6015 ppm _{MBE} < ±48,1 µV/V	< ±1,203 % _{MBE} < ±12030 ppm _{MBE} < ±48,1 µV/V	< ±2,406 % _{MBE} < ±24060 ppm _{MBE} < ±48,1 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1995 % _{MBE} < ±1995 ppm _{MBE} < ±63,8 µV/V	< ±0,718 % _{MBE} < ±7180 ppm _{MBE} < ±57,4 µV/V	< ±1,436 % _{MBE} < ±14360 ppm _{MBE} < ±57,4 µV/V	< ±2,872 % _{MBE} < ±28720 ppm _{MBE} < ±57,4 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 960 ppm _{MBE}	< 3920 ppm _{MBE}	< 7840 ppm _{MBE}	< 15680 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 160 ppm	< 440 ppm	< 880 ppm	< 1760 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 200 ppm _{MBE}	< 650 ppm _{MBE}	< 1300 ppm _{MBE}	< 2600 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 100 ppm _{MBE}	< 200 ppm _{MBE}	< 400 ppm _{MBE}
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB
	Rauschdichte @1kHz	< tbd.	< tbd.	< tbd.	< tbd.
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filterung) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 120 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V ⁵⁾ (comp.)	2 mV/V ⁵⁾ (comp.)
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 20 ppm/K	< 48 ppm/K	< 96 ppm/K	< 192 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 50 ppm _{MBE} /K < 1,60 µV/V/K	< 180 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K	< 360 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K	< 720 ppm _{MBE} /K < 1,44 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter				
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell	±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 350 ± 44,8 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 350 ± 11,2 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 350 ± 5,6 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 350 ± 2,8 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V	2 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar	±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm 3,814... nV/V	0,119... ppm 0,9535... nV/V	0,119... ppm 0,47675... nV/V	0,119... ppm 0,238375... nV/V

Spezifische Angaben

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V ⁵⁾ (comp.)	2 mV/V ⁵⁾ (comp.)
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,022 % _{MBE} < ±220 ppm _{MBE} < ±7,0 µV/V	< ±0,08 % _{MBE} < ±800 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,16 % _{MBE} < ±1600 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,32 % _{MBE} < ±3200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1 % _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,4 % _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,8 % _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±1,6 % _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ±0,106 % _{MBE} < ±1060 ppm _{MBE} < ±33,9 µV/V	< ±0,395 % _{MBE} < ±3950 ppm _{MBE} < ±31,6 µV/V	< ±0,79 % _{MBE} < ±7900 ppm _{MBE} < ±31,6 µV/V	< ±1,5795 % _{MBE} < ±15795 ppm _{MBE} < ±31,6 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,144 % _{MBE} < ±1440 ppm _{MBE} < ±46,1 µV/V	< ±0,5565 % _{MBE} < ±5565 ppm _{MBE} < ±44,5 µV/V	< ±1,113 % _{MBE} < ±11130 ppm _{MBE} < ±44,5 µV/V	< ±2,2255 % _{MBE} < ±22255 ppm _{MBE} < ±44,5 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 970 ppm _{MBE}	< 3920 ppm _{MBE}	< 7840 ppm _{MBE}	< 15680 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 120 ppm	< 380 ppm	< 760 ppm	< 1520 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 180 ppm _{MBE}	< 750 ppm _{MBE}	< 1500 ppm _{MBE}	< 3000 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 100 ppm _{MBE}	< 200 ppm _{MBE}	< 400 ppm _{MBE}
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PtP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB
	Rauschdichte @1kHz	< tbd.	< tbd.	< tbd.	< tbd.
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PtP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filterung) ³⁾	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.	

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 350 Ω 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V ⁵⁾ (comp.)	2 mV/V ⁵⁾ (comp.)
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 12 ppm/K	< 50 ppm/K	< 100 ppm/K	< 200 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 30 ppm _{MBE} /K < 0,96 µV/V/K	< 110 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K	< 220 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K	< 440 ppm _{MBE} /K < 0,88 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter				
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

Messung Modus	Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 1 kΩ 2/3-Leiter			
	32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V (comp.) ⁵⁾	2 mV/V (comp.) ⁵⁾
Messbereich, nominell	±32 mV/V [entspricht ±64.000 µε bei K=2] 1000 ± 128 Ω	±8 mV/V [entspricht ±16.000 µε bei K=2] 1000 ± 32 Ω	±4 mV/V [entspricht ±8.000 µε bei K=2] 1000 ± 16 Ω	±2 mV/V [entspricht ±4.000 µε bei K=2] 1000 ± 8 Ω
Messbereich, Endwert (MBE)	32 mV/V 128 Ω	8 mV/V 32 Ω	4 mV/V 16 Ω	2 mV/V 8 Ω
Messbereich, technisch nutzbar	±34,359... mV/V	±8,589... mV/V	±4,294... mV/V	±2,147... mV/V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)			
PDO LSB (Extended Range)	0,128 ppm 4,096 nV/V	0,128 ppm 1,024 nV/V	0,128 ppm 0,512 nV/V	0,128 ppm 0,256 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)	0,119... ppm 3,814... nV/V	0,119... ppm 0,9535... nV/V	0,119... ppm 0,47675... nV/V	0,119... ppm 0,238375... nV/V

Spezifische Angaben

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 1 kΩ 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V ⁵⁾ (comp.)	2 mV/V ⁵⁾ (comp.)
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung, typ. ²⁾	ohne Offset	< ±0,02 % _{MBE} < ±200 ppm _{MBE} < ±6,4 µV/V	< ±0,065 % _{MBE} < ±650 ppm _{MBE} < ±5,2 µV/V	< ±0,13 % _{MBE} < ±1300 ppm _{MBE} < ±5,2 µV/V	< ±0,26 % _{MBE} < ±2600 ppm _{MBE} < ±5,2 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,1 % _{MBE} < ±1000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,4 % _{MBE} < ±4000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±0,8 % _{MBE} < ±8000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V	< ±1,6 % _{MBE} < ±16000 ppm _{MBE} < ±32,0 µV/V
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 0...55°C, mit Mittelwertbildung, typ. ^{2) 6)}	ohne Offset	< ±0,1975 % _{MBE} < ±1975 ppm _{MBE} < ±63,2 µV/V	< ±0,7435 % _{MBE} < ±7435 ppm _{MBE} < ±59,5 µV/V	< ±1,4865 % _{MBE} < ±14865 ppm _{MBE} < ±59,5 µV/V	< ±2,973 % _{MBE} < ±29730 ppm _{MBE} < ±59,5 µV/V
	inkl. Offset	< ±0,2205 % _{MBE} < ±2205 ppm _{MBE} < ±70,6 µV/V	< ±0,8415 % _{MBE} < ±8415 ppm _{MBE} < ±67,3 µV/V	< ±1,683 % _{MBE} < ±16830 ppm _{MBE} < ±67,3 µV/V	< ±3,366 % _{MBE} < ±33660 ppm _{MBE} < ±67,3 µV/V
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ⁴⁾	F _{Offset}	< 980 ppm _{MBE}	< 3940 ppm _{MBE}	< 7880 ppm _{MBE}	< 15760 ppm _{MBE}
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 105 ppm	< 305 ppm	< 610 ppm	< 1220 ppm
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 165 ppm _{MBE}	< 560 ppm _{MBE}	< 1120 ppm _{MBE}	< 2240 ppm _{MBE}
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung	F _{Rep}	< 25 ppm _{MBE}	< 120 ppm _{MBE}	< 240 ppm _{MBE}	< 480 ppm _{MBE}
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB
	Rauschdichte @1kHz	< tbd.	< tbd.	< tbd.	< tbd.
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F _{Noise, PIP}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	F _{Noise, RMS}	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V	< tbd. ppm _{MBE} < tbd. digits < tbd. µV/V
	Max. SNR	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB	> tbd. dB
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filterung) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) ³⁾		tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

Messung Modus		Messbrücke/DMS/StrainGauge/SG ¼-Brücke 1 kΩ 2/3-Leiter			
		32 mV/V	8 mV/V	4 mV/V ⁵⁾ (comp.)	2 mV/V ⁵⁾ (comp.)
Temperaturkoeffizient, typ.	Tk _{Gain}	< 13 ppm/K	< 25 ppm/K	< 50 ppm/K	< 100 ppm/K
	Tk _{Offset}	< 60 ppm _{MBE} /K < 1,92 µV/V/K	< 230 ppm _{MBE} /K < 1,84 µV/V/K	< 460 ppm _{MBE} /K < 1,84 µV/V/K	< 920 ppm _{MBE} /K < 1,84 µV/V/K
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}	tbd. % _{MBE}
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
Eingangsimpedanz ±Input 2	3-Leiter				
	Differentiell	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.
	CommonMode	tbd.	tbd.	tbd.	tbd.

2) Bei der realen Brückenmessung wird meist ein Offset-Abgleich nach Installation durchgeführt. Die gegebene Offset-Spezifikation der Klemme spielt damit praktisch keine Rolle mehr. Deshalb sind hier Spezifikationswerte mit und ohne Offset-Anteil angegeben. Praktisch kann der Offset-Anteil durch die Funktionen [Tara \[▶_000\]](#) als auch [ZeroOffset \[▶_000\]](#) der Klemme oder eine übergeordnete Tara-Funktion in der Steuerung eliminiert werden. Die Offset-Abweichung einer Brückenmessung über die Zeit kann sich ändern, deshalb empfiehlt Beckhoff einen regelmäßigen Offset-Abgleich oder eine aufmerksame Beobachtung der Veränderung.

3) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

4) Die Offset-Spezifikation gilt nicht im 2-Leiter-Betrieb, da hier geräteseitig der Offset erhöht ist. Es wird deshalb ein anlagenseitiger Offset-Abgleich empfohlen, siehe [Tara- \[▶_000\]](#) oder [Zero-Offset-Funktion \[▶_000\]](#). Die final erzielbare Grundgenauigkeit im 2-Leiter-Betrieb ist wesentlich von der Qualität dieses anlagenseitigen Offset-Abgleichs abhängig.

5) Der Kanal misst elektrisch auf 8 mV/V, stellt aber seinen Messwert skaliert auf 2 bzw. 4 mV/V dar. Die Compensated-Funktion ermöglicht die Messung kleiner Pegel auch bei hohem Offset-Anteil.

6) Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „[Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit](#)“ [▶_23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „[Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit](#)“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

HINWEIS

Übergangswiderstände der Anschlusskontakte

Die Übergangswiderstände der Anschlusskontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann die Messgenauigkeit weiter erhöht werden.

Wenn statt der internen Ergänzungswiderstände für Viertelbrückenbetrieb ein externer, temperaturstabilerer Ergänzungswiderstand bei Betrieb der Klemme in Halb- oder gar Vollbrücke verwendet wird, kann die Temperaturempfindlichkeit der Klemme und somit des Messaufbaus verringert werden.

3.14.2.10 Messung IEPE 10 V / 20 V / $\pm 2,5$ V / ± 5 V / ± 10 V

3.14.2.10.1 IEPE-Hochpass Eigenschaften

Zur optionalen Ausregelung der IEPE Bias-Spannung verfügt die ELM370x über ein einstellbares Hochpassfilter 1.Ordnung.

Zur Erläuterung der Bezeichnungen AC und DC siehe Kapitel „Analogtechnische Hinweise - dynamische Signale“.

Die Eingangskanäle können grundsätzlich in der Betriebsart AC-Coupling oder DC-Coupling betrieben werden, siehe Kapitel „IEPE AC Coupling“:

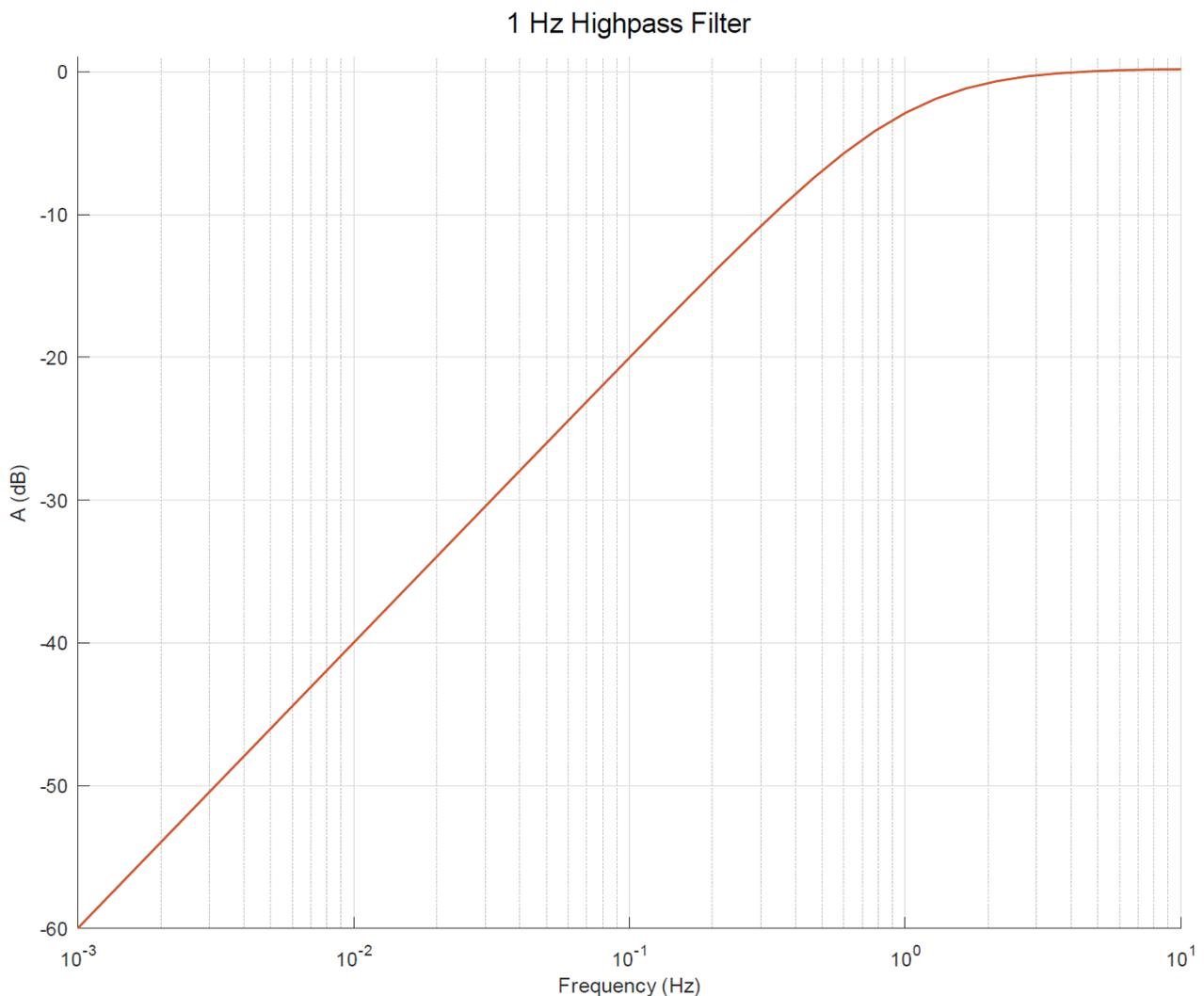
- AC-Coupling: das beliebige Eingangssignal wird über einen einstellbaren Hochpassfilter geleitet, es verbleibt dahinter nur der entsprechende Wechselanteil (AC) zur klemmeninternen digitalen Weiterverarbeitung.
- DC-Coupling: das beliebige Eingangssignal „wie es ist“ wird klemmenintern digital weiterverarbeitet, unabhängig davon, ob es Wechselanteile (AC) enthält oder nicht.

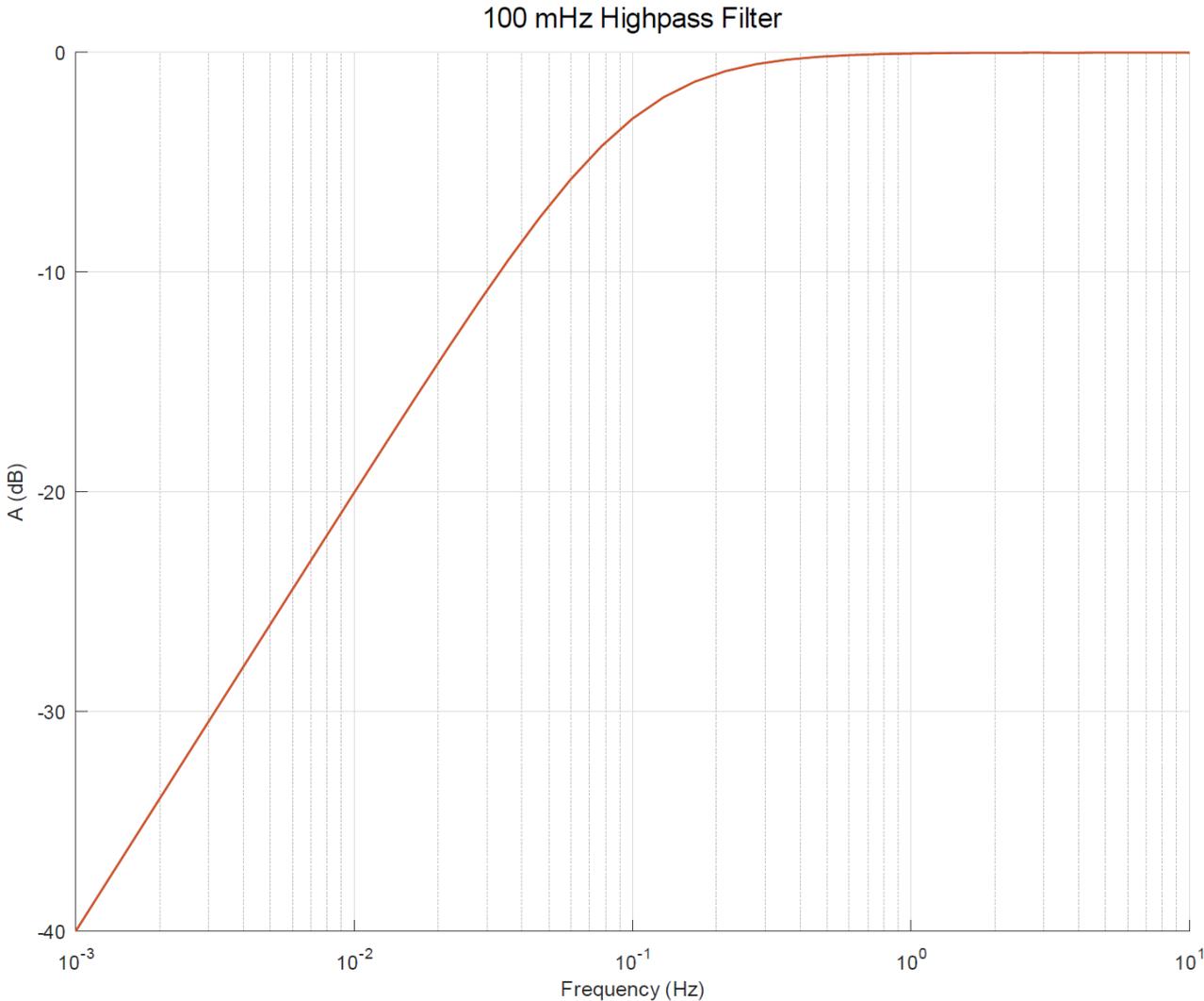
● DC-Einschränkung

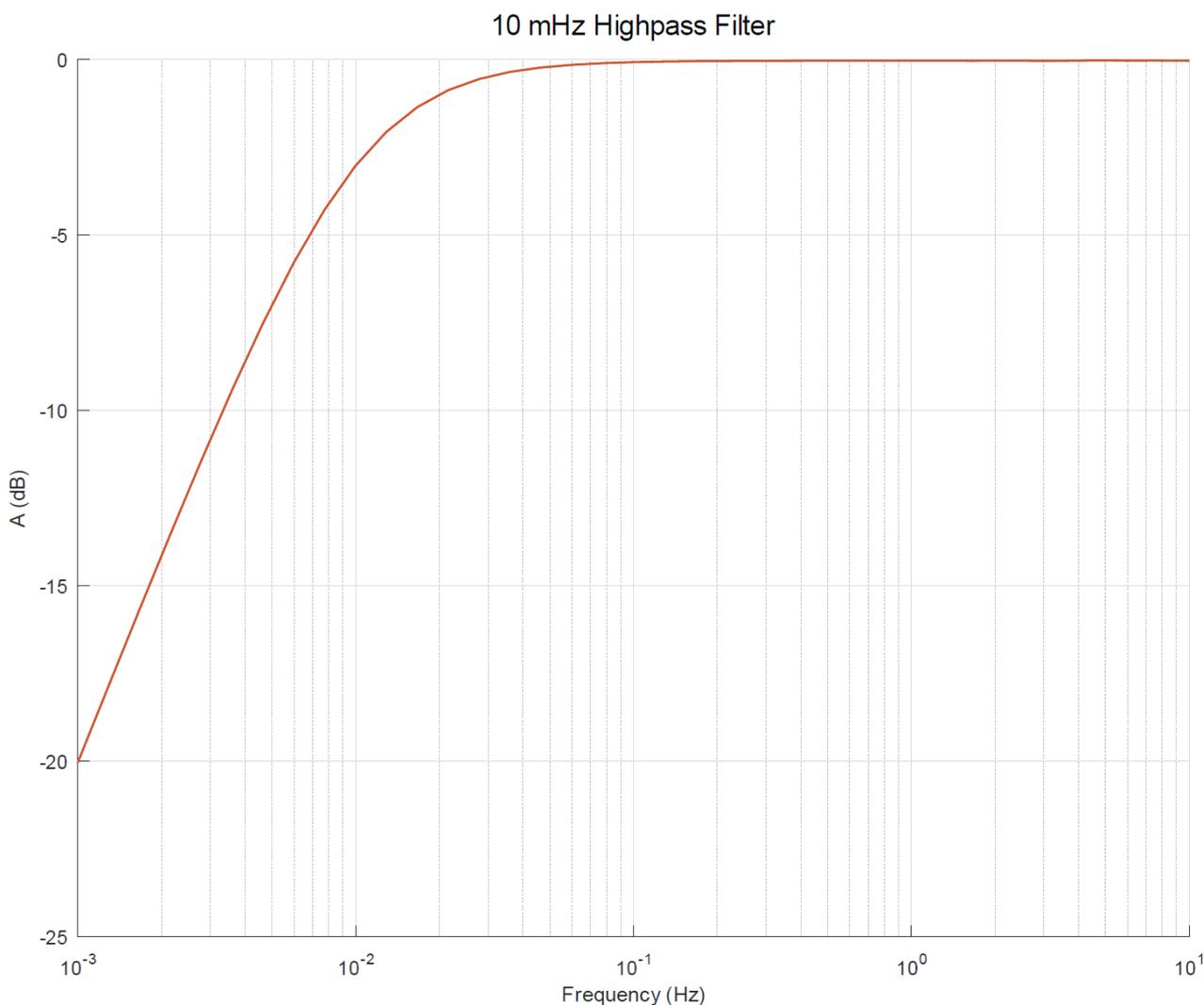
i In den drei Messbereichen „IEPE ± 10 V“ (97), „IEPE ± 5 V“ (98) und „IEPE $\pm 2,5$ V“ (99) ist nur AC-Coupling möglich. Wenn Spannungen mit einem DC-Anteil (Offset) gemessen werden sollen, sind ersatzweise die Spannungsmessbereiche „U ± 10 V“ (2), „U ± 5 V“ (3) und „U $\pm 2,5$ V“ (4) zu verwenden.

In der Klammer ist die jeweilige Messbereichsindexnummer angegeben.

Das typische Frequenzverhalten im Messbereich 2,5 V ist wie folgt:

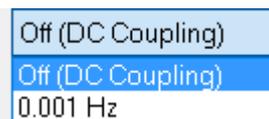






Hinweis: falls andere dynamische Filtereigenschaften gewünscht werden kann wie folgt verfahren werden:

- Klemme ELM370x im Messbereich „0..20V“ betreiben
- IEPE AC Coupling im jeweiligen Kanal deaktivieren



- Der Kanal misst nun mit 23 Bit + Vorzeichen über 20 V, also inkl. der Bias-Spannung die üblicherweise 10..16 V beträgt. Mit einer Anwenderseitigen Implementierung eines Hochpasses mittels TwinCAT Programmierung (innerhalb der PLC) ist Steuerungsseitig der Bias-Anteil (Gleichspannungsanteil) folglich nun zu unterdrücken. Zu bedenken ist die nun herabgesetzte Signalaufösung vom Messbereich ±2,5 V mit 24 Bit zu 20 V mit 23 Bit. Dafür erhält der Anwender volle digitale Kontrolle über das Messverhalten im unteren Frequenzbereich.

3.14.2.10.2 Messung IEPE ±10 V

Messung Modus	±10 V	
Messbereich, nominell	-10...+10 V ³⁾	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-10,737...+10,737 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1	Differenziell typ. 2 MΩ 1 nF	

Messung Modus	±10 V
(Innenwiderstand)	

2) Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

3) Für IEPE Messung gilt: Die Eingangsspannung darf nicht unter -5 V bezogen auf GND sinken, die Messgenauigkeit ist dann nicht mehr gegeben. Das bedeutet, eine Messung bis -10 V bezogen auf GND ist nur möglich, wenn zugleich ein Offset von mind. +5 V anliegt, wie dies bei einer IEPE-Versorgung üblich ist.

Vorläufige Angaben in kursiv

Messung Modus	±10 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	< ±0,01 % = 100 ppm MBE typ. < ±td. typ.			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C, mit Mittelwertbildung ^{1) 6)}	< ±td. % = tbd. ppm MBE typ. < ±td. typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	< 60 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 650 ppm _{MBE}	< 5078 digits	< 6,5 mV
	F _{Noise, RMS}	< 110 ppm _{MBE}	< 859 digits	< 1,1 mV
	Max. SNR	> 79,2 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$ < 15,56		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 400 ppm _{MBE}	< 3125 digits	< 4 mV
	F _{Noise, RMS}	< 75 ppm _{MBE}	< 586 digits	< 750 µV
	Max. SNR	> 82,5 dB		
Temperaturkoeffizient ¹⁾	TK _{Gain}	< 8 ppm/K typ.		
	TK _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ. < tbd. typ.		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

¹⁾ Gültig für ELM3704-00x1 ab HW00, ELM370x-00x0 ab HW01; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

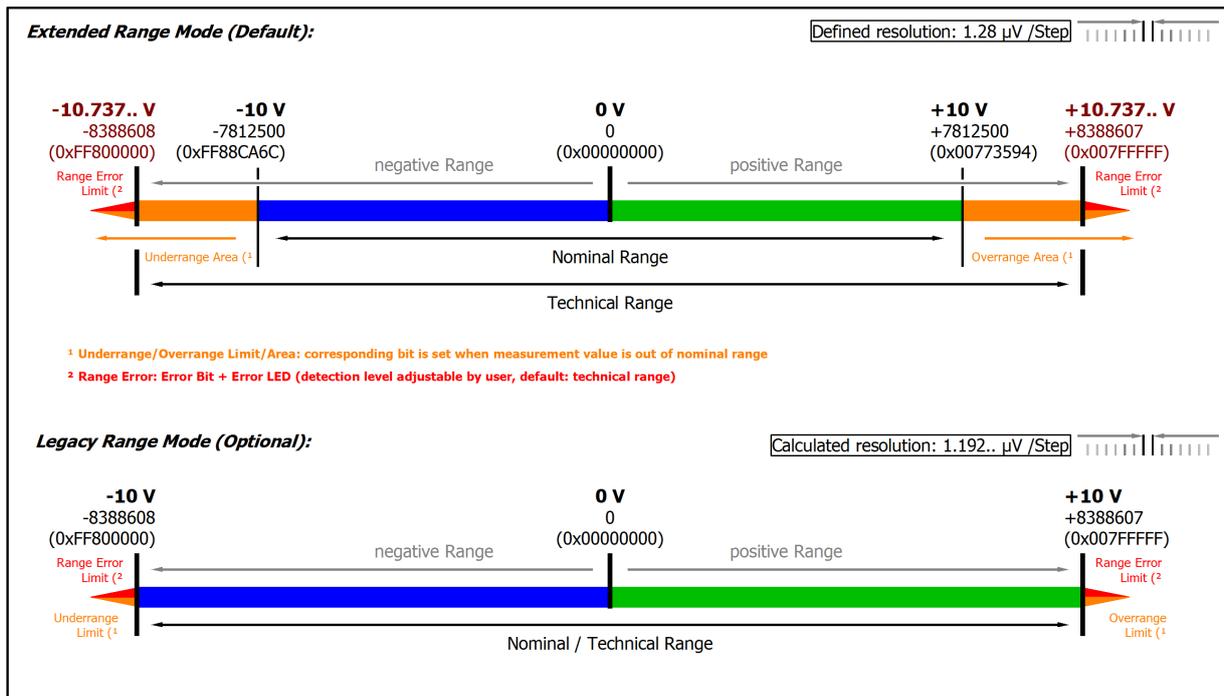


Abb. 188: Darstellung ± 10 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.10.3 Messung IEPE ±5 V

Messung Modus	±5 V	
Messbereich, nominell	-5...+5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-5,368...+5,368 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	640 nV	163,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)	596.. nV	152,59.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. tbd. tbd. CommonMode typ. tbd. gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

Spezifische Angaben (vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	±5 V		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,01 % = 100 ppm _{MBE} typ.		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 55 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}	
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}	
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 1200 ppm _{MBE}	< 9375 digits
	F _{Noise, RMS}	< 200 ppm _{MBE}	< 1563 digits
	Max. SNR	> 74 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$< 14,14 \frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 700 ppm _{MBE}	< 5469 digits
	F _{Noise, RMS}	< 140 ppm _{MBE}	< 1094 digits
	Max. SNR	> 77,1 dB	
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< 8 ppm/K typ.	
	TK _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ.	
Übersprechen (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ. 1 kHz: >80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ. 1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.		

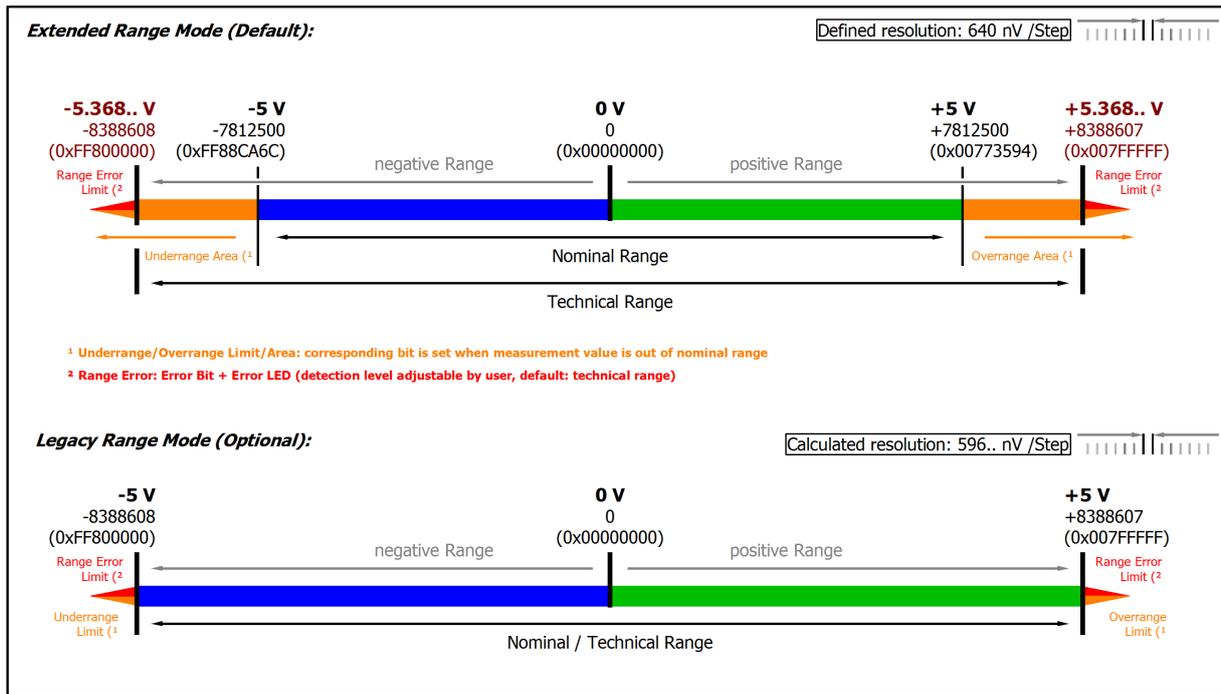


Abb. 189: Darstellung ±5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.10.4 Messung IEPE ±2,5 V

Messung Modus	±2,5 V	
Messbereich, nominell	-2,5...+2,5 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	2,5 V	
Messbereich, technisch nutzbar	-2,684...+2,684 V	
PDO Auflösung (inkl. Vorzeichen)	24 Bit	16 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	320 nV	81,92 µV
PDO LSB (Legacy Range)	298.. nV	76,29.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 4,12 MΩ 11 nF CommonMode typ. 40 nF gegen SGND	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [▶ 582](#)

Spezifische Angaben (vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	±2,5 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,01 % = 100 ppm _{MBE} typ.			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F _{Offset}	< 70 ppm _{MBE}		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F _{Gain}	< 55 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F _{Lin}	< 25 ppm _{MBE}		
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep}	< 20 ppm _{MBE}		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	< 2400 ppm _{MBE}	< 18750 digits	< 6 mV
	F _{Noise, RMS}	< 400 ppm _{MBE}	< 3125 digits	< 1 mV
	Max. SNR	> 68 dB		
	Rauschdichte@1kHz	< 14,14 $\frac{\mu V}{V \sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	< 1550 ppm _{MBE}	< 12109 digits	< 3,88 mV
	F _{Noise, RMS}	< 250 ppm _{MBE}	< 1953 digits	< 625 µV
	Max. SNR	> 72 dB		
Temperaturkoeffizient	TK _{Gain}	< 8 ppm/K typ.		
	TK _{Offset}	< 5 ppm _{MBE} /K typ.		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >105 dB typ.	1 kHz: >80 dB typ.
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >115 dB typ.	50 Hz: >115 dB typ.	1 kHz: >115 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,03 % = 300 ppm _{MBE} typ.			

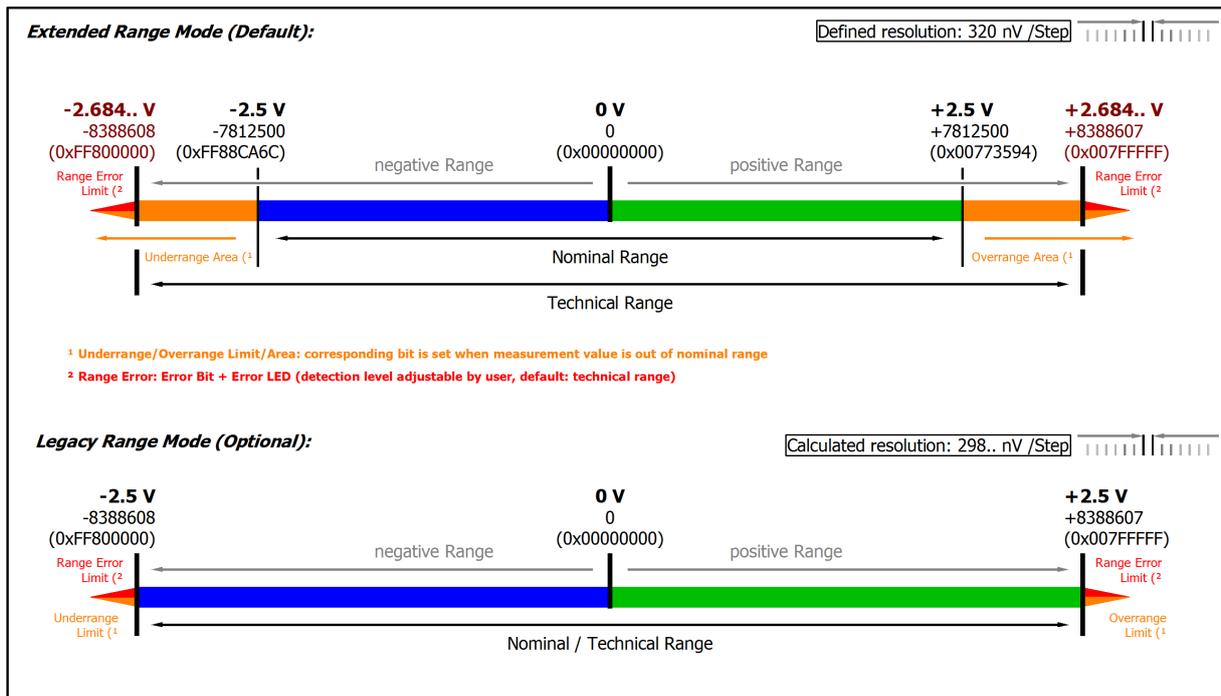


Abb. 190: Darstellung ±2,5 V Messbereich

Hinweis: Im Extended Range Mode hat die Underrange/Overrange-Anzeige im PDO Status bei Überschreitung des nominellen Messbereichs den Charakter einer Information/Warnung, das heißt, es wird dabei kein *Error* in PDO-Status und LED angezeigt. Wird dann im Weiteren auch der technische Messbereich überschritten, wird zusätzlich *Error = TRUE* angezeigt. Die Erkennungsgrenze für Underrange/Overrange *Error* ist im CoE einstellbar.

Im Legacy Range Mode führt ein Underrange/Overrange -Ereignis zugleich zu einem *Error* im PDO-Status.

3.14.2.10.5 Messung IEPE 0...20 V

Messung Modus	0...20 V	
Messbereich, nominell	0...20 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	20 V	
Messbereich, technisch nutzbar	0...+21,474 V	
PDO Auflösung (vorzeichenlos)	23 Bit	15 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	2,56 µV	655,36 µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 550 kΩ 11 nF	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-10x1/ -10x2, vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	0...20 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	$< \pm 0,035 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 350 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 7 \text{ mV}$			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C, mit Mittelwertbildung ^{1) 6)}	$< \pm 0,062 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 620 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 12,4 \text{ mV}$			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	$< 150 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	$< 100 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	$< 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	$< 75 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 586 \text{ digits}$	$< 1,5 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 13 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 98 \text{ digits}$	$< 0,25 \text{ mV}$
	Max. SNR	$> 98,1 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 3,54 \frac{\mu\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	$< 18 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 141 \text{ digits}$	$< 0,36 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 3 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 23 \text{ digits}$	$< 60 \mu\text{V}$
	Max. SNR	$> 110,5 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient ¹⁾	Tk _{Gain}	$< 15 \text{ ppm/K typ.}$		
	Tk _{Offset}	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$ $< 100 \mu\text{V/K}$		
Übersprechen (ohne Filter)	DC: $> 115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $> 105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $> 80 \text{ dB typ.}$	
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)	DC: $> 115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $> 115 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $> 115 \text{ dB typ.}$	
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	$\pm 0,03 \% = 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$			

¹⁾ Gültig für ELM3704-00x1 ab HW00, ELM370x-00x0 ab HW01; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

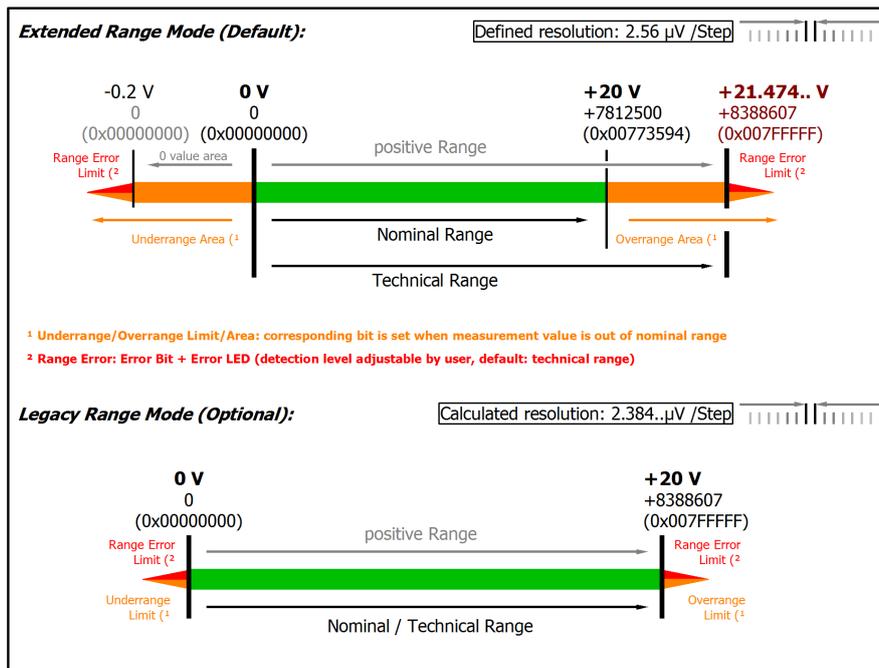


Abb. 191: Darstellung 0...20 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt `0x80n0:32` [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.14.2.10.6 Messung IEPE 0..10 V

Messung Modus	0...10 V	
Messbereich, nominell	0...10 V	
Messbereich, Endwert (MBE)	10 V	
Messbereich, technisch nutzbar	0...+10,737 V	
PDO Auflösung (vorzeichenlos)	23 Bit	15 Bit ²⁾
PDO LSB (Extended Range)	1,28 µV	327,68 µV
PDO LSB (Legacy Range)	1,192.. µV	305,18.. µV
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 550 kΩ 11 nF	

²⁾ Die analoge Messung erfolgt immer mit 24 Bit, im 16-Bit-Modus werden die acht niederwertigen Bits abgeschnitten. Weiteres siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Prozessdatenübersicht“ [► 582]

³⁾ Für IEPE Messung gilt: Die Eingangsspannung darf nicht unter -5 V bezogen auf GND sinken, die Messgenauigkeit ist dann nicht mehr gegeben. Das bedeutet, eine Messung bis -10 V bezogen auf GND ist nur möglich, wenn zugleich ein Offset von mind. +5 V anliegt, wie dies bei einer IEPE-Versorgung üblich ist.

Spezifische Angaben (nicht gültig für ELM3704-10x1/ -10x2, vorläufige Angaben in kursiv)

Messung Modus	0...10 V			
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung ¹⁾	$< \pm 0,05 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 5 \text{ mV}$			
Erweiterte Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 55°C, mit Mittelwertbildung ^{1) 6)}	$< \pm 0,113 \%_{\text{MBE}}$ $< \pm 1130 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ $< \pm 11,3 \text{ mV}$			
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Offset}	$< 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C) ¹⁾	F _{Gain}	$< 100 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich ¹⁾	F _{Lin}	$< 380 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit, über 24 h, mit Mittelwertbildung ¹⁾	F _{Rep}	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	F _{Noise, PTP}	$< 75 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 586 \text{ digits}$	$< 0,75 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 13 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 98 \text{ digits}$	$< 0,13 \text{ mV}$
	Max. SNR	$> 98,1 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$\frac{\mu\text{V}/\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$ $< 1,77$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F _{Noise, PTP}	$< 18 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 141 \text{ digits}$	$< 0,18 \text{ mV}$
	F _{Noise, RMS}	$< 3 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 23 \text{ digits}$	$< 30 \mu\text{V}$
	Max. SNR	$> 110,5 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient ¹⁾	TK _{Gain}	$< 30 \text{ ppm}/\text{K typ.}$		
	TK _{Offset}	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$ $< 100 \mu\text{V}/\text{K}$		
Übersprechen (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Übersprechen (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>115 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>115 \text{ dB typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,03 \% = 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		

¹⁾ Gültig für ELM3704-00x1 ab HW00, ELM370x-00x0 ab HW01; Angaben zu Vorgänger-HW auf Anfrage

⁶⁾ Berechneter Wert nach Formel in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ [► 23] zur schnellen Abschätzung der Einsetzbarkeit über den angegebenen Umgebungstemperaturbereich im Betrieb (T_{ambient}). Im realen Einsatz z.B. bei relativ konstanter Umgebungstemperatur T_{ambient} wird eine geringere (bessere) erzielbare Unsicherheit erreicht, eine spezifische Berechnung nach Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit“ wird empfohlen, insbesondere wenn das Gerät einen weiteren Umgebungstemperaturbereich im Betrieb als 0...55°C zulässt.

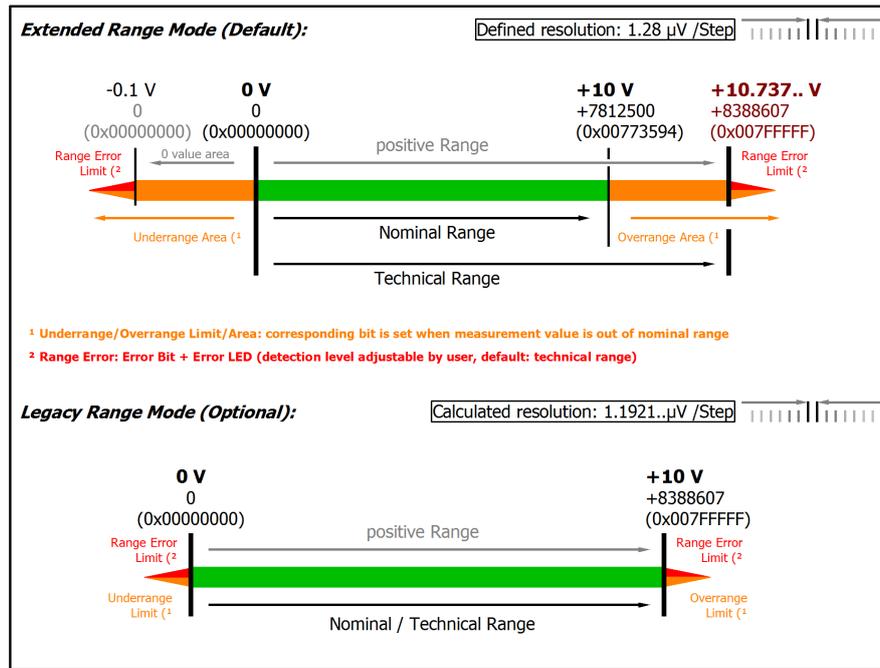


Abb. 192: Darstellung 0...10 V Messbereich

Anmerkung: Auch in den unipolaren Messbereichen (Messung ab 0 V, 0 mA, 4 mA, 0 Ω) arbeitet der Kanal elektrisch bipolar und erfasst negative Werte. Dadurch kann der Kanal eine präzise Diagnose auch bei Signalenwerten < 0 liefern. In diesen Messbereichen liegt der Grenzwert für den „Underrange Error“ im ExtendedMode bei -1 % des Messbereich Endwerts (MBE). Der Grenzwert ist im CoE-Objekt 0x80n0:32 [► 591] einstellbar. Dadurch kommt es nicht zu irritierenden Fehlermeldungen wenn der Kanal nicht beschaltet (z.B. ohne Sensor) betrieben wird oder das elektrische Signal leicht um Null herum schwankt. Der Prozessdatenwert von 0x00000000 wird dabei nicht unterschritten.

Soll die „UnderrangeError“-Erkennung noch weniger empfindlich eingestellt werden, kann der Betrag des negativen Grenzwertes im genannten CoE-Objekt noch höher gesetzt werden.

3.14.2.11 Messung Thermoelement

HINWEIS

Grundlagen Thermoelemente

Die im Folgenden beschriebenen Inhalte setzen die Kenntnis des im Kapitel „Grundlagen der Thermoelement-Technologie“ Beschriebenen voraus.

Anwendung auf die ELM370x

Die Klemme unterstützt die Messung von Spannungen und die Konvertierung diverser Thermoelement-Typen, siehe folgende Liste.

Zur Spannungsmessung wird der der beim jeweiligen TC-Typ angegebene elektrische Messbereich mit seiner angegebenen Spezifikation verwendet.

Es müssen isolierte (also nicht-geerdete) Thermoelemente verwendet werden. Bei Einsatz von geerdeten Thermoelementen ist damit zu rechnen, dass Störungen aus dem unklaren Erd-Potential die Messung beeinträchtigen.

TC-Messbereich

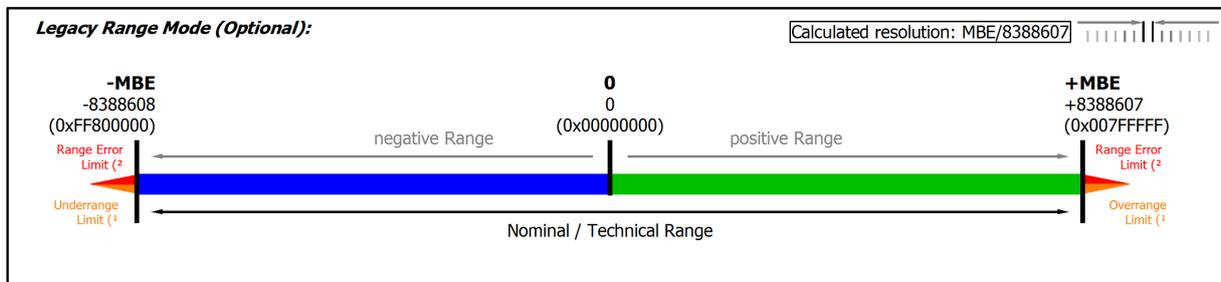


Abb. 193: Darstellung Thermoelement-Messbereich

Im Temperatur-Modus steht nur der Legacy-Range zur Verfügung, der „Extended Range Modus“ ist nicht verfügbar.

Die Temperaturdarstellung in [°C/digit] (z.B. 0,1°/digit oder 0,01°/digit) ist unabhängig von der elektrischen Messung, sie ist „nur“ eine Anzeigeeinstellung und ergibt sich aus der PDO-Einstellung, siehe Kapitel Inbetriebnahme.

Von der ELM370x unterstützte TC-Typen (ab FW02):

- A-1 0...2500°C
- A-2 0...1800°C
- A-3 0...1800°C
- Au/Pt 0...1000°C
- B 200...1820°C
- C 0...2320°C
- D 0...2490°C
- E -270...1000°C
- G 1000...2300°C
- J -210...1200°C
- K -270...1372°C
- L -50...900°C
- N -270...1300°C
- P (PLII) 0...1395°C
- Pt/Pd 0...1500°C
- R -50...1768°C

- S -50...1768°C
- T -270...400°C
- U -50...600°C

Im Folgenden werden die Spezifikationsdaten je Typ aufgeführt.

3.14.2.11.1 Thermoelement (TC) Messung mit Beckhoff Klemmen

Thermoelement-Spezifikation und Konvertierung

Die Temperaturmessung mit Thermoelementen umfasst generell drei Schritte:

- Messung der elektrischen Spannung,
- optional: Temperaturmessung der internen Kaltstelle,
- optional: Konvertierung (Umrechnung) der Spannung per Software in einen Temperaturwert nach eingestelltem Thermoelement-Typ (K, J, ...).

Alle drei Schritte können lokal im Beckhoff-Messgerät stattfinden. Die Transformation im Gerät kann auch deaktiviert werden, wenn sie übergeordnet in der Steuerung gerechnet werden soll. Je nach Gerätetyp können mehrere Thermoelement-Konvertierungen implementiert sein, die sich dann nur in Software unterscheiden.

Dies bedeutet für Beckhoff Thermoelement-Messgeräte, dass

- eine Spezifikation der elektrischen Spannungsmessung gegeben ist und
- darauf aufbauend im Folgenden je nach unterstütztem Thermoelement-Typ die Auswirkung für die Temperaturmessung angegeben wird. Zu beachten ist, dass Thermoelement-Kennlinien immer als Formeln höherer Ordnung oder durch eine Stützstellentabelle in der Software realisiert werden, so dass eine direkte, lineare Übertragung $U \rightarrow T$ nur in einem engen Bereich sinnvoll ist.

i Angaben zu den Sensortypen in nachfolgender Tabelle

Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte zu den Sensortypen werden hier lediglich zu informativen Zwecken als Orientierungshilfe dargestellt. Alle Angaben sind ohne Gewähr und müssen mit dem Datenblatt des jeweiligen verwendeten Sensors überprüft werden.

Die Thermoelement-Messung umfasst eine Verkettung von Mess- und Rechenelementen die auf die erzielbare Messabweichung einwirken:

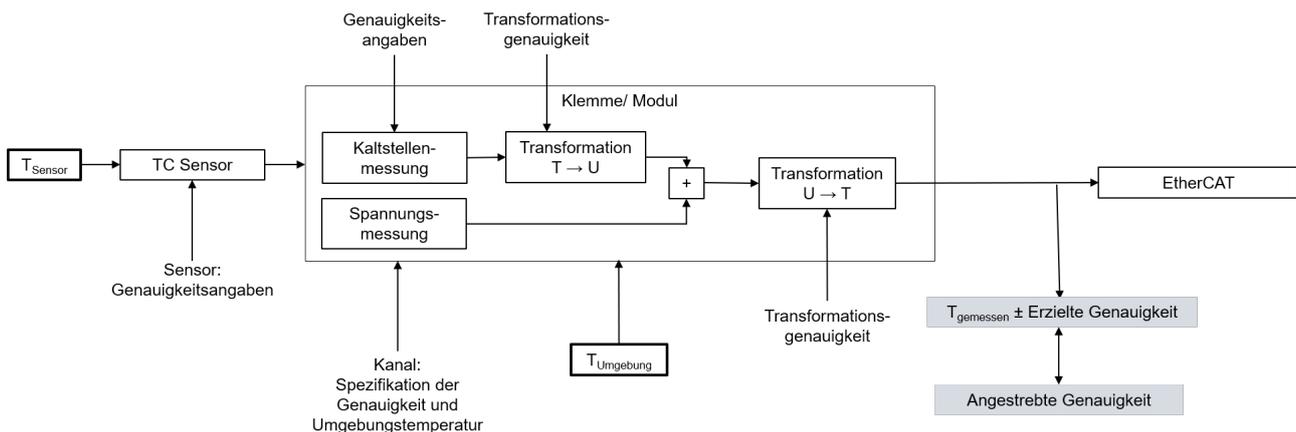


Abb. 194: Verkettung der Unsicherheiten in der Temperaturmessung mit Thermoelementen

Maßgebend für die erzielbare Temperatur-Messgenauigkeit ist die angegebene Spannungs-Spezifikation. Im Folgenden wird sie auf die möglichen Thermoelement-Typen angewendet.

Aufgrund

- der bei Thermoelementen vorhandenen, starken Nichtlinearität, die eine sinnvolle Verwendung dessen in einem nur eingeschränkten Temperaturbereich nahelegt (wenn möglich),
- des Einflusses der ggf. verwendeten internen Kaltstelle,

- der möglichen Verwendung einer externen Kaltstelle, deren Spezifikation an dieser Stelle nicht bekannt ist und
- des Einflusses der Umgebungstemperatur auf das verwendete Auswerte-Einheit bei der Spannungs- und Kaltstellenmessung (führt zu einer Veränderung von T_{measured} aufgrund von $\Delta T_{\text{ambient}}$)

werden im Folgenden keine detaillierten Temperatur-Spezifikationstabellen angegeben, sondern je Thermoelement-Typ

- eine Kurztabelle:
 - Mit Angabe des verwendeten elektrischen Messbereichs der Spannungsmessung.
 - Mit Angabe des vom Gerät unterstützen, gesamten technisch nutzbaren Messbereichs. Das ist auch der Linearisierungsbereich der Temperaturtransformation, in der Regel der normativ gegebene Einsatzbereich des jeweiligen Thermoelements.
Hinweis: der elektrische Messbereich ist so ausgelegt, dass der gesamte Linearisierungsbereich abgedeckt wird. Es kann also der gesamte Temperaturmessbereich genutzt werden.
 - Mit Angabe des von Beckhoff empfohlenen Messbereichs für diesen Typ. Er ist eine Teilmenge des technisch nutzbaren Messbereichs und deckt den industriell üblicherweise verwendeten Messbereich ab, in dem noch eine relativ geringe Messunsicherheit erreicht wird.
Da Thermoelemente über den gesamten implementierten Messbereich - wie im Grundlagenkapitel zu Thermoelementen gezeigt - eine nichtlineare Kennlinie haben, wäre die Angabe der Messunsicherheit über diesen gesamten Bereich als sog. Grundgenauigkeit praxisfremd und sogar irreführend. Im industriell üblicherweise genutzten Temperaturbereich wird eine deutlich kleinere Unsicherheit erreicht. Dennoch ist eine Verwendung des Geräts außerhalb des „empfohlenen Messbereichs“ (aber innerhalb des „technisch nutzbaren Messbereichs“) natürlich möglich.
 - Mit der spezifizierten Messunsicherheit im „empfohlenen Messbereich“ bei 23 °C und 55 °C Umgebungstemperatur, wobei die Angabe der Messunsicherheit bei 55 °C dem Wert für 23 °C ± 32 °C entspricht.
Damit kann die Messunsicherheit bei anderen Umgebungstemperaturen im empfohlenen Messbereich näherungsweise interpoliert bzw. extrapoliert werden. Die Werte können auch aus dem Spezifikations-Plot entnommen werden.
Achtung: Bei Ermittlung des Temperaturkoeffizienten (T_k [K/Kamb]): die angegebenen Werte müssen nicht unbedingt beim gleichen T_{sens} vorliegen! Zur T_k -Ermittlung am besten aus dem Plot bei T_{sens} die Messunsicherheitswerte ablesen und T_k berechnen.
- der „Spezifikations-Plot“: Eine umfassende Spezifikationsaussage als grafische Darstellung der Messunsicherheit über T_{sens} bei den beiden genannten Umgebungstemperaturen und zusätzlich 39 °C im gesamten technisch nutzbaren Messbereich. Die Darstellung der Messunsicherheit bei 39 °C Umgebungstemperatur (mittlere Temperatur zwischen 23 °C und 55 °C) zeigt den nichtlinearen Einfluss der Temperatur auf die Messunsicherheit.
Werden Genauigkeitswerte außerhalb des „empfohlenen Messbereichs“ benötigt, können sie also hier grafisch abgelesen werden.
- einige Formeln, um weitere Kenngrößen (Offset / Gain / Nichtlinearität / Wiederholgenauigkeit / Rauschen) bei Bedarf aus der Spezifikation beim gewünschten Betriebspunkt zu berechnen.

Hinweise zur Berechnung detaillierter Spezifikationsangaben

Sind weitere Spezifikationsangaben von Interesse, können bzw. müssen sie aus den in der Spannungsspezifikation gegebenen Werten berechnet werden.

Zum Ablauf:

- Allgemein: Die Umrechnung wird hier nur für einen Messpunkt (ein bestimmtes Eingangssignal) erklärt, bei mehreren Messpunkten (bis hin zum ganzen Messbereich) müssen die Schritte einfach wiederholt werden.
- Die Ermittlung des gesamten Temperaturfehlers an einem Messpunkt ergibt sich aus zwei Schritten:
 - Ermittlung des Temperaturfehlers aus dem Fehler der Spannungsmessung und
 - Ermittlung des Fehlers durch die Kaltstellenmessung an der Temperatur des Messpunkts.
 - Hinweis: Aufgrund der Nichtlinearität der Thermoelemente ist keine einfache Addition der Temperaturfehler möglich.

- Falls die gemessene Spannung bei dem gemessenen Temperaturmesspunkt nicht bekannt ist, muss der Messwert $MW = U_{\text{Messpunkt}}(T_{\text{Messpunkt}})$ mithilfe einer $U \rightarrow T$ Tabelle ermittelt werden:
- Bei diesem Spannungswert wird die Abweichung berechnet:
 - Über die Gesamtformel

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{(F_{\text{Gain}} \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + (TK_{\text{Gain}} \cdot \Delta T \cdot \frac{MW}{MBE})^2 + F_{\text{Offset}}^2 + F_{\text{Lin}}^2 + F_{\text{Rep}}^2 + (\frac{1}{2} \cdot F_{\text{Noise, PtP}})^2 + (TK_{\text{Offset}} \cdot \Delta T)^2 + (F_{\text{Age}} \cdot N_{\text{Years}})^2}$$

- oder einen Einzelwert, z. B. $F_{\text{Einzel}} = 15 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$
- muss die Messunsicherheit in [mV] berechnet werden:
 $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Gesamt}}(U_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder: $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{Einzel}}(U_{\text{Messpunkt}}) \cdot MBE$
 oder (falls schon bekannt) z.B.: $F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = 0,003 \text{ mV}$
- Auch für die Berechnung des Kaltstellenfehlers, der für weitere Berechnungen benötigt wird, muss der gesamte Fehler über die obige Formel berechnet werden.
- Dann muss die Steigung an der verwendeten Stelle ermittelt werden:
 $\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = [U(T_{\text{Messpunkt}} + 1^\circ\text{C}) - U(T_{\text{Messpunkt}})] / 1^\circ\text{C}$
 mithilfe einer $U \rightarrow T$ Tabelle
- Der Kaltstellenfehler ist als Temperatur in °C angegeben. Der Temperaturfehler muss dann über die Steigung an dem Temperaturmesspunkt in eine Spannungsfehler in [mV] umgerechnet werden:
 $F_{\text{CJC, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = F_{\text{CJC, T}} \cdot \Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}})$
- Über eine quadratische Addition des Spannungsfehlers und des Kaltstellenfehlers muss dann der kombinierte Fehler in [mV] berechnet werden:

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \sqrt{(F_{\text{Spannung}})^2 + (F_{\text{CJC, U}})^2}$$

- Bei kalibrierten Thermoelementen kann auch der Fehler des Thermoelements an dieser Stelle von mit einbezogen werden, um den kombinierten Fehler des gesamten Systems in mV zu ermitteln. Dazu müssen alle drei Fehlereinflüsse in [mV] (Spannung, Kaltstelle, Thermoelement) quadratisch addiert werden.
- Über die Spannungs-Messunsicherheit und die Steigung kann die Temperatur-Messunsicherheit berechnet werden
 $F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}}(T_{\text{Messpunkt}})) / (\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}))$

In den folgenden drei Beispielen dienen die verwendeten Zahlenwerte der Veranschaulichung. Maßgebend bleiben die in den technischen Daten genannten Spezifikationswerte.

Beispiel 1:

Grundgenauigkeit einer ELM3704 bei 35°C Umgebung, Messung von 400°C mit Thermoelement Typ K, ohne Rausch- und Alterungs-Einflüsse:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$MW = U_{\text{Typ K, 400}^\circ\text{C}} = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Gesamt}} = \sqrt{\left(55 \text{ ppm} \cdot \frac{16,397 \text{ mV}}{80 \text{ mV}}\right)^2 + \left(8 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K} \cdot \frac{16,397 \text{ mV}}{80 \text{ mV}}\right)^2 + (70 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (25 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + (20 \text{ ppm}_{\text{MBE}})^2 + \left(5 \text{ ppm/K} \cdot 12 \text{ K}\right)^2}$$

$$= 100,196 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}}(U_{\text{Messpunkt}}) = 100,196 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 8,016 \text{ } \mu\text{V}$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ }^\circ\text{C}) - U(400 \text{ }^\circ\text{C})) / (1 \text{ }^\circ\text{C}) = 42,243 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{CJC, T}} = \text{td}$$

$$F_{\text{CJC, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{td } ^\circ\text{C} \cdot 42,243 \text{ } \mu\text{V}/^\circ\text{C} = \text{td } \mu\text{V}$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{td}$$

$$F_{ELM3704@35^{\circ}C, \text{ Typ K, } 400^{\circ}C} = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu V) / (42,243 \mu V/^{\circ}C) \approx \text{tbd } ^{\circ}C \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^{\circ}C)$$

Beispiel 2:

Betrachtung allein der Wiederholgenauigkeit unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ } ^{\circ}C$$

$$MW = U_{\text{Messpunkt}} (400 \text{ } ^{\circ}C) = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Einzel}} = 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}} = 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 1,6 \mu V$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ } ^{\circ}C) - U(400 \text{ } ^{\circ}C)) / (1 \text{ } ^{\circ}C) = 42,243 \mu V/^{\circ}C$$

$$F_{\text{CJC, Einzel}} = \text{tbd } ^{\circ}C$$

$$F_{\text{CJC, Einzel, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{tbd } ^{\circ}C \cdot 42,243 \mu V/^{\circ}C = \text{tbd } \mu V$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{tbd}$$

$$F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu V) / (42,243 \mu V/^{\circ}C) \approx \text{tbd } ^{\circ}C \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^{\circ}C)$$

Beispiel 3:

Betrachtung allein des RMS-Rauschens ohne Filter unter o.a. Bedingungen:

$$T_{\text{Messpunkt}} = 400 \text{ } ^{\circ}C$$

$$MW = U_{\text{Messpunkt}} (400 \text{ } ^{\circ}C) = 16,397 \text{ mV}$$

$$F_{\text{Einzel}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$$

$$F_{\text{Spannung}} = 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \cdot 80 \text{ mV} = 2,96 \mu V$$

$$\Delta U_{\text{proK}}(T_{\text{Messpunkt}}) = (U(401 \text{ } ^{\circ}C) - U(400 \text{ } ^{\circ}C)) / (1 \text{ } ^{\circ}C) = 42,243 \mu V/^{\circ}C$$

$$F_{\text{CJC, Einzel}} = \text{tbd } ^{\circ}C$$

$$F_{\text{CJC, Einzel, U}}(T_{\text{Messpunkt}}) = \text{tbd } ^{\circ}C \cdot 42,243 \mu V/^{\circ}C = \text{tbd } \mu V$$

$$F_{\text{Spannung+CJC}} = \text{tbd}$$

$$F_{\text{Temp}}(U_{\text{Messpunkt}}) = (F_{\text{Spannung+CJC}} \mu V) / (42,243 \mu V/^{\circ}C) \approx \text{tbd } ^{\circ}C \text{ (bedeutet } \pm\text{tbd } ^{\circ}C)$$

3.14.2.11.2 Spezifikation Hinweise

Die nachfolgenden Tabellen mit der TC-Spezifikation gelten nur bei der Verwendung der internen Kaltstelle. In der ELM334x/ ELM370x verfügt jeder Kanal über einen eigenen Kaltstellensensor.

Die Klemme kann auch bei Bedarf mit externer Kaltstelle verwendet werden. Die Unsicherheiten müssen dann für die externe Kaltstelle anwendungsseitig ermittelt werden. Der Temperaturwert der externen Kaltstelle muss der Klemme dann über die Prozessdaten zur eigenen Verrechnung mitgeteilt werden. Die Auswirkung auf die TC-Messung ist dann anlagenseitig zu berechnen.

Thermische Stabilisierung

Die hier angegebenen Spezifikationswerte für die Messung der Kaltstelle gelten nur bei Einhaltung folgender Zeiten zur thermischen Stabilisierung bei konstanter Umgebungstemperatur

- nach dem Einschalten: 60 min
- nach Änderung von Verdrahtung/Steckern: 15 min

Umgebungsluft in Bewegung

Für eine konstante TC-Messung sind thermisch stabile Umgebungsbedingungen um die ELM-Klemme herum wichtig. Luftbewegungen um die Klemme mit ggf. veränderlicher Lufttemperatur sind zu vermeiden. Wenn diese nicht vermeidbar sind, sollte die separat erhältliche Schirmhaube ZS9100-0003 zur thermischen Abschirmung verwendet werden. Die nachfolgende Spezifikation wurde ohne Schirmhaube an ruhender Umgebung erstellt.



Abb. 195: Schirmhaube ZS9100-0003

Hinweis: Die zusätzliche Messabweichung in Abhängigkeit vom TC-Drahtdurchmesser/ Querschnitt ist bei LEMO- und MiniTC-Steckertypen vernachlässigbar klein.“

Spezifikation der internen Kaltstellenmessung

Modus TC CJC		Kaltstelle
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±4 °C
Wiederholgenauigkeit	F _{Rep}	< 50 mK
Temperaturkoeffizient	Tk	< 75 mK/K

Modus TC CJC RTD		Kaltstelle
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung *)		< ±1 °C

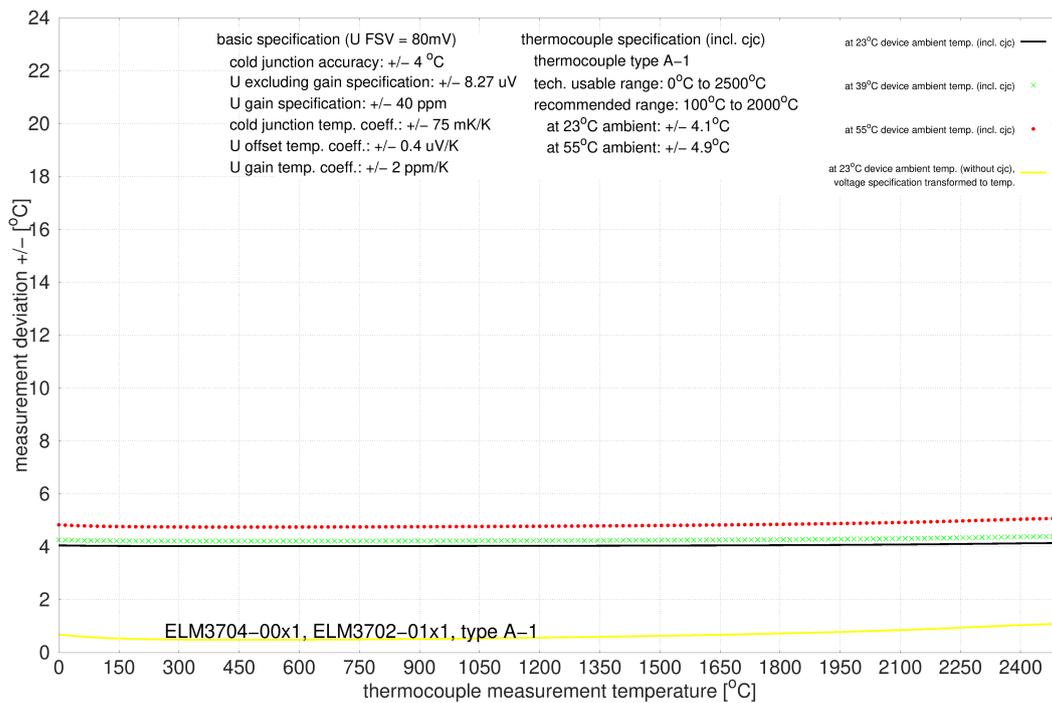
*) Die erreichbare Genauigkeit im TC CJC RTD-Modus hängt stark von der Umsetzung ab, v.a. von der Qualität und Positionierung des externen RTD. Die o.a. Angabe ist als exemplarischer Richtwert bei korrekter Installation zu sehen, vgl. [Montage LEMO-Stecker bei ELM3702-0101 \[► 897\]](#). Es wird eine Messunsicherheits-Betrachtung des Gesamtsystems empfohlen.

Im Folgenden wird nun für die einzelnen TC-Typen die erzielbare Temperaturmessunsicherheit angegeben, dem Typ nach in aufsteigender Reihenfolge.

3.14.2.11.3 Spezifikation Typ A-1

Temperaturmessung TC		Typ A-1
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +2500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2500 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,16 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,9 K ≈ ±0,2 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

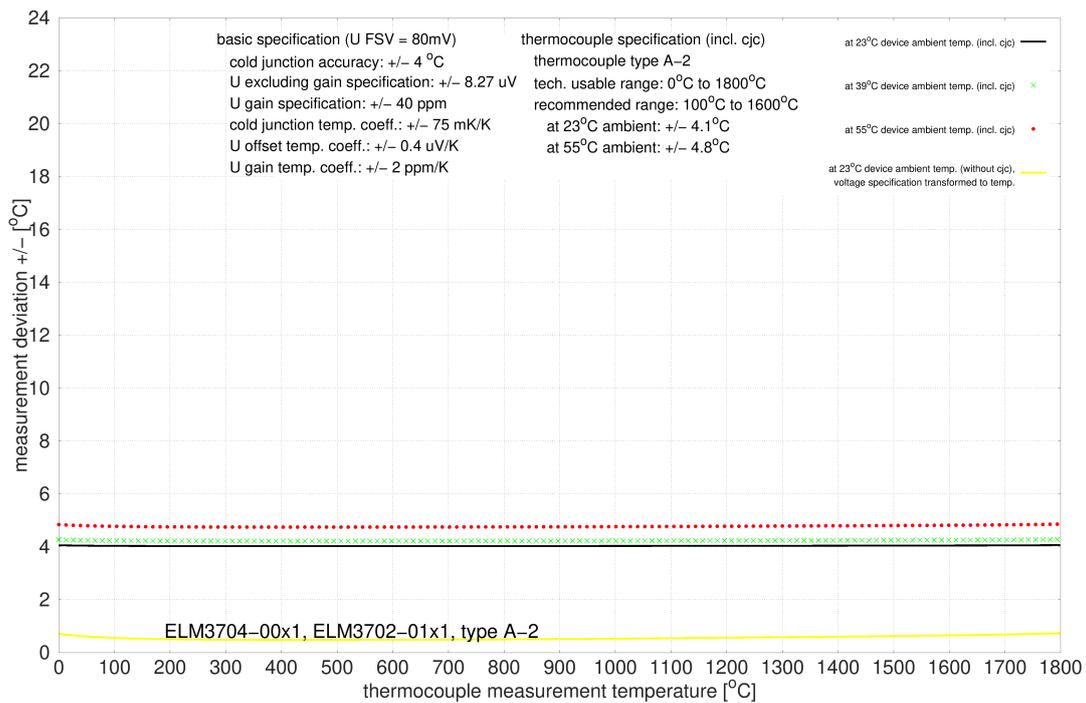
Messunsicherheit für TC Typ A-1:



3.14.2.11.4 Spezifikation Typ A-2

Temperaturmessung TC		Typ A-2
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,8 K ≈ ±0,27 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

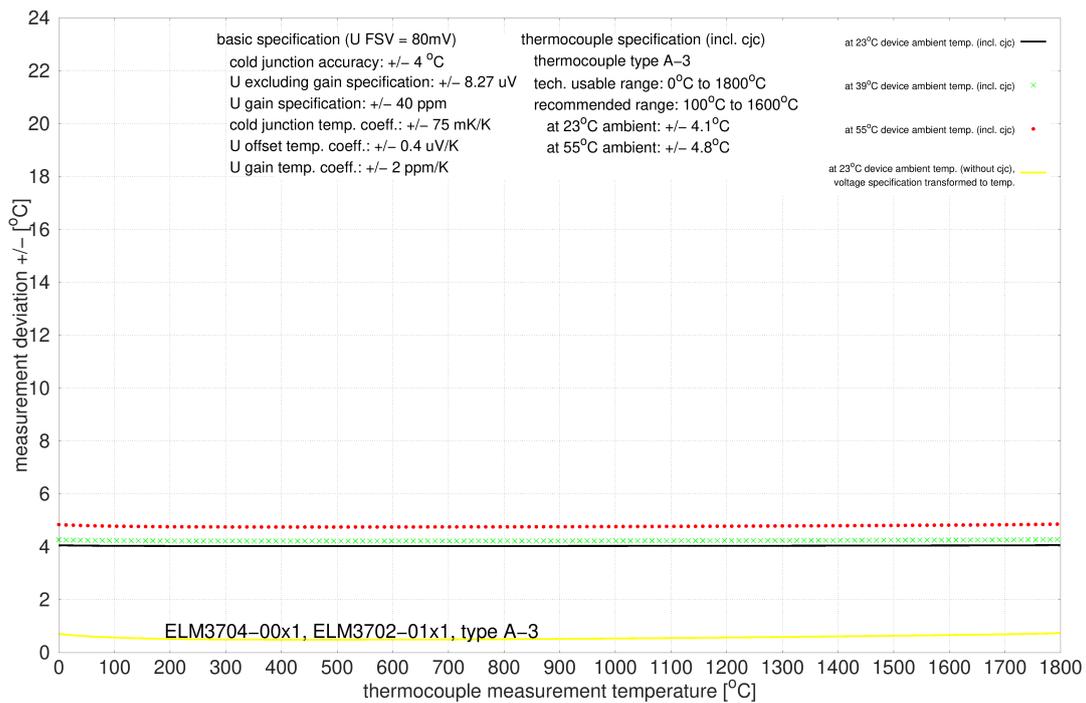
Messunsicherheit für TC Typ A-2:



3.14.2.11.5 Spezifikation Typ A-3

Temperaturmessung TC		Typ A-3
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1800 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1800 °C
Messbereich, empfohlen		+100 °C ... +1600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,8 K ≈ ±0,27 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

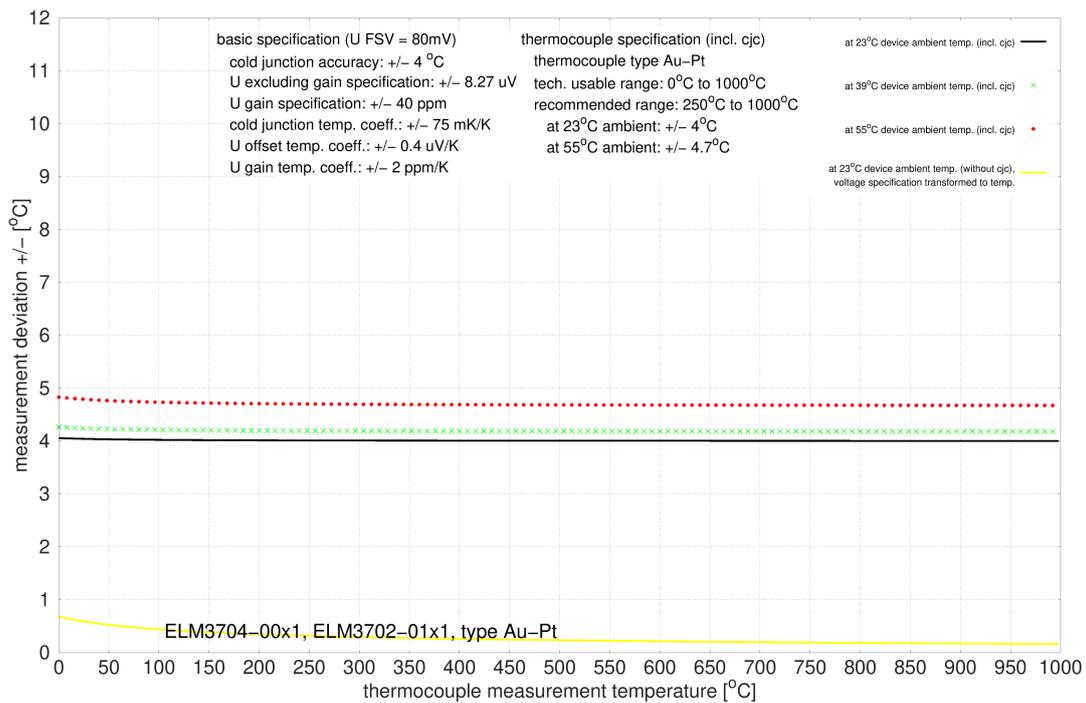
Messunsicherheit für TC Typ A-3:



3.14.2.11.6 Spezifikation Typ Au/Pt

Temperaturmessung TC		Typ Au/Pt
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1000 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,4 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,47 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

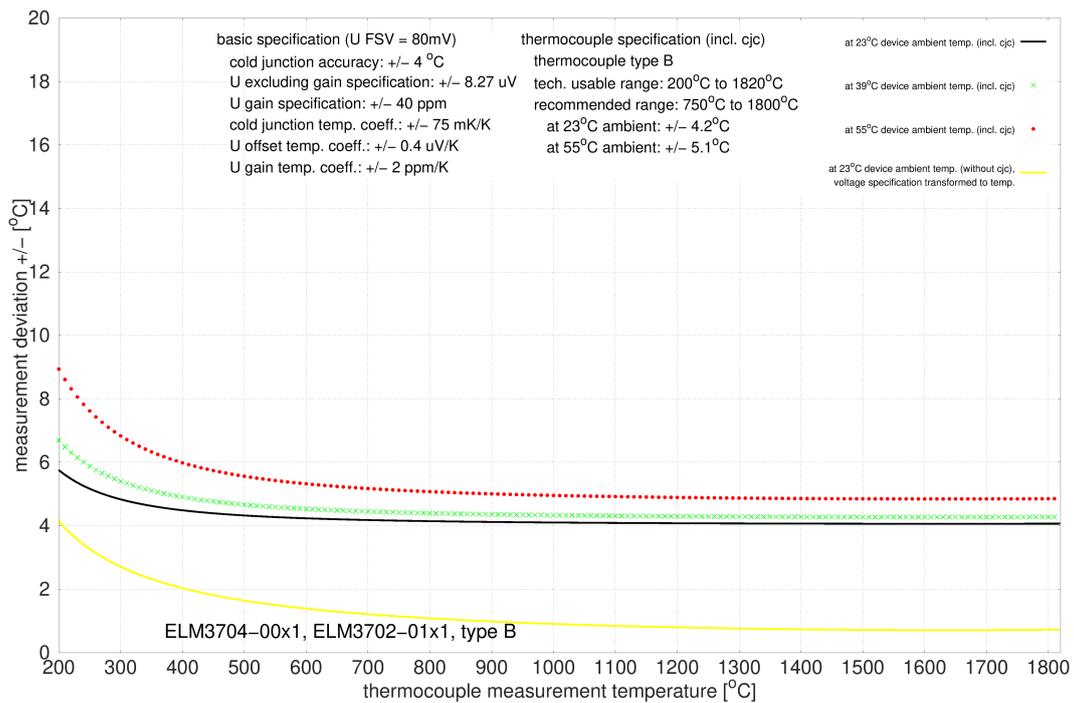
Messunsicherheit für TC Typ Au/Pt:



3.14.2.11.7 Spezifikation Typ B

Temperaturmessung TC		Typ B
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+200 °C ≈ 0,178 mV ... +1820 °C ≈ 13,820 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1820 °C
Messbereich, empfohlen		+750 °C ... +1800 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,2 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±5,1 K ≈ ±0,28 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

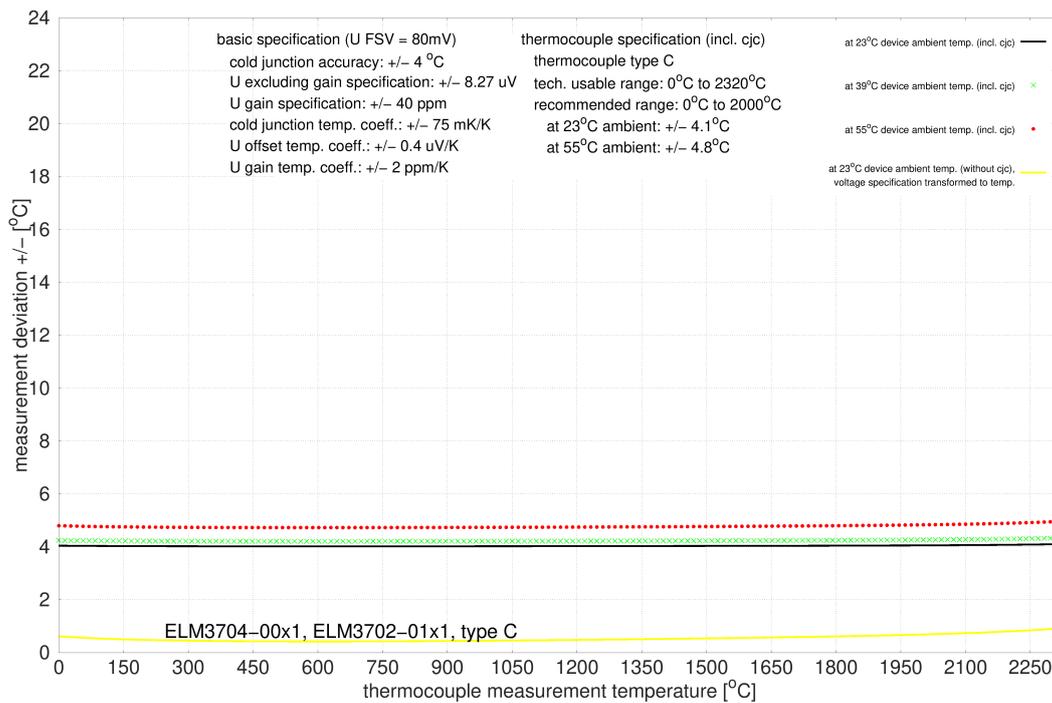
Messunsicherheit für TC Typ B:



3.14.2.11.8 Spezifikation Typ C

Temperaturmessung TC		Typ C
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ≈ 0 mV ... +2320 °C ≈ 37,107 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+2320 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,18 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,8 K ≈ ±0,21 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

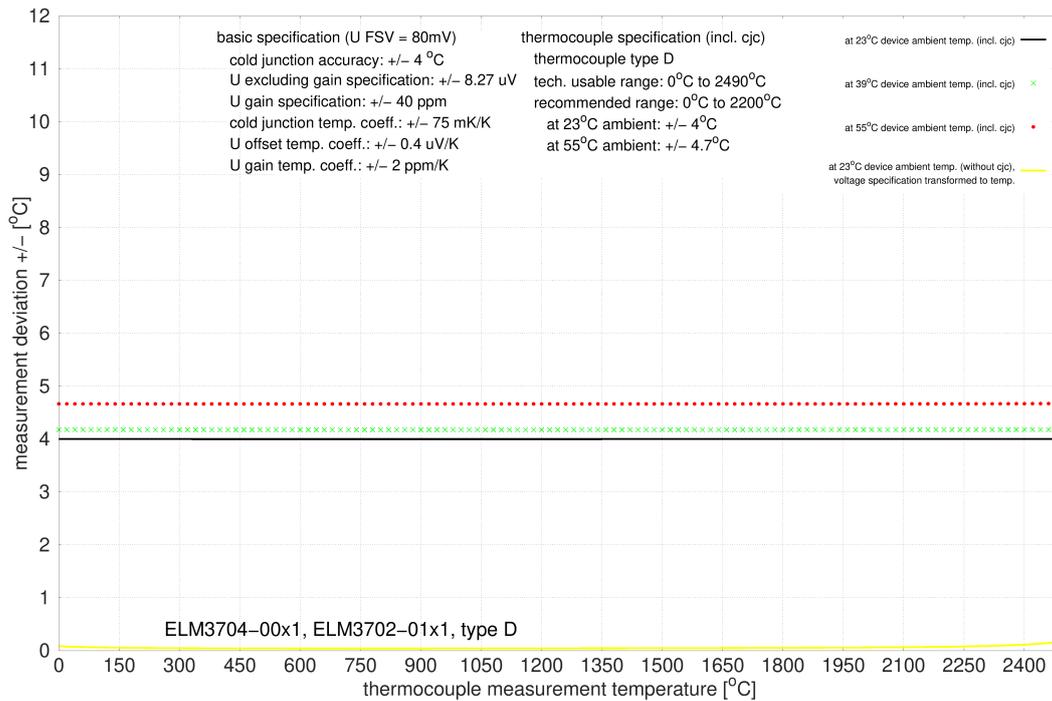
Messunsicherheit für TC Typ C:



3.14.2.11.9 Spezifikation Typ D

Temperaturmessung TC		Typ D
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 ° ... +2490 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2490 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +2200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,16 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,19 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

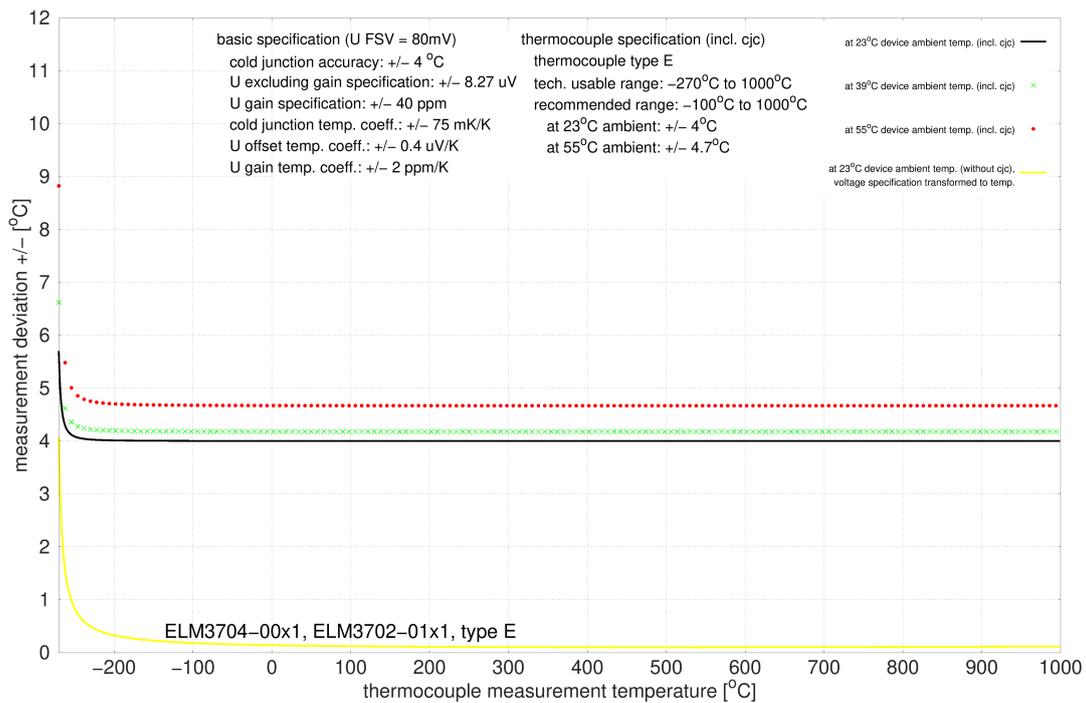
Messunsicherheit für TC Typ D:



3.14.2.11.10 Spezifikation Typ E

Temperaturmessung TC		Typ E
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -9,835 mV ... +1000 °C ≈ 76,373 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1000 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1000 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,4 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,47 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

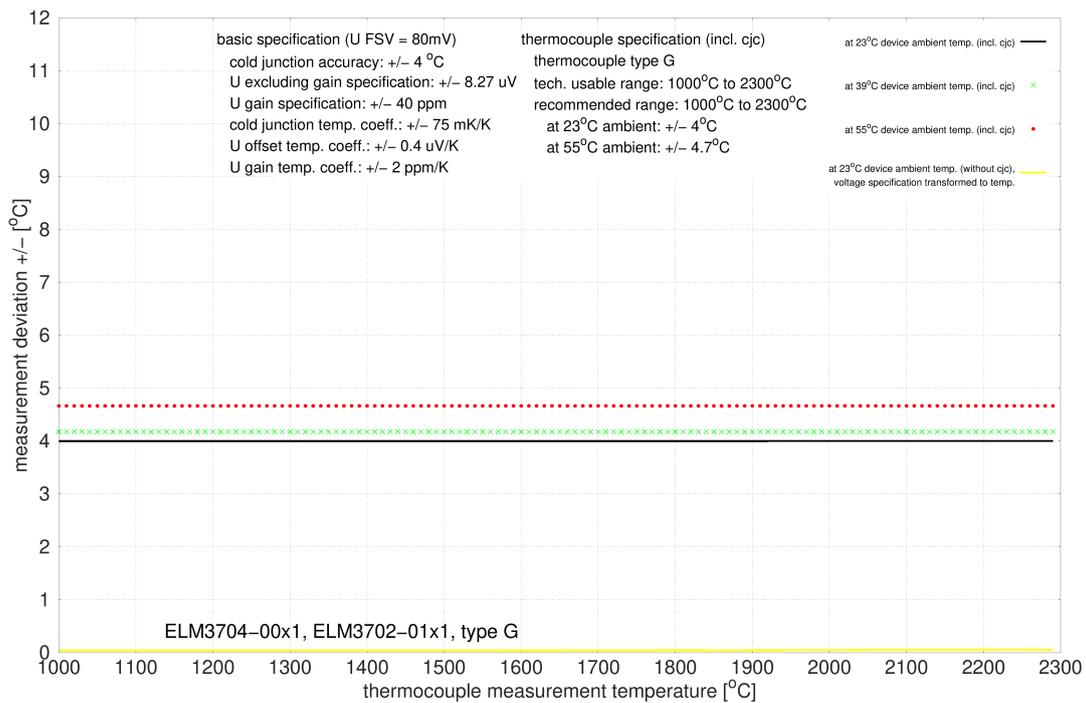
Messunsicherheit für TC Typ E:



3.14.2.11.11 Spezifikation Typ G

Temperaturmessung TC		Typ G
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		+1000 ° ... +2300 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+2300 °C
Messbereich, empfohlen		+1000 °C ... +2300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,17 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,2 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

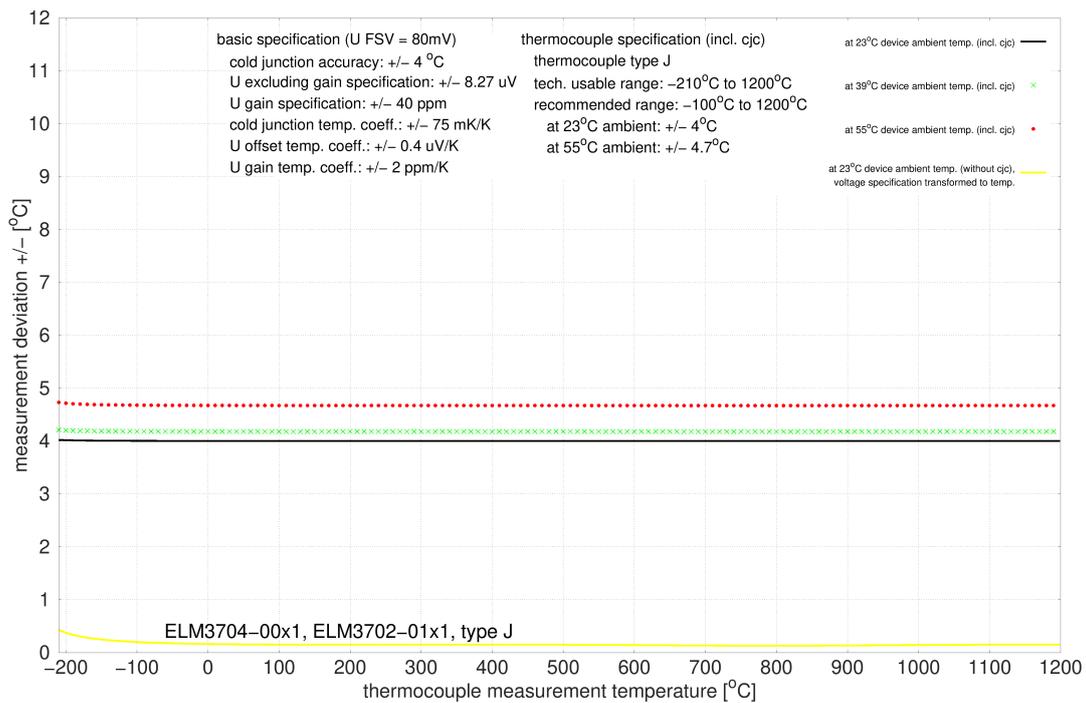
Messunsicherheit für TC Typ G:



3.14.2.11.12 Spezifikation Typ J

Temperaturmessung TC		Typ J
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-210 °C ≈ -8,095 mV ... +1200 °C ≈ +69,553 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1200 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,33 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,39 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

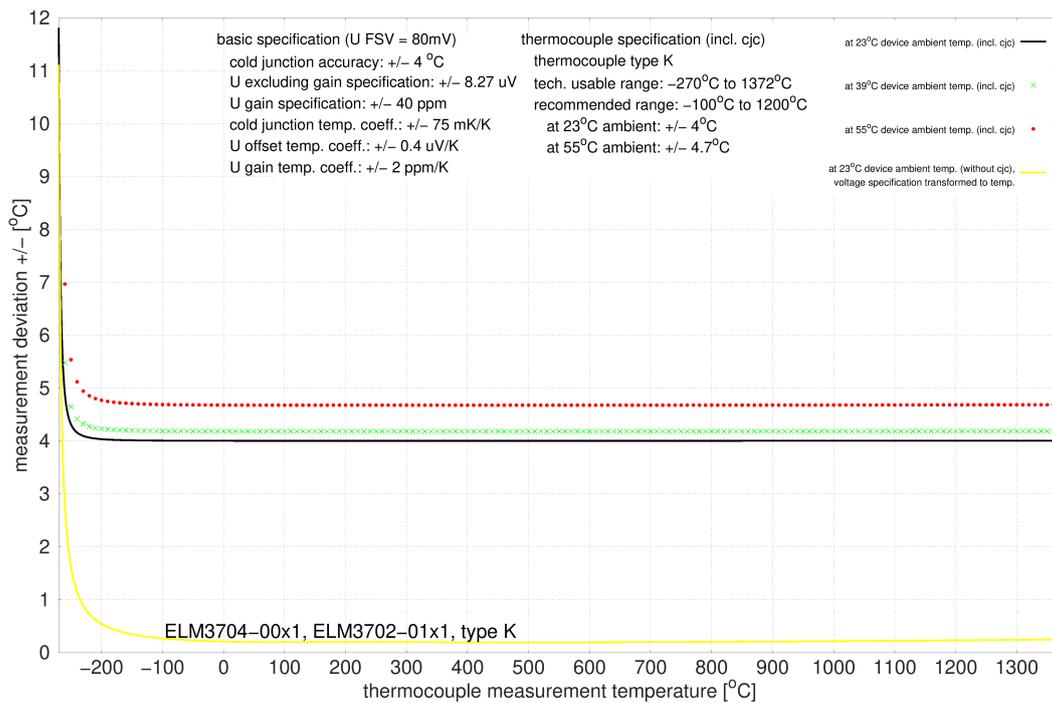
Messunsicherheit für TC Typ J:



3.14.2.11.13 Spezifikation Typ K

Temperaturmessung TC		Typ K
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,458 mV ... 1372 °C ≈ 54,886 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1372°C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,29 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,34 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

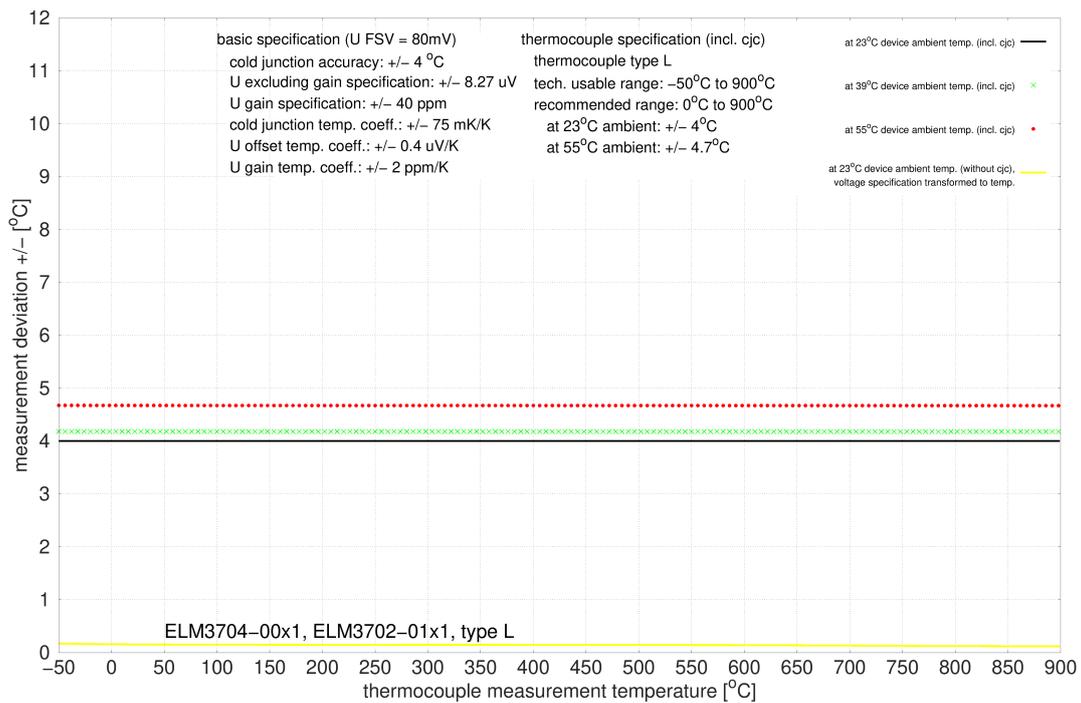
Messunsicherheit für TC Typ K:



3.14.2.11.14 Spezifikation Typ L

Temperaturmessung TC		Typ L
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -2,510 mV ... +900 °C ≈ 52,430 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+900 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +900 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,44 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,52 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

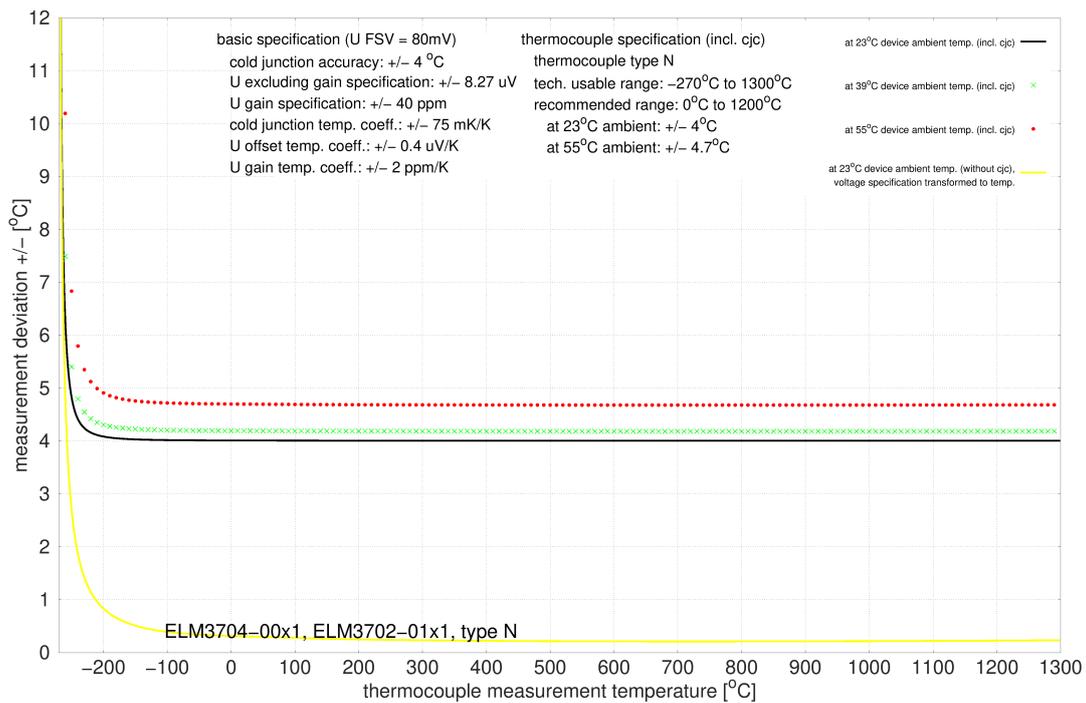
Messunsicherheit für TC Typ L:



3.14.2.11.15 Spezifikation Typ N

Temperaturmessung TC		Typ N
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -4,346 mV ... +1300 °C ≈ 47,513 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1300 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1200 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,31 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,36 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

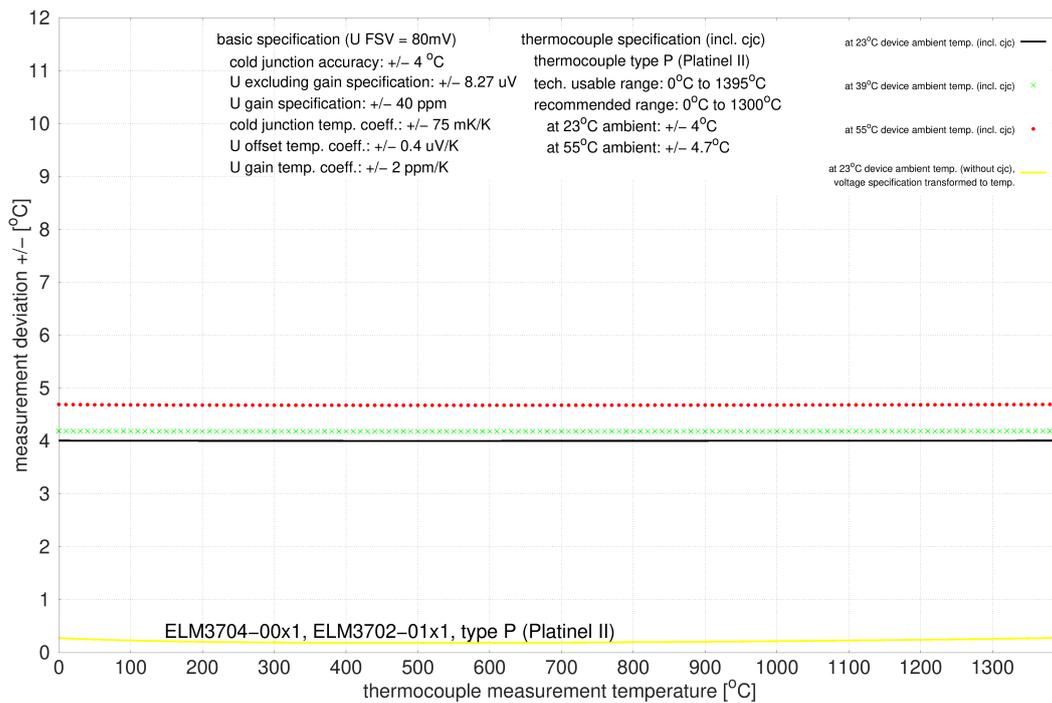
Messunsicherheit für TC Typ N:



3.14.2.11.16 Spezifikation Typ P

Temperaturmessung TC		Typ P
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1395 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1395 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +1300 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,29 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,34 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme

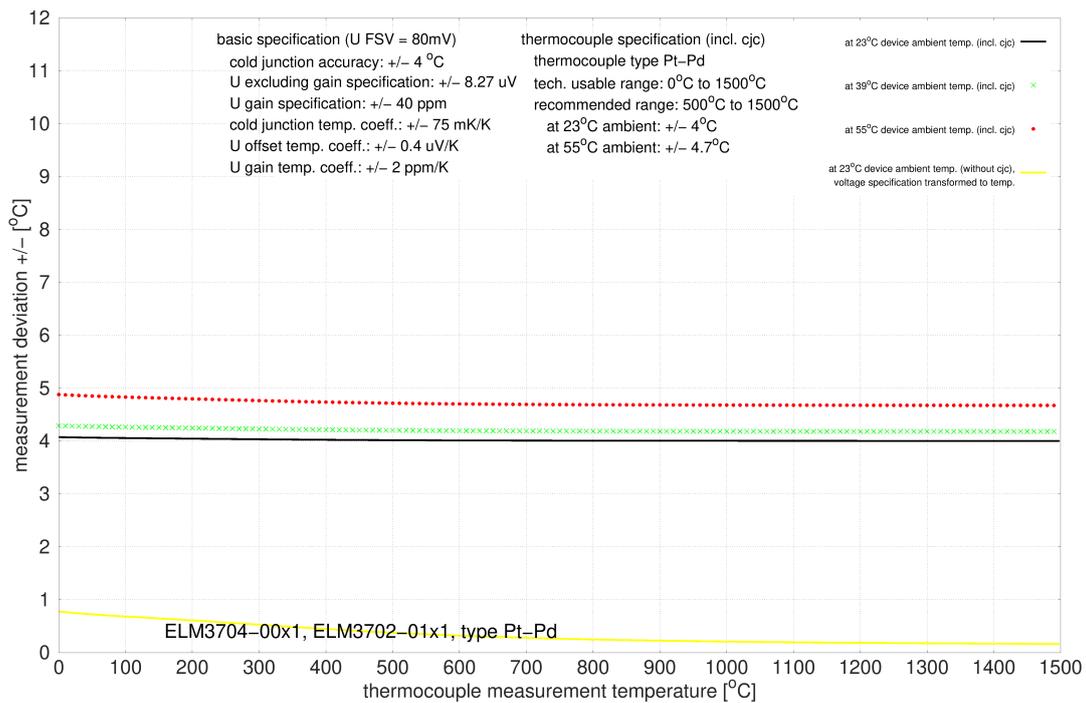
Messunsicherheit für TC Typ P:



3.14.2.11.17 Spezifikation Typ Pt/Pd

Temperaturmessung TC		Typ Pt/Pd
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		0 °C ... +1500 °C
Messbereich, Endwert (MBE)		+1500 °C
Messbereich, empfohlen		+500 °C ... +1500 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,27 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,31 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

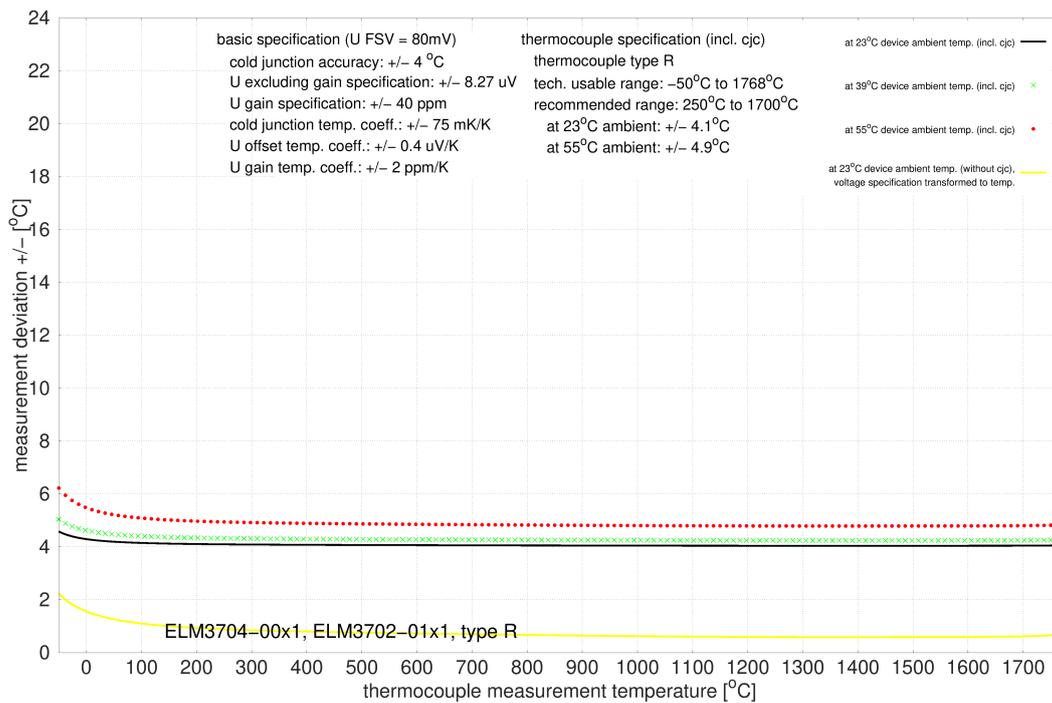
Messunsicherheit für TC Typ Pt/Pd:



3.14.2.11.18 Spezifikation Typ R

Temperaturmessung TC		Typ R
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,226 mV ... +1768 °C ≈ 21,101 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,9 K ≈ ±0,28 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

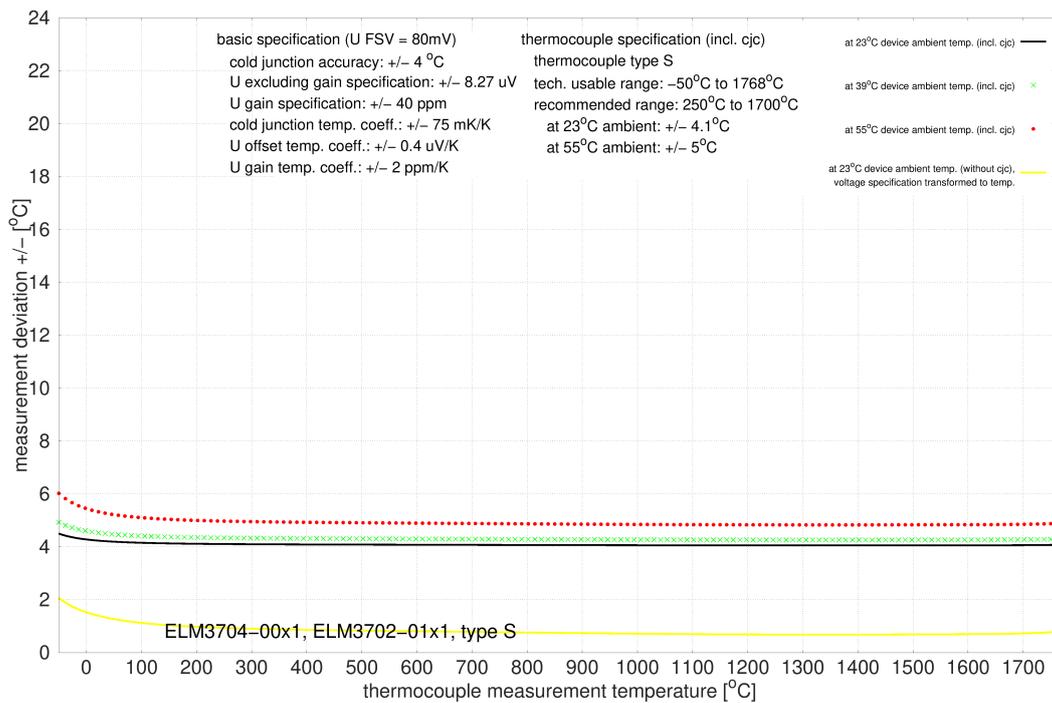
Messunsicherheit für TC Typ R:



3.14.2.11.19 Spezifikation Typ S

Temperaturmessung TC		Typ S
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -0,236 mV ... +1768 °C ≈ 18,693 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+1768°C
Messbereich, empfohlen		+250 °C ... +1700 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,1 K ≈ ±0,23 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±5,0 K ≈ ±0,28 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

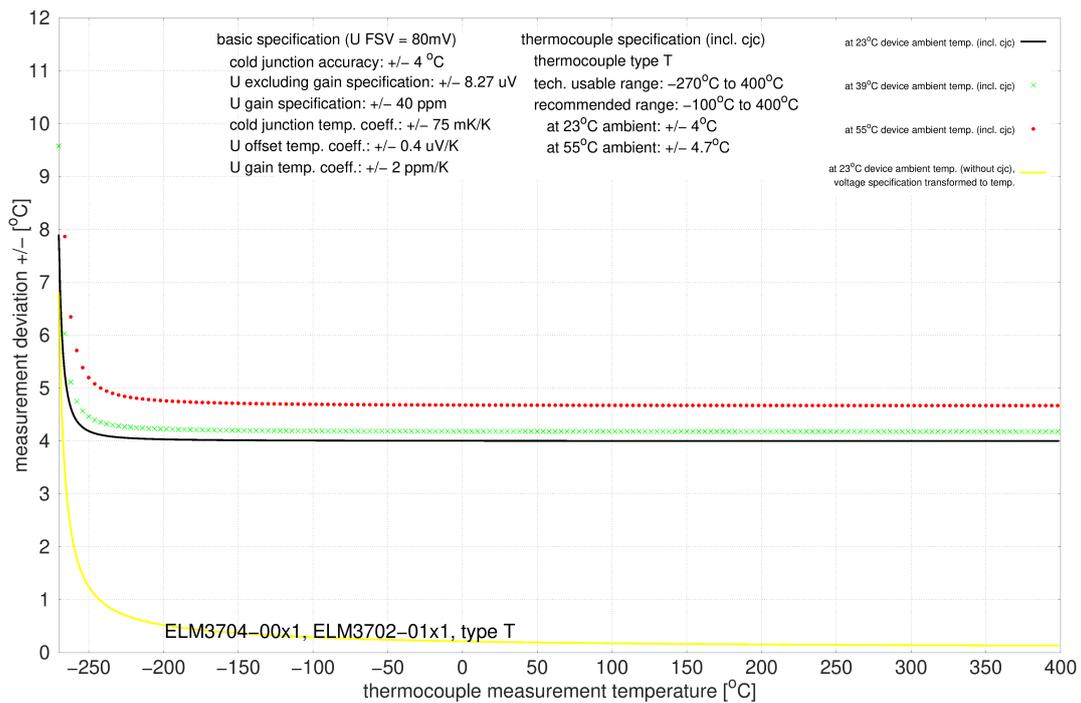
Messunsicherheit für TC Typ S:



3.14.2.11.20 Spezifikation Typ T

Temperaturmessung TC		Typ T
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-270 °C ≈ -6,258 mV +400 °C ≈ 20,872 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+400 °C
Messbereich, empfohlen		-100 °C ... +400 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±1,0 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±1,18 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

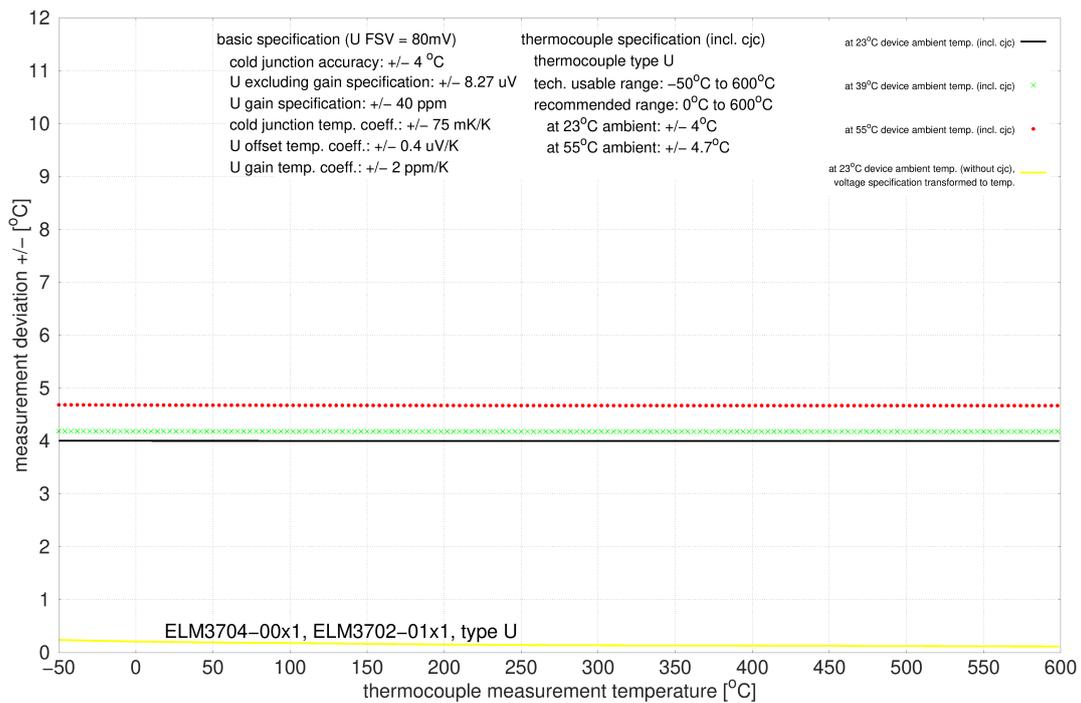
Messunsicherheit für TC Typ T:



3.14.2.11.21 Spezifikation Typ U

Temperaturmessung TC		Typ U
Verwendeter elektr. Messbereich		±80 mV
Messbereich, technisch nutzbar		-50 °C ≈ -1,850 mV ... +600 °C ≈ 33,600 mV
Messbereich, Endwert (MBE)		+600 °C
Messbereich, empfohlen		0 °C ... +600 °C
PDO LSB		0,1/0,01/0,001°C/digit, je nach PDO Einstellung
Unsicherheit im empfohlenen Messbereich, mit Mittelwertbildung	@ 23 °C Umgebungstemperatur	±4,0 K ≈ ±0,67 % _{MBE}
	@ 55 °C Umgebungstemperatur	±4,7 K ≈ ±0,78 % _{MBE}
Temperaturkoeffizient (Änderung des Messwerts bei Änderung der Klemmenumgebungstemperatur)		<i>Da der Wert wie im u.a. Spezifikations-Plot zu sehen stark abhängig ist von der Sensortemperatur, ist er grundsätzlich aus dem Spezifikations-Plot abzuleiten. Zur besseren Näherung ist auch informativ die Messunsicherheit bei T_{amb}=39°C als Mitte zwischen 23°C und 55°C dargestellt, um den nichtlinearen Verlauf zu verdeutlichen.</i>
Eingangsimpedanz (Innenwiderstand)		<i>siehe Angabe im Spannungsmessbereich der Klemme</i>

Messunsicherheit für TC Typ U:



3.15 Start

Zur Inbetriebsetzung:

- Die Klemme ist, wie im Kapitel [Montage und Verdrahtung \[► 852\]](#) beschrieben, zu montieren
- Die Klemme ist in TwinCAT, wie im Kapitel Inbetriebnahme beschrieben, zu konfigurieren.

4 Inbetriebnahme

4.1 Hinweis zur Kurzdokumentation

HINWEIS

In dieser Kurzdokumentation sind in diesem Kapitel keine weiteren Informationen enthalten. Bitte wenden Sie sich an den für Sie zuständigen Beckhoff Vertrieb um die vollständige Dokumentation zu erhalten.

4.2 Einstellungen im CoE

4.2.1 Allgemeiner Zugriff auf Online CoE-Werte

Sehr viele funktionsentscheidenden Parameter der EtherCAT Klemmen/ Box-Module werden im sogenannten CoE-Verzeichnis im Gerät *online* verwaltet. Unter Umständen soll in der Inbetriebnahme auf einzelne oder mehrere Einträge im aktiven Gerät lesend oder schreibend zugegriffen werden. Das ist möglich:

- Durch den OnlineView in TwinCAT 3,
- durch einen PLC Zugriff lesend/schreibend über ADS und
- durch den TwinCAT TF6010 ADS Monitor

OnlineView in TwinCAT 3

Der einfachste Weg ist der OnlineZugriff in TwinCAT2/3: durch Doppelklick auf den Index/Subindex öffnet sich ein Editorfenster und ein Wert kann dezimal/ hexadezimal verändert und/ oder kopiert und - je nach Typ - auch zur Laufzeit beschrieben werden. Zu beachten dabei ist, dass der EtherCAT-Feldbus aktiv ist, das Gerät ansprechbar und „OnlineData“ sichtbar ist. Es kann nur auf einzelne Werte zugegriffen werden, ein sogenannten CompleteAccess ist nicht möglich.

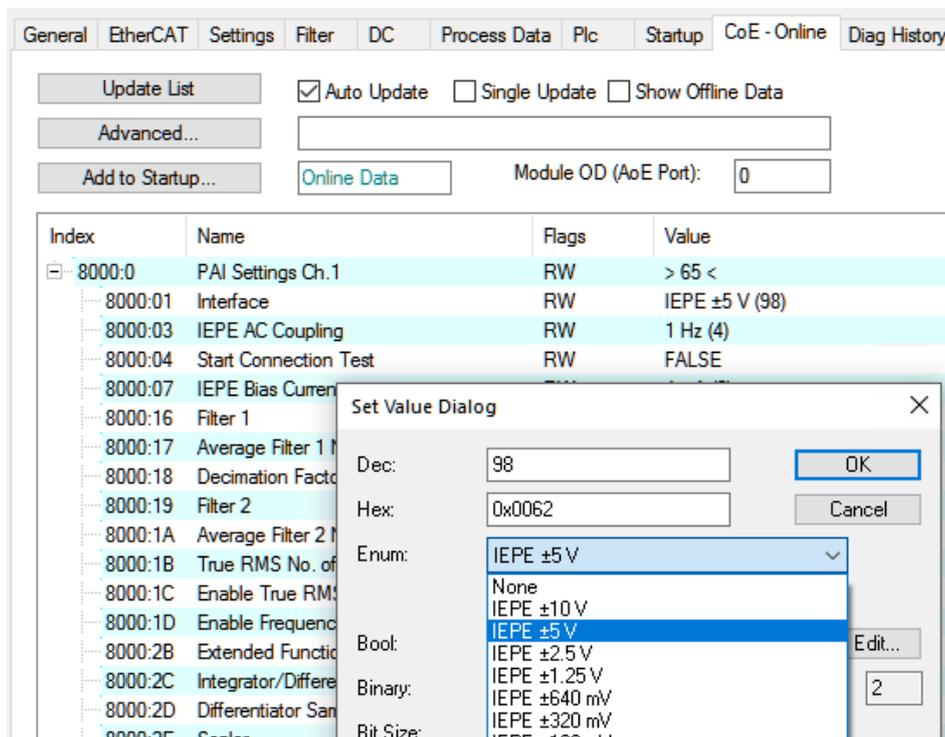


Abb. 196: Beispiel: Doppelklick auf das CoE-Objekt PAI-Settings, Index *Interface* des Kanals 1 einer ELM3xxx Klemme

PLC Zugriff

Sollen Werte gezielt zur Applikationslaufzeit geändert oder gelesen werden, können Funktionsblöcke (FBs) für den CoE-Zugriff der TwinCAT TC2_EtherCAT.lib genutzt werden. Siehe dazu auch die Beispielprogramme in dieser Dokumentation. Es ist Einzelzugriff und CompleteAccess möglich.

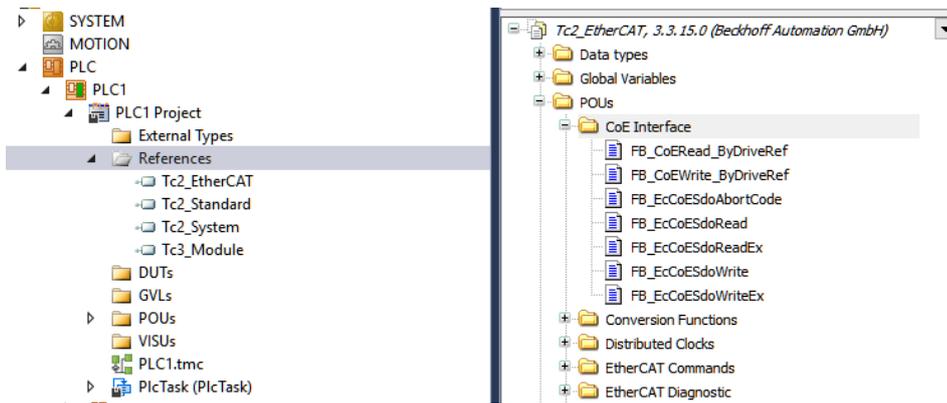


Abb. 197: Funktionsblöcke (FBs) für den CoE-Zugriff der TwinCAT TC2_EtherCAT.lib

TwinCAT TF6010 ADS Monitor

Der TF6010 ADS Monitor ist ein kostenloses Hilfsmittel von Beckhoff um ADS Kommunikation zu beobachten. Er kann genutzt werden, um CoE-Werte aus dem EtherCAT Gerät zu lesen oder zu beschreiben (Command Test). Es ist Einzelzugriff und CompleteAccess möglich.

Ein Beispiel: der TwinCAT 3 FilterDesigner TE1310 (bzw. das *FilterControl* auf der Klemme) erzeugen eine Reihe von Filterkoeffizienten für digitale Analogwertfilterung und senden diese in das Gerät.

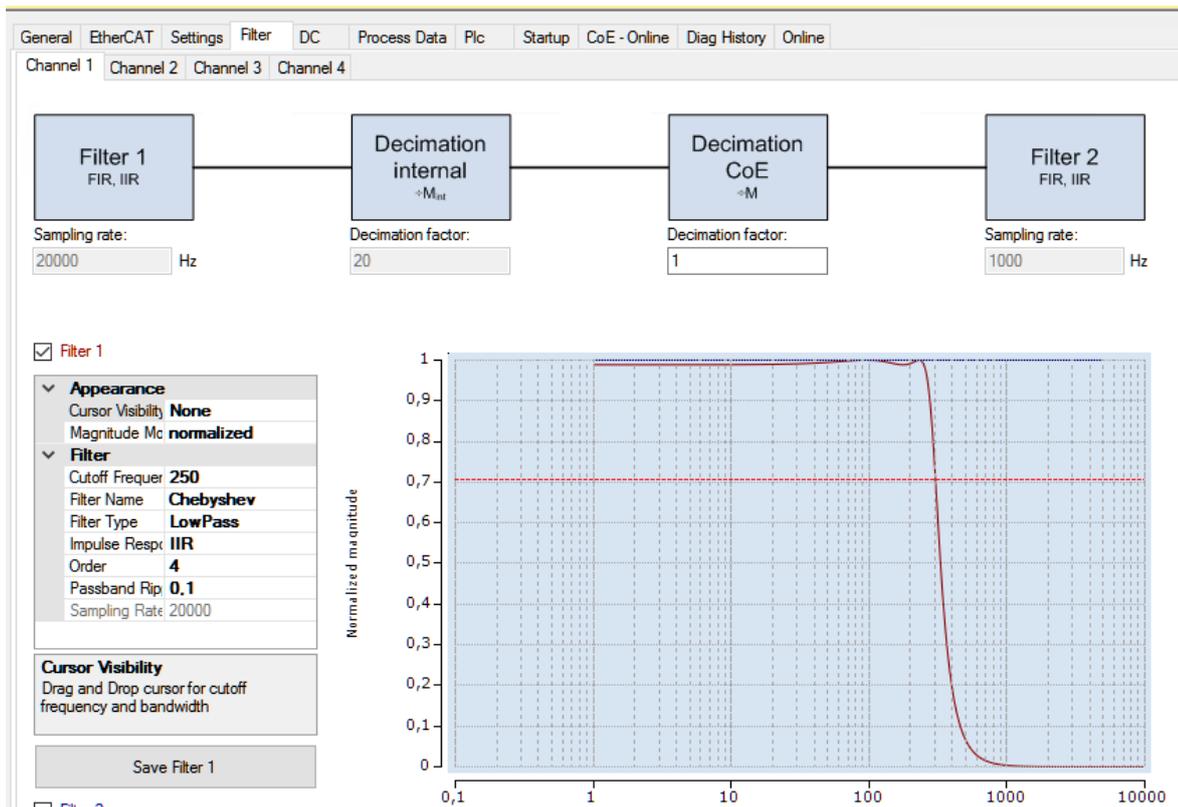


Abb. 198: TwinCAT FilterControl, eingebettet in den Konfigurationsdialog einer ELM3xxx-Klemme

Die 4-Byte-Koeffizienten sind auslesbar und durch den *OnlineView* auch kopier-/editierbar.

Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	PAI Settings Ch.1	RW	> 65 <	
8001:0	PAI Filter 1 Settings Ch. 1	RW	> 40 <	
8001:01	Filter Coefficient 1	RW	2130752	
8001:02	Filter Coefficient 2	RW	1073741824	
8001:03	Filter Coefficient 3	RW	2147483647	
8001:04	Filter Coefficient 4	RW	1073741824	
8001:05	Filter Coefficient 5	RW	-2095279771	
8001:06	Filter Coefficient 6	RW	1030159647	
8001:07	Filter Coefficient 7	RW	982354	
8001:08	Filter Coefficient 8	RW	1073741824	
8001:09	Filter Coefficient 9	RW	2147483647	
8001:0A	Filter Coefficient 10	RW	1073741824	
8001:0B	Filter Coefficient 11	RW	-2041166877	
8001:0C	Filter Coefficient 12	RW	971354471	
8001:0D	Filter Coefficient 13	RW	0	
8001:0E	Filter Coefficient 14	RW	0	
8001:0F	Filter Coefficient 15	RW	0	

Abb. 199: Filterkoeffizienten Nr. 1 bis 12 von Kanal 1 im CoE-Online einer EtherCAT Klemme ELM3602

Im Fall eines Gerätetauschs

Falls nach einem Gerätetausch die Koeffizienten wieder in das Neugerät geladen sollen/ müssen, können diese in einer StartUp-Liste hinterlegt werden:

Transition	Protocol	Index	Data	Comment
<PS>	CoE	0x1C12 C 0	00 00	download pdo 0x1C12 index
<PS>	CoE	0x1C13 C 0	09 00 00 1A 01 1A 10 1A ...	download pdo 0x1C13 index
PS	CoE	0x8000:07	4 mA (2)	IEPE Bias Current
IP	CoE	0x10F3:05	0x0001 (1)	
PS	CoE	0x8000:01	IEPE ±5 V (98)	Interface
PS	CoE	0x8000:18	0x0001 (1)	Decimation Factor
PS	CoE	0x8000:16	User defined IIR Filter (33)	Filter 1

Abb. 200: StartUp-Liste einer EtherCAT Klemme ELM3602, bereits teilweise per Direkteingabe modifiziert

Insgesamt können bei diesem Gerät bis zu 40 Koeffizienten (also 160 Byte) dort hinterlegt sein. Diese sollen nun „in einen Satz“ aus der Klemme gewonnen werden, alternativ könnten sie auch nacheinander händisch wie o.a. herauskopiert werden.

Nach Installation des TF6010 ADS Monitors von der Beckhoff Website kann er im Menü der Entwicklungsumgebung unter [TwinCAT] → [ADS Monitor] gestartet werden:

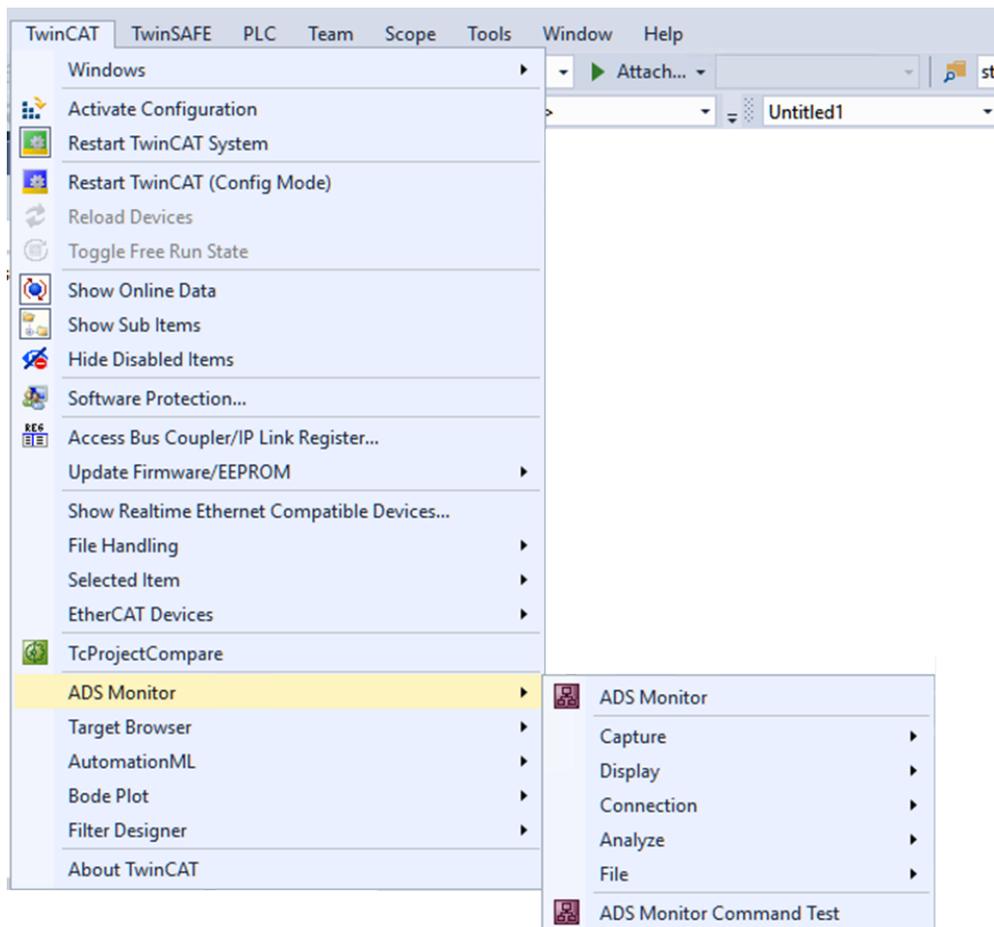


Abb. 201: Aufruf des ADS Monitors Command Test

Um auf das CoE der EtherCAT Klemme zugreifen zu können, ist „EtherCAT Adresse zu aktivieren, danach muss TwinCAT aktiviert bzw. neu gestartet werden.

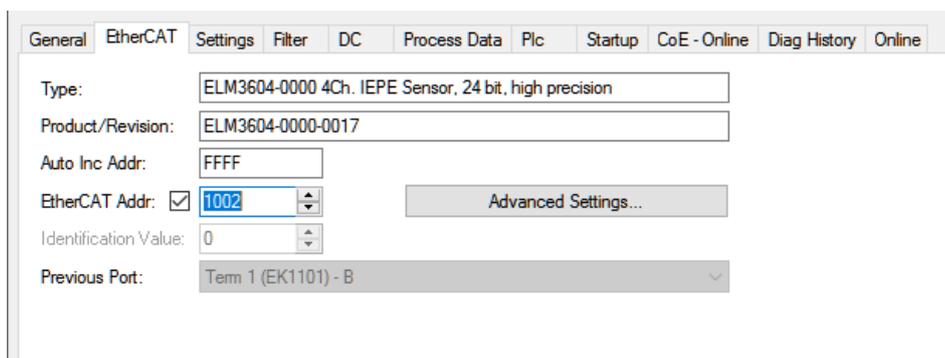
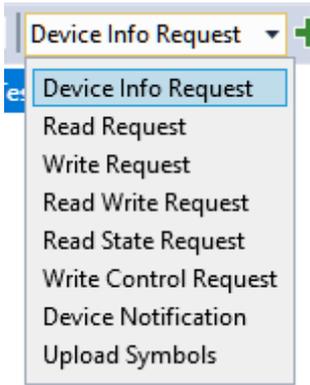


Abb. 202: Aktivierung von „EtherCAT Addr.“

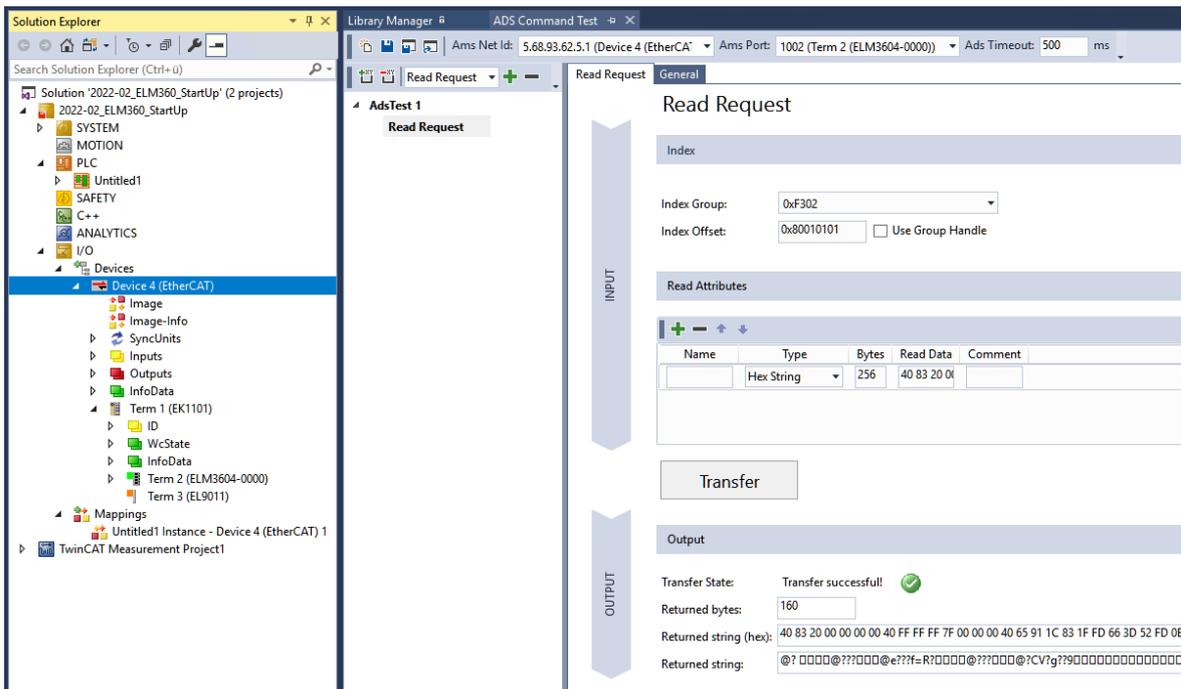
Im Dialog ist anzugeben:

- A: Ams Net ID des EtherCAT Masters
- B: als Port die EtherCAT Adresse des ‚Slave‘

- C: für das beabsichtigte Lesen ist ein ReadRequest anzufügen



- D: als ADS Index der Wert 0xF302 für den CoE-Bereich
- E: als ADS Offset mit acht Stellen zusammengesetzt
- erst der CoE Index, hier 0x8001
- dann der Subindex, hier 0x0101 also 257_{dez}
 0...0x00FF wären die regulären Subindize :01 bis :255 im CoE
 0x0100 ist ein CompleteAccess Zugriff inkl :00, liefert also die Größeninformation die in :00 steht mit (4 Byte)
 0x0101 ist ein CompleteAccess Zugriff ohne den Wert in :00
- F: das Lese-Ziel ist hier anzugeben, z.B. als INT oder WORD;
 nach erfolgreichem „Transfer“ stehen in
- G: die ausgelesenen Daten, hier also der komplette 0x8001 Inhalt



So können alle 160 Byte (40 Koeffizienten) auf einem Rutsch ausgelesen werden.

Der *Byte-Stream* (BLOP, „binary large object“):

[40 83 20 00 00 00 00 40...] ist dann umgedreht zu lesen:

- Subindex 01: 0x00 20 83 40 = 2130752_{dez}
- Subindex 02: 0x40 00 00 00 = 1073741824_{dez}
- ...

Was exakt den Werten aus Abbildung oben „Filterkoeffizienten Nr. 1 bis 12 von Kanal 1 im CoE-Online einer EtherCAT Klemme ELM3602“ entspricht. Die Werte können somit mittels eines Tabellenkalkulationsprogramms weiterverarbeitet und ggf. in ein eigens- generiertes Startup.xml eingebaut werden.

4.2.2 Vereinfachtes Handling der CoE-Parameter in ELM3xxx

HINWEIS

Verfügbarkeit der Funktion

Diese Funktion ist verfügbar

- ELM3002-00x0 ab FW07
- ELM3002-02x5 ab FW02
- ELM3004-00x0 ab FW09
- ELM3102-00x0 ab FW08
- ELM3104-00x0 ab FW08
- ELM3102-01x0 ab FW03
- ELM334x-00xx ab FW01
- ELM360x-00xx ab FW07

Die Geräte dieser Serie werden über das sogenannte CoE-Verzeichnis parametrierbar, z.B. hier ELM3602:

Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	PAI Settings Ch.1	RW	> 65 <	
8000:01	Interface	RW	IEPE ±5 V (98)	
8000:03	IEPE AC Coupling	RW	1 Hz (4)	
8000:04	Start Connection Test	RW	FALSE	
8000:07	IEPE Bias Current	RW	0 mA (0)	
8000:16	Filter 1	RW	None (0)	
8000:17	Average Filter 1 No of Samples	RW	0x0001 (1)	
8000:18	Decimation Factor	RW	0x0001 (1)	
8000:19	Filter 2	RW	None (0)	
8000:1A	Average Filter 2 No of Samples	RW	0x0001 (1)	
8000:1B	True RMS No. of Samples	RW	0x0001 (1)	
8000:1C	Enable True RMS	RW	FALSE	
8000:1D	Enable Frequency Counter	RW	FALSE	
8000:2B	Extended Functions	RW	Disabled (0)	
8000:2C	Integrator/Differentiator	RW	Off (0)	
8000:2D	Differentiator Samples Delta	RW	0x0001 (1)	
8000:2E	Scaler	RW	Extended Range (0)	
8000:2F	Lookup Table Length	RW	0x0064 (100)	
8000:30	Low Limiter	RW	-2147483648	
8000:31	High Limiter	RW	2147483647	
8000:32	Low Range Error	RW	-8388608	
8000:33	High Range Error	RW	8388607	
8000:34	Timestamp Correction	RW	-150000	ns
8000:40	Filter 1 Type Info	RW	N/A	
8000:41	Filter 2 Type Info	RW	N/A	

Dieses Verzeichnis liegt für jeden Kanal einzeln unter Index 0x8000 (Kanal 1), 0x8010 (Kanal 2) usw. vor. Zum schnellen und einfachen Bearbeiten der u.U. umfangreichen Parameter werden folgende Funktionen geboten:

- Setzen aller Kanäle auf „None“:
 Grundlegend für eine Kanalfunktion ist das Interface 0x80n0:01 [► 591]. Es kann per Command auf „None“ gesetzt werden: im CoE-Objekt 0xFB00:01, PAI Command: Request [► 598]

FB00:0	PAI Command	RO	> 3 <
FB00:01	Request	RW	00 00
FB00:02	Status	RO	0x00 (0)
FB00:03	Response	RO	00 00 00 00 00 00

ist folgender Wert einzutragen (Achtung Bytes werden gedreht):
 0x5100 für alle Kanäle zugleich
 Im Erfolgsfall meldet Response = „01“

- Kopieren aller Einstellungen von einem Kanal zum anderen:
im CoE-Objekt 0xFB00:01, PAI Command: Request [► 598]:

FB00:0	PAI Command	RO	> 3 <
FB00:01	Request	RW	00 00
FB00:02	Status	RO	0x00 (0)
FB00:03	Response	RO	00 00 00 00 00 00

ist folgender Wert einzutragen (Achtung: Bytes werden gedreht):

0x50sd: s = source Kanal, d = destination Kanal
mit 0=Kanal 1, 1=Kanal 2 usw., für d = „F“: Kanäle
Im Erfolgsfall meldet Response = „01“:

FB00:0	PAI Command	RO	> 3 <
FB00:01	Request	RW	12 50
FB00:02	Status	RO	0x01 (1)
FB00:03	Response	RO	01 00 00 00 00 00

4.2.3 ELM300x

4.2.3.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.3.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 ..10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.3.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.3.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle (nicht ELM3x4x):

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.3.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1] ²⁾		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

²⁾ verfügbar ab Revision -0020 für ELM3002 und ab Revision -0021 für ELM3004

4.2.3.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.3.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez}) 0x04 (4 _{dez}) ²⁾
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:04	Tara	Auslösen der Tara-Funktion bei jeder positiven Flanke ²⁾	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

²⁾ verfügbar ab Revision -0020 für ELM3002 und ab Revision -0021 für ELM3004

4.2.3.10 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 – None 1 - U ±30 V 2 - U ±10 V 3 - U ±5 V 4 - U ±2.5 V 5 - U ±1.25 V 6 - U ±640 mV 7 - U ±320 mV 8 - U ±160 mV 9 - U ±80 mV 10 - U ±40 mV 11 - U ±20 mV 14 - U 0..10 V 15 - U 0..5 V	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbruchererkennung/schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:06	Enable Autorange	Autorange (aktivieren/deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter			
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) 16 - FSV Range (REAL) ²⁾ <i>Optional:</i> 5 – Extended Functions	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:30	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	INT32	RW	0x80000000 (-2147483648 _{dez})
80n0:31	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	INT32	RW	0x7FFFFFFF (2147483647 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	ELM3xx2: 0xFFFFDB610 (-150000 _{dez}) ELM3xx4: 0xFFFFB6C20 (-300000 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

¹⁾ Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

²⁾ verfügbar ab Revision -0020 für ELM3002 und ab Revision -0021 für ELM3004

4.2.3.11 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.12 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.13 0x80n5 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n5:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n5:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n5:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.14 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.15 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET- STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET- STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.16 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

Hinweis:

Subindices 03 und 04 sind bei ELM3004-0000-0016 wie folgt angeordnet:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:03	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.17 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		„Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.			
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.3.18 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x8F (143 _{dez})
90nF:01	Vendor U ±30 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:02	Vendor U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor U ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:07	Vendor U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:08	Vendor U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:81	User U ±30 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User U ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:85	User U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:88	User U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:89	User U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.3.19 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.3.20 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.21 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.3.22 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.3.23 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.3.24 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 589]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.3.25 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$$

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM3002	02	-0017
ELM3004	03	-0018

4.2.3.26 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.4 ELM3002-0205

4.2.4.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.4.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.4.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.4.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle (nicht ELM3x4x):

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.4.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.4.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x05 (5 _{dez})
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:04	Tara	Auslösen der Tara-Funktion bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:05	Input Freeze	Einfrieren des letzten Eingangswertes bei jeder positiven Flanke, solange nachfolgend „True“ gesetzt bleibt	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

4.2.4.10 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 1303 - U ±1200 V 1313 - U ±600 V 1321 - U ±360 V 1351 - U ±60 V 1376 - U ±1200 V with Extended Overrange	UINT16	RW	0x0517 (1303 _{dez})
80n0:0A	Analog Front-End Configuration	0 - Low-Latency 1 - Low-Ripple	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) 5 - Extended Function 16 - FSV Range (REAL)			
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0xFFFF15A0 (-60000 _{dez})
80n0:35	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0xFF7FFFFFFD (-3.4028231e+38)
80n0:36	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0x7F7FFFFFFD (3.4028231e+38)
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

4.2.4.11 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.12 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.13 0x80n6 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n6:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n6:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n6:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.14 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.15 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.16 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

Hinweis:

Subindizes 03 und 04 sind bei ELM3004-0000-0016 wie folgt angeordnet:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:03	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.17 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.4.18 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x86 (134 _{dez})
90nF:02	Vendor U ±1200 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U ±600 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor U ±360 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor U ±60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor U ±1200 V with Extended Overrange		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ±1200 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U ±600 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User U ±360 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:85	User U ±60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User U ±1200 V with Extended Overrange		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.4.19 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.4.20 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.21 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.4.22 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.4.23 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.4.24 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 599]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.4.25 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM3002	02	-0017
ELM3004	03	-0018

4.2.4.26 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.5 ELM310x

4.2.5.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.5.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.5.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.5.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.5.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1] ²⁾		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

²⁾ verfügbar ab Revision -0020

4.2.5.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.5.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez}) 0x04 (4 _{dez}) ²⁾
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:04	Tara	Auslösen der Tara-Funktion bei jeder positiven Flanke ²⁾	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

²⁾ verfügbar ab Revision -0020

4.2.5.10 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 – None 17 - I ±20 mA 18 - I 0..20 mA 19 - I 4..20 mA 20 - I 4..20 mA NAMUR	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbruchererkennung/schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) 16 - FSV Range (REAL) ²⁾ <i>Optional:</i> 5 – <i>Extended Functions</i>	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:30	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	INT32	RW	0x80000000 (-2147483648 _{dez})
80n0:31	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	INT32	RW	0x7FFFFFFF (2147483647 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	ELM3xx2: 0xFFFFDB610 (-150000 _{dez}) ELM3xx4: 0xFFFFB6C20 (-300000 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

1) Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

2) verfügbar ab Revision -0020

4.2.5.11 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.12 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.13 0x80n5 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n5:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n5:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n5:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.14 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.15 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.16 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.5.17 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.			
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.5.18 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x94 (148 _{dez})
90nF:11	Vendor I ±20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor I 0...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor I 4...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor I 4...20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User I ±20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User I 0...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User I 4...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User I 4...20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.5.19 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.5.20 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.21 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.5.22 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.5.23 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.5.24 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 608]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.5.25 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$$

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM310x	02	-0017

4.2.5.26 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.6 ELM3102-0100

4.2.6.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.6.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.6.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.6.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.6.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1] ²⁾		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

²⁾ verfügbar ab Revision -0017

4.2.6.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.6.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez}) 0x04 (4 _{dez}) ²⁾
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:04	Tara	Auslösen der Tara-Funktion bei jeder positiven Flanke ²⁾	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

²⁾ verfügbar ab Revision -0017

4.2.6.10 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 - None 1 - U ±60 V 2 - U ±10 V 3 - U ±5 V 4 - U ±2.5 V 5 - U ±1.25 V 6 - U ±640 mV 7 - U ±320 mV 8 - U ±160 mV 9 - U ±80 mV 10 - U ±40 mV 11 - U ±20 mV 14 - U 0..10 V 15 - U 0..5 V 17 - I ±20 mA 18 - I 0..20 mA 19 - I 4..20 mA 20 - I 4..20 mA NAMUR	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbruchererkennung/ schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:06	Enable Autorange	Autorange (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) 16 - FSV Range (REAL) ²⁾ <i>Optional:</i> 5 – <i>Extended Functions</i>	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:30	Low Limiter	Kleinster PDO Ausgabewert	INT32	RW	0x80000000 (-2147483648 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:31	High Limiter	Größter PDO Ausgabewert	INT32	RW	0x7FFFFFFF (2147483647 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0xFFFFDB610 (-150000 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

1) Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

2) verfügbar ab Revision -0017

4.2.6.11 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.12 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.13 0x80n5 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n5:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n5:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n5:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.14 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.15 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.16 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.6.17 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.			
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.6.18 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x94 (148 _{dez})
90nF:01	Vendor U ±60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:02	Vendor U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor U ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:07	Vendor U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:08	Vendor U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:11	Vendor I ±20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:81	User U ±60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User U ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:85	User U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:88	User U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:89	User U ± 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User U ± 40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User U ± 20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User I ± 20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.6.19 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	0x0002 (2 _{dez})

4.2.6.20 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.21 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.6.22 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.6.23 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.6.24 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätzustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 617]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.6.25 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$$

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM310x	02	-0017

4.2.6.26 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.7 ELM314x

4.2.7.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.7.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.7.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1 =$ Kanalnummer; $m+1 =$ max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.7.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1 =$ Kanalnummer; $m+1 =$ max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:20	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.5 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.6 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.7.7 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

4.2.7.8 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 2 - U ±10 V 3 - U ±5 V 4 - U ±2.5 V 5 - U ±1.25 V 14 - U 0..10 V 15 - U 0..5 V 17 - I ±20 mA 18 - I 0..20 mA 19 - I 4..20 mA 20 - I 4..20 mA NAMUR	UINT16	RW	0x0002 (2 _{dez})
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbrucherkennung/schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:06	Enable Autorange	Autorange (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:09	Disable Offset Compensation	Offset Kompensation (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		3 - FIR LP 100 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter			
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) Optional: 5 – Extended Functions	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:30	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	INT32	RW	0x80000000 (-2147483648 _{dez})
80n0:31	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	INT32	RW	0x7FFFFFFF (2147483647 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

¹⁾ Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

4.2.7.9 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.10 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.11 0x80n5 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n5:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n5:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n5:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.12 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.13 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET- STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET- STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.14 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.7.15 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.			
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.7.16 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x94 (148 _{dez})
90nF:02	Vendor U ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U ± 5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor U ± 2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor U ± 1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:11	Vendor I ± 20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor I 0...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor I 4...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor I 4...20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U ± 5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User U ± 2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:85	User U ± 1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User I ± 20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User I 0...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User I 4...20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User I 4...20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.7.17 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.7.18 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.19 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.7.20 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.7.21 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.7.22 0xF800 PAI Settings Device

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F800:0	PAI Settings Device		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
F800:01	Connect Up- to GNDA	TRUE: Up- mit GNDA verbunden	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)

4.2.7.23 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:20	Status Up	Up Zustand	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 626]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.7.24 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$$

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM314x	01	-0016

4.2.7.25 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.8 ELM334x

4.2.8.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.8.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.8.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.8.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:20	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.5 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:20	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.6 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.7 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.8.8 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x09 (9 _{dez})
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:09	Invalidate	Externe Abschaltung des Kanals	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

4.2.8.9 0x70n1 PAI TC Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n1:0	PAI TC Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
70n1:01	Cold Junction Temperature	Kaltstellentemperatur [°C]	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.10 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 - None 7 - U ±320 mV 9 - U ±80 mV 10 - U ±40 mV 11 - U ±20 mV 81 - TC 80 mV 86 - TC CJC	UINT16	RW	0x0056 (86 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbruchererkennung/schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:05	Coldjunction Compensation	0 - Intern 1 - None 2 - Extern Processdata 3 - Fix Value	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
80n0:09	Disable Offset Compensation	Offset Kompensation (aktivieren/deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:0A	Enable Common Mode Measure	Aktiviert die Gleichtaktspannungsmessung. Bei TRUE wird im 320 mV-Messmodus die Gleichtaktspannung gemessen und über die PDOs ausgegeben.	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:15	TC Element	0 - None 1 - K -270...1372°C 2 - J -210...1200°C 3 - L -50...900°C 4 - E -270...1000°C 5 - T -270...400°C 6 - N -270...1300°C 7 - U -50...600°C 8 - B 200...1820°C 9 - R -50...1768°C 10 - S -50...1768°C 11 - C 0...2320°C 13 - D 0...2490°C 14 - G 1000...2300°C 15 - P (PLII) 0...1395°C 16 - Au/Pt 0...1000°C 17 - Pt/Pd 0...1500°C 18 - A-1 0...2500°C 19 - A-2 0...1800°C 20 - A-3 0...1800°C	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 - None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 - None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 - Disabled	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 - Off 1 - Integrator 1x 2 - Integrator 2x 3 - Differentiator 1x 4 - Differentiator 2x	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) 5 – Extended Function 6 - Temperature Celsius 7 - Temperature Kelvin 8 - Temperature Fahrenheit 16 - FSV Range (REAL)	UINT16	RW	0x0006 (6 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFFFFBE150 (-270000 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x0014EF60 (1372000 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:35	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0xFF7FFFFD (-3.4028231e+38)
80n0:36	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0x7F7FFFFD (3.4028231e+38)
80n0:3C	TC CJ Value	Wert der Kaltstelle	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3D	Cyclic Connection Test Interval	Intervall für die zyklische Drahtbruchererkennung (Verdrahtungstest...). Das Intervall wird in Millisekunden angegeben. 0=deaktiviert, es wird keine zyklische Erkennung durchgeführt.	UINT32	RW	0x00002710 (10000 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

4.2.8.11 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.12 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.13 0x80n6 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n6:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n6:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n6:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.14 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.15 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.16 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:01	Connector Temperature	Temperatur an den Anschlüssen	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:06	TC Element Value	Temperaturwert vom Thermoelement nach Umrechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.8.17 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.8.18 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0xD6 (214 _{dez})
90nF:07	Vendor U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:51	Vendor TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:56	Vendor TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:89	User U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:D1	User TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:D6	User TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.8.19 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.8.20 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.21 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.8.22 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.8.23 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.8.24 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [▶ 635]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.8.25 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$

4.2.8.26 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird			
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.9 ELM350x

4.2.9.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.9.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 ..10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.9.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.9.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.9.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.9.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez}) 0x04 (4 _{dez}) ¹⁾
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:03	Sensor Supply Disable	Sensor-Versorgung abgeschaltet ¹⁾	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:04	Tara	Auslösen der Tara-Funktion bei jeder positiven Flanke ¹⁾	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

¹⁾ ab Revision -0020

4.2.9.10 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 – None 2 - U ±10 V 9 - U ±80 mV 14 – U 0..10 V 42 - PT1000 2Wire 43 - PT1000 3Wire 44 - PT1000 4Wire 65 - Poti 3Wire 66 - Poti 5Wire weitere.. > 657	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:02	Sensor Supply	Sensor – Versorgung: 0 - 0.0 V 2 - 1.0 V 3 - 1.5 V 4 - 2.0 V 5 - 2.5 V 6 - 3.0 V 7 - 3.5 V 8 - 4.0 V 9 - 4.5 V 10 - 5.0 V 65535 - External Supply	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbrucherkennung/schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:08	Enable Shunt Calibration	Shunt Kalibrierung (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:13	Wire Resistance Compensation	Leitungswiderstand-Kompensation	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter			
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1E	Reset Load Cycle Counter	Rücksetzen des „Load Cycle Counter“	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv 1 - Load Cell Analysis	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) 5 – Extended Function 6 - Temperature Celsius ²⁾ 7 - Temperature Kelvin ²⁾ 8 - Temperature Fahrenheit ²⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	ELM3xx2: 0xFFFFDB610 (-150000 _{dez}) ELM3xx4: 0xFFFFB6C20 (-300000 _{dez})
80n0:35	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0xFF7FFFFD (-3.4028231e+38)
80n0:36	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0x7F7FFFFD (3.4028231e+38)
80n0:37	Bridge Resistance	Brückenwiderstand	REAL32	RW	0x43AF0000 (350.0)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:38	Wire Resistance neg. Supply	Leitungswiderstand neg. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:39	Wire Resistance pos. Supply	Leitungswiderstand pos. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3A	Low Load Cycle Limit	Zyklus - Unterlastbegrenzung	REAL32	RW	0xFF7FFFFD (-3.4028231e+38)
80n0:3B	High Load Cycle Limit	Zyklus - Überlastbegrenzung	REAL32	RW	0x7F7FFFFD (3.4028231e+38)
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

1) Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

2) verfügbar ab Revision -0019

4.2.9.11 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.12 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.13 0x80n6 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n6:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder Lookup-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n6:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder Lookup x-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder Lookup y-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:03	Scaler Value 3	Lookup x-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:04	Scaler Value 4	Lookup y-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n6:63	Scaler Value 99	Lookup x-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:64	Scaler Value 100	Lookup y-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.14 0x80nA PAI Extended Settings Ch.[n+1]

**0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle
(Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“)**

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nA:0	PAI Extended Settings Ch.[n+1]	Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“	UINT8	RO	0x05 (5 _{dez})
80nA:01	Sensitivity (Compression)	Empfindlichkeit (mech. Kompression)	REAL32	RW	0x40000000 (2.0)
80nA:02	Sensitivity (Tension)	Empfindlichkeit (mech. Spannung)	REAL32	RW	0xC0000000 (-2.0)
80nA:03	Zero Balance	Nullabgleich	REAL32	RW	0x00000000 (0.0)
80nA:04	Maximum Capacity	Maximale Kapazität	REAL32	RW	0x40A00000 (5.0)
80nA:05	Gravity of Earth	Erdgravitation	REAL32	RW	0x411CE80A (9.8066502)

4.2.9.15 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.16 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.17 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:05	Resistor Value	Widerstandswert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.9.18 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:10	Load Cycle Counter	Lastwechsel-Zähler	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.9.19 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0xC4 (196 _{dez})
90nF:01	Vendor U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:02	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor PT1000 2Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor PT1000 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor PT1000 4Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:07	Vendor Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:08	Vendor Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0C	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0D	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:10	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:11	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:15	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:16	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:17	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:18	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:19	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1A	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1B	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1C	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1D	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1E	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1F	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:20	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:21	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:22	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:23	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:24	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:25	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:26	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:27	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:28	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:29	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2A	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2B	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2C	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2D	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2E	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2F	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:30	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:31	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:32	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:33	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:34	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:35	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:36	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:37	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:38	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:39	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3A	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3B	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3C	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3D	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3E	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3F	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:40	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:41	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:42	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:43	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:44	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:81	User U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User PT1000 2Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:85	User PT1000 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User PT1000 4Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:88	User Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:89	User SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8C	User SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8D	User SG Full-Bridge 4Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:90	User SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User SG Full-Bridge 6Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:95	User SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:96	User SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:97	User SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:98	User SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:99	User SG Half-Bridge 3Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9A	User SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9B	User SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9C	User SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9D	User SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9E	User SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9F	User SG Half-Bridge 5Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A0	User SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A1	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A2	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A3	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A4	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A5	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A6	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A7	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A8	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A9	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AA	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AB	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AC	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:AD	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AE	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AF	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B0	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B1	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B2	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B3	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B4	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B5	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B6	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B7	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B8	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B9	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BA	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BB	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BC	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BD	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BE	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BF	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C0	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C1	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C2	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C3	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C4	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.9.20 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.9.21 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.22 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.9.23 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.9.24 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.9.25 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 644]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.9.26 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM350x	01	-0016

4.2.9.27 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.9.28 0x80n0:01 PAI Settings.Interface

ELM350x/ELM354x: 0x80n0:01 PAI Settings.Interface (0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle) - Fortsetzung

Index (hex)	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:01	Auswahl der Messkonfiguration (Fortsetzung): 0x80n0 PAI Settings 646 ... ELM35xx: 259 - SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V 260 - SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V compensated 261 - SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V 262 - SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V compensated 263 - SG Full-Bridge 4Wire 8 mV/V 268 - SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V 291 - SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V 292 - SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V compensated 293 - SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V 294 - SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V compensated 295 - SG Full-Bridge 6Wire 8 mV/V 300 - SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V 323 - SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V 324 - SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V compensated 325 - SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V 326 - SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V compensated	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
	327 - SG Half-Bridge 3Wire 8 mV/V 329 - SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V 355 - SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V 356 - SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V compensated 357 - SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V 358 - SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V compensated 359 - SG Half-Bridge 5Wire 8 mV/V 361 - SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V 388 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated 389 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V 390 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated 391 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V 396 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V 420 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated 422 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated 423 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V 428 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V 452 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated 454 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated 455 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V 460 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V 484 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated 486 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated 487 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V 492 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V 516 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated 518 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated 519 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V 524 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V 548 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated 550 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated 551 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V 556 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V (387-549: nur vorhanden in ESI Revision 0016/0017, nicht funktional implementiert)			

4.2.10 ELM354x

4.2.10.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.10.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.10.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.10.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:20	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.5 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:20	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.6 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.7 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.10.8 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

4.2.10.9 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 - None 2 - U ±10 V 9 - U ±80 mV 14 - U 0..10 V 42 - PT1000 2Wire 43 - PT1000 3Wire 44 - PT1000 4Wire 65 - Poti 3Wire 66 - Poti 5Wire weitere.. > 672	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:02	Sensor Supply	Sensor – Versorgung: 0 - 0.0 V 2 - 1.0 V 3 - 1.5 V 4 - 2.0 V 5 - 2.5 V 6 - 3.0 V 7 - 3.5 V 8 - 4.0 V 9 - 4.5 V 10 - 5.0 V 11 - 5.5 V 12 - 6.0 V 13 - 6.5 V 14 - 7.0 V 15 - 7.5 V 16 - 8.0 V 17 - 8.5 V 18 - 9.0 V 19 - 9.5 V 20 - 10.0 V 21 - 10.5 V 22 - 11.0 V 23 - 11.5 V 24 - 12.0 V 25 - 12.5 V (FDO)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		26 - 13.0 V (FDO) 27 - 13.5 V (FDO) 28 - 14.0 V (FDO) 65535 - External Supply			
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbrucherkennung/ schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:08	Enable Shunt Calibration	Shunt Kalibrierung (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:09	Disable Offset Compensation	Offset Kompensation (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:13	Wire Resistance Compensation	Leitungswiderstand-Kompensation	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1E	Reset Load Cycle Counter	Rücksetzen des „Load Cycle Counter“	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv 1 – Load Cell Analysis	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) 5 – Extended Function 6 - Temperature Celsius 7 - Temperature Kelvin 8 - Temperature Fahrenheit			
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:35	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0xFF7FFFFD (-3.4028231e+38)
80n0:36	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0x7F7FFFFD (3.4028231e+38)
80n0:37	Bridge Resistance	Brückenwiderstand	REAL32	RW	0x43AF0000 (350.0)
80n0:38	Wire Resistance neg. Supply	Leitungswiderstand neg. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:39	Wire Resistance pos. Supply	Leitungswiderstand pos. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3A	Low Load Cycle Limit	Zyklus - Unterlastbegrenzung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3B	High Load Cycle Limit	Zyklus - Überlastbegrenzung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

1) Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

4.2.10.10 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.11 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.12 0x80n6 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n6:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n6:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n6:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.13 0x80nA PAI Extended Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle
(Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nA:0	PAI Extended Settings Ch.[n+1]	Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“	UINT8	RO	0x05 (5 _{dez})
80nA:01	Sensitivity (Compression)	Empfindlichkeit (mech. Kompression)	REAL32	RW	0x40000000 (2.0)
80nA:02	Sensitivity (Tension)	Empfindlichkeit (mech. Spannung)	REAL32	RW	0xC0000000 (-2.0)
80nA:03	Zero Balance	Nullabgleich	REAL32	RW	0x00000000 (0.0)
80nA:04	Maximum Capacity	Maximale Kapazität	REAL32	RW	0x40A00000 (5.0)
80nA:05	Gravity of Earth	Erdgravitation	REAL32	RW	0x411CE80A (9.8066502)

4.2.10.14 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.15 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.16 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.10.17 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand, der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:10	Load Cycle Counter	Lastwechsel-Zähler	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface)	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.			

4.2.10.18 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0xC4 (196 _{dez})
90nF:01	Vendor U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:02	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor PT1000 2 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor PT1000 3 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor PT1000 4 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:07	Vendor Poti 3 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:08	Vendor Poti 5 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0C	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0D	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:10	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:11	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:15	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:16	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:17	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:18	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:19	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1A	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1B	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1C	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1D	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1E	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:1F	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:20	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:21	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:22	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:23	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:24	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:25	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:26	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:27	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:28	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:29	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2A	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2B	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2C	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2D	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2E	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2F	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:30	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:31	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:32	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:33	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:34	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:35	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:36	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:37	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:38	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:39	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3A	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3B	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3C	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3D	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3E	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3F	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:40	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:41	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:42	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:43	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:44	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:81	User U ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ± 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User PT1000 2 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:85	User PT1000 3 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User PT1000 4 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User Poti 3 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:88	User Poti 5 Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:89	User SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8C	User SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8D	User SG Full-Bridge 4Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:90	User SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User SG Full-Bridge 6Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:95	User SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:96	User SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:97	User SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:98	User SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:99	User SG Half-Bridge 3Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9A	User SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9B	User SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9C	User SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9D	User SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9E	User SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9F	User SG Half-Bridge 5Wire 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A0	User SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A1	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A2	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A3	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A4	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:A5	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A6	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A7	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A8	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A9	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AA	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AB	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AC	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AD	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AE	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AF	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B0	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B1	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B2	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B3	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B4	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B5	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B6	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B7	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B8	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B9	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BA	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BB	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BC	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BD	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BE	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BF	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C0	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C1	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C2	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C3	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C4	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.10.19 0xB0n1 PAI TEDS Interface Ch.[n+1] (nur ELM3542)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
B0n1:0	PAI TEDS Interface Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x08 (8 _{dez})
B0n1:01	Request	Kommandos an die ELM-Klemme	OCTET-STRING[4]	RW	{0}
B0n1:02	Status	CC = status code LL = Datenlänge	OCTET-STRING[2]	RO	{0}
B0n1:03	Family code	URN (Unique Registration Number)	OCTET-STRING[1]	RW	{0}
B0n1:05	Serial number		OCTET-STRING[6]	RW	{0}
B0n1:07	CRC		OCTET-STRING[1]	RW	{0}
B0n1:08	TEDS data	TEDS-Inhalt	OCTET-STRING[128]	RW	{0}

4.2.10.20 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.10.21 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.22 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.10.23 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.10.24 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.10.25 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätzustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:20	Status Up	Up Zustand	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 659]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.10.26 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

m = (2 · Anzahl Kanäle) + 1

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM350x	01	-0016

4.2.10.27 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.10.28 0x80n0:01 PAI Settings.Interface

ELM350x/ELM354x: 0x80n0:01 PAI Settings.Interface (0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle) - Fortsetzung

Index (hex)	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:01	Auswahl der Messkonfiguration (Fortsetzung): 0x80n0 PAI Settings [► 660] ... ELM35xx: 259 - SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V 260 - SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V compensated 261 - SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V 262 - SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V compensated 263 - SG Full-Bridge 4Wire 8 mV/V 268 - SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V 291 - SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V 292 - SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V compensated 293 - SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V 294 - SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V compensated 295 - SG Full-Bridge 6Wire 8 mV/V 300 - SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V 323 - SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V 324 - SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V compensated 325 - SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V 326 - SG Half-Bridge 3Wire 4 mV/V compensated 327 - SG Half-Bridge 3Wire 8 mV/V 329 - SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V 355 - SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V 356 - SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V compensated 357 - SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V 358 - SG Half-Bridge 5Wire 4 mV/V compensated 359 - SG Half-Bridge 5Wire 8 mV/V 361 - SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V 388 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated 389 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V 390 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated 391 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V 396 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V 420 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated 422 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated 423 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V 428 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V 452 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated 454 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated 455 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V 460 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V 484 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated 486 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated 487 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V 492 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V 516 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated 518 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated 519 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V 524 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V 548 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated 550 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated 551 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V 556 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V (387-549: nur vorhanden in ESI Revision 0016/0017, nicht funktional implementiert)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

4.2.11 ELM360x

4.2.11.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.11.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.11.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.11.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle (nicht ELM3x4x):

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.11.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1] ²⁾		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

²⁾ verfügbar ab Revision -0019

4.2.11.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.11.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez}) 0x04 (4 _{dez}) ²⁾
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder positiven Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:04	Tara	Auslösen der Tara-Funktion bei jeder positiven Flanke ²⁾	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

²⁾ verfügbar ab Revision -0019

4.2.11.10 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 – Keine Auswahl 97 - IEPE ±10 V 98 - IEPE ±5 V 99 - IEPE ±2.5 V 100 - IEPE ±1.25 V 101 - IEPE ±640 mV 102 - IEPE ±320 mV 103 - IEPE ±160 mV 104 - IEPE ±80 mV 105 - IEPE ±40 mV 106 - IEPE ±20 mV 107 - IEPE 0..20 V 108 - IEPE 0..10 V	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:03	IEPE AC Coupling	0 - Off (DC Coupling) 1 - 0.001 Hz 2 - 0.01 Hz 3 - 0.1 Hz 4 - 1 Hz 5 - 10 Hz	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbruchererkennung/ schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:07	IEPE Bias Current	0 - 0 mA 1 - 2 mA 2 - 4 mA	BIT4	RW	0x00 (0 _{dez})
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz ³⁾ 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter			
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS (erweiterter Maximalwerte)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – nicht aktiv	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾ 12 - Integrator 1x (0.01Hz Drift Compensated) ²⁾ 13 - Integrator 2x (0.01Hz Drift Compensated) ²⁾ 14 - Integrator 1x (0.1Hz Drift Compensated) ²⁾ 15 - Integrator 2x (0.1Hz Drift Compensated) ²⁾ 16 - Integrator 1x (1Hz Drift Compensated) ²⁾ 17 - Integrator 2x (1Hz Drift Compensated) ²⁾ 101 - Integrator 1x (Alternative 1) ²⁾ 102 - Integrator 2x (Alternative 1) ²⁾ 103 - Differentiator 1x (Alternative 1) ²⁾ 104 - Differentiator 2x (Alternative 1) ²⁾ 112 - Integrator 1x (0.01Hz Drift Comp.)(Alt. 1) ²⁾ 113 - Integrator 2x (0.01Hz Drift Comp.)(Alt. 1) ²⁾ 114 - Integrator 1x (0.1Hz Drift Comp.)(Alt. 1) ²⁾ 115 - Integrator 2x (0.1Hz Drift Comp.)(Alt. 1) ²⁾ 116 - Integrator 1x (1Hz Drift Comp.)(Alt. 1) ²⁾ 117 - Integrator 2x (1Hz Drift Comp.)(Alt. 1) ²⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 5000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:30	Low Limiter	Kleinster PDO Ausgabewert	INT32	RW	0x80000000 (-2147483648 _{dez})
80n0:31	High Limiter	Größter PDO Ausgabewert	INT32	RW	0x7FFFFFFF (2147483647 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	ELM3602: 0xFFFF15A0 (-60000 _{dez}) ELM3604: 0xFFFFDB610 (-150000 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

- 1) Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung
- 2) Funktion steht erst ab Revision -0019/ FW07 zur Verfügung
- 3) Funktion steht nur in der vier-Kanal-Variante zur Verfügung

4.2.11.11 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.12 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.13 0x80n5 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n5:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n5:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n5:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n5:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.14 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.15 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.16 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:20	DC Bias Voltage	DC Vorspannung im AC Betrieb	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.11.17 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.			
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.11.18 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0xEC (236 _{dez})
90nF:61	Vendor IEPE ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:62	Vendor IEPE ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:63	Vendor IEPE ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:64	Vendor IEPE ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:65	Vendor IEPE ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:66	Vendor IEPE ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:67	Vendor IEPE ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:68	Vendor IEPE ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:69	Vendor IEPE ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:6A	Vendor IEPE ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:6B	Vendor IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:6C	Vendor IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E1	User IEPE ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E2	User IEPE ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E3	User IEPE ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E4	User IEPE ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E5	User IEPE ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E6	User IEPE ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E7	User IEPE ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E8	User IEPE ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:E9	User IEPE ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:EA	User IEPE ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:EB	User IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:EC	User IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.11.19 0xB0n1 PAI TEDS Interface Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
B0n1:0	PAI TEDS Interface Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x08 (8 _{dez})
B0n1:01	Request	Kommandos an die ELM-Klemme	OCTET-STRING[4]	RW	{0}
B0n1:02	Status	CC = status code LL = Datenlänge	OCTET-STRING[2]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
B0n1:03	Family code	URN (Unique Registration Number)	OCTET-STRING[1]	RW	{0}
B0n1:05	Serial number		OCTET-STRING[6]	RW	{0}
B0n1:07	CRC		OCTET-STRING[1]	RW	{0}
B0n1:08	TEDS data	TEDS-Inhalt	OCTET-STRING[128]	RW	{0}

4.2.11.20 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.11.21 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.22 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.11.23 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.11.24 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.11.25 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 673]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.11.26 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

$$m = (2 \cdot \text{Anzahl Kanäle}) + 1$$

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM360x	03	-0017

4.2.11.27 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.12 ELM370x, ELM3704-0001, ELM3704-1001

4.2.12.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.12.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.12.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.12.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle (nicht ELM3x4x):

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.12.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.12.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x09 (9 _{dez})
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:03	Sensor Supply Disable	Sensor-Versorgung abgeschaltet ²⁾	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:09	Invalidate	Externe Abschaltung des Kanals	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

²⁾ verfügbar ab Revision -0017

4.2.12.10 0x70n1 PAI TC Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n1:0	PAI TC Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
70n1:01	Cold Junction Temperature	Kaltstellentemperatur [°C]	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.11 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 - None 1 - U ±60 V 2 - U ±10 V 3 - U ±5 V 4 - U ±2.5 V 5 - U ±1.25 V 6 - U ±640 mV 7 - U ±320 mV 8 - U ±160 mV 9 - U ±80 mV 10 - U ±40 mV 11 - U ±20 mV 14 - U 0..10 V 15 - U 0..5 V 17 - I ±20 mA 18 - I 0..20 mA 19 - I 4..20 mA 20 - I 4..20 mA NAMUR weitere.. ▶ 700]	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:02	Sensor Supply	Sensor – Versorgung: 0 - 0.0 V 1 - 0.5 V 2 - 1.0 V 3 - 1.5 V 4 - 2.0 V 5 - 2.5 V 6 - 3.0 V 7 - 3.5 V 8 - 4.0 V 9 - 4.5 V 10 - 5.0 V 65534 - Local Control 65535 - External Supply	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:03	IEPE AC Coupling	0 - Off (DC Coupling) 1 - 0.001 Hz 2 - 0.01 Hz 3 - 0.1 Hz 4 - 1 Hz 5 - 10 Hz	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbruchererkennung/ schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:05	Coldjunction Compensation	0 - Intern 1 - None 2 - Extern Processdata 3 - Fix Value	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
80n0:06	Enable Autorange	Autorange (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:07	IEPE Bias Current	0 - 0 mA 1 - 2 mA 2 - 4 mA	BIT4	RW	0x00 (0 _{dez})
80n0:08	Enable Shunt Calibration	Shunt Kalibrierung (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:13	Wire Resistance Compensation	Leitungswiderstand-Kompensation	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:14	RTD Element	0 – None 1 - PT100 (-200...850°C) 2 - NI100 (-60...250°C) 3 - PT1000 (-200...850°C) 4 - PT500 (-200...850°C) 5 - PT200 (-200...850°C) 6 - NI1000 (-60...250°C) 7 - NI1000 TK5000: 1500Ohm (-30...160°C) 8 - NI120 (-60...320°C) 9 - KT100/110/130/210/230 KTY10/11/13/16/19 (-50...150°C) 10 - KTY81/82-110,120,150 (-50...150°C) 11 - KTY81-121 (-50...150°C) 12 - KTY81-122 (-50...150°C) 13 - KTY81-151 (-50...150°C) 14 - KTY81-152 (-50...150°C) 15 - KTY81/82-210,220, 250 (-50...150°C) 16 - KTY81-221 (-50...150°C) 17 - KTY81-222 (-50...150°C) 18 - KTY81-251 (-50...150°C) 19 - KTY81-252 (-50...150°C) 20 - KTY83-110,120,150 (-50...175°C) 21 - KTY83-121 (-50...175°C) 22 - KTY83-122 (-50...175°C) 23 - KTY83-151 (-50...175°C) 24 - KTY83-152 (-50...175°C) 25 - KTY84-130,150 (-40...300°C) 26 - KTY84-151 (-40...300°C) 27 - KTY21/23-6 (-50...150°C) 28 - KTY1x-5 (-50...150°C) 29 - KTY1x-7 (-50...150°C) 30 - KTY21/23-5 (-50...150°C) 31 - KTY21/23-7 (-50...150°C) 64 - B-Parameter Equation (8006) 65 - DIN IEC 60751 Equation (8006) 66 - Steinhart Hart Equation (8006)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:15	TC Element	0 – None 1 - K -270...1372°C 2 - J -210...1200°C 3 - L -50...900°C 4 - E -270...1000°C 5 - T -270...400°C 6 - N -270...1300°C 7 - U -50...600°C 8 - B 200...1820°C 9 - R -50...1768°C 10 - S -50...1768°C 11 - C 0...2320°C 13 - D 0...2490°C 14 - G 1000...2300°C 15 - P (PLII) 0...1395°C 16 - Au/Pt 0...1000°C 17 - Pt/Pd 0...1500°C 18 - A-1 0...2500°C 19 - A-2 0...1800°C 20 - A-3 0...1800°C	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter			
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1E	Reset Load Cycle Counter	Rücksetzen des „Load Cycle Counter“	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – Disabled 1 - Load Cell Analysis	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) Optional: 5 – Extended Function 6 - Temperature Celsius 7 - Temperature Kelvin 8 - Temperature Fahrenheit	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0xFFFFB6C20 (-300000 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:35	Low Limiter	Kleinster PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0xFF7FFFFD (-3.4028231e+38)
80n0:36	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0x7F7FFFFD (3.4028231e+38)
80n0:37	Bridge Resistance	Brückenwiderstand	REAL32	RW	0x43AF0000 (350.0)
80n0:38	Wire Resistance neg. Supply	Leitungswiderstand neg. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:39	Wire Resistance pos. Supply	Leitungswiderstand pos. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3A	Low Load Cycle Limit	Zyklus - Unterlastbegrenzung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3B	High Load Cycle Limit	Zyklus - Überlastbegrenzung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3C	TC CJ Value	Wert der Kaltstelle	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

1) Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

4.2.12.12 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.13 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.14 0x80n6 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n6:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n6:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n6:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.15 0x80n7 PAI RTD Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n7:0	PAI RTD Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x06 (6 _{dez})
80n7:01	R0	Parameter für „B-Parameter Equation“ und „DIN IEC 60751 Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:02	T0	Parameter für „B-Parameter Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:03	A Parameter	Parameter für „Steinhart-Hart Equation“ und „DIN IEC 60751 Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:04	B Parameter	Parameter für „B-Parameter Equation“, „Steinhart-Hart Equation“ und „DIN IEC 60751 Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:05	C Parameter	Parameter für „Steinhart-Hart Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:06	D Parameter	Parameter für „Steinhart-Hart Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.16 0x80nA PAI Extended Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle
(Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nA:0	PAI Extended Settings Ch.[n+1]	Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“	UINT8	RO	0x05 (5 _{dez})
80nA:01	Sensitivity (Compression)	Empfindlichkeit (mech. Kompression)	REAL32	RW	0x40000000 (2.0)
80nA:02	Sensitivity (Tension)	Empfindlichkeit (mech. Spannung)	REAL32	RW	0xC0000000 (-2.0)
80nA:03	Zero Balance	Nullabgleich	REAL32	RW	0x00000000 (0.0)
80nA:04	Maximum Capacity	Maximale Kapazität	REAL32	RW	0x40A00000 (5.0)
80nA:05	Gravity of Earth	Erdgravitation	REAL32	RW	0x411CE80A (9.8066502)

4.2.12.17 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung ($T2 * Temp^2$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung ($T2S1 * Temp^2 * Sample$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung ($T3 * Temp^3$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung ($T3S1 * Temp^3 * Sample$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.18 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung ($S1 * Sample$)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung ($S2 * Sample^2$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung ($S3 * Sample^3$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung ($T1 * Temp$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung ($T1S1 * Temp * Sample$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung ($T2 * Temp^2$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung ($T2S1 * Temp^2 * Sample$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung ($T3 * Temp^3$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung ($T3S1 * Temp^3 * Sample$)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.19 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:01	Connector Temperature	Temperatur an den Anschlüssen	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:05	Resistor Value	Widerstandswert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:06	TC/RTD Element Value	TC/RTD Wert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:20	DC Bias Voltage	DC Vorspannung im AC Betrieb	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.12.20 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:10	Load Cycle Counter	Lastwechsel-Zähler	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.12.21 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

Gültig ab Revision 0017

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0xC4 (196 _{dez})
90nF:01	Vendor U ±60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:02	Vendor U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor U ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:07	Vendor U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:08	Vendor U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0C	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0D	Vendor U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor I ±20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:10	Vendor I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:11	Vendor I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:15	Vendor TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:16	Vendor TC CJC RTD		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:17	Vendor IEPE ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:18	Vendor IEPE ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:19	Vendor IEPE ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1A	Vendor IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1B	Vendor IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1C	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1D	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1E	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1F	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:20	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:21	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:22	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:23	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:24	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:25	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:26	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:27	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:28	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:29	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2A	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2B	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2C	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2D	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2E	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2F	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:30	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:31	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:32	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:33	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:34	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:35	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:36	Vendor R/RTD 2Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:37	Vendor R/RTD 3Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:38	Vendor R/RTD 4Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:39	Vendor R/RTD 2Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3A	Vendor R/RTD 3Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3B	Vendor R/RTD 4Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3C	Vendor R/RTD 2Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3D	Vendor R/RTD 3Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3E	Vendor R/RTD 4Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3F	Vendor R/RTD 2Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:40	Vendor R/RTD 3Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:41	Vendor R/RTD 4Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:42	Vendor R/RTD 2Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:43	Vendor R/RTD 3Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:44	Vendor R/RTD 4Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:81	User U ± 60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U ± 5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User U ± 2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:85	User U ± 1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User U ± 640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User U ± 320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:88	User U ± 160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:89	User U ± 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User U ± 40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User U ± 20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8C	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8D	User U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User I ± 20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:90	User I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:95	User TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:96	User TC CJC RTD		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:97	User IEPE ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:98	User IEPE ± 5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:99	User IEPE ± 2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9A	User IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9B	User IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9C	User SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9D	User SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9E	User SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9F	User SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A0	User SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A1	User SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A2	User SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A3	User SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A4	User SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A5	User SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A6	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A7	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A8	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A9	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AA	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AB	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AC	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AD	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AE	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AF	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B0	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B1	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B2	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B3	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B4	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:B5	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B6	User R/RTD 2Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B7	User R/RTD 3Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B8	User R/RTD 4Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B9	User R/RTD 2Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BA	User R/RTD 3Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BB	User R/RTD 4Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BC	User R/RTD 2Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BD	User R/RTD 3Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BE	User R/RTD 4Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BF	User R/RTD 2Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C0	User R/RTD 3Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C1	User R/RTD 4Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C2	User R/RTD 2Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C3	User R/RTD 3Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C4	User R/RTD 4Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Gültig bis einschließlich Revision 0016

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0xC3 (195 _{dez})
90nF:01	Vendor U ±60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:02	Vendor U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor U ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:07	Vendor U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:08	Vendor U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0C	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0D	Vendor U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor I ±20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:10	Vendor I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:11	Vendor I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:15	Vendor TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:16	Vendor IEPE ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:17	Vendor IEPE ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:18	Vendor IEPE ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:19	Vendor IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1A	Vendor IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1B	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1C	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1D	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1E	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:1F	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:20	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:21	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:22	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:23	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:24	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:25	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:26	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:27	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:28	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:29	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2A	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2B	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2C	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2D	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2E	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2F	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:30	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:31	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:32	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:33	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:34	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:35	Vendor R/RTD 2Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:36	Vendor R/RTD 3Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:37	Vendor R/RTD 4Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:38	Vendor R/RTD 2Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:39	Vendor R/RTD 3Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3A	Vendor R/RTD 4Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3B	Vendor R/RTD 2Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3C	Vendor R/RTD 3Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3D	Vendor R/RTD 4Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3E	Vendor R/RTD 2Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3F	Vendor R/RTD 3Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:40	Vendor R/RTD 4Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:41	Vendor R/RTD 2Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:42	Vendor R/RTD 3Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:43	Vendor R/RTD 4Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:81	User U ± 60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U ± 5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User U ± 2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:85	User U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:88	User U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:89	User U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8C	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8D	User U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User I ±20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:90	User I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:95	User TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:96	User IEPE ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:97	User IEPE ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:98	User IEPE ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:99	User IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9A	User IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9B	User SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9C	User SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9D	User SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9E	User SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9F	User SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A0	User SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A1	User SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A2	User SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A3	User SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A4	User SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A5	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A6	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A7	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A8	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A9	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AA	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AB	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AC	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AD	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AE	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AF	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B0	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B1	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:B2	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B3	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B4	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B5	User R/RTD 2Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B6	User R/RTD 3Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B7	User R/RTD 4Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B8	User R/RTD 2Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B9	User R/RTD 3Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BA	User R/RTD 4Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BB	User R/RTD 2Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BC	User R/RTD 3Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BD	User R/RTD 4Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BE	User R/RTD 2Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BF	User R/RTD 3Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C0	User R/RTD 4Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C1	User R/RTD 2Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C2	User R/RTD 3Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C3	User R/RTD 4Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.12.22 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	n

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.12.23 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.24 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.12.25 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.12.26 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.12.27 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätezustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [▶ 683]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.12.28 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

m = (2 · Anzahl Kanäle) + 1

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM370x	01	-0016

4.2.12.29 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten:	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird			
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

4.2.12.30 0x80n0:01 PAI Settings.Interface

ELM37xx: 0x80n0:01 PAI Settings.Interface ($0 \leq n \leq m$, $n+1 =$ Kanalnummer; $m+1 =$ max. Anz. Kanäle)
- Fortsetzung

Index (hex)	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:01	Auswahl der Messkonfiguration (Fortsetzung): 0x80n0 PAI Settings 685 ... ELM37xx: 65 - Poti 3Wire 66 - Poti 5Wire 81 - TC 80 mV 86 - TC CJC 87 - TC CJC RTD (<i>ab Rev. 0017</i>) 97 - IEPE ± 10 V 98 - IEPE ± 5 V 99 - IEPE ± 2.5 V 107 - IEPE 0..20 V 108 - IEPE 0..10 V 259 - SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V 261 - SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V 268 - SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V 291 - SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V 293 - SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V 300 - SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V 323 - SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V 329 - SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V 355 - SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V 361 - SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V 388 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated 390 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated 391 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V 396 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V 420 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated 422 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated 423 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V 428 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V 452 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated 454 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated 455 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V 460 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V 484 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated 486 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated 487 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V 492 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V 785 - R/RTD 2Wire 5k 786 - R/RTD 3Wire 5k 787 - R/RTD 4Wire 5k 800 - R/RTD 2Wire 2k 801 - R/RTD 3Wire 2k 802 - R/RTD 4Wire 2k 821 - R/RTD 2Wire 500R 822 - R/RTD 3Wire 500R 823 - R/RTD 4Wire 500R 830 - R/RTD 2Wire 200R 831 - R/RTD 3Wire 200R 832 - R/RTD 4Wire 200R	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
	848 - R/RTD 2Wire 50R 849 - R/RTD 3Wire 50R 850 - R/RTD 4Wire 50R			

4.2.13 ELM3702-0101

4.2.13.1 0x10E2 Manufacturer-specific Identification Code

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10E2:0	Manufacturer-specific Identification Code	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10E2:01	SubIndex 001	Hersteller spezifischer Identifikationscode der die BTN und ein oder mehrere BIC enthält	STRING(141)	RO	{0}

4.2.13.2 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x15 (21 _{dez})
10F3:01	Maximum Messages	Maximale Anzahl der Nachrichten	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:02	Newest Message	Subindex der neusten Nachricht	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message	Subindex der letzten bestätigten Nachricht	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
10F3:04	New Messages Available	True: es liegen neue Nachrichten vor	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
10F3:05	Flags	Diagnose Nachricht Optionen (siehe ETG Spezifikation)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
10F3:06 .10F3:15	Diagnosis Message 001... Diagnosis Message 016	Diagnose Nachricht Nr.01..16	OCTET-STRING[22]	RO	{0}

4.2.13.3 0x60n0 PAI Status Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n0:0	PAI Status Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0F (15 _{dez})
60n0:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
60n0:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
60n0:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.13.4 0x60n1 PAI Samples Ch.[n+1] (24 Bit)

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n1:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n1:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
...
60n1:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.5 0x60n2 PAI Samples Ch.[n+1] (16 Bit)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle (nicht ELM3x4x):

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n2:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n2:01	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
...
60n2:64	Sample	Samples	INT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.13.6 0x60n3 PAI Samples Ch.[n+1] (REAL32)

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n3:0	PAI Samples Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
60n3:01	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
...
60n3:64	Sample	Samples	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.7 0x60n5 PAI Timestamp Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n5:0	PAI Timestamp Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
60n5:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
60n5:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.8 0x60n6 PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
60n6:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
60n6:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.13.9 0x70n0 PAI Control Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	PAI Control Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x09 (9 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei jeder Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei jeder Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:03	Sensor Supply Disable	Sensor-Versorgung abgeschaltet	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)
70n0:09	Invalidate	Externe Abschaltung des Kanals	BOOLEAN	RO	0x00 (FALSE)

4.2.13.10 0x70n1 PAI TC Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n1:0	PAI TC Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
70n1:01	Cold Junction Temperature	Kaltstellentemperatur [°C]	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.11 0x80n0 PAI Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:0	PAI Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x41 (65 _{dez})
80n0:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 - None 1 - U ±60 V 2 - U ±10 V 3 - U ±5 V 4 - U ±2.5 V 5 - U ±1.25 V 6 - U ±640 mV 7 - U ±320 mV 8 - U ±160 mV 9 - U ±80 mV 10 - U ±40 mV 11 - U ±20 mV 14 - U 0..10 V 15 - U 0..5 V 17 - I ±20 mA 18 - I 0..20 mA 19 - I 4..20 mA 20 - I 4..20 mA NAMUR weitere.. [► 700]	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:02	Sensor Supply	Sensor – Versorgung: 0 - 0.0 V 1 - 0.5 V 2 - 1.0 V 3 - 1.5 V 4 - 2.0 V 5 - 2.5 V 6 - 3.0 V 7 - 3.5 V 8 - 4.0 V 9 - 4.5 V 10 - 5.0 V 65534 - Local Control 65535 - External Supply	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:03	IEPE AC Coupling	0 - Off (DC Coupling) 1 - 0.001 Hz 2 - 0.01 Hz 3 - 0.1 Hz 4 - 1 Hz 5 - 10 Hz	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:04	Start Connection Test	Verbindungstest starten bei steigender Flanke (siehe „Drahtbruchererkennung/schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:05	Coldjunction Compensation	0 - Intern 1 - None 2 - Extern Processdata 3 - Fix Value	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
80n0:06	Enable Autorange	Autorrange (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:07	IEPE Bias Current	0 - 0 mA 1 - 2 mA 2 - 4 mA	BIT4	RW	0x00 (0 _{dez})
80n0:08	Enable Shunt Calibration	Shunt Kalibrierung (aktivieren/ deaktivieren)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:13	Wire Resistance Compensation	Leitungswiderstand-Kompensation	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:14	RTD Element	0 - None 1 - PT100 (-200...850°C) 2 - NI100 (-60...250°C) 3 - PT1000 (-200...850°C) 4 - PT500 (-200...850°C) 5 - PT200 (-200...850°C) 6 - NI1000 (-60...250°C) 7 - NI1000 TK5000: 1500Ohm (-30...160°C) 8 - NI120 (-60...320°C) 9 - KT100/110/130/210/230 KTY10/11/13/16/19 (-50...150°C) 10 - KTY81/82-110,120,150 (-50...150°C) 11 - KTY81-121 (-50...150°C) 12 - KTY81-122 (-50...150°C) 13 - KTY81-151 (-50...150°C) 14 - KTY81-152 (-50...150°C) 15 - KTY81/82-210,220, 250 (-50...150°C) 16 - KTY81-221 (-50...150°C) 17 - KTY81-222 (-50...150°C) 18 - KTY81-251 (-50...150°C) 19 - KTY81-252 (-50...150°C) 20 - KTY83-110,120,150 (-50...175°C) 21 - KTY83-121 (-50...175°C) 22 - KTY83-122 (-50...175°C) 23 - KTY83-151 (-50...175°C) 24 - KTY83-152 (-50...175°C) 25 - KTY84-130,150 (-40...300°C) 26 - KTY84-151 (-40...300°C) 27 - KTY21/23-6 (-50...150°C) 28 - KTY1x-5 (-50...150°C) 29 - KTY1x-7 (-50...150°C) 30 - KTY21/23-5 (-50...150°C) 31 - KTY21/23-7 (-50...150°C) 64 - B-Parameter Equation (8006) 65 - DIN IEC 60751 Equation (8006) 66 - Steinhart Hart Equation (8006)	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:15	TC Element	0 - None 1 - K -270...1372°C 2 - J -210...1200°C 3 - L -50...900°C 4 - E -270...1000°C 5 - T -270...400°C 6 - N -270...1300°C 7 - U -50...600°C 8 - B 200...1820°C 9 - R -50...1768°C 10 - S -50...1768°C 11 - C 0...2320°C 13 - D 0...2490°C 14 - G 1000...2300°C 15 - P (PLII) 0...1395°C 16 - Au/Pt 0...1000°C 17 - Pt/Pd 0...1500°C 18 - A-1 0...2500°C 19 - A-2 0...1800°C 20 - A-3 0...1800°C	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:16	Filter 1	Optionen für Filter 1: 0 – None 1 - FIR Notch 50 Hz 2 - FIR Notch 60 Hz 3 - FIR LP 100 Hz 4 - FIR LP 1000 Hz 5 - FIR HP 150 Hz 16 - IIR Notch 50 Hz 17 - IIR Notch 60 Hz 18 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1 Hz 19 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 25 Hz 20 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 100 Hz 21 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 250 Hz 22 - IIR Butterw. LP 5th Ord. 1000 Hz 32 - User defined FIR Filter 33 - User defined IIR Filter 34 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:19	Filter 2	Optionen für Filter 2: 0 – None 1 - IIR 1 2 - IIR 2 3 - IIR 3 4 - IIR 4 5 - IIR 5 6 - IIR 6 7 - IIR 7 8 - IIR 8 16 - User defined FIR Filter 17 - User defined IIR Filter 18 - User defined Average Filter	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1D	Enable Frequency Counter	Aktivierung Frequenzzähler	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:1E	Reset Load Cycle Counter	Rücksetzen des „Load Cycle Counter“	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
80n0:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen / Einstellungen 0 – Disabled 1 - Load Cell Analysis	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2C	Integrator/ Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 – Integrator 1x 2 – Integrator 2x ¹⁾ 3 – Differentiator 1x 4 – Differentiator 2x ¹⁾	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation; Maximalwert = 1000	UINT16	RW	0x0001 (1 _{dez})
80n0:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 – Extended Range 1 – Linear 2 – Lookup Table 3 – Legacy Range 4 – Lookup Table (additive) Optional: 5 – Extended Function 6 - Temperature Celsius 7 - Temperature Kelvin 8 - Temperature Fahrenheit	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
80n0:2F	Lookup Table Length	Anzahl Stützstellen der LookUp-Tabelle	UINT16	RW	0x0064 (100 _{dez})
80n0:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 _{dez})
80n0:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0xFFFFB6C20 (-300000 _{dez})
80n0:35	Low Limiter	Kleinsten PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0xFF7FFFFD (-3.4028231e+38)
80n0:36	High Limiter	Größter PDO-Ausgabewert	REAL32	RW	0x7F7FFFFD (3.4028231e+38)
80n0:37	Bridge Resistance	Brückenwiderstand	REAL32	RW	0x43AF0000 (350.0)
80n0:38	Wire Resistance neg. Supply	Leitungswiderstand neg. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:39	Wire Resistance pos. Supply	Leitungswiderstand pos. Versorgung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3A	Low Load Cycle Limit	Zyklus - Unterlastbegrenzung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3B	High Load Cycle Limit	Zyklus - Überlastbegrenzung	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:3C	TC CJ Value	Wert der Kaltstelle	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n0:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1	STRING	RW	N/A
80n0:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2	STRING	RW	N/A

¹⁾ Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

4.2.13.12 0x80n1 PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n1:0	PAI Filter 1 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n1:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n1:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.13 0x80n3 PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n3:0	PAI Filter 2 Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x28 (40 _{dez})
80n3:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
...
80n3:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.14 0x80n6 PAI Scaler Settings Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n6:0	PAI Scaler Settings Ch.[n+1]	Skalierungswerte Offset/Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 _{dez})
80n6:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n6:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
..
80n6:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n6:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.15 0x80n7 PAI RTD Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n7:0	PAI RTD Settings Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x06 (6 _{dez})
80n7:01	R0	Parameter für „B-Parameter Equation“ und „DIN IEC 60751 Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:02	T0	Parameter für „B-Parameter Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:03	A Parameter	Parameter für „Steinhart-Hart Equation“ und „DIN IEC 60751 Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:04	B Parameter	Parameter für „B-Parameter Equation“, „Steinhart-Hart Equation“ und „DIN IEC 60751 Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:05	C Parameter	Parameter für „Steinhart-Hart Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80n7:06	D Parameter	Parameter für „Steinhart-Hart Equation“	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.16 0x80nA PAI Extended Settings Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle
(Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nA:0	PAI Extended Settings Ch.[n+1]	Spezielle Einstellungen für die „Extended Functions“	UINT8	RO	0x05 (5 _{dez})
80nA:01	Sensitivity (Compression)	Empfindlichkeit (mech. Kompression)	REAL32	RW	0x40000000 (2.0)
80nA:02	Sensitivity (Tension)	Empfindlichkeit (mech. Spannung)	REAL32	RW	0xC0000000 (-2.0)
80nA:03	Zero Balance	Nullabgleich	REAL32	RW	0x00000000 (0.0)
80nA:04	Maximum Capacity	Maximale Kapazität	REAL32	RW	0x40A00000 (5.0)
80nA:05	Gravity of Earth	Erdgravitation	REAL32	RW	0x411CE80A (9.8066502)

4.2.13.17 0x80nE PAI User Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:0	PAI User Calibration Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nE:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
80nE:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
80nE:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3E800000 (1.0)
80nE:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nE:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nE:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.18 0x80nF PAI Vendor Calibration Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80nF:0	PAI Vendor Calibration Data Ch. [n+1]		UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
80nF:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET- STRING[4]	RW	-
80nF:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET- STRING[256]	RW	-
80nF:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	-
80nF:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp ²)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp ² * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp ³)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})
80nF:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp ³ * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.19 0x90n0 PAI Internal Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	PAI Internal Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x22 (34 _{dez})
90n0:01	Connector Temperature	Temperatur an den Anschlüssen	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:04	Zero Offset Value	Nulloffsetwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:05	Resistor Value	Widerstandswert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:06	TC/RTD Element Value	TC/RTD Wert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:07	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:08	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:09	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0A	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0B	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0C	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0D	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0E	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:0F	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:10	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:11	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:20	DC Bias Voltage	DC Vorspannung im AC Betrieb	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:21	Signal Frequency	Frequenz des Eingangssignals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n0:22	Signal Duty Cycle	Tastverhältnis des Eingangssignals	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})

4.2.13.20 0x90n2 PAI Info Data Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n2:0	PAI Info Data Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x12 (18 _{dez})
90n2:01	Effective Sample Rate	Effektive Abtastrate	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:02	Channel Temperature	Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:03	Min. Channel Temperature	Minimale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:04	Max. Channel Temperature	Maximale Temperatur des Kanals	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:05	Overload Time	Absolutzeit während Überlast „Überlast“ bedeutet, dass der Kanal elektrisch überlastet ist. Das ist ein nicht empfehlenswerter Zustand der auf Dauer zu atypischer Alterung oder sogar Beschädigung führen kann. Dieser Zustand sollte vermieden werden. Seine kumulierte Anliegedauer wird hier informativ angezeigt.	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:06	Saturation Time	Absolutzeit während Saturation „Saturation“ (deutsch: Sättigung) bedeutet, dass der Messbereich des ADC des Kanals voll ausgenutzt wird, der ADC also seinen Maximalwert ausgibt und der Messwert nicht	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		weiter benutzbar ist. „Saturation“ ist somit eine Vorabmeldung, bei weiterer Signalsteigerung kommt es zur „Überlast“. Der Sättigungszustand ist nicht grundsätzlich schädigend, da er aber auf eine ungenügende Dimensionierung des Messkanals hindeutet wird seine kumulierte Anliegedauer hier informativ angezeigt.			
90n2:07	Overtemperature Time (Channel)	Zeit der überschrittenen Temperatur des Kanals	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:10	Load Cycle Counter	Lastwechsel-Zähler	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
90n2:11	Vendor Calibration Counter	Zähler der Herstellerkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
90n2:12	User Calibration Counter	Zähler der Anwenderkalibrierung (Bezogen auf das ausgewählte Interface) Der Zähler zählt +1, wenn sich Daten geändert haben und das Speicher-Codewort geschrieben wird. In Abhängigkeit von der Abgleichmethode kann der Zähler daher ggf. mehrfach zählen.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

4.2.13.21 0x90nF PAI Calibration Dates Ch.[n+1]

0 ≤ n ≤ m, n+1 = Kanalnummer; m+1 = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:0	PAI Calibration Dates Ch.[n+1]		UINT8	RO	0xCC (204 _{dez})
90nF:01	Vendor U ±60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:02	Vendor U ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:03	Vendor U ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:04	Vendor U ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:05	Vendor U ±1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:06	Vendor U ±640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:07	Vendor U ±320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:08	Vendor U ±160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:09	Vendor U ±80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0A	Vendor U ±40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0B	Vendor U ±20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0C	Vendor U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0D	Vendor U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0E	Vendor I ±20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:0F	Vendor I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:10	Vendor I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:11	Vendor I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:12	Vendor Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:13	Vendor Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:14	Vendor TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:15	Vendor TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:16	Vendor TC CJC RTD		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:17	Vendor IEPE ±10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:18	Vendor IEPE ±5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:19	Vendor IEPE ±2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1A	Vendor IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1B	Vendor IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1C	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1D	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:1E	Vendor SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:1F	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:20	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:21	Vendor SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:22	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:23	Vendor SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:24	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:25	Vendor SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:26	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:27	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:28	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:29	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2A	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2B	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2C	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2D	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2E	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:2F	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:30	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:31	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:32	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:33	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:34	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:35	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:36	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:37	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:38	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:39	Vendor SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3A	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3B	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3C	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3D	Vendor SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3E	Vendor R/RTD 2Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:3F	Vendor R/RTD 3Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:40	Vendor R/RTD 4Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:41	Vendor R/RTD 2Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:42	Vendor R/RTD 3Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:43	Vendor R/RTD 4Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:44	Vendor R/RTD 2Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:45	Vendor R/RTD 3Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:46	Vendor R/RTD 4Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:47	Vendor R/RTD 2Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:48	Vendor R/RTD 3Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:49	Vendor R/RTD 4Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:4A	Vendor R/RTD 2Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:4B	Vendor R/RTD 3Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:4C	Vendor R/RTD 4Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:81	User U ± 60 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:82	User U ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:83	User U ± 5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:84	User U ± 2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:85	User U ± 1.25 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:86	User U ± 640 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:87	User U ± 320 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:88	User U ± 160 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:89	User U ± 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8A	User U ± 40 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8B	User U ± 20 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8C	User U 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8D	User U 0..5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8E	User I ± 20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:8F	User I 0..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:90	User I 4..20 mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:91	User I 4..20 mA (NAMUR)		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:92	User Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:93	User Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:94	User TC 80 mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:95	User TC CJC		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:96	User TC CJC RTD		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:97	User IEPE ± 10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:98	User IEPE ± 5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:99	User IEPE ± 2.5 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9A	User IEPE 0..20 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9B	User IEPE 0..10 V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9C	User SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9D	User SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9E	User SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:9F	User SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A0	User SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A1	User SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A2	User SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A3	User SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A4	User SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A5	User SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A6	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A7	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:A8	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90nF:A9	User SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AA	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AB	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AC	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AD	User SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AE	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:AF	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B0	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B1	User SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B2	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B3	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B4	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B5	User SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B6	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B7	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B8	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:B9	User SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BA	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BB	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BC	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BD	User SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BE	User R/RTD 2Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:BF	User R/RTD 3Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C0	User R/RTD 4Wire 5k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C1	User R/RTD 2Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C2	User R/RTD 3Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C3	User R/RTD 4Wire 2k		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C4	User R/RTD 2Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C5	User R/RTD 3Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C6	User R/RTD 4Wire 500R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C7	User R/RTD 2Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C8	User R/RTD 3Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:C9	User R/RTD 4Wire 200R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:CA	User R/RTD 2Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:CB	User R/RTD 3Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
90nF:CC	User R/RTD 4Wire 50R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

4.2.13.22 0xB0n1 PAI TEDS Interface Ch.[n+1]

$0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle:

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
B0n1:0	PAI TEDS Interface Ch.[n+1]		UINT8	RO	0x08 (8 _{dez})
B0n1:01	Request	Kommandos an die ELM-Klemme	OCTET-STRING[4]	RW	{0}
B0n1:02	Status	CC = status code LL = Datenlänge	OCTET-STRING[2]	RO	{0}
B0n1:03	Family code	URN (Unique Registration Number)	OCTET-STRING[1]	RW	{0}
B0n1:05	Serial number		OCTET-STRING[6]	RW	{0}
B0n1:07	CRC		OCTET-STRING[1]	RW	{0}
B0n1:08	TEDS data	TEDS-Inhalt	OCTET-STRING[128]	RW	{0}

4.2.13.23 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	0x0002 (2 _{dez})

4.2.13.24 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.25 0xF009 Password protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

4.2.13.26 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	n
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})
...
F010:n	Subindex n		UINT32	RW	0x0000015E (350 _{dez})

n = Anzahl vorhandener Kanäle der Klemme

4.2.13.27 0xF083 BTN

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F083:0	BTN	Beckhoff Traceability Number	STRING	RO	00000000

Hinweis: dieses Objekt ist erst ab Revision -0018 (bei ELM3148 ab Revision -0017) und der FW mit Release-Datum >2019/03 vorhanden und wird demnächst von dem Objekt 0x10E2 abgelöst.

4.2.13.28 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x13 (19 _{dez})
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] ¹⁾	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:02	Device State	Gerätzustand erlaubte Werte: 0 – Ok 1 – Warm Up	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
F900:03	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:04	Overtemperature Time (Device)	Überschrittene Temperatur des Gerätes	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:11	Device Temperature	Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:12	Min. Device Temperature	Minimale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
F900:13	Max. Device Temperature	Maximale Gerätetemperatur	REAL32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

¹⁾ Dieser Wert hängt von zugeschalteten Features (Filter, True RMS, ...) ab; je mehr Funktionen der Klemme im Einsatz sind, desto grösser ist der Wert. Zu beachten ist hierbei u.a. der „Input cycle counter“ (PAI Status [► 701]). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

4.2.13.29 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	m
F912:01	Info header	Basisinformationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[8]	RO	{0}
F912:02	Filter 1	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}
...
F912:m	Filter n	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

m = (2 · Anzahl Kanäle) + 1

Hinweis: Verfügbarkeit von CoE Objekt "0xF912 Filter info":

Klemme	ab FW-Version	Revision
ELM370x	01	-0016

4.2.13.30 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
FB00:01	Request	Kommandoanfrage In den betreffenden Funktions-Kapiteln wird erklärt welcher Wert hier einzutragen ist.	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
FB00:02	Status	Kommandostatus Hier wird angezeigt, dass das Kommando noch ausgeführt wird bzw. wurde. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel. Ansonsten: 0: Kommando nicht vorhanden 1: ohne Fehler ausgeführt 2,3: nicht erfolgreich ausgeführt 100..200: zeigt Ausführungsfortschritt an (100 = 0% usw.) 255: Funktion in Arbeit (busy), falls nicht [100..200] als Fortschrittsanzeige genutzt wird	UINT8	RO	0x00 (0 _{dez})
FB00:03	Response	Kommandoantwort	OCTET-STRING[6]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.			

4.2.13.31 0x80n0:01 PAI Settings.Interface

ELM3702-0101: 0x80n0:01 PAI Settings.Interface ($0 \leq n \leq m$, $n+1$ = Kanalnummer; $m+1$ = max. Anz. Kanäle) - Fortsetzung

Index (hex)	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
80n0:01	Auswahl der Messkonfiguration (Fortsetzung): 0x80n0 PAI Settings [► 703] ... ELM3702-0101: 65 - Poti 3Wire 66 - Poti 5Wire 81 - TC 80 mV 86 - TC CJC 87 - TC CJC RTD 97 - IEPE ± 10 V 98 - IEPE ± 5 V 99 - IEPE ± 2.5 V 107 - IEPE 0..20 V 108 - IEPE 0..10 V 259 - SG Full-Bridge 4Wire 2 mV/V 261 - SG Full-Bridge 4Wire 4 mV/V 268 - SG Full-Bridge 4Wire 32 mV/V 291 - SG Full-Bridge 6Wire 2 mV/V 293 - SG Full-Bridge 6Wire 4 mV/V 300 - SG Full-Bridge 6Wire 32 mV/V 323 - SG Half-Bridge 3Wire 2 mV/V 329 - SG Half-Bridge 3Wire 16 mV/V 355 - SG Half-Bridge 5Wire 2 mV/V 361 - SG Half-Bridge 5Wire 16 mV/V 388 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 2 mV/V compensated 390 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 4 mV/V compensated 391 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 8 mV/V 396 - SG Quarter-Bridge 2Wire 120R 32 mV/V 420 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 2 mV/V compensated 422 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 4 mV/V compensated 423 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 8 mV/V 428 - SG Quarter-Bridge 3Wire 120R 32 mV/V 452 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 2 mV/V compensated 454 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 4 mV/V compensated 455 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 8 mV/V 460 - SG Quarter-Bridge 2Wire 350R 32 mV/V 484 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 2 mV/V compensated 486 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 4 mV/V compensated 487 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 8 mV/V 492 - SG Quarter-Bridge 3Wire 350R 32 mV/V 516 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 2 mV/V compensated 518 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 4 mV/V compensated 519 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 8 mV/V 524 - SG Quarter-Bridge 2Wire 1k 32 mV/V 548 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 2 mV/V compensated 550 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 4 mV/V compensated 551 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 8 mV/V 556 - SG Quarter-Bridge 3Wire 1k 32 mV/V 785 - R/RTD 2Wire 5k 786 - R/RTD 3Wire 5k 787 - R/RTD 4Wire 5k 800 - R/RTD 2Wire 2k 801 - R/RTD 3Wire 2k 802 - R/RTD 4Wire 2k 821 - R/RTD 2Wire 500R 822 - R/RTD 3Wire 500R 823 - R/RTD 4Wire 500R 830 - R/RTD 2Wire 200R 831 - R/RTD 3Wire 200R 832 - R/RTD 4Wire 200R 848 - R/RTD 2Wire 50R 849 - R/RTD 3Wire 50R 850 - R/RTD 4Wire 50R	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

4.3 Beispielprogramme

● Verwendung der Beispielprogramme

i Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Anwenders zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlenden Angaben.

Vorbereitungen zum Starten des Beispielprogramms (tnzip-Datei/TwinCAT 3)

- Nach Klick auf den Download-Button speichern Sie das Zip-Archiv lokal auf ihrer Festplatte und entpacken die *.tnzip-Archivdatei in einem temporären Ordner.

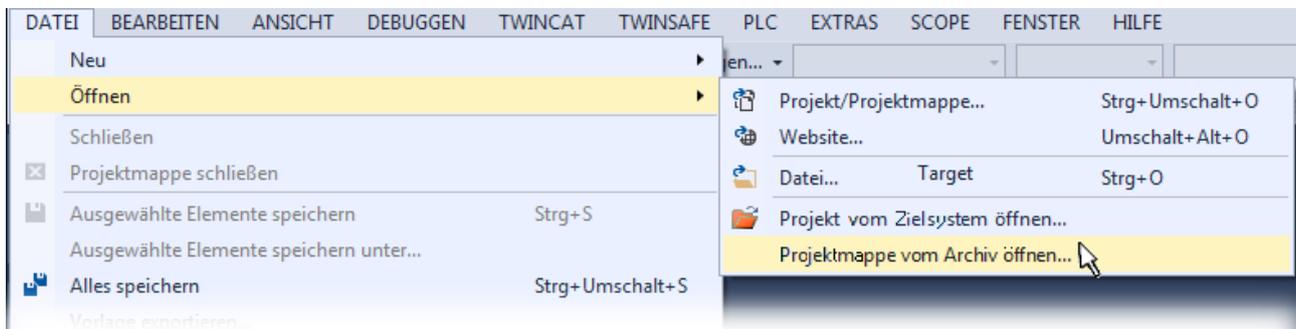


Abb. 203: Öffnen des *.tnzip-Archives

- Wählen Sie die zuvor entpackte .tnzip-Datei (Beispielprogramm) aus.
- Ein weiteres Auswahlfenster öffnet sich: wählen nun Sie das Zielverzeichnis, wo das Projekt gespeichert werden soll.
- Die generelle Vorgehensweise für die Inbetriebnahme der PLC bzw. dem Start des Programms kann u. a. den Klemmen-Dokumentationen oder der EtherCAT-Systemdokumentation entnommen werden.
- Das EtherCAT-Gerät im Beispiel ist in der Regel. zuvor ihrem vorliegenden System bekannt zu machen. Verwenden Sie nach Auswahl des EtherCAT-Gerätes im „Projektmappen-Explorer“ rechtsseitig den Karteireiter „Adapter“ und Klicken „Suchen...“:

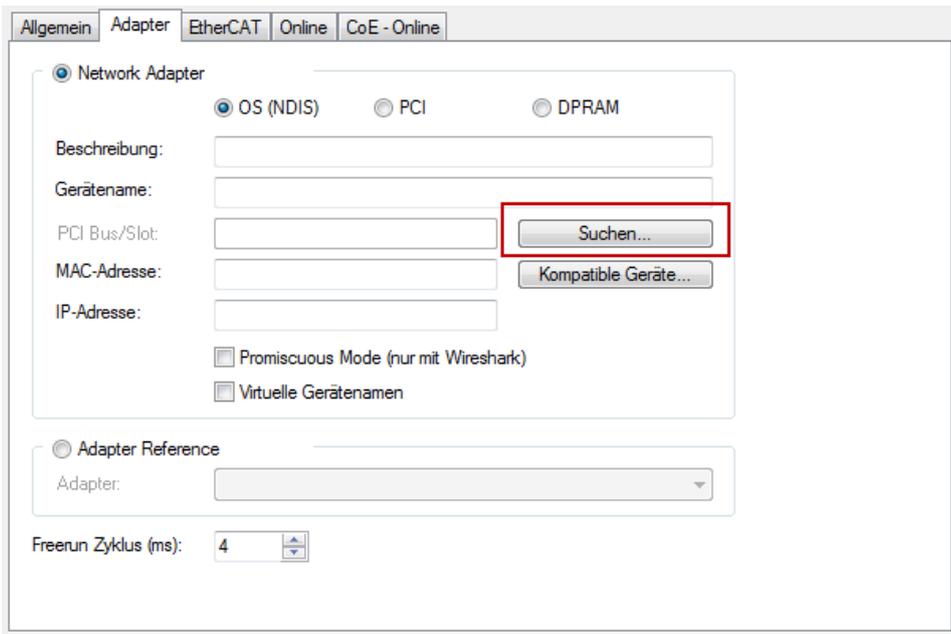
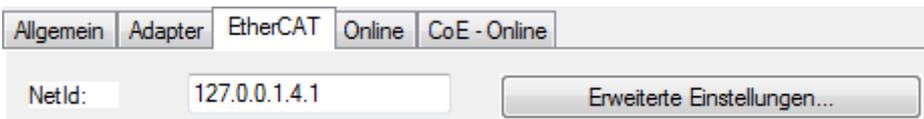


Abb. 204: Suche der bestehenden HW-Konfiguration zur bestehenden EtherCAT-Konfiguration

- Überprüfen der NetId: der Karteireiter „EtherCAT“ des EtherCAT-Gerätes zeigt die konfigurierte NetId:



Diese muss mit den ersten vier Zahlenwerten mit der Projekt-NetId des Zielsystems übereinstimmen. Die NetId des Projektes kann oben in einem Textfeld der TwinCAT-Umgebung eingesehen werden. Ein pull-down Menü kann durch einen Klick rechts im Textfeld geöffnet werden; dort ist zu jedem Rechnernamen eines Zielsystems die NetId in Klammern angegeben.

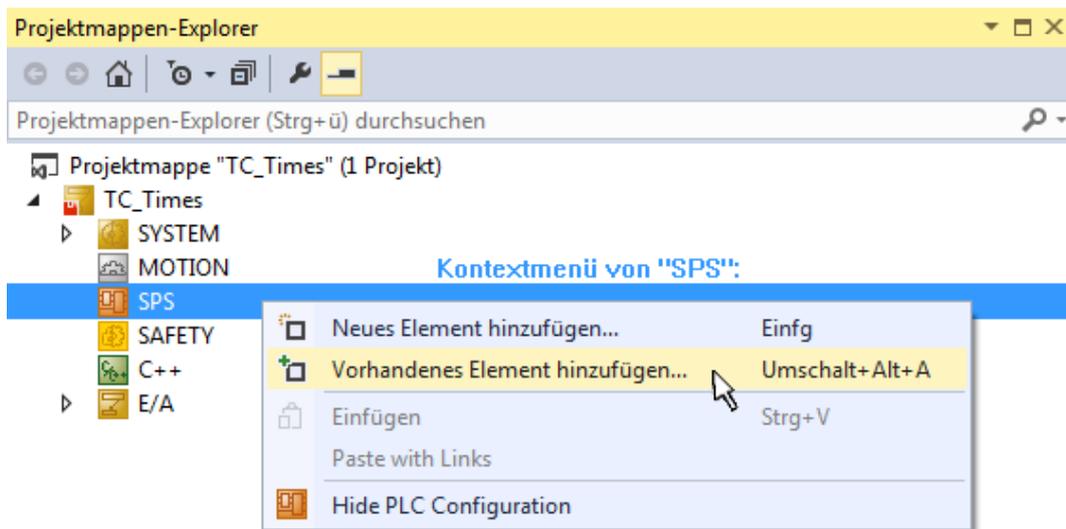
- Ändern der NetId: mit einem Rechtsklick auf „Gerät EtherCAT“ im Projektmappen-Explorer öffnet sich das Kontextmenü, in dem „Ändern der NetId“ auszuwählen ist. Die ersten vier Zahlen der NetId des Projektes sind einzutragen. die beiden letzten Werte sind in der Regel 4.1.

Beispiel:

- NetId des Projektes: myComputer (123.45.67.89.1.1)
- Eintrag per „Change NetId...“: 123.45.67.89.4.1

Vorbereitungen zum Starten des Beispielprogramms (tpzip - Datei/ TwinCAT 3)

- Nach Klick auf den Download-Button speichern Sie das Zip-Archiv lokal auf ihrer Festplatte und entpacken die *.tpzip -Archivdatei in einem temporären Arbeitsordner.
- Erstellen Sie ein neues TwinCAT Projekt wie im Kapitel [TwinCAT Quickstart, TwinCAT 3, Startup \[▶ 782\]](#) beschrieben.
- Öffnen Sie das Kontextmenü von „SPS“ im „Projektmappen-Explorer“ und wählen „Vorhandenes Element hinzufügen...“:



- Wählen Sie die zuvor entpackte .tzip Datei (Beispielprogramm) aus.

4.3.1 Beispielprogramm 1 und 2 (Offset/Gain)

Download TwinCAT 3 Projekt:

<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/2152667403.zip>

Programmbeschreibung/ Funktion:

- Berechnung eines *Offsets* (Korrekturwertes) anhand der Amplituden einer Eingangswchselspannung (Gleichspannungsanteil $\neq 0$), bis eine Abweichung des Offsets kleiner „wOFFSET_MIN_VAL_REF“ (in Digits) erreicht ist.
- Berechnung eines *Gain*-Korrekturwertes durch Vorgabe über „nPRESET_MAX_VAL“ (in Digits).

Es lässt sich in diesem Beispielprogramm die Konfiguration von minimal zulässiger Eingangsfrequenz, Reihenfolge der Berechnungen Gain und Offset sowie das direkte Schreiben in das CoE-Verzeichnis (Objekt „PAI Scaler Settings“) vornehmen (siehe Variablendeklaration).

Vorgesehen ist die folgende Vorgehensweise:

1. Konfiguration „bWriteToCoEEnable“ = TRUE, d.h. nach Abschluss der Berechnung der Korrekturwerte werden diese in das CoE Objekt „PAI Scaler Settings“ geschrieben.
2. Klemme über das CoE-Verzeichnis im Objekt „PAI Settings Ch. 1“ 0x8000:2E auf „Extended Range“ (0) einstellen.
3. Aufschaltung eines periodischen Signals (Dreieck, Sinus, Rechteck, ...) an die Klemme innerhalb des ausgewählten Spannungs-/ Strombereichs (MBE) über PAI-Settings Objekt 0x8000:01 (Interface).
4. Start des Programms durch das Setzen von „bEnable“ auf „TRUE“.
5. Das Ausführungsende ist anhand der Variablen „bScaleGainDone“ und „bScaleOffsetDone“ erkennbar, sobald beide TRUE sind.
6. Ist das Schreiben in das CoE aktiviert („bWriteToCoEEnable“ = TRUE), sollten die ermittelten Werte in das CoE Verzeichnis, Objekt „PAI Scaler Settings“, geschrieben worden sein (siehe Variable „bError“).
7. Falls 6. ausgeführt wurde, kann die Klemme über das CoE-Verzeichnis im Objekt „PAI Settings Ch. 1“ 0x8000:2E auf „Linear“ (1) eingestellt werden. Dadurch führt die Klemme die Korrekturberechnung intern aus (siehe: „nScaledSampleVal“).

Anmerkungen:

Alternativ kann anstelle des Funktionsblocks „FB_GET_MIN_MAX“ auch von der TC3 Analytics Library (TF3510) Gebrauch gemacht werden. Der Funktionsblock „FB_ALY_MinMaxAvg_1Ch“ kann ebenfalls für die Ermittlung der Min./Max. Werte herangezogen werden. Es kann dann auch die gesamte Berechnung in diesem Programm durch Verwendung des von diesem Funktionsblock zur Verfügung gestellten Mittelwertes modifiziert werden.

Bei den Klemmen ELM350x/ ELM370x ist das „PAI Scaler Settings“ – Objekt 0x80n6 und zudem können die Variablen *nOffset* und *nGain* auch direkt ohne die Typ-Konvertierung (REAL zu DINT) geschrieben werden; eine Skalierung des Amplituden-Korrekturwertes mit 65536 ist ebenfalls nicht mehr nötig.

Variablendeklaration Beispielprogramme 1 und 2

```
PROGRAM MAIN
VAR_INPUT
  bEnable           :BOOL; // Start the code (Offset / Gain adjust)
  nPAI_Sample AT%I* :DINT; // Input samples of the measurement value
END_VAR
VAR
  // Enter your Net-Id here:
  userNetId         :T_AmsNetId := 'a.b.c.d.x.y';
  // Enter EtherCAT device address here:
  nUserSlaveAddr    :UINT := 1002; // Check, if correct
  // Configurations:
  fMinFrequencyIn   :REAL:=1.5; // Hz
  bScalingOrder     :BOOL:=FALSE; // TRUE: Start scale offset first
  bWriteToCoEEnable :BOOL:=FALSE; // TRUE: Enable writing to CoE
  // =====
  // "Main" State controlling Offset/Gain adjusting:
  nMainCal_State    :BYTE:=0;
  // For CoE Object 0x8005 access:
  fb_coe_write      :FB_EcCoESdoWrite; // FB for writing to CoE
  nSTATE_WRITE_COE  :BYTE := 0;
  nSubIndex         :BYTE;
  nCoEIndexScaler   :WORD := 16#8005; // Use channel 1
  // For ELM3xxx this is 0x8006
  nSubIndScalGain   :BYTE := 16#02;
  nSubIndScalOffs   :BYTE := 16#01;
  nADSErrId        :UDINT; // Copy of ADS-Error ID
  // =====
  fb_get_min_max    :FB_GET_MIN_MAX; // Min/Max values needed
  // Note: you may also use "FB_ALY_MinMaxAvg_1Ch" of TwinCAT analytics)
  // instead; there avg (average values can also be determined)
  // Variables used for offset scaling:
  nSTATE_SCALE_OFFSET :INT := 0;
  bScaleOffsetStart   :BOOL := FALSE;
  bScaleOffsetDone    :BOOL := FALSE;
  fOffsetDeviationVal :REAL;
  nOFFSET_MIN_VAL_REF :WORD := 200; // Max. limit value for offset
  // Variables used for gain scaling:
  nSTATE_SCALE_GAIN   :INT := 0;
  bScaleGainStart     :BOOL := FALSE;
  bScaleGainDone      :BOOL := FALSE;
  nPRESET_MAX_VAL     :REAL := 3000000; // Target amplitude value
  // =====
  // Variables for evaluating of gain and offset:
```

```

nOffset          :REAL := 0; // Offset value
nGain            :REAL := 1; // Gain value
nScaledSampleVal :REAL;
nDINT_Value      :DINT;
fb_trig_bEnable  :R_TRIG; // Trigger FB for Enable
bError           :BOOL := FALSE; // Evaluate..
END_VAR

```

Ausführungsteil:

```

// THIS CODE IS ONLY AN EXAMPLE - YOU HAVE TO CHECK APTITUDE FOR YOUR APPLICATION
// Example program 1 and 2 program code:
// =====
// 1. PAI setting of 0x80n0:2E must be "Extended Range" at first
// 2. When writing of scaling values were done, switch to "Linear"

// Calculation of the temporary value (..and use for ScopeView to check)
nScaledSampleVal := nOffset + nGain * DINT_TO_REAL(nPAI_Sample);
// Main-State Procedure:
CASE nMainCal_State OF
  0:
    fb_trig_bEnable(CLK:=(bEnable AND NOT bError));
    IF fb_trig_bEnable.Q THEN // Poll switch or button
      // Initialize temporary offset and gain values:
      nOffset:= 0;
      nGain := 1;
      bScaleOffsetStart := bScalingOrder;
      bScaleGainStart := NOT bScalingOrder;

      fb_get_min_max.nMinFreqInput := fMinFrequencyIn;

      nMainCal_State := 10; // Start
    END_IF
  10:
    IF (bScaleGainDone AND NOT bScalingOrder)
      OR (bScaleOffsetDone AND bScalingOrder) THEN
      bScaleOffsetStart := NOT bScalingOrder;
      bScaleGainStart := bScalingOrder;
      nMainCal_State := nMainCal_State + 10;
    END_IF
  20:
    IF bScaleGainDone AND bScaleOffsetDone THEN
      nMainCal_State :=0; // All done, initialization for next start
    END_IF
END_CASE

// ----- Offset scaling (program 1) -----
IF bScaleOffsetStart THEN
  CASE nSTATE_SCALE_OFFSET OF
    0:
      bScaleOffsetDone := FALSE; // Initialization of confirmation flag
      // Get min/max values within a period of the signal:
      fb_get_min_max(nInputValue:=nScaledSampleVal);
      IF fb_get_min_max.bRESULT THEN // Wait if Limit-Values are valid
        // Min/Max Values valid, continue..
        // calculate current offset deviation:

```

```

fOffsetDeviationVal :=
(fb_get_min_max.nMaxVal - ABS((fb_get_min_max.nMaxVal-fb_get_min_max.nMinVal)/2));

// Offset deviation check:
IF ABS(fOffsetDeviationVal) < nOFFSET_MIN_VAL_REF THEN
  // Deviation in acceptable range - offset scaling done,
  // now write correction value into CoE Object:
  nDINT_Value := REAL_TO_DINT(nOffset);

  // Initiate writing to CoE:
  nSubIndex := nSubIndScalOffs;
  nSTATE_WRITE_COE := 10;
  nSTATE_SCALE_OFFSET := nSTATE_SCALE_OFFSET + 10;
ELSE
  // Calculate new offset value (new by old with deviation)
  nOffset := nOffset - fOffsetDeviationVal;
END_IF
END_IF
10:
  IF(nSTATE_WRITE_COE = 0) THEN
    // Scaling offset done within CoE for the device
    bScaleOffsetDone := TRUE;
    bScaleOffsetStart := FALSE;
    nSTATE_SCALE_OFFSET := 0;
  END_IF
  END_CASE
END_IF

// ----- Gain scaling (program 2) -----
IF bScaleGainStart THEN
  CASE nSTATE_SCALE_GAIN OF
  0:
    bScaleGainDone := FALSE; // Initialization of confirmation flag
    // Get min/max values within a period of the signal:
    fb_get_min_max(nInputValue:=DINT_TO_REAL(nPAI_Sample));
    IF fb_get_min_max.bRESULT THEN // Wait if Limit-Values are valid

      // Calculate Gain
      nGain := nPRESET_MAX_VAL/ABS((fb_get_min_max.nMaxVal-fb_get_min_max.nMinVal)/2);
      // ..shift gain value by 16 Bit left and convert to DINT:
      nDINT_Value := REAL_TO_DINT(65536 * nGain);

      //Due to 'output = gain * input + offset', the offset have to be adapted:
      nOffset := nOffset * nGain;

      // Initiate writing to CoE:
      nSubIndex := nSubIndScalGain;
      nSTATE_WRITE_COE := 10;
      nSTATE_SCALE_GAIN := nSTATE_SCALE_GAIN + 10;
    END_IF
  10:
    IF(nSTATE_WRITE_COE = 0) THEN
      IF NOT (nOffset = 0) THEN
        // (bScalingOrder is TRUE)
        nDINT_Value := REAL_TO_DINT(nOffset);

```

```
        // Initiate writing to CoE (again):
        nSubIndex := nSubIndScalOffs;
        nSTATE_WRITE_COE := 10;
    END_IF

    nSTATE_SCALE_GAIN := nSTATE_SCALE_GAIN + 10;
END_IF
20:
    IF(nSTATE_WRITE_COE = 0) THEN
        // Scaling gain done within CoE for the device
        bScaleGainStart := FALSE;
        bScaleGainDone := TRUE;
        nSTATE_SCALE_GAIN := 0; // Set initial state
    END_IF
    END_CASE
END_IF

IF (nSTATE_WRITE_COE > 0) THEN
    IF bWriteToCoEEnable THEN
        CASE nSTATE_WRITE_COE OF
            10:
                // Prepare CoE write access
                fb_coe_write(
                    sNetId:=    userNetId,
                    nSlaveAddr:= nUserSlaveAddr,
                    nIndex:=    nCoEIndexScaler,
                    bExecute:=  FALSE,
                    tTimeout:=  T#1S
                );
                nSTATE_WRITE_COE := nSTATE_WRITE_COE + 10;
            20:
                // Write nDINT_Value to CoE Index "Scaler":
                fb_coe_write(
                    nSubIndex:= nSubIndex,
                    pSrcBuf:=  ADR(nDINT_Value),
                    cbBufLen:=  SIZEOF(nDINT_Value),
                    bExecute:=  TRUE
                );
                nSTATE_WRITE_COE := nSTATE_WRITE_COE + 10;
            30:
                fb_coe_write();
                IF NOT fb_coe_write.bBusy THEN
                    nSTATE_WRITE_COE := 0;
                END_IF
            END_CASE
        ELSE
            nSTATE_WRITE_COE := 0;
        END_IF
    END_IF

    IF(fb_coe_write.bError) AND NOT bError THEN
        bError := TRUE;
        nADSErrId := fb_coe_write.nErrId;
        // CoE write access error occurred: reset all
        nSTATE_WRITE_COE := nMainCal_State := 0;
```

```

    bScaleOffsetDone := bScaleOffsetStart := FALSE;
    bScaleGainDone   := bScaleGainStart   := FALSE;
END_IF

```

4.3.1.1 Funktionsblock FB_GET_MIN_MAX

Deklarationsteil:

```

FUNCTION_BLOCK FB_GET_MIN_MAX
VAR CONSTANT
    CMAXinit      :REAL := -3.402823E+38;
    CMINinit      :REAL :=  3.402823E+38;
END_VAR
VAR_INPUT
    bInit         :BOOL := TRUE;
    nInputValue   :REAL;
    nMinFreqInput :REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    bRESULT       :BOOL;
    nMaxVal       :REAL;
    nMinVal       :REAL;
END_VAR
VAR
    CMMcnt        :UINT;
    nMaxValCnt    :UINT;
    nMinValCnt    :UINT;
    bValidMinVal  :BOOL;
    bValidMaxVal  :BOOL;
    fbGetCurTaskIdx : GETCURTASKINDEX;
END_VAR

```

Ausführungsteil:

```

IF bInit THEN
    // Counter initialization:
    // [counter value] > [1/(<input frequency> * TaskCycleTime)]
    fbGetCurTaskIdx();
    CMMcnt := REAL_TO_UINT(
        1.1E7/(nMinFreqInput*UDINT_TO_REAL(
            _TaskInfo[fbGetCurTaskIdx.index].CycleTime)));
    // At least an entire period have to be sampled for min/max determination
    // Initialization, go on:
    nMaxValCnt :=CMMcnt;
    nMinValCnt :=CMMcnt;
    nMaxVal :=CMAXinit;
    nMinVal :=CMINinit;
    bInit := FALSE;
END_IF
// Assertions: new min/max values exists:
bValidMaxVal := TRUE;
bValidMinVal := TRUE;
// Filter min/max values
IF (nMaxVal < nInputValue) THEN
    bValidMaxVal := FALSE;
    nMaxVal := nInputValue; // Max value was found

```

```
END_IF
IF (nMinVal > nInputValue) THEN
    bValidMinVal := FALSE;
    nMinVal := nInputValue; // Min value was found
END_IF
// Count down, if no new value come in:
IF (bValidMaxVal AND (nMaxValCnt > 0)) THEN
    nMaxValCnt := nMaxValCnt - 1;
END_IF
// Count down, if no new value come in:
IF (bValidMinVal AND (nMinValCnt > 0)) THEN
    nMinValCnt := nMinValCnt - 1;
END_IF
IF ((nMaxValCnt = 0) AND (nMinValCnt = 0)) THEN
    // Consequence: min/max determined
    bInit := TRUE; // Prepare next call
    bRESULT := NOT (nMaxVal = nMinVal); // Sign valid results
ELSE
    bRESULT := FALSE; // Sign still invalid results
END_IF
```

4.3.2 Beispielprogramm 3 (LookUp-Tabelle schreiben)

Download TwinCAT 3 Projekt: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/2152669707.zip>

Programmbeschreibung/ Funktion:

Übertragung von LookUp-Tabellenstützwerten per CoE-Zugriff in die Klemme für die Abbildung einer Funktion $f(x) = x^3$.

Variablendeklaration Beispielprogramm 3

```
PROGRAM MAIN
VAR
  //LookUp-Table (LUT) generated by: MBE * x³
  aLUT:ARRAY[0..99] OF DINT :=
  [
    -7812500,-7812500,-7493593,-6894382,
    -7174765,-6051169,-6855859,-5279674,-6536953,-4576709,
    -6218125,-3939087,-5899218,-3363620,-5580390,-2847120,
    -5261484,-2386402,-4942578,-1978275,-4623750,-1619555,
    -4304843,-1307052,-3985937,-1037580,-3667109,-807951,
    -3348203,-614978,-3029375,-455472,-2710468,-326248,
    -2391562,-224117,-2072734,-145892,-1753828,-88385,
    -1434921,-48409,-1116093,-22776,-797187,-8300,
    -478281,-1792,-159453,-66,159453,66,
    478281,1792,797187,8300,1116093,22776,
    1434921,48409,1753828,88385,2072734,145892,
    2391562,224117,2710468,326248,3029375,455472,
    3348203,614978,3667109,807951,3985937,1037580,
    4304843,1307052,4623750,1619555,4942578,1978275,
    5261484,2386402,5580390,2847120,5899218,3363620,
    6218125,3939087,6536953,4576709,6855859,5279674,
    7174765,6051169,7493593,6894382,7812500,7812500
  ];
  // For CoE 0x8000 and 0x8005 - write values:
  // =====
  wCoEIndexScaler :WORD := 16#8005; // CoE Index
  wState          :BYTE := 0; // Write status
  fb_coe_writeEx  :FB_EcCoESdoWriteEx; // Function Block for writing in CoE
  userNetId       :T_AmsNetId := '172.128.1.1.5.1'; // Have to be entered
  userSlaveAddr   :UINT := 1003; // Have to be entered
  bWriteLUT2CoE  :BOOL:=FALSE; // Sign for start writing
  bError          :BOOL:=FALSE; // Sign for any error
END_VAR
```

Anmerkungen:

- Die Variable „startWrite“ (BOOL) wird bereits in Beispielprogramm 4 ebenfalls deklariert.
- Die Variable ‚userNetId‘ muss die Geräte-EtherCAT-Netz ID enthalten. Diese ist über den Karteireiter „EtherCAT“ bei Auswahl von „Device (EtherCAT)“ einsehbar.
- Die Variable „userSlaveAddr“ muss die EtherCAT-Adresse der Klemme enthalten.

Beispielprogramm zur Übertragung der LookUp-Tabelle:

Ausführungsteil:

```
// Example program 3:
```

```
// ##### Write Lookup-Table in CoE Objekt 0x8005: #####
IF bWriteLUT2CoE THEN
CASE wState OF
  0:
    fb_coe_writeEx(bExecute := FALSE); // Prepare CoE-Access
    wState := wState + 1; // Next state
  1:
    // Write 100 X/Y LookUp-Table entries
    fb_coe_writeEx(
      sNetId:= userNetId,
      nSlaveAddr:= userSlaveAddr,
      nSubIndex:= 1,
      nIndex:= wCoEIndexScaler,
      pSrcBuf:= ADR(aLUT),
      cbBufLen:= SIZEOF(aLUT),
      bCompleteAccess:= TRUE,
      bExecute:= TRUE
    );
    wState := wState + 1; // Next state
  2:
    // Proceed with writing to CoE
    fb_coe_writeEx();
    IF NOT fb_coe_writeEx.bBusy THEN
      wState := 0; // Done
      bWriteLUT2CoE := FALSE;
      bError := fb_coe_writeEx.bError; // See nErrId if TRUE
    END_IF
END_CASE
END_IF
```

Durch eine einfache Variablen-Abfrage z.B. von einem Taster, der mit bEnable verknüpft ist kann die Übertragung in Gang gesetzt werden. Dafür ist die Variablendeklaration:

```
VAR_INPUT
  bEnable AT%I* :BOOL;
END_VAR
```

sowie die folgenden Programmzeilen erforderlich:

```
IF bEnable AND NOT startWrite THEN
  bWriteLUT2CoE := TRUE;
END_IF
```

4.3.3 Beispielprogramm 4 (LookUp-Tabelle erzeugen)

Download TwinCAT 3 Projekt: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/2152669707.zip>

Programmbeschreibung/ Funktion:

Aufnahme von LookUp-Tabellenstützwerten aus einem Eingangssignal der Klemme in eine Feldvariable (und wahlweise anschließender Übertragung der LookUp-Tabellenstützwerte per CoE-Zugriff in die Klemme mittels Beispielprogramm 3).

Vorgesehen ist die Verwendung eines Rampengenerators mit Trigger-Eingang, dessen Pegel zusammen mit einem Eingang einer digitalen Eingangsklemme (z.B. EL1002) über eine Verknüpfung die Variable „bStartRecord“ auf TRUE setzt (z.B. Taster an +24V verschaltet). Dadurch kann die Aufnahme der Werte mit der Rampeneingangsspannung synchronisiert werden. Alternativ kann auch eine Ausgangsklemme verwendet werden (z.B. EL2002), dessen Ausgang den Trigger-Eingang ansteuert und dann über die Entwicklungsumgebung TwinCAT auf TRUE gesetzt wird („bStartRecord“ müsste dann entsprechend als AT%Q* deklariert werden und mit einem Ausgang der Klemme verknüpft sein).

Variablendeklaration Beispielprogramm 4

```
// Variablendeklaration for example program 4
PROGRAM MAIN
VAR CONSTANT
  nEndX          : BYTE := 50; // Anzahl Stützwerte
END_VAR
VAR
  nPAISampleIn   AT%I* : DINT; // PDO PAISamples
  bStartRecord   AT%I* : BOOL; // Elektrische Verbindung zum Trigger für Rampe
  bGetMinMax     : BOOL := FALSE;
  bRecordLUT     : BOOL := FALSE;
  r_trigStartRecord : R_TRIG;
  nX             : BYTE := 0;
  aValues        : ARRAY[0..nEndX-1] OF DINT;
  nYstepValue    : DINT;
  tp_timer       : TP;
  ton_timer      : TON;
  nMinValue      : DINT := 7812500;
  nMaxValue      : DINT := -7812500;
  nYvalue        : DINT;
  tRepeatTimerValue : TIME := T#51MS;
  aLUT           : ARRAY[0..99] OF DINT;
END_VAR
```

Ausführungsteil:

```
// Beispielprogramm 4:
// ##### Aufnahme von 50 Messpunkten: #####
// a) Ermittlung der min./max. Werte (entspricht Wertebereich des Sensors)
tp_timer(IN:=bGetMinMax, PT:=T#2.51S); // Periodendauer der Rampe (+Reserve)
IF tp_timer.Q THEN
  nMinValue := MIN(nPAISampleIn, nMinValue);
  nMaxValue := MAX(nPAISampleIn, nMaxValue);
END_IF
// b) Aufnahme der Werte: Start
r_trigStartRecord(CLK:=bStartRecord);
IF r_trigStartRecord.Q THEN
  nX := 0;
  memset(ADR(aLUT), 0, 100);
```

```
    bRecordLUT := TRUE;
END_IF
ton_timer();
IF bRecordLUT OR ton_timer.Q THEN
    bRecordLUT := FALSE;
    ton_timer(IN:=FALSE);
    IF(nX < nEndX) THEN
        // b.1) Aufnahme der Werte:
        aValues[nX] := nPAISampleIn;
        nX := nX + 1;
        ton_timer(IN:=TRUE, PT:=tRepeatTimerValue); // T=2,5s/49 = 51ms
    ELSE
        // b.2) Speicherung abgeschlossen:
        // Erzeuge Linearisierte Werte:
        nYstepValue := (nMaxValue - nMinValue) / nEndX; // Y-Schritte
        nYvalue := aValues[0]; // Gemeinsamer Startwert der LUT
        FOR nX:=0 TO nEndX DO
            // Erstelle LUT (X = IST-Werte, Y = SOLL-Werte):
            aLUT[nX*2] := aValues[nX]; // X-Wert
            aLUT[nX*2+1] := nYvalue; // Y-Wert
            // Nächster Y-Wert der LUT (erzeuge "Gerade"):
            nYvalue := nYvalue + nYstepValue; // f(x) = b+x
        END_FOR
    END_IF
END_IF
```

4.3.4 Beispielprogramm 5 (Filterkoeffizienten schreiben)

Download TwinCAT 3 Projekt: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/2152672011.zip>

Programmbeschreibung/ Funktion

Übertragung von exemplarischen Filterkoeffizienten per CoE-Zugriff in die Klemme.



Allgemeine Einstellungen

- Der Funktionsblock „FB_EcCoESdoWrite“ benötigt die „Tc2_EtherCAT“ Bibliothek
- <AmsNetId> muss die Lokale Device – EtherCAT NetId in Hochkomma eingetragen haben (z.B. '168.57.1.1.5.1')
- <DeviceEtherCATAddress> muss die Lokale Device – EtherCAT Adresse der EL3751/ ELM3xxx Klemme eingetragen haben (z.B. 1007_{dez})

Variablendeklaration Beispielprogramm 5

```
PROGRAM MAIN
// Variable declaration example program 5
VAR CONSTANT
NumOfFilterCoeff           :BYTE:=40;
END_VAR
VAR
// Function block of library "Tc2_EtherCAT" for CoE Object access:
fb_coe_write               :FB_EcCoESdoWrite;
userNetId                  :T_AmsNetId := '???';
userSlaveAddr              :UINT := ???;

// Writing PLC state for coefficients transfer (Set to 0 for start)
wState                     :BYTE:=255;
index                      :BYTE:=1; // Index for coefficients transfer
wCoEIndexUserFilterCoeffizents :WORD:=16#8001;
aFilterCoeffs:ARRAY[0..NumOfFilterCoeff] OF LREAL :=
[
// Example filter coefficients FIR band pass: 3600..3900 Hz
// Usage: "User defined FIR Filter" (32)
0.03663651655662163,
0.04299467480848277,
-0.007880289104928245,
0.0664029021294729,
-0.0729038234874446,
-0.00005849791174519834,
0.05628409460964408,
-0.0525134329294473,
0.026329003448584205,
0.00027114381194760643,
-0.03677629552114248,
0.06743018479714939,
-0.0560894442193289,
0.0009722394088121363,
0.05676876756757213,
-0.07775650809213645,
0.05330627422911416,
0.0009941073749156226,
-0.055674804078696793,
```

```

0.07874009379691002,
-0.055674804078696793,
0.0009941073749156226,
0.05330627422911416,
-0.07775650809213645,
0.05676876756757213,
0.0009722394088121363,
-0.0560894442193289,
0.06743018479714939,
-0.03677629552114248,
0.00027114381194760643,
0.026329003448584205,
-0.0525134329294473,
0.05628409460964408,
-0.00005849791174519834,
-0.0729038234874446,
0.0664029021294729,
-0.007880289104928245,
0.04299467480848277,
0.03663651655662163,
0
];
nValue :DINT; // Temporary variable
END_VAR

```

Ausführungsteil:

```

// Example program 5:
// writes filter coefficients of
// "User defined FIR Filter" (32)
// incl. example coefficients for band pass
// Note: writing possible, if CoE Object
// PAI Settings Ch.1 (0x8000:16) has value 32 or 33 set, only!
// (32 = User defined FIR Filter / 33 = User defined IIR Filter)
// =====
CASE wState OF
0:
    fb_coe_write(bExecute := FALSE); // Prepare CoE access
    wState := wState + 1; // Go to next state
1:
    //nValue := REAL_TO_DINT(DINT_TO_REAL(aFilterCoeffs[index]) *16384);
    nValue := LREAL_TO_DINT(aFilterCoeffs[index] * 1073741824); // Bit-shift factor: 2^30
    // Write filter coefficients (max. 40 entries)
    fb_coe_write(
        sNetId:= userNetId,
        nSlaveAddr:= userSlaveAddr,
        nSubIndex:= index,
        nIndex:= wCoEIndexUserFilterCoeffizents,
        pSrcBuf:= ADR(nValue),
        cbBufLen:= SIZEOF(nValue),
        bExecute:= TRUE,
        tTimeout:= T#1S
    );
    wState := wState + 1; // Go to next state
2:
    // Execute writing to CoE

```

```
fb_coe_write();
IF fb_coe_write.bError THEN
  wState := 100; // Error case
ELSE
  IF NOT fb_coe_write.bBusy THEN
    index := index + 1;
    IF index <= (NumOfFilterCoeff) THEN
      fb_coe_write(bExecute := FALSE); // Prepare the next CoE access
      wState := 1; // Write next value
    ELSE
      wState := 255; // Done
    END_IF
  END_IF
END_IF
100:
  ; // Error handling
255:
  ; // Go on..
END_CASE
```

4.3.5 Beispielprogramm 6 (Verschränken von Messwerten)

Programmbeschreibung/ Funktion

Anmerkung zu diesem Kapitel: Der Einsatz von EL3751/ELM3xxx-Klemmen gilt entsprechend auch für EPP35xx.

In manchen Anwendungsfällen wird eine zeitlich besonders feine Auflösung des Signals gewünscht, z.B. damit für eine FFT viele Messpunkte zur Verfügung stehen. Im Folgenden werden zwei Möglichkeiten hierfür dargestellt:

- Einsatz einer analogen Eingangsklemme mit der entsprechend hohen Abtastrate z.B. 20 kSps.
- Einsatz von zwei analogen Eingangsklemmen mit der halben Abtastrate von 10 kSps und sogenannter *Verschränkung der Messwerte*, Resultat sind ebenfalls 20 kSps Abtastung des Signals.

In diesem Beispiel wird der zweite Weg beschrieben: Einsatz von EtherCAT-Klemmen 2 x EL3751 mit je 10 kSps max. Samplerate (hier somit 100 µs Wandlungszeit, vgl. Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen [► 929], Kapitel „Zeitliche Aspekte der analog/digital bzw. digital/analog Wandlung“). Beide Klemmen erhalten durch deren Parallelschaltung das gleiche Signal simultan zugeführt und sind per DistributedClocks derartig konfiguriert, dass sie nicht gleichzeitig, sondern um die halbe Wandlungszeit versetzt sampeln (hier: 50 µs). Werden nun die beiden Messdatenströme in der Steuerung abwechseln zusammengesetzt, d.h. „verschränkt“, ergibt sich ein netto Messdatenstrom von 20 kSps.

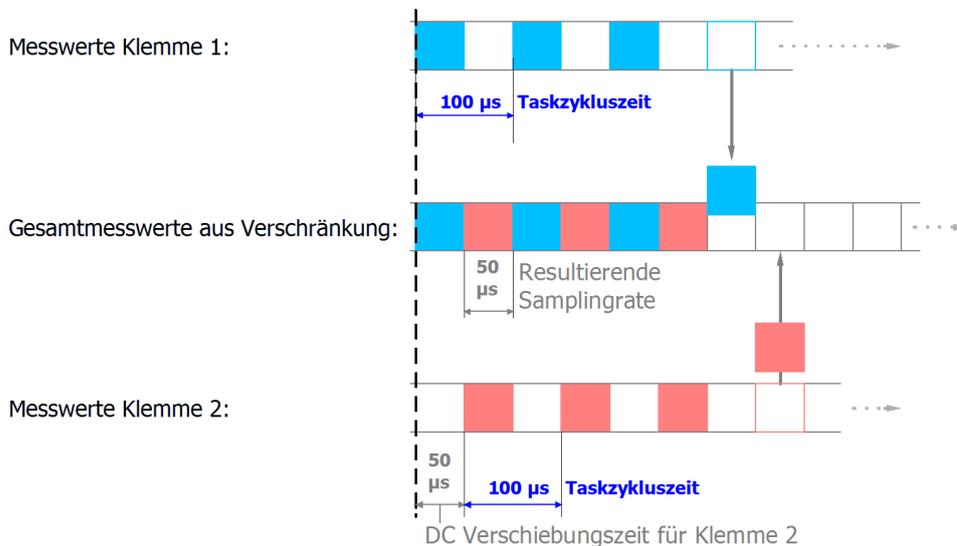


Abb. 205: Vorgang der Verschränkung der Eingangsdaten

Hierfür wird folgender Aufbau verwendet:

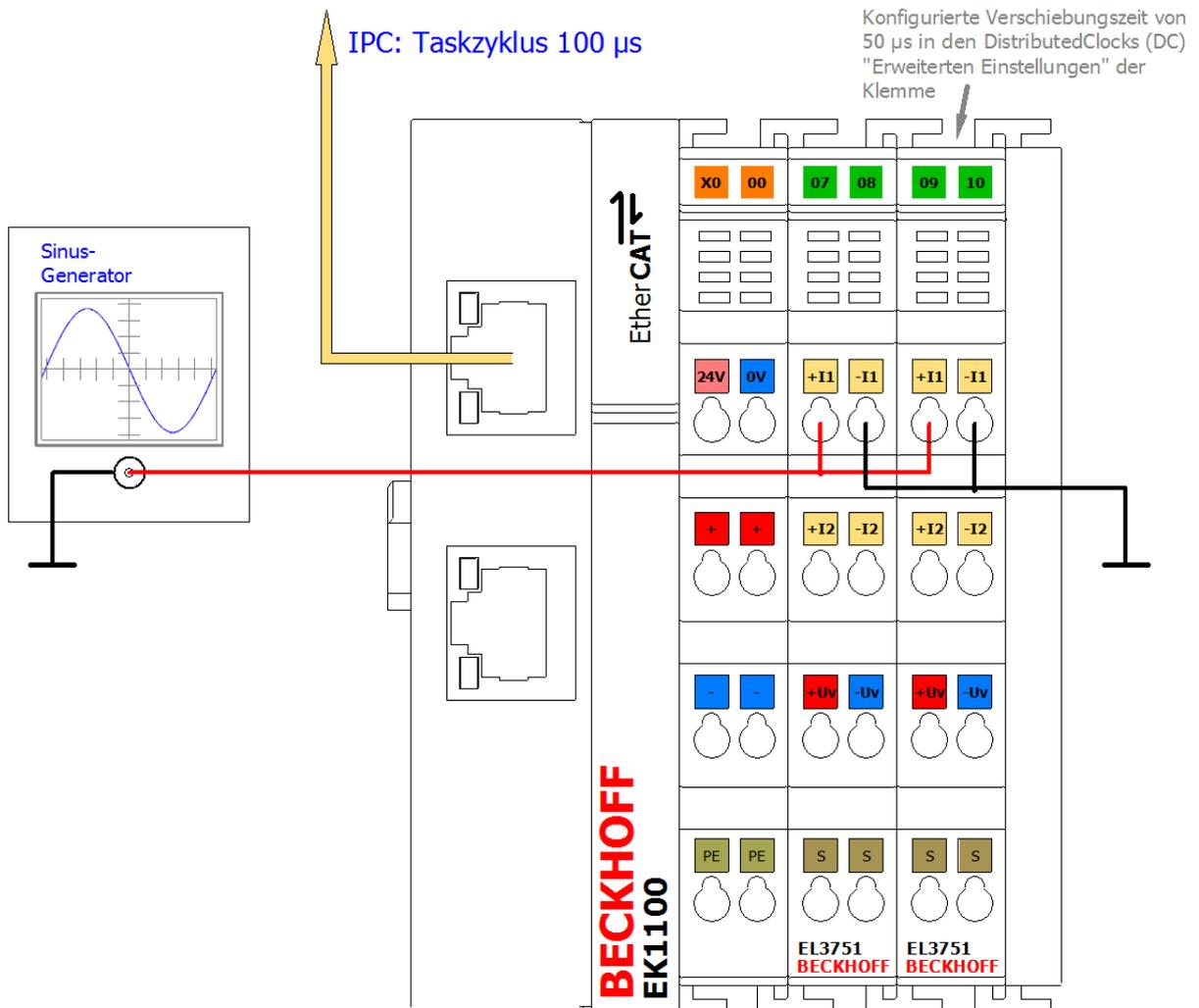


Abb. 206: Konfiguration und Aufbau zum Beispielprogramm 6: Verdopplung der Samplingrate mit 2 x EL3751

Das Beispiel ist mit entsprechenden Anpassungen für andere EL3xxx/ELM3xxx Klemmen bzw. Box-Modulen ebenfalls anwendbar. Es liegen dann ggf. andere Oversamplingfaktoren, Shiftzeiten etc. vor. Auch die optional vorhandene Task mit 50 µs im Beispiel 6a kann u.U. nicht zum Einsatz kommen.

Damit die Eingangswerte nacheinander zu einem Gesamtwert zusammengesetzt werden können, ist für jeden Kanal/klemme eine entsprechende Verschiebungszeit „Shift time“ notwendig; in diesem Beispiel für die zweite Klemme 50 µs. Diese wird in den „Erweiterten Einstellungen“ zu DistributedClocks (Karteireiter „DC“) der zweiten Klemme vorgenommen:

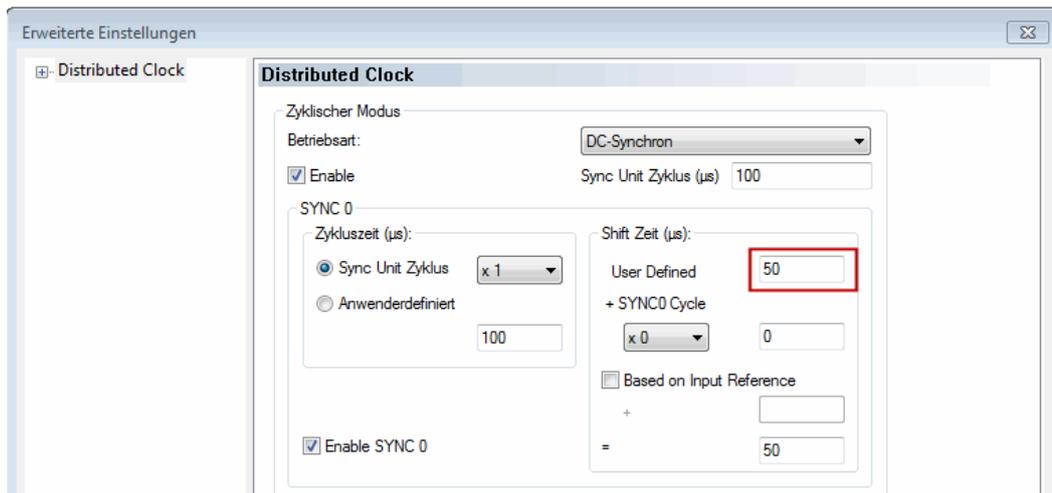


Abb. 207: Einstellung der DC-Verschiebungszeit für Klemme 2

Einige Hinweise und Einschränkungen

- Dieses Prinzip kann mit zwei (wie oben beschrieben) oder auch mehreren Klemmen umgesetzt werden; es findet seine Grenze in der Shifttime-Feinheit von 1 µs.
- Die verwendeten Klemmen müssen DistributedClocks unterstützen. Oversampling ist hilfreich, aber nicht notwendig. Zu beachten ist die Samplingmethode Simultan vs. Multiplex; siehe entsprechende Dokumentation mit der Fragestellung: „*wann die Kanäle bezogen auf DistributedClocks ihre Werte sampeln*“.
- Dieser Ansatz verdoppelt zwar die Abtastrate des unter Beobachtung stehenden Signals, der in den technischen Daten der Klemme gegebene Frequenzgang, die Dämpfung gilt aber weiterhin! Es ist durch die zweifache Abtastung also nicht möglich dann auch doppelt so schnelle Signale einzulesen. Beispiel: die EL3751 mit 10 kSps Abtastrate kann Signale bis halber Abtastrate = 5 kHz sinnvoll (Aliasfrei) einlesen. Diese Grenze bleibt auch durch mehrfach parallele Abtastung bestehen! Die z.B. angegebene Dämpfung von -3 dB bei 3 kHz gilt auch für das verschränkte Summensignal.
- Es kann per DistributedClocks Shifttime nur eine EtherCAT-Klemme funktional als Ganzes zeitlich verschoben werden, nicht der einzelne Kanal einer Klemme. Die Verschiebung wirkt dann auf alle Kanäle einer Klemme. Für das angegebene Prinzip müssen also immer zwei oder mehr Klemmen/Box-Modulen verwendet werden, eine Verschränkung von zwei Kanälen einer Klemme/Box ist nicht möglich.
- Es ist die angegebene spezifizierte Messunsicherheit zu beachten: die unvermeidbar unterschiedliche reale Messunsicherheit und damit Amplitudenunterschiedlichkeit der beiden verwendeten Klemmen bzw. ihrer Kanäle am selben Signal kann nach dem Verschränken als Rauschanteil sichtbar werden. Deshalb sollten für dieses Prinzip Klemmen verwendet werden, die deutlich geringere Messunsicherheit aufweisen als für die Anwendung erforderlich ist. Es wird ausdrücklich empfohlen, einen expliziten Anwender-Abgleich zumindest des Offsets der beiden elektrisch zusammenschalteten Kanäle durchzuführen, um diesen Einfluss zu minimieren.
- Es sollten Klemmen mit gleichem HW/FW-Stand verwendet werden.

Beispielprogramm

Diese genannte Einstellung, wie auch die Basiszeit und die Taskzykluszeit ist bereits in dem Beispielprogramm konfiguriert:

Download TwinCAT 3 Projekt/ Beispielprogramm 6a: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/4867888523.zip>

Im Folgenden ist zunächst mit Oversampling = 1 für jeden Eingangswert die einfachste Variante der Verschränkung der Eingangswerte in „strukturierten Text“ gezeigt: eine Feldvariable mit zwei Elementen erhält je einen Wert von einer Klemme. Diese kann zur Weiterverarbeitung verwendet werden und wird hier im TwinCAT ScopeView dargestellt. Die Programmanweisungen sind bei der EL3751 einer 100 µs Task zugeordnet:

Variablendeklaration Beispielprogramm 6a

```
PROGRAM MAIN
VAR
  nSamples_1      AT%I*      :DINT; // EL3751 input with no added shift time
  nSamples_2      AT%I*      :DINT; // EL3751 input with -50 µs added shift time
  aCollectedResult :ARRAY[0..1] OF DINT;
END_VAR
```

Ausführungsteil:

```
// Example program 6a:
// 100 µs task
// =====
aCollectedResult[0] := nSamples_1; // Put 1st Value of sequence into array
// Pattern: 1.1.1.1...
aCollectedResult[1] := nSamples_2; // Put n-th Value of sequence into array (2nd here)
// Pattern: .2.2.2.2...
// =====
// Result pattern: 12121212... (--> see scope view dots)
```

Bei einem Eingangssignal z.B. Sinus 5 kHz und 2,5 V Amplitude liefert das TwinCAT-ScopeView folgende Ergebnisse:

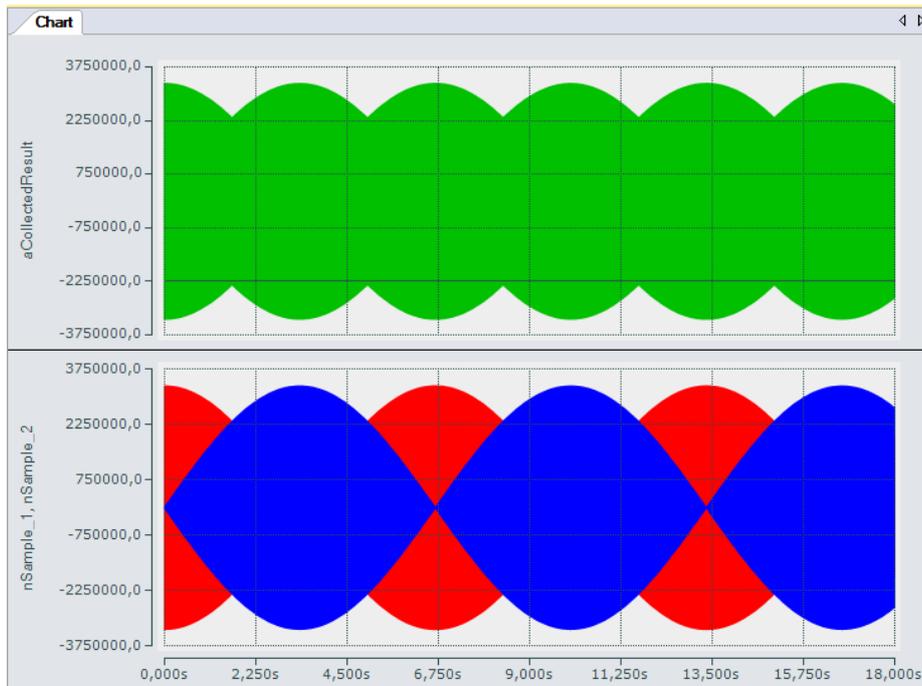


Abb. 208: Oversampling 20 KSps mit 2 x EL3751 mit Eingangssignalen (unten) und Ergebnissignal (oben)

Die obere Abbildung zeigt das Gesamtsignal und die beiden Eingangssignale (nSample_1, nSample_2), um 50 µs zueinander Zeitversetzt innerhalb von 18 s in gestauchter Form. Das Gesamteingangssignal (nCollectedResult) zeigt hier im groben die Verschränkung der beiden Eingangssignale.

Nachfolgend ist dargestellt (mit Markierungen grafisch nachbearbeitet), wie die Eingangssignale (nSample_1, nSample_2) an der Konstruktion des Gesamteingangssignals beteiligt sind:



Abb. 209: Oversampling 20 KSps mit 2 x EL3751 zeigt abwechselnd den Eingangswert 1 und Eingangswert 2 für je einen Ergebniswert

Unter bestimmten Voraussetzungen können zudem in einer entsprechend schnellen Task beide Eingänge auf eine einzelne Variable zusammengefasst werden. Das Beispielperogramm enthält hierfür noch eine zusätzliche Task mit 50 µs Zykluszeit, die zum einen für die Darstellung der Eingangssignale im ScopeView benötigt wird und zum anderen auch eine Variable (nCollected) enthält, die beide Eingänge abwechselnd zugewiesen bekommt:

```
// 50 µs task
// =====
// Junction of the two inputs
nCollected := SEL(nToggle, MAIN.nSamples_1_, MAIN.nSamples_2_);
nToggle := NOT nToggle;
```

Die für das ScopeView erforderlichen Variablen der Eingänge werden in dieser Task aus der 100 µs Task ausgelesen, um die einzelnen Werte im 50 µs Abstand darstellen zu lassen.

Variante mit 2 x Oversampling 10 = Oversampling 20

Wird beispielsweise ein Oversampling-Faktor von 10 für beide Eingangsklemmen verwendet, wird für den Gesamtmesswert eine Feldvariable das so kann die Verschränkung der Eingangswerte durch eine einfache Programmschleife erfolgen, die die Werte nacheinander in eine Feldvariable für die resultierende Ergebnisvariable einliest:

Variablendeklaration Beispielperogramm 6b

```
PROGRAM MAIN
VAR
  aSamples_1      AT%I*      :ARRAY[0..9] OF DINT; // EL3751 input with no added shift time
  aSamples_2      AT%I*      :ARRAY[0..9] OF DINT; // EL3751 input with -50 µs added shift time
  aCollectedResult :ARRAY[0..19] OF DINT;
  // =====
  nPos            :BYTE;
```

Ausführungsteil:

```
// Example program 6b:
// 1 ms task
```

```
// =====  
FOR nPos := 0 TO 9 DO  
  // Put 1st Value of sequence into array:  
  aCollectedResult[2*nPos] := aSamples_1[nPos];  
  // Put n-th value of sequence into array (2nd here):  
  aCollectedResult[2*nPos+1] := aSamples_2[nPos];  
END_FOR
```

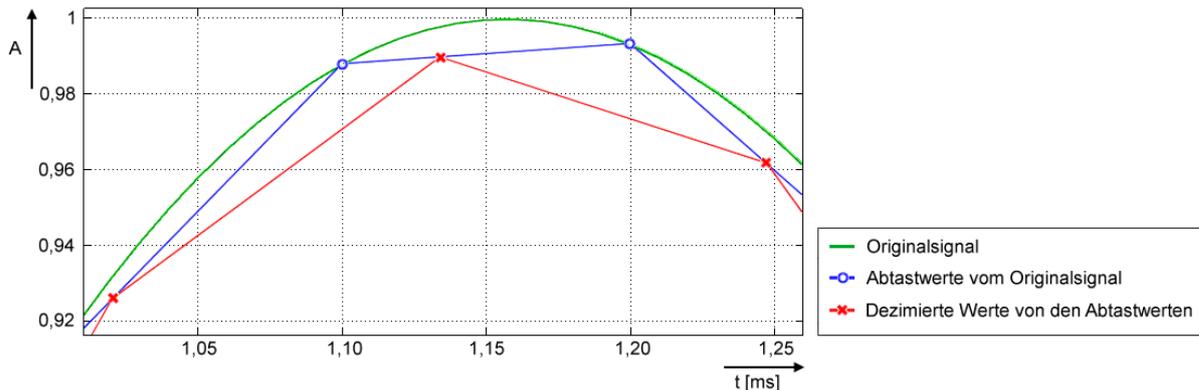
Download TwinCAT 3 Projekt/ Beispielprogramm 6b: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/4867891467.zip>

Das Beispielprogramm 6b liefert das gleiche Ergebnis, nur liegt hier das Gesamteingangssignal lediglich in Form einer Feldvariablen mit 20 Elementen vor.

4.3.6 Beispielprogramm 7 (Allgemeine Dezimierung in der PLC)

Die EL3751/ ELM3xxx Klemmen können eine Dezimierung ihrer Basisabtastrate f_{max} nur durch ganzzahlige Vielfache durchführen, siehe dazu das Kapitel „Dezimierung“ [► 000]. Um auch beliebige andere Abtastraten $f_{Ziel} < f_{max}$ für einen Kanal zu realisieren, kann beispielsweise wie folgt vorgegangen werden:

- Klemme/ Kanal mit maximaler Abtastrate betreiben und die Daten über EtherCAT/Oversampling in die Steuerung (PLC) übertragen
- Dort in der PLC/ C++ auf der Zeitachse in die gewünschte Abtastrate umrechnen, z.B. mittels linearer Interpolation auf Basis der Zeitstempel je Eingangswert (Sample). Da die EL3751/ ELM3xxx auf DistributedClocks-basierend zeit-äquidistante Samples liefern, ist das einfach möglich. Folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt eines mit $50/44,1 = 1/0,882$ dezimierten sinusförmigen Signals:



- Grün: entspricht Original- Eingangssignal analog, ca. 432 Hz
- Blau (O): entspricht Abtastung der EL3751/ ELM3xxx mit $f_{max} = 10.000$ Sps bzw. einem Abtastintervall von $100 \mu s$
- Rot (X): entspricht in PLC umgerechnetes Signal auf 8820 Sps (Faktor 0,882) und damit ein Zeitintervall von ca. $113,37.. \mu s$
- Hinweis: Der Begriff „Dezimierung“ wird hier sowohl angewendet auf die Rechnung in der Klemme (siehe dazu das Kapitel „Dezimierung“ [► 000]) als auch auf die Umrechnung im PLC-Programm. Im Folgenden ist dabei die Umrechnung in der PLC gemeint.
- Da hierbei das Zeitintervall der angestrebten Abtastung nach der Dezimierung in PLC i.d.R. keine ganze (endliche) Zahl mehr ist, wird für die Darstellung im PLC/Scope Wert/Zeit-Paare verwendet, d.h. jedem Y-Wert ist ein X-Zeitwert zugeordnet. Solche Wert/Zeit-Paare lassen sich mit dem TwinCAT ScopeView im XY-Modus einfach darstellen. Siehe hierzu auch unter infosys.beckhoff.com: TwinCAT3 → TExxxx | TC3 Engineering → TE13xx | TC3 ScopeView → Konfiguration → XY-Graph
- Außerdem hat die Umrechnung Folgen für die Weiterverarbeitung in PLC/C/ADS:
 - Üblicherweise ist ein PLC/EtherCAT/TwinCAT-System so eingestellt dass je Zyklus eine konstante Anzahl Samples verarbeitet wird – das ist nun i.d.R. nicht mehr der Fall: es kommt von Zyklus zu Zyklus zu einer unterschiedlicher Anzahl Samples die zu verarbeiten sind (Angabe durch die Programmvariable `nResultNoOfSamples`).
 - Blieb ein Zeitstempel pro Signalwert bisher relativ bedeutungslos, so führt jedoch die hier angewandte Art der Umsetzung des Dezimierungsvorgangs dazu, dass der jeweilige Zeitstempel pro Signalwert elementar zu beachten ist.
- Die nicht konstante Anzahl von Samples wird vom TwinCAT XY-Scope nicht sichtbar, weil hier einige Werte sporadisch doppelt gezeichnet werden, ist jedoch zu bedenken; ggf. wäre für die programmatische Weiterverarbeitung die Verwendung eines Zwischenpuffers zu empfehlen.
- Zur Orientierung der aktuell gültigen Sample-Zahl pro Taskzyklus stellt das Programm die Variable `nResultNoOfSamples` zur Verfügung, die angibt, welche Werte in der Arrayvariable gültige Werte in einem Taskzyklus enthalten (gibt die Feldnummer - 1 an).

Im Folgenden dient das **Beispielprogramm** als Orientierungshilfe, das auch die XY-Darstellung im TwinCAT Scope enthält. Wegen der o.a. Problematik der nicht konstant vorhandenen Anzahl gültiger Abtastwerte liefert das Programm für das Scope das Array-Paar `aVarDecResult_TS` und `aVarDecResult` mit der gleichen

Anzahl von Elementen wie für den Eingangswert $aSamples_1$ (Wert = $nOVS$). Kommt es in einem Taskdurchlauf zu weniger Werten, wird der letzte Wert einfach wiederholt eingetragen (entspricht etwa „sample & hold“). Für die Aufzeichnung wurde das ScopeView wie folgt konfiguriert:

Eigenschaft	Wert	
ScopeNodeProperties	ViewDetailLevel	ExtendedXYOnly
	Record time	00:00:00:05
ChartXYNodeProperties	Default Display Width	0,00:00:00,050:000
	Max Data Points	200000
XYChannelNodeProperties	Marks	On
	Mark Size	5
	Mark Color	(andere Farbe als „Line Color“)

Für eine veranschaulichende Darstellung wurde zunächst die Aufzeichnung des ScopeView gestartet und dann das Programm, das auf eine Sekunde begrenzt die Dezimierten Werte lieferte:

```

IF nOVS_CycleCount = 1000000000 THEN
;
  bEnable := FALSE;// Stop after 1s just for recording
ELSE
...

```

Diese Zeile kann selbstverständlich für weitere Anpassungen auskommentiert werden:

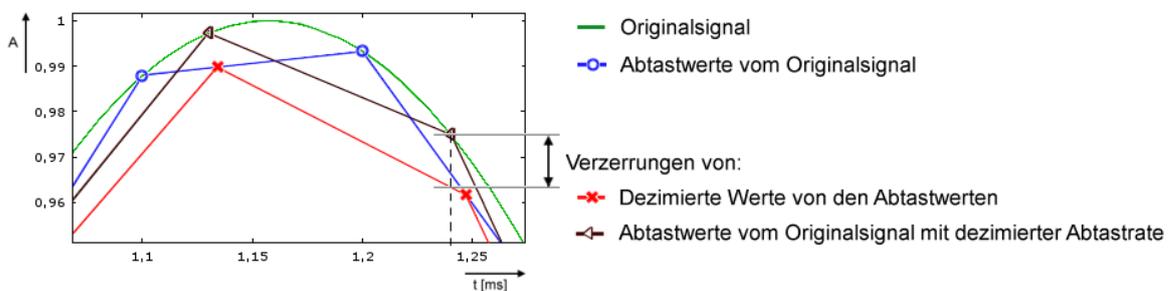
```

//bEnable := FALSE;// Stop after 1s just for recording

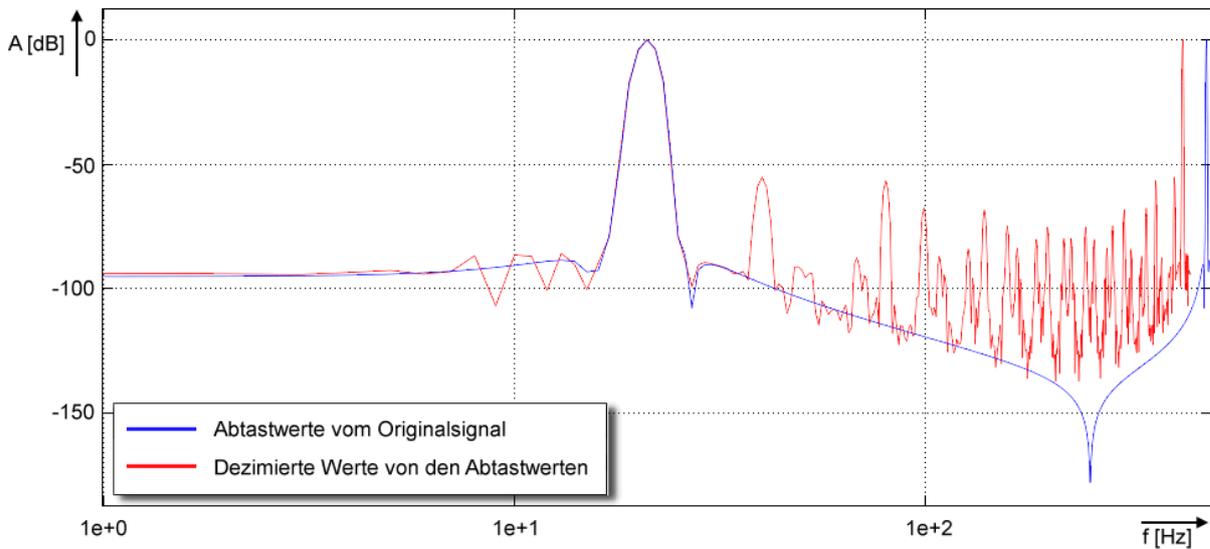
```

Hinweise:

- die Zielabtastrate f_{Ziel} sollte in der Nähe der Samplerate f_{max} liegen, so dass es über die Implementierung möglich ist, ein Zeitintervall zwischen zwei dezimierten Werten auch auszuwerten. Die gewünschte Dezimierung erfordert u.U. eine Anpassung weiterer Parameter wie Taskzykluszeit, Oversamplingfaktor, etc. sowohl in der Konfiguration als auch als Variableninitialisierung im Beispielprogramm (siehe Abbildung „Vorgang der variablen Dezimierung des Beispielprogramms“ zur Funktionsweise des Programcodes).
- Grundsätzlich werden durch den Konvertierungsvorgang in diesem Beispielprogramm bei einer Dezimierung mit gebrochenen rationalen Faktoren Verzerrungen im Ergebnis in Bezug zur ursprünglichen Signalform verursacht (siehe Signalverlauf). Konkret entstehen Abweichungen vom originalen Signalverlauf nur in den Abschnitten, wo der zeitliche Ableitungswert (die Steigung) nicht konstant ist. Z.B. werden Eingangswerte eines Sinussignals in den nichtlinearen Bereichen durch die im Programm vorgenommene Interpolation verzerrt:



Im Frequenzspektrum wird dies z.B. durch eine Berechnung mit 20 Hz Sinussignal, abgetastet mit 500 Sps und dezimiert auf 441 Sps wie folgt anschaulich:



- Wenn auf dem Datenstrom keine der f_{Ziel} entsprechenden Tiefpassfilterung vorgenommen wird, wird es zu Aliasing-Effekten kommen! Es ist deshalb ratsam z.B. mit der TC3 Controller Toolbox oder der TC3 Filter Lib in der PLC eine Tiefpassfilterung vorzunehmen, bevor die Umrechnung/Dezimierung vorgenommen wird. Entsprechende Filter können einfach mit dem TE1310 FilterDesigner erstellt werden. Siehe hierzu unter www.beckhoff.de:
Automation → TwinCAT 3 → TE1xxx | TC3 Engineering → TE1310 | TC3 Filter Designer
Alternativ können natürlich auch die in den EL3751/ ELM3xxx verfügbaren Filter schon auf die passende Tiefpass-Frequenz gesetzt werden, auch dazu ist der TwinCAT Filter Designer hilfreich.
- Einträge des Dezimierungsfaktors im Programm ($nDecimationValue$) sollten einen Wert > 1 haben. Der Programmcode unterstützt lediglich das „downsampling“.

Beispiel: Stellt eine Klemme wie ELM3602-0002 (2-Kanal-IEPE-Auswertung) einen Datenstrom mit Oversampling von 50 kSps bei 100µs Zykluszeit zur Verfügung, so kann dieser Beispielcode eine Dezimierung auf 44,1 kSps vornehmen. Im Beispielprogramm wären dazu die Zyklusticks in der Taskkonfiguration von 5 auf 1 sowie die entsprechende Programmvariable $nTaskCycle_ns$ von 500000 auf 100000 zu ändern. Siehe folgenden Bildausschnitt des ScopeView XY:

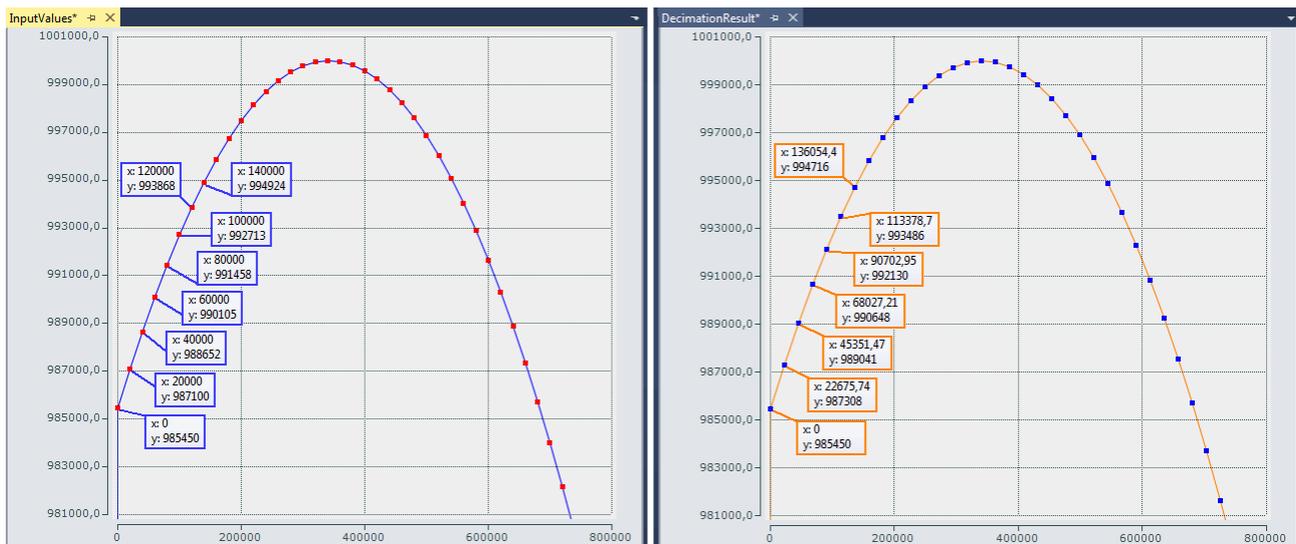


Abb. 210: Dezimierung von 20 µs (links) auf 22,675.. µs (rechts) mit ELM3602

Der Dezimierungsfaktor ist durch Eintrag des Wertes „50/44.1“ für $nDecimationValue$ im Beispiel vorgegeben. Wird dieses Beispiel für die EL3751 mit 500 µs Zykluszeit und 5x Oversampling verwendet, wird das Abtastintervall von 100 µs, das von der EL3751 kommt, zu ca. 113,378.. µs umgerechnet. Dementsprechend ist dieses Beispiel ausgelegt.

Die Dezimierung im Programm ist frei wählbar und muss mit Oversamplingfaktor und Taskzykluszeit abgestimmt konfiguriert sein. Die Variable `nOVS` muss den gleichen Oversamplingfaktor enthalten, wie dieser über die Prozessdatenkonfiguration eingestellt ist.

Download Beispielprogramm 7:

- Konfiguration: IPC + EK1100 + **EL3751** + EL9011:
<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/5090848011.zip>
- Konfiguration: IPC + EK1100 + **ELM3602-0002** + EL9011:
<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/5117137291.zip>

Hinweis: Bei Verwendung einer EtherCAT-Box wie EPP35xx entfällt der EtherCAT-Koppler EK1100.

Allgemeiner Hinweis

Der Zeitpunkt der Passage der EtherCAT Frames an der Klemme unterliegt Schwankungen, dem EtherCAT-Frame-Jitter. Falls diese Schwankungen groß im Verhältnis zur Zykluszeit sind, werden u.U. Daten verspätet von der Klemme abgeholt, es kommt in der Scope-Darstellung zu Aussetzern/ Dopplungen. Mit der TwinCAT EtherCAT Diagnose können solche Effekte diagnostiziert werden. In dem Beispielprogramm zur ELM3602 steht zu dieser Kontrolle die Variable `nEqualTimeStampsCnt` zur Verfügung, die inkrementiert wird, falls ein solcher Ausfall auftritt. Abhilfe schafft die Veränderung der DC ShiftTime der Klemme, siehe dazu die EtherCAT Systemdokumentation.

Deklarationsteil

```
// THIS CODE IS ONLY AN EXAMPLE - YOU HAVE TO CHECK APTITUDE FOR YOUR APPLICATION
PROGRAM MAIN
VAR CONSTANT
    // User decimation factor e.g. 50 to 44.1 kSps:
    nDecimationValue      :LREAL := 50/44.1; // 50/20;
    nOVS                  :BYTE := 5;       // Oversampling factor
    nTaskCycle_ns         :UDINT := 500000; // PlcTask configured cycle time in ns

    nOVSTimeInterval_ns  :UDINT := LREAL_TO_UDINT(nTaskCycle_ns/nOVS); // OVS interval
    nDecTimeInterval_ns  :LREAL := nDecimationValue * nOVSTimeInterval_ns; // Decimation interval
END_VAR

VAR
    aSamples_1 AT%I*      :ARRAY[0..nOVS-1] OF DINT; // Link to the terminal PDO
    aOVS_SampleSets       :ARRAY[0..(2*nOVS)-1] OF DINT; // 2 OVS sample sets

    nVarDecResult         :DINT; // The calculated interpolated value
    tVarDecResult         :LREAL; // Decimation timestamp

    aVarDecResult         :ARRAY[0..nOVS-1] OF DINT; // Decimation result values
    aVarDecResult_TS      :ARRAY[0..nOVS-1] OF LREAL; // Decimation result timestamps

    nResultNoOfSamples   :BYTE; // This is for the user for further processing

    nDivVar               :INT; // Value for selection of the target input element
    tDecVar_InTaskCycle   :LREAL:=0; // Time span for all decimation timestamps within a task cycle

    i                     :BYTE:=0; // Common loop counter
    nDX                   :LREAL; // X-Difference: target input element to decimation element
    nDY                   :DINT; // Y-Difference: two values for interpolation
    sVal                  :LREAL; // Slope for calculation of new value
    bEnable               :BOOL:=FALSE; // Start/Stop conversion to decimation values
    nOVS_CycleCount       :ULINT := 0; // Time value for every OVS sample

    // Values for testing
```

```

bTEST_VALUES_ENABLED :BOOL := FALSE; // No input value needed, if TRUE
nPhi                  :LREAL := 1.4; // Start angle for sinus simulation

// For visualization only:
aOVS_Samples         :ARRAY[0..nOVS-1] OF DINT; // 2 OVS sample sets (value)
aOVS_Samples_TS      :ARRAY[0..nOVS-1] OF ULINT; // 2 OVS sample sets (timestamp)
END_VAR

```

Ausführungsteil

```

// 500 µs Task
FOR i:= 0 TO nOVS-1 DO
  // Shift OVS set to left and update on right:
  aOVS_SampleSets[i] := aOVS_SampleSets[i+nOVS]; // Transfer "samples set" to the left side
  IF bTEST_VALUES_ENABLED THEN
    // Simulate values:
    aOVS_SampleSets[i+nOVS] := LREAL_TO_DINT(1000000 * SIN(nPhi));
    nPhi := nPhi + 0.01;//0.003141592653;
  ELSE
    // Fill current new samples set on right:
    aOVS_SampleSets[i+nOVS] := aSamples_1[i];
  END_IF
END_FOR

IF bEnable THEN
  nResultNoOfSamples := 0; // Use for further processing

  FOR i := 0 TO nOVS-1 DO
    nDivVar := TRUNC_INT(tDecVar_InTaskCycle/nOVSTimeInterval_ns);

    // Check, if new value is in grid
    IF (nDivVar = i) THEN
      nResultNoOfSamples := nResultNoOfSamples + 1;

      // Calc slope by the left and right element values (dy/dx):
      nDY := aOVS_SampleSets[i+1] - aOVS_SampleSets[i];
      sVal := DINT_TO_LREAL(nDY)/nOVSTimeInterval_ns;

      // Get the time (difference) from the left side element start to the desired time point:
      nDX := tDecVar_InTaskCycle
             - TRUNC_INT(tDecVar_InTaskCycle/nOVSTimeInterval_ns)
             * UDINT_TO_LREAL(nOVSTimeInterval_ns);
      // Calc timestamp
      tVarDecResult := nDX + ULINT_TO_LREAL(nOVS_CycleCount);
      // Calc new value:
      nVarDecResult :=
        LREAL_TO_DINT(DINT_TO_LREAL(aOVS_SampleSets[i]) + sVal * nDX);

      // next decimation time step
      tDecVar_InTaskCycle := tDecVar_InTaskCycle + nDecTimeInterval_ns;
      tDecVar_InTaskCycle := tDecVar_InTaskCycle
        - INT_TO_UDINT(TRUNC_INT(tDecVar_InTaskCycle/nTaskCycle_ns))
        * nTaskCycle_ns;
    END_IF

    // Fill timestamp and new value allocated to the field element of its timestamp

```

```
aVarDecResult_TS[i] := tVarDecResult;
aVarDecResult[i] := nVarDecResult;

// For visualization of the original input:
aOVS_Samples[i] := aOVS_SampleSets[i];
aOVS_Samples_TS[i] := nOVS_CycleCount;

// Count the task cycle timestamp
nOVS_CycleCount := nOVS_CycleCount + nOVSTimeInterval_ns;
END_FOR
END_IF

IF nOVS_CycleCount = 1000000000 THEN
  bEnable := FALSE; // Stop after 1s just for recording
  IF NOT bEnable THEN
    bEnable := TRUE; // OVS-Samples transferred complete into both array sets
  END_IF
END_IF
```

4.3.7 Beispielprogramm 8 (Diagnose Nachrichten)

Download TwinCAT 3 Projekt: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/4279234443.zip>

Hinweis zum Laden des Programms: [Vorbereitungen zum Starten des Beispielprogramms \(tpzip - Datei/TwinCAT 3\) \[► 718\]](#)

Programmbeschreibung/ Funktion

Das Beispielprogramm liest einige CoE Objekte aus der Klemme; dabei auch 0x10F3 „Diagnosis History“ [► 589] in der anwenderseitig verwertbare Diagnosedaten enthalten sind:
Diagnose Nachricht Nr.01...16 (0x10F3:06...0x10F3:15). Aufbau einer Nachricht (Little-Endian beachten):

[dddd cccc ffff mmmm tttttttttttttt pppp_(i) kk_(i)]

dddd = DiagCode: z.B. (00 E0): 0xE000 standard Beckhoff Message

cccc = ProductCode (21 50): 0x5021 = Code für ELM

ffff = Flags, u.a. Angabe über die Anzahl (i) der Parameter (pppp kk) die übergeben werden (02 00 z.B. 2), Bit 4 gesetzt, wenn nicht im DC Betrieb

mmm = die Message ID – entsprechender Text ist hier [Grundlagen zu Diag Messages \[► 899\]](#) angegeben.

tttttttttttttt = TimeStamp

pppp_(i) = Datentyp des übergeben Parameters, z.B. (05 00) = 0x0005 steht für den Datentyp UINT8

kk_(i) = übergebener Parameterwert

z.B. 2 x UINT8 Parameter wie durch ffff (Flags) angegeben, mit den Werten 0x3C und 0x89
= "05003C050089"

Das weitere Vorgehen ist im Kapitel [TwinCAT Quickstart, TwinCAT 3, Starten der Steuerung \[► 794\]](#) beschrieben.

4.3.8 Beispielprogramm 9 (Messbereichskombination)

Anmerkung zu diesem Kapitel: Der Einsatz von EL3751/ELM3xxx-Klemmen gilt entsprechend auch für EPP35xx.

In manchen Einsatzfällen kann es von Interesse sein, einen Messwert sowohl in einem kleinen Bereich sehr fein aufgelöst zu messen, aber dennoch hohe Ausschläge noch zu erfassen. Sollte es ein AC/DC-Signal sein, das um 0 herum fein aufzulösen ist, kann folgender Weg beschritten werden: es werden zwei Eingänge einer ELM-Klemme elektrisch verbunden und messen gleichzeitig das Signal, allerdings mit unterschiedlichem Messbereich.

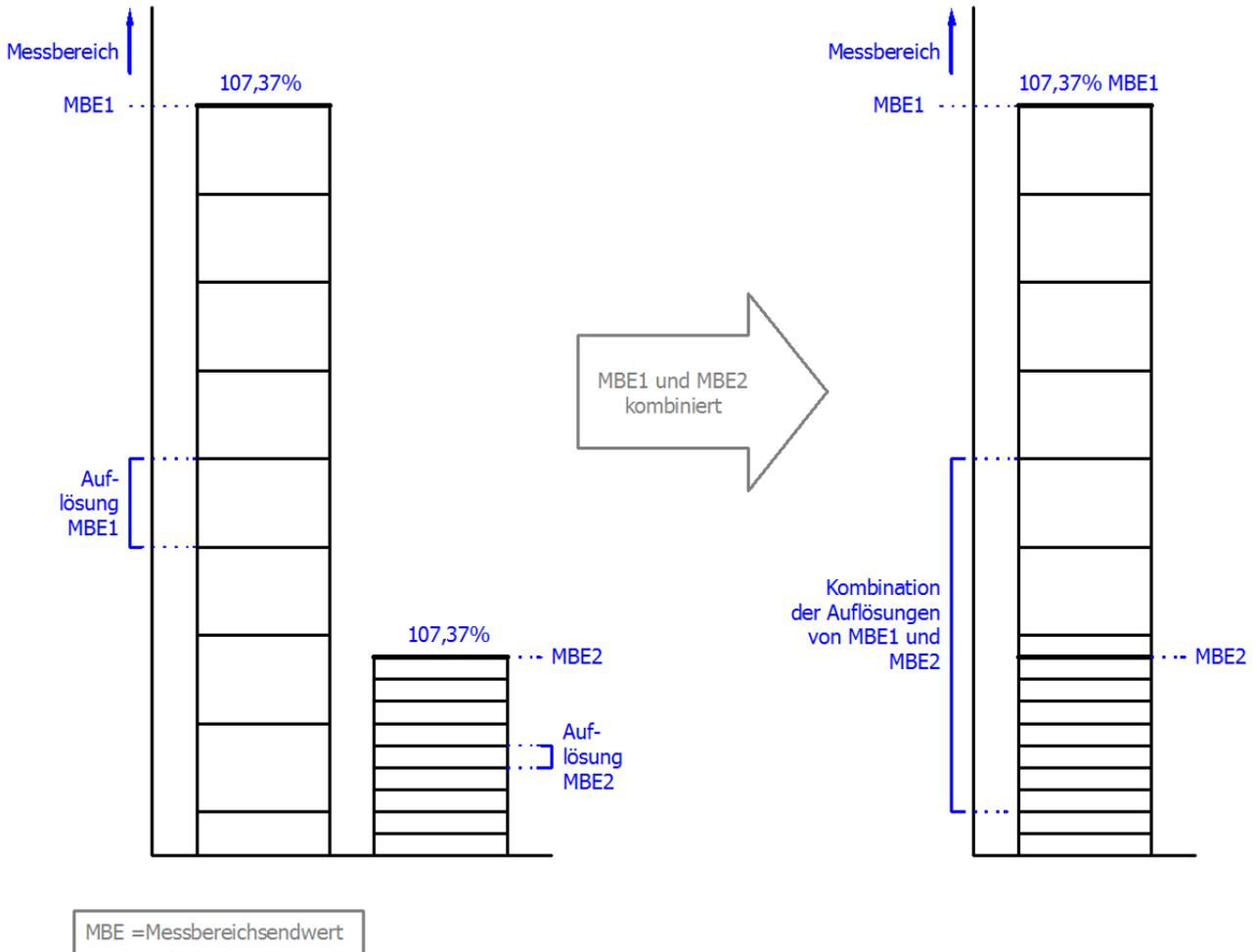


Abb. 211: Prinzip der Kombination zweier Messkanäle mit MBE1 und MBE2

Der Dynamikumfang eines typischen 24 Bit Spannung- oder Strommessbereichs liegt mit dem absoluten PDO Endwert von 2^{23} (Bit 24 ist Vorzeichen) bei $20 \cdot \log(2^{23}) \approx 138,5$ dB (ohne Berücksichtigung von Messunsicherheiten). Nun ist es möglich, zwei (oder mehr) Eingänge eines Messsystems gleicher Messungsart mit unterschiedlichen Messbereichsendwerten (MBE1, MBE2, MBE_n) parallel zu schalten um damit den Dynamikumfang zu steigern. Im Folgenden wird durch eine Kombination von zwei Eingängen die Eingangsmessgröße mit zwei Messbereichen MBE1 *und* MBE2 erfasst. Wird MBE2 < MBE1 gewählt und somit eine kleinere Auflösung des MBE2 als MBE1, steht einerseits die kleine Auflösung von MBE2 zur Verfügung, wenn der Betrag der Eingangsmessgröße \leq MBE2 ist und andererseits kann die Eingangsmessgröße auch noch für den größeren Bereich bis \leq MBE1 erfasst werden.

Hinweis: für die Berechnung des Dynamikumfangs wird hier die allgemeine Definition zugrunde gelegt:

Dynamikumfang = größter Messwert / kleinste Einheit

Zur Ausgabe in dB entsprechend dann mit $20 \cdot \log(\text{MBE} / \text{Auflösung}_{\text{MBE}})$. In diesem Beispiel mit Kombination von MBE1 und MBE2 wird also gerechnet

Dynamikumfang = $20 \cdot \log(\text{MBE1} / \text{Auflösung}_{\text{MBE2}})$.

Das im Folgenden aufgeführte Beispielprogramm baut auf eine Parallelschaltung zweier Eingangskanäle der ELM3602-0002 auf:

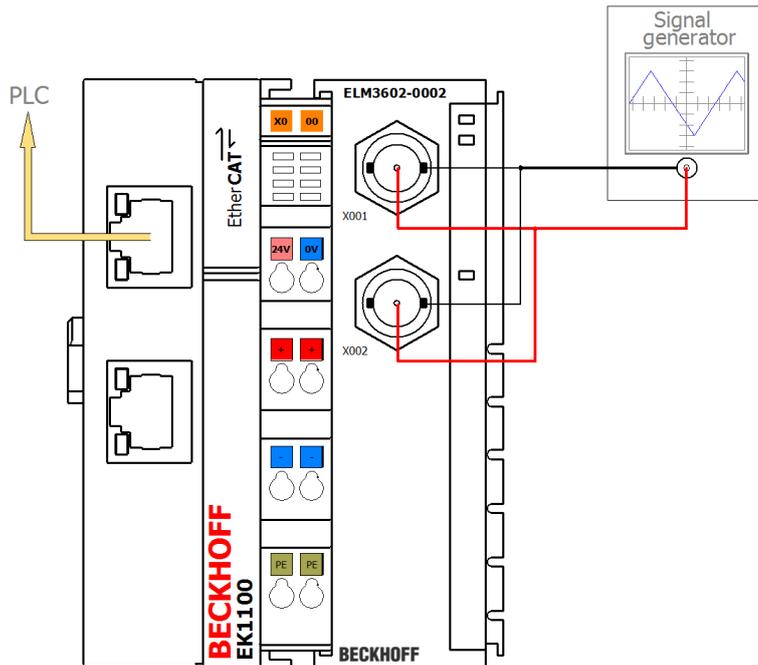


Abb. 212: Möglicher Aufbau für das Beispielprogramm "Messbereichskombination"

Programmbeschreibung/ Funktion

Der MBE1 von Kanal 1 ist mit $\pm 5\text{ V}$ und der MBE2 von Kanal 2 mit $\pm 80\text{ mV}$ ausgewählt. Das Programm übernimmt den Eingangsmesswert entweder von Kanal 1 oder Kanal 2 für eine gemeinsame Variable je nach Größe des Vorzeichenlosen Betrags der Eingangsmessgröße: Initial wird auf den Grenzwert von 107% des MBE2 (8388607) geprüft.

Im CoE-Objektverzeichnis ist gemäß den Variablen *nFSV_HI* und *nFSV_LO* in den PAI-Settings Objekten:

0x8000:01 $\rightarrow \pm 5\text{V}$

0x8010:01 $\rightarrow \pm 80\text{mV}$

einzustellen. Skalierung für beide Kanäle: „Extended Range“; keine Filter aktiv (entspricht der Voreinstellung der Klemme).

Variablendeklaration:

```

PROGRAM MAIN
VAR CONSTANT
  nFSV_PDO          : REAL := 7812500;
  nMAX_PDO          : REAL := 8388607;

  nEXT_F            : REAL := nMAX_PDO/nFSV_PDO;

  nFSV_HI           : REAL := 5;    // V
  nFSV_LO           : REAL := 0.08; // V

  nStep_HI          : REAL := nFSV_HI/nFSV_PDO;
  nStep_LO          : REAL := nFSV_LO/nFSV_PDO;
END_VAR
VAR
  nSamplesIn1      AT%I* : DINT;
  nSamplesIn2      AT%I* : DINT;

```

```

nValueCombi      : LINT;
nValueCombi_LREAL : LREAL;
nKF              : REAL := nFSV_HI/nFSV_LO;
nLimit           : REAL := nMAX_PDO;
nPDO1_REAL       : LREAL;
nPDO2_REAL       : LREAL;

// Voltage values:
nVoltage1        : LREAL;
nVoltage2        : LREAL;
nVoltageComb     : LREAL;

END_VAR

```

Ausführungsteil:

```

nPDO1_REAL := DINT_TO_LREAL(nSamplesIn1);
nPDO2_REAL := DINT_TO_LREAL(nSamplesIn2);

IF ABS(nPDO2_REAL) >= nLimit THEN
  nValueCombi_LREAL := nPDO1_REAL*nKF;
ELSE
  nValueCombi_LREAL := nPDO2_REAL;
END_IF

nValueCombi := LREAL_TO_LINT(nValueCombi_LREAL);

nVoltage1 := nPDO1_REAL * nFSV_HI/nFSV_PDO;
nVoltage2 := nPDO2_REAL * nFSV_LO/nFSV_PDO;
nVoltageComb := nValueCombi_LREAL * nFSV_LO/nFSV_PDO;

```

Eine Anwendung dieses Beispiels mit einem ± 5 V MBE1 und einen ± 80 mV MBE2 und einem Eingangssignal von $\pm 5,68$ V zeigt den Spannungsverlauf an Eingang 1, Eingang 2 und beide kombinierte Eingänge als einen durchgängigen Bereich in der untersten Aufzeichnung. In der Aufzeichnung von Eingang 2 ist der Bereich des +/- Überlaufes markiert eingezeichnet (negative/ positive clipping):

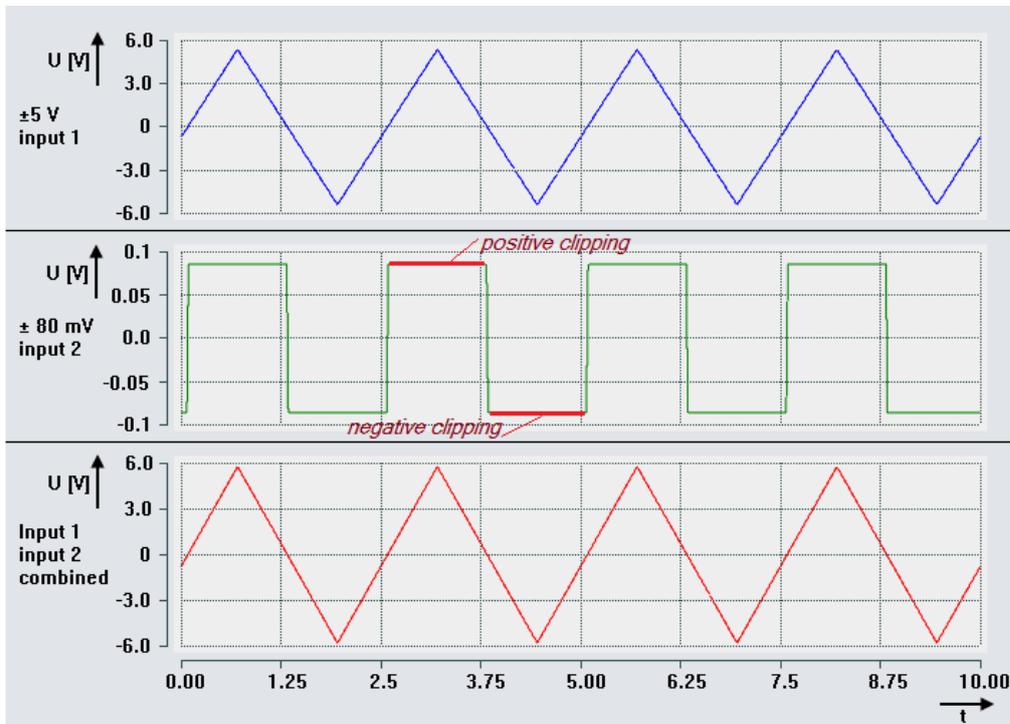


Abb. 213: Kombination zweier Kanäle der ELM3602-0002 mit ± 5 V und ± 80 mV Messbereich

Bei einer zugeführten Dreiecksspannung von c.a. 86 mV ±5 mV ist der Übergangsbereich am Spannungsverlauf von „Input 2“ (Werte < 0 V) zu erkennen:

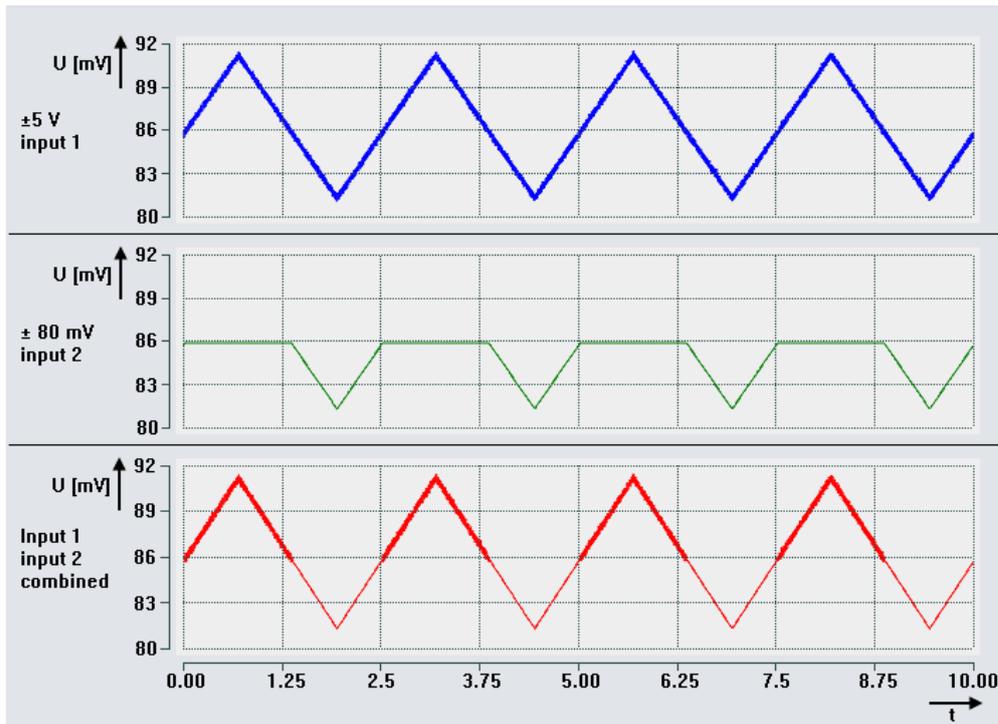


Abb. 214: Kombination zweier Kanäle der ELM3602-0002: Zuführung einer Dreiecksspannung im positiven Übergangsbereich

Für den (voreingestellten) „Extended Range“ beider Kanäle gilt (ohne Berücksichtigung jeglicher Messunsicherheiten):

Liegt der Dynamikumfang für den ±5 V Messbereich bei etwa $20 \cdot \log(5,368 / 6,4E-7) \approx 138,47$ dB kann ausgehend von dem hier gezeigten Beispiel durch die Kombination von zwei Kanälen der Klemme der Dynamikumfang auf c.a. $20 \cdot \log(5,368 / 1,024E-8) \approx 174,39$ dB gesteigert werden (mit der Einschränkung einer größeren Auflösung im Bereich von c.a. ±85,9 mV bis ±5,37 V).

Es ist zu beachten dass die Klemme unter diesen Bedingungen aufgrund regulär auftretender Bereichsüberschreitung eines Messkanals stets Fehler über die Error-LED und dem Error-Bit anzeigt sowie Fehlermeldungen an die TwinCAT Umgebung ausgibt.

4.3.9 Beispielprogramm 10 (Lesen und Schreiben von TEDS Daten)

Programmbeschreibung/ Funktion

In diesem Beispielprogramm wird ein Weg aufgezeigt wie die Daten eines separaten TEDS-Moduls gelesen/ geschrieben werden können (TEDS = Transducer Electronic Data Sheet). Solche TEDS-Module sind am Markt für Nachrüstungen von Sensoren oder Aktoren verfügbar, um das Gerät nach der Installation zu identifizieren oder spezifische Daten auszulesen (Kalibrierung, Hersteller, ..). In diesem Beispiel wurde ein HBM TEDS 1-TEDS-BOARD-L, Stand 2018 verwendet.

Dieses Beispielprogramm ist ausdrücklich als Machbarkeitsdemonstration gedacht, ein Anspruch auf Interoperabilität mit beliebigen TEDS-Modulen besteht nicht. Es obliegt dem Anwender die hier formulierten Methoden auf seine eigene Implementation zu übertragen.

Diese Demonstration deckt nicht im Sensor integrierte TEDS-Module ab, die auf den Sensorleitungen kommunizieren. Dies ist so bei IEPE (Schwingung, Vibration) oder Dehnungsmessstreifen/Messbrücken üblich. Der Anschluss eines mit TEDS ausgerüsteten IEPE-Sensors ist u.a. an die Beckhoff ELM3602/ ELM3604 Klemmen möglich.

Folgender Aufbau ist erforderlich:

[EK1100] + [EL2262] + [EL9505] + [EL1262-0050] + EL9011

Der Aufbau kann 2 TEDS-Module ansteuern, hier wird nur der 1-kanalige Betrieb aufgezeigt.

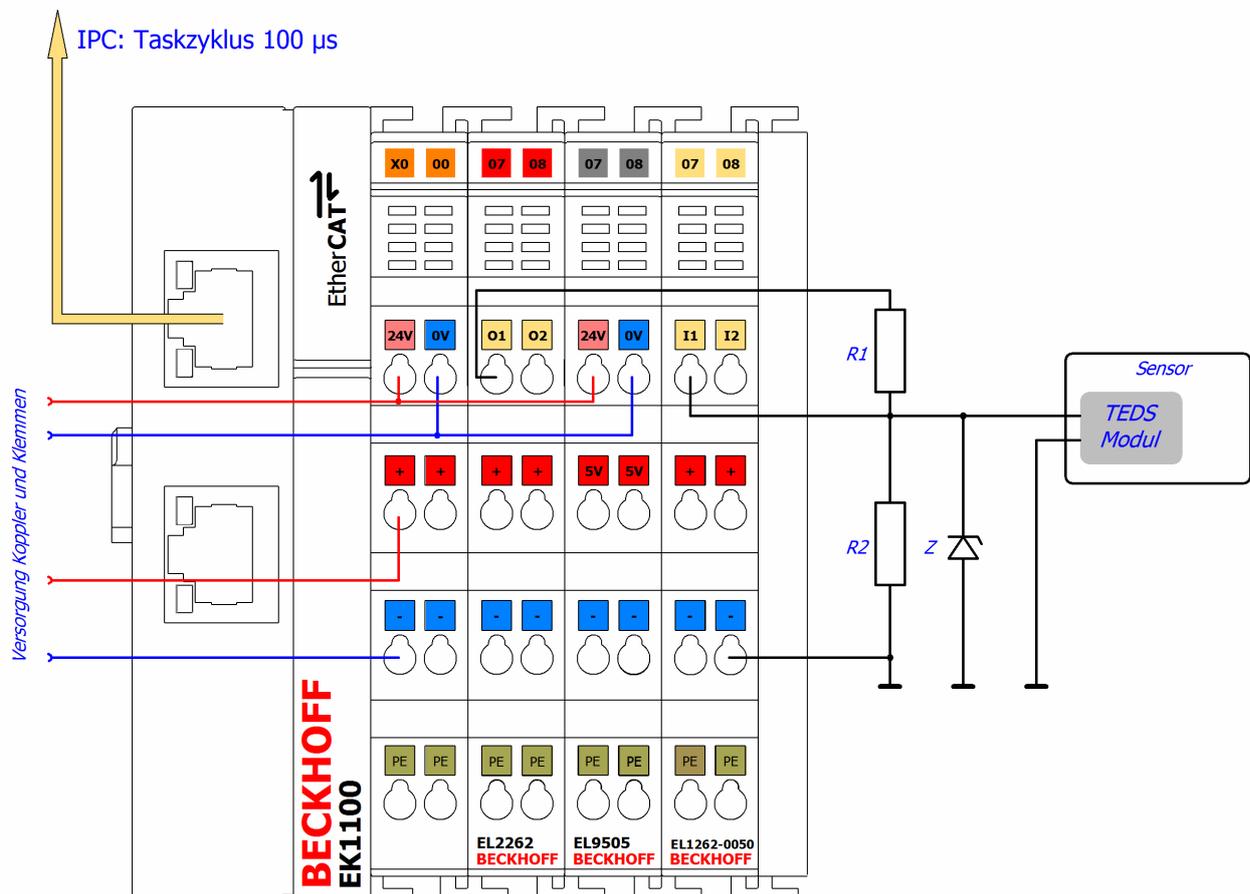


Abb. 215: Verdrahtung für Beispielprogramm 3

Der Spannungsteiler kann z.B. mit $R1 = 2180 \Omega$ (z.B. $680 \Omega + 1500 \Omega$) und $R2 = 680 \Omega$ dimensioniert werden; die Z-Diode mit $Z = 5,1 \text{ V}$.

Hinweise zum Programm (Visualisierung)

Es ist zunächst die URN auszulesen (A). Nur damit sind weitere Funktionen anwendbar.

Das Programm ermittelt die URN für jedes Bit mit einer Neuinitialisierung des Moduls, da die Klemme für den Eingang einen zu großen Zeitversatz hervorruft (siehe Angabe oben rechts „Bit repeat count“).

Das Schreiben von Daten kann wahlweise durch Eingabe von (B) Hexadezimalwerten oder (C) einer Textzeichenkette (ASCII) erfolgen (Hexadezimalwerte müssen mit Leerzeichen getrennt in dem Textfeld vorliegen). Welche der beiden Eingaben für das Schreiben verwendet werden soll kann mit dem Kontrollkästchen „Write ASCII data“ (E) bestimmt werden:

A GET URN

Family Code: 0x23 0x3E 0xCD 0x68 0x02 0x00 0x00

Serial No.: 0x5B

CRC: 0x5B

B Data (hex):

#1: 44 69 65 20 49 44 20 64 65 73 20 54 45 44 53 20 28 54
72 61 6E 73 64 75 63 65 72 20 45 6C 65 63

#2: 74 72 6F 6E 69 63 20 44 61 74 61 20 53 68 65 65 74 29
20 69 73 74 20 64 69 65 20 55 52 4E 20 28

#3: 55 6E 69 71 75 65 20 52 65 67 69 73 74 72 61 74 69 6F
6E 20 4E 75 6D 62 65 72 29 20 6D 69 74 20

#4: 46 61 6D 69 6C 79 43 6F 64 65 2C 53 65 72 69 65 6E
2D 4E 75 6D 6D 65 72 20 75 6E 64 20 43 52 43

TEDS module info:

Module supported: ● ●

Address space: 512

Scratchpad size: 32

Page size: 32

Write supported: ● ●

2 byte addressing: ● ●

Application register: ● ●

CRC valid: ● ●

C Data (ASCII): Die ID des TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) ist die URN (Unique Registration Number) mit FamilyCode, Serien-Nummer und CRC

Write ASCII data **E**

D READ MEM TEDS address: 384 +128 -128

WRITE MEM page: 12 + - Execute command

Write complete read size **G**

Include application register (hex):

H Command: 0x2004000C

00 00 00 00 00 00 00 00

Status: 0 (no error)

Abb. 216: Visualisierung des Beispielprogramms zu TEDS mit EL1262-0050 und EL2262

Die Grundlegende Funktion nach der Ermittelten URN ist (D) das Lesen (READ MEM) und Schreiben (WRITE MEM) von TEDS-Daten. Durch Absetzen eines solchen Kommandos wird in dem Textfeld (H) die zugehörige Kommandoanweisung erzeugt und kann auch verändert sowie dann mit „Execute command“ ausgeführt werden. Über +/- kann eine Änderung der Adresse erfolgen (F). Sowohl die Startadresse als auch "page" kann für Schreib-/ Lesezugriffe direkt eingegeben werden.

Die hexadezimal dargestellten Daten (B) des Textfeldes #1 bis #4 stellen je 32 Byte von insgesamt 128 Byte des Schreib/ Lesebuffers dar, wie er in dem Beispielprogramm konfiguriert ist. Wird das Kontrollkästchen „Complete read size“ (G) deaktiviert, wird i.d.R. nur der Inhalt vom Textfeld #1 für das Schreiben verwendet (es sei denn, das Modul besitzt Seitenspeicheradressen > 32 Byte). Dementsprechend werden von den ASCII Daten nur die ersten Zeichen geschrieben. In jedem Fall werden die Anzahl Bytes verwendet, wie seitens des TEDS-Moduls für eine "page" konfiguriert ist. Zu beachten ist, dass das Modul i.d.R. nur Schreibzugriffe auf Adressen zulässt, die ein Vielfaches einer Seitenspeichergröße sind. Somit führt z.B. bei einer Seitenspeichergröße von 32 Bytes und der Eingabe einer Adresse 234 ein WRITE MEM Befehl zu einer Fehlermeldung 0x35 'writing fail'. Wird jedoch die Adresse 352 verwendet, ist das gültig und es kommt zu keinem Fehler.

Zudem erlaubt (G) „Include application register“ auch die Auswahl, ob das Applikationsregister beschrieben oder gelesen werden soll.

Download:

<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/5750275595.zip>

Informationen zur TEDS-Funktionalität der ELM3xxx befinden sich im Kapitel „ELM Features/ TEDS“ [[▶ 000](#)].

4.3.10 Beispielprogramm 11 (FB zur Echtzeit Diagnose)

Anmerkung zu diesem Kapitel: Der Einsatz von EL3751/ELM3xxx-Klemmen gilt entsprechend auch für EPP35xx.

Folgender Funktionsblock kann als Vorlage zur Anwendung der Echtzeit Diagnose einer EtherCAT Klemme Analog-Eingang in TwinCAT SPS verwendet werden. Er wird in der SPS zwischen die Klemme und der Applikation gesetzt und wertet in Echtzeit die von der Klemme kommenden Diagnosevariablen aus, die Messwerte werden unverändert durchgeleitet.

Der Funktionsblock ist für eine ELM3602-0002 mit Oversampling = 5 geschrieben und ist als funktionales Beispiel zu verstehen und muss ggf. angepasst werden an

- andere Klemmen oder Box-Module, ggf. andere Value-Datentypen und andere Diagnosedaten
- andere Oversamplingwerte

Ebenso kann er um datenbearbeitenden Code oder weitere eigenen Diagnosen erweitert werden oder auf einen ganz anderen Typ einer Klemme (Analogausgang EL4xxx, Encoder EL5xxx, ...) umgeschrieben werden.

Der Funktionsblock zwischen der Klemme und der SPS stellt sich schematisch wie folgt dar:

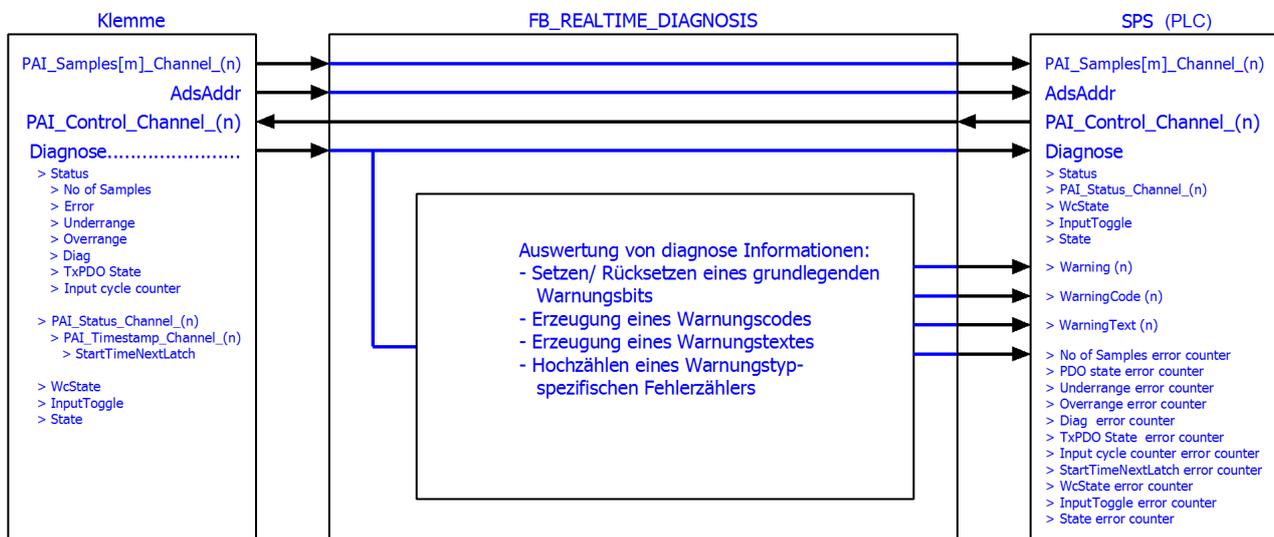
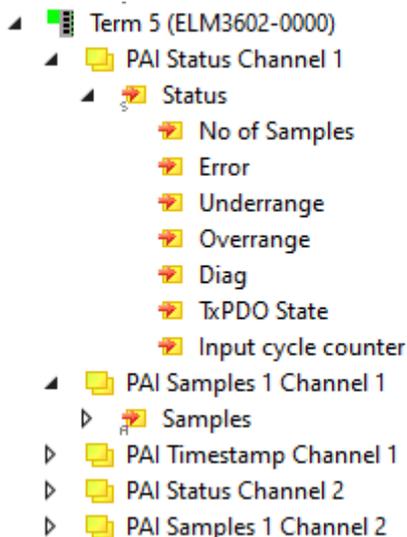


Abb. 217: Funktionsblock als Beispiel zur Auswertung von Diagnoseinformationen der Klemme

Vereinfachte Verknüpfung per Struktur-Variable

Es wird in diesem Beispielprogramm die Gelegenheit genutzt, eine TwinCAT-Funktion zu beschreiben, die das Verlinken von komplexen PDO-Strukturen vereinfacht.

Der o.a. Funktionsblock müsste mit allen Echtzeit-Variablen der Klemme verknüpft werden: Eingänge und Ausgänge, hier im Beispiel die ELM3602.



Dieser zeitintensive Vorgang kann durch Struktur-Verknüpfung in TwinCAT 3 vereinfacht und beschleunigt werden. Es werden nun zwei alternative Varianten in TwinCAT 3.1 dargelegt, wie mit wenigen Klicks eine Struktur in der SPS definiert werden kann, die dem **Prozessabbild** der Klemme entspricht.

Die entsprechende Variante des Funktionsblocks FB_REALTIME_DIAGNOSIS ist in den beiden Beispielprogrammen enthalten. Er enthält PDO-Variablen mit einem anwendungsspezifischen Datentyp. Dabei handelt es sich um eine von TwinCAT 3 erzeugte Struktur. Dadurch, dass durch die von TwinCAT generierte Struktur direkt die PDO Struktur der Klemme abbildet, ist es nicht nötig, dass eine passende Struktur aufwendig erstellt werden muss oder einzelne Variablen mit einzelnen Datentypen verknüpft werden müssen. Lediglich eine Verknüpfung auf höherer Ebene (Status, Samples, Control, ...) ist erforderlich.

Dies sowie sämtliche Konfigurationen sind bereits in dem jeweiligen Beispielprogramm enthalten.

- Beispielprogramm (Variante A – Verwendung des Karteireiters „SPS“ der Klemme):
<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/7161530379.zip>
- Beispielprogramm (Variante B – Verwendung des „Create SM/PDO Variables“ in den erweiterten Einstellungen der Klemme):
<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/7161533067.zip>

Variante A, Reiter „SPS“:

Allgemein wird die Erzeugung dieses besonderen PDO-Datentyps über die SPS-Einstellungen der Klemme aktiviert (Karteireiter „SPS“): dort wird das Kontrollkästchen „Create SPS Data Type“ gesetzt („Copy“ überträgt diese Zeichenkette dann in die Ablage):

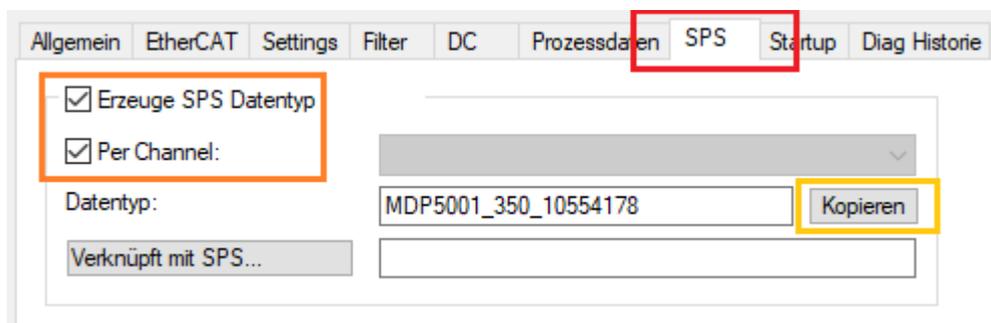


Abb. 218: Erstellung der PDO Variablen (TwinCAT-Version >= V3.1.4024.0)

Die Einstellung „Per Channel“ kann aktiviert werden, wenn nicht für alle, sondern nur für ein Kanal die Struktur erzeugt werden soll.

Die Adresszuweisungen für die Eingänge (%ATI*) und Ausgänge (%ATQ*) befinden sich bereits innerhalb dieser generierten Struktur. Eingänge und Ausgänge sind demnach in dieser Struktur zusammengefasst.

Die Variablendeklaration des Funktionsblocks FB_REALTIME_DIAGNOSIS enthält somit:

stELM3602Special : MDP5001_350_EB559ACD;

Vorgesehen ist der Lesezugriff auf die Eingänge der Klemme über die Substruktur *MDP5001_350_Input* und der Schreibzugriff auf die Ausgänge über die Substruktur *MDP5001_350_Output* der Struktur *stELM3602Special*.

Variante B, „Create SM/PDO Variables“:

Allgemein wird die Erzeugung dieser besonderen PDO-Datentypen inkl. des PDO-Elementes über die EtherCAT Einstellungen der Klemme aktiviert: in den Erweiterten Einstellungen ist unter „Allgemein“/ „Verhalten“ bei „Prozessdaten“ das Kontrollkästchen „Create SM/PDO Variables“ zu setzen:

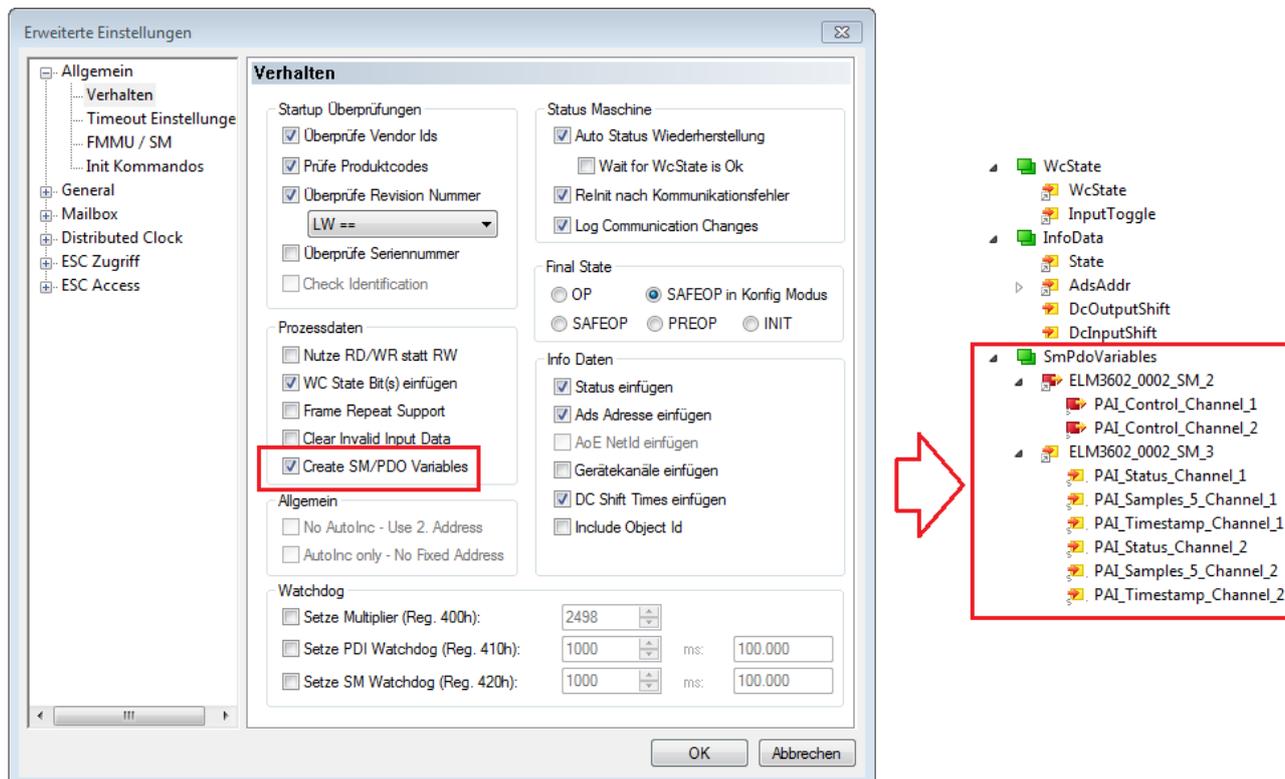


Abb. 219: Erstellung der SmPdoVariables (TwinCAT-Version >= V3.1.4022.30)

Der Datentyp wird durch Auswahl des PDO sichtbar und kann dort in die Zwischenablage kopiert werden:

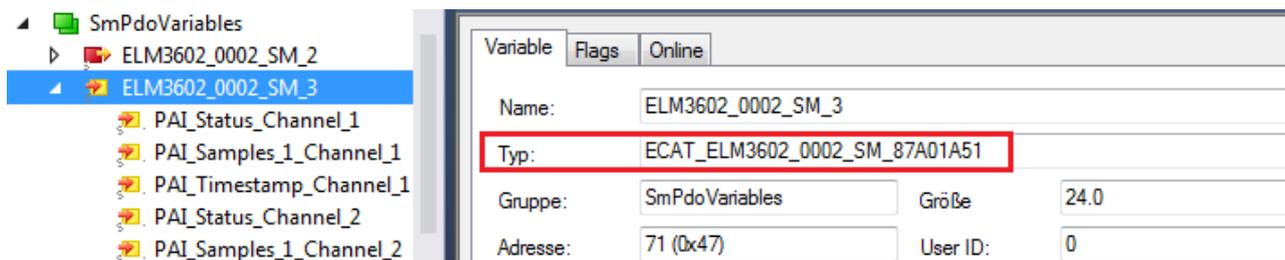


Abb. 220: Ermitteln des generierten Datentyps von SmPdoVariables

Die Variablendeklaration des Funktionsblocks FB_REALTIME_DIAGNOSIS enthält somit:

```
st_SM2      AT%Q*      : ECAT_ELM3602_0002_SM_3412CB6A;
st_SM3      AT%I*      : ECAT_ELM3602_0002_SM_87A01A51;
```

Vorgesehen ist der Lesezugriff auf die Eingänge der Klemme über die Struktur *st_SM3* und der Schreibzugriff auf die Ausgänge über die Struktur *st_SM2*. Diese Datenstruktur entspricht dem automatisch ergänzten neuen PDO-Element „SmPdoVariables“.

4.3.11 Beispielprogramm 12 (Skripte zur Erzeugung und Transformation von Filterkoeffizienten)

Download-Link:

<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/12455432203.zip>

Erläuterungen zur Anwendung siehe im Kapitel „Beispielhafte Berechnung von IIR/FIR-Filterkoeffizienten“.

4.3.12 Beispielprogramm 13 (R/W Signatur der Kalibrierung)

Die Klemme verfügt über einen weiterentwickelten Abgleichmechanismus um u.a. eine individuelle Signatur mit 256 Bytes abzulegen, die aus den Abgleichdaten resultiert. Kundenseitig könnte so eine Kalibrierung mit einer solchen spezifischen Signatur versehen werden, um z.B. eine unbefugte innerbetriebliche Manipulation der Abgleichdaten festzustellen; siehe hierzu auch Kapitel „Kalibrierung/Justage/Abgleich (Hersteller und Anwender)“.

Der im Folgenden beschriebene Funktionsblock kann für eine Umsetzung in TwinCAT auf einer SPS als Basis verwendet werden. Vereinfachend wurde in diesem Beispiel lediglich ein CRC16 verwendet um eine „Signatur“ auf zwei Byte begrenzt zu bedienen. An einer kommentierten Stelle der FB-Implementierung kann ein anderer Signatur-Algorithmus implementiert werden, der bis zu 256 Byte umfasst.

Der Beispiel-Funktionsblock steht in dem zum Download erhältlichen TwinCAT 3-Archiv zusammen mit einer Visualisierung zur Verfügung:

<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/8823639307.zip>

Erläuterungen zur Visu „Kalibrierungs_Signatur_RW“

Die Eingangsvariablen der ADS-Adresse und des „InputToggle“ müssen erneut verknüpft werden, falls eine andere Klemme oder Box (als ELM3602) für das Beispiel verwendet wird. Diese ist nach dem Starten des Beispielprogramms in das Feld einzutragen. Alternativ kann sie auch vor dem Start als Initialisierung der Eingangsvariablen „sTerminalTypeIn“ des Funktionsblocks „FB_VisuUpdate“ eingetragen werden:

```
sTerminalTypeIn : T_MaxString := 'ELM3602';
```

Nach dem Programmstart

Von der Visu wird der Funktionsblock „FB_CalibrationSignature“ dann (lesend) aufgerufen, wenn Kanal +/- oder Interface +/- oder „Lese“ betätigt wird und nur dann Schreibend, wenn „Schreibe“ betätigt wird. Falls nach dem Lesen die berechnete und die ausgelesene Signatur übereinstimmen, wird *bCmpResult* = TRUE (keine Ungleichheit). Nach einem Schreibvorgang bleibt der Eintrag in dem gelesenen CoE erhalten und kann mit dem Lesen überprüft werden (Ein Schreibzugriff verändert den Zustand von *bCmpResult* nicht).



Abb. 221: Visu zur Beispiel-Implementierung: Kalibrierungs-Signatur

Die Variable *bError* (Visualisierungs-Darstellung: „R/W Fehler“) gibt Auskunft über einen allgemeinen aufgetretenen Fehler beim Zugriff auf die Klemme sowie das nicht-Auffinden einer gespeicherten Information der Klemme (entweder fehlt der Eintrag in den GVL oder die Klemme ist nicht vorhanden).

Erläuterungen zum FB_CalibrationSignature

Das Interface des Funktionsblocks ist wie folgt aufgebaut:

```
VAR_INPUT
  bInitialize      : BOOL := FALSE; // Ist Initialisiert
  bEnable         : BOOL := FALSE; // Aktiviere Baustein
  tAmsNetIdArr    : AMSADDR;       // Ads-Adresse der Klemme/ Box
  nIfSlectCoE     : WORD;          // Interface Nummer für das CoE
  nChSelectCoE   : WORD := 1;      // Kanalnummer
  eOption         : E_CALSIG_OPTIONS; // Zugriff get/set (lese/schreibe)
  stCoEPAIInfoDataCalCnt : ST_CoE; // Kal.-Zähler Objekt (EL3751/ ELM3xxx)
END_VAR

VAR_OUTPUT
  bDone          : BOOL; // Prozedur abgeschlossen
  bCmpResult     : BOOL; // Signatur-Vergleich: TRUE = Gleich
```

```

nInterfaceUserCalCnt      : WORD; // Wert des Kalibrierungszählers
bError                    : BOOL; // Fehlerfall
bCancel                   : BOOL; // Abbruch (Fehlerfall)
nErrorId                  : UDINT; // Fehlernummer (alle Quellen)
anSigDataOutCoE           : ARRAY[0..(GVL_CoE.nSigLen-1)] OF BYTE; // Signatur gespeichert
anSigDataOutCalc          : ARRAY[0..(GVL_CoE.nSigLen-1)] OF BYTE; // Signatur berechnet
END_VAR

```

Zur Initialisierung ist der Variablen „tAmsNetIdArr“ der Instanz des FB die „Net-Id“ und „Port-Nr.“ zu übergeben. Zusätzlich ist das CoE Objekt für das Auslesen des Kalibrierzählers per 'stCoEPAAllInfoDataCalCnt' zu übergeben, da dieses bei den EL3751/ ELM3xxx Klemmen unterschiedlich ist.

Ein Aufruf erfolgt mit „bEnable := TRUE“ zum Aktivieren und mit Angabe des (für die anzusprechende Klemme gültigen) Interface-Nummer (nIfSlectCoE), des Kanals (nChSelectCoE) sowie für das Lesen der gespeicherten Signatur „eOption := E_CALSIG_OPTIONS.get“ oder zum Schreiben „eOption := E_CALSIG_OPTIONS.set“.

Dannach wird der Funktionsbaustein so lange aufgerufen, bis die Ausgangsvariable „bDone“ = TRUE ist.

Entsprechend der gewählten Option und den berechneten/ gespeicherten Daten der Klemme werden die Ausgänge anSigDataOutCalc, anSigDataOutCoE, nInterfaceUserCalCnt und bCmpResult die entsprechenden Inhalte liefern.

Zum Versuch einen aufgetretenen Fehler im Falle von „bError“ = TRUE zu löschen kann der FB mit „bInIt := FALSE“ aufgerufen werden (z.B., wenn die Kanalnummer oder die Interface-Nummer gemäß der angesprochenen Klemme korrigiert wurden. Die „nErrorId“ kann zur Auswertung verwendet werden.

In dem Funktionsblock kann die Signaturberechnung an der folgenden Stelle geändert/ erweitert werden:

```

// Berechne Signatur
// ===== Anwender Code hier =====
// Beispiel: einfache CRC:
nCrc := nIfSlectCoE + nChSelectCoE; // Voreinstellung des Startwertes
nCrc := F_DATA_TO_CRC16_CCITT(ADR(aData), nDataLen, nCrc); // Berechne "Signatur"
memset(ADR(anSigDataOutCalc), 16#FF, GVL_CoE.nSigLen);
memcpy(ADR(anSigDataOutCalc), ADR(nCrc), 2); // <- Abhängig von Verschlüsselungsart
// =====

```

4.3.13 Beispielprogramm 14 (Auslesen der BIC aus dem CoE)

Der Beckhoff Identification Code (BIC) dient der eindeutigen optischen und elektronischen Identifizierung von Beckhoff Produkten und wird ab dem Jahr 2020 kontinuierlich in die laufende Geräte Produktion eingeführt. Siehe dazu auch die Einführungen in Kapitel „Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten“/ „Beckhoff Identification Code (BIC)“ [► 13]. Der BIC enthält mehrere Komponenten, insbesondere die eindeutige BTN.

Der BIC wird bei allen Beckhoff EtherCAT Geräten auch elektronisch im ESI EEPROM gespeichert und kann vom EtherCAT Master (z.B. TwinCAT) dort ausgelesen werden. In der TC3 EtherCAT lib ist dazu ab 2020 eine Auslesefunktion verfügbar.

Eine Teilmenge dieser EtherCAT Geräte sind sog. „intelligente slaves“ mit einem lokalen Microcontroller, der zur Parametrierung ein sog. CoE-Verzeichnis anbietet. Die BIC kann von der Firmware dort im Index 0x10E2 zur Auslesung abgebildet werden. Im Zuge der kontinuierlichen Produktpflege wird diese Funktion nach und nach in den EtherCAT Geräten eingeführt.

Der hier beschriebene Funktionsblock liest beispielhaft alle Einträge aus dem CoE Objekt 0x10E2 und kopiert diese in ein dafür vorgesehenes Strukturvariablen-Feld „*patManFactSpecIdCode*“. Hierfür liest der Funktionsblock im ersten Schritt die Anzahl der hinterlegten BIC-Einträge und im zweiten Schritt die einzelnen Datensätze ein.

Hinweis zu modularen Geräten: sind in einem EtherCAT-Gerät mehrere zu identifizierende Untergeräte mit sog. Sub-BICs verbaut, trägt 0x10E2:1 den BIC des Hauptgerätes, in den folgenden Indizes stehen die BIC der Untergeräte.

Funktionsblock FB_GET_BIC

Dieser Funktionsblock ist für eine PLC-Umgebung eines TwinCAT 3 Projektes vorgesehen; d.h. es muss zunächst ein Projekt vorhanden sein oder erstellt werden. Siehe weitere Erläuterungen zu Beginn des Kapitels „Beispielprogramme“/ „Vorbereitungen zum Starten des Beispielprogramms (tpzip - Datei/ TwinCAT 3)“ [► 718].

Die Deklarationen des Funktionsblocks lauten wie folgt:

Eingänge:

```
userNetId      : T_AmsNetId; // NetId of EtherCAT device to be read
userSlaveAddr  : UINT;     // Address of EtherCAT device to be read
bExecute       : BOOL;     // Execute fb by rising edge
```

Ausgänge:

```
bDone          : BOOL;     // TRUE = FB Execution done
nNumOfSubIndizes : BYTE;   // Number of read BICs via Sub-Ids
// Array with struct of BIC entries:
patManFactSpecIdCode :
    ARRAY[0..nMAXINDEXSUBINDIZES] OF POINTER TO T_MAN_FACT_SPEC_ID_CODE; // BICs data
bError         : BOOL;
```

Die Ausführung des Funktionsblocks erfolgt mit einer steigenden Flanke auf den Eingang „*bExecute*“. Zu übergeben ist die EtherCAT-Adresse „*userSlaveAddr*“ der Klemme sowie die „*userNetId*“. Mittels „*bDone*“ wird die erfolgte Ausführung angegeben (TRUE = erfolgreich ausgeführt). In der unten angegebenen zu definierenden Struktur für den FB sind die Einträge aus dem CoE Objekt 0x10E2 nach erfolgreicher Ausführung in dem Pointer-Feld „*patManFactSpecIdCode*“ vorhanden. Die Anzahl eingelesener Einträge ist in „*nNumOfSubIndizes*“ angegeben. Folgende Abbildung zeigt eine gefüllte Struktur mit Testdaten:

patManFactSpecIdCode	ARRAY [0..nMAXINDEXSUBINDIZES] OF POINTER ...	
patManFactSpecIdCode[0]	POINTER TO T_MAN_FACT_SPEC_ID_CODE	16#FFFF9F80B722D588
patManFactSpecIdCode[0]^	ARRAY [0..nMAXINDEXSUBINDIZES] OF POINTER ...	
Article_number	STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[0])	'1P367926'
BTN	STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[1])	'SBTNi9g102f6'
Article_description	STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[2])	'1KELM3002_0000_____'
Quantity	STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[3])	'Q5_trs'
Batch_number	STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[4])	'2P142019365930'
ID_serial_number	STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[5])	'51S859384972'
Variant_number	STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[6])	'30PV322, 3*A749_PHIYUCEGVKCOIJWW'

Abb. 222: Testdaten zur Veranschaulichung des Inhalts von *patManFactSpecIdCode[0]^* des FB

Der für FB_GET_BIC benötigte Datentyp lautet:

```
TYPE T_MAN_FACT_SPEC_ID_CODE:
```

```
STRUCT
```

```
Article_number      :STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[0]);
BTN                 :STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[1]);
Article_description :STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[2]);
Quantity            :STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[3]);
Batch_number        :STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[4]);
ID_serial_number    :STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[5]);
Variant_number      :STRING(FB_GET_BIC.aLengthOfDataEntry[6]);
```

```
END_STRUCT
```

```
END_TYPE
```

Mit den hinterlegten Datenlängenangaben in FB_GET_BIC:

```
aLengthOfDataEntry : ARRAY[0..nNumOfDataIds] OF BYTE := [8, 12, 32, 6, 14, 12, 32];
```

Der Funktionsblock steht als .tpzip – Datei in dem folgenden Download (als .zip) zur Verfügung und enthält zudem auch die erforderlichen bibliotheks-Referenzen (Tc2_EtherCAT, Tc3_DynamicMemory), die erforderliche Datenstruktur sowie ein Aufruf in MAIN:

<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/elm3xxx/Resources/9880941579.zip>

5 ELM Features

HINWEIS

In dieser Kurzdokumentation sind in diesem Kapitel keine weiteren Informationen enthalten. Bitte wenden Sie sich an den für Sie zuständigen Beckhoff Vertrieb um die vollständige Dokumentation zu erhalten.

6 Inbetriebnahme am EtherCAT Master

6.1 Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT-Slave

In dieser Übersicht werden in Kurzform einige Aspekte des EtherCAT-Slave Betriebs unter TwinCAT behandelt. Ausführliche Informationen dazu sind entsprechenden Fachkapiteln z.B. in der EtherCAT-Systemdokumentation zu entnehmen.

Diagnose in Echtzeit: WorkingCounter, EtherCAT State und Status

Im Allgemeinen bietet ein EtherCAT-Slave mehrere Diagnoseinformationen zur Verarbeitung in der ansteuernden Task an.

Diese Diagnoseinformationen erfassen unterschiedliche Kommunikationsebenen und damit Quellorte und werden deshalb auch unterschiedlich aktualisiert.

Eine Applikation, die auf die Korrektheit und Aktualität von IO-Daten aus einem Feldbus angewiesen ist, muss die entsprechend ihr unterlagerten Ebenen diagnostisch erfassen.

EtherCAT und der TwinCAT System Manager bieten entsprechend umfassende Diagnoseelemente an. Die Diagnoseelemente, die im laufenden Betrieb (nicht zur Inbetriebnahme) für eine zyklusaktuelle Diagnose aus der steuernden Task hilfreich sind, werden im Folgenden erläutert.

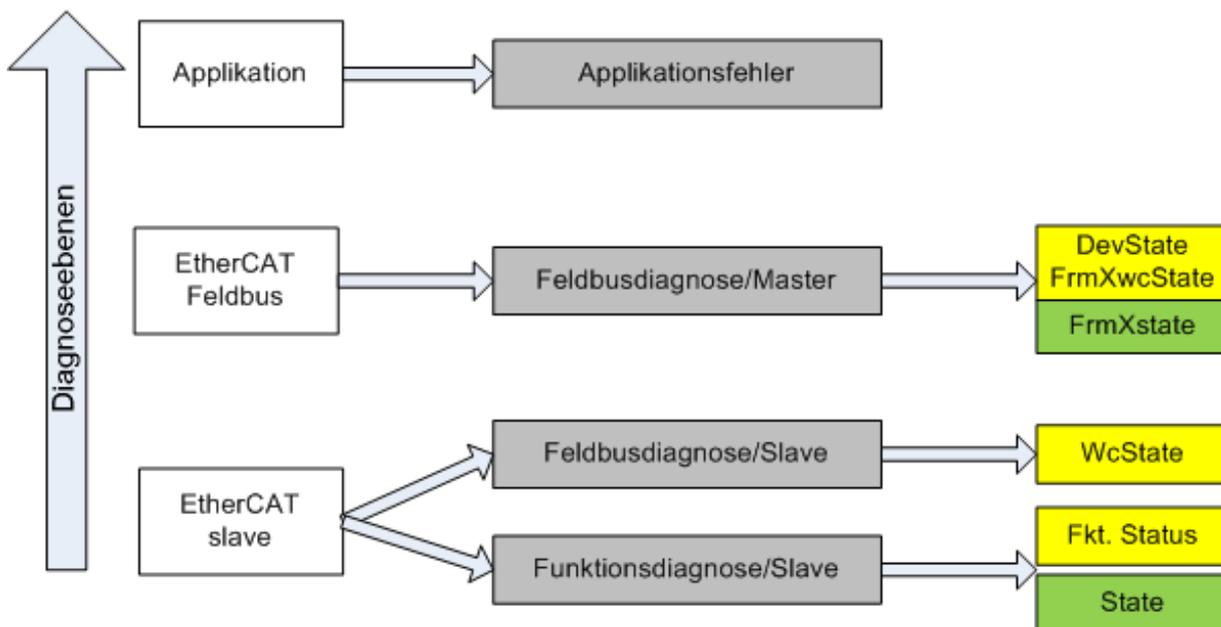


Abb. 223: Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slaves

Im Allgemeinen verfügt ein EtherCAT-Slave über

- slave-typische Kommunikationsdiagnose (Diagnose der erfolgreichen Teilnahme am Prozessdatenaustausch und richtige Betriebsart)
Diese Diagnose ist für alle Slaves gleich.

als auch über

- kanal-typische Funktionsdiagnose (geräteabhängig),
siehe entsprechende Gerätedokumentation

Die Farbgebung in Abb. *Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slaves* entspricht auch den Variablenfarben im System Manager, siehe Abb. *Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC*.

Farbe	Bedeutung
gelb	Eingangsvariablen vom Slave zum EtherCAT-Master, die in jedem Zyklus aktualisiert werden

Farbe	Bedeutung
rot	Ausgangsvariablen vom Slave zum EtherCAT-Master, die in jedem Zyklus aktualisiert werden
grün	Informationsvariablen des EtherCAT-Masters, die azyklisch aktualisiert werden, d. h. in einem Zyklus eventuell nicht den letztmöglichen Stand abbilden. Deshalb ist ein Auslesen solcher Variablen über ADS sinnvoll.

In Abb. *Grundlegende EtherCAT Slave Diagnose in der PLC* ist eine Beispielimplementation einer grundlegenden EtherCAT-Slave Diagnose zu sehen. Dabei wird eine Beckhoff EL3102 (2 kanalige analoge Eingangsklemme) verwendet, da sie sowohl über slave-typische Kommunikationsdiagnose als auch über kanal-spezifische Funktionsdiagnose verfügt. In der PLC sind Strukturen als Eingangsvariablen angelegt, die jeweils dem Prozessabbild entsprechen.

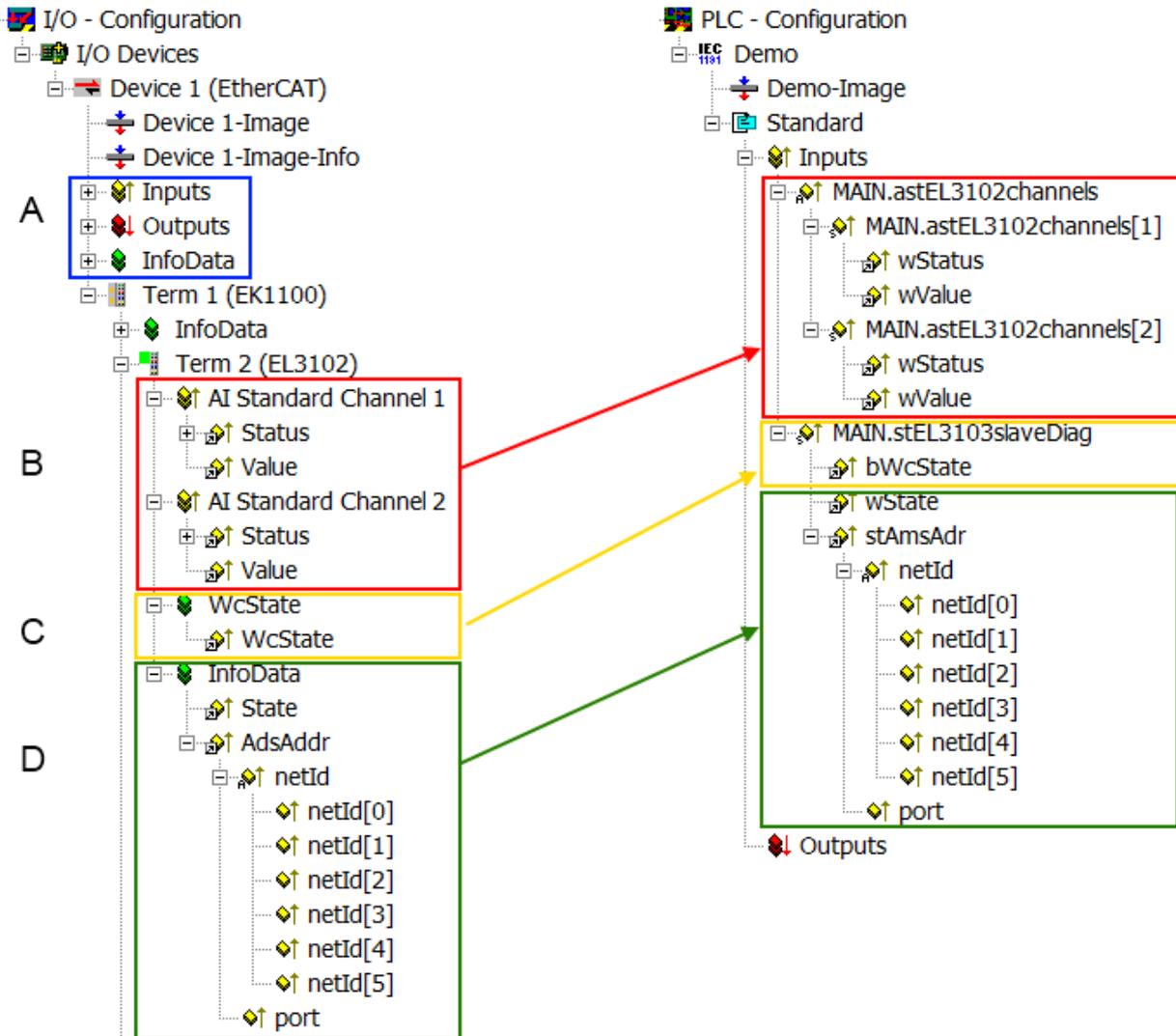


Abb. 224: Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC

Dabei werden folgende Aspekte abgedeckt:

Kennzeichen	Funktion	Ausprägung	Anwendung/Auswertung
A	Diagnoseinformationen des EtherCAT-Masters zyklisch aktualisiert (gelb) oder azyklisch bereitgestellt (grün).		Zumindest der DevState ist in der PLC zyklusaktuell auszuwerten. Die Diagnoseinformationen des EtherCAT-Masters bieten noch weitaus mehr Möglichkeiten, die in der EtherCAT-Systemdokumentation behandelt werden. Einige Stichworte: <ul style="list-style-type: none"> • CoE im Master zur Kommunikation mit/über die Slaves • Funktionen aus <i>TcEtherCAT.lib</i> • OnlineScan durchführen

Kennzeichen	Funktion	Ausprägung	Anwendung/Auswertung
B	Im gewählten Beispiel (EL3102) umfasst die EL3102 zwei analoge Eingangskanäle, die einen eigenen Funktionsstatus zyklusaktuell übermitteln.	Status <ul style="list-style-type: none"> die Bitdeutungen sind der Gerätedokumentation zu entnehmen andere Geräte können mehr oder keine slave-typischen Angaben liefern 	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Funktionsstatus ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
C	Für jeden EtherCAT-Slave mit zyklischen Prozessdaten zeigt der Master durch einen so genannten WorkingCounter an, ob der Slave erfolgreich und störungsfrei am zyklischen Prozessdatenverkehr teilnimmt. Diese elementar wichtige Information wird deshalb im System Manager zyklusaktuell <ol style="list-style-type: none"> am EtherCAT-Slave als auch inhaltsidentisch als Sammelvariable am EtherCAT-Master (siehe Punkt A) zur Verlinkung bereitgestellt.	WcState (Working Counter) <p>0: gültige Echtzeitkommunikation im letzten Zyklus</p> <p>1: ungültige Echtzeitkommunikation</p> <p>ggf. Auswirkung auf die Prozessdaten anderer Slaves, die in der gleichen SyncUnit liegen</p>	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Kommunikationsstatus des EtherCAT-Slaves ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
D	Diagnoseinformationen des EtherCAT-Masters, die zwar am Slave zur Verlinkung dargestellt werden, aber tatsächlich vom Master für den jeweiligen Slave ermittelt und dort dargestellt werden. Diese Informationen haben keinen Echtzeit-Charakter weil sie <ul style="list-style-type: none"> nur selten/nie verändert werden, außer beim Systemstart selbst auf azyklischem Weg ermittelt werden (z.B. EtherCAT-Status) 	State <p>aktueller Status (INIT..OP) des Slaves. Im normalen Betriebszustand muss der Slave im OP (=8) sein.</p> <p><i>AdsAddr</i></p> <p>Die ADS-Adresse ist nützlich, um aus der PLC/Task über ADS mit dem EtherCAT-Slave zu kommunizieren, z.B. zum Lesen/Schreiben auf das CoE. Die AMS-NetID eines Slaves entspricht der AMS-NetID des EtherCAT-Masters, über den <i>port</i> (= EtherCAT Adresse) ist der einzelne Slave ansprechbar.</p>	Informationsvariablen des EtherCAT-Masters, die azyklisch aktualisiert werden, d.h. in einem Zyklus eventuell nicht den letztmöglichen Stand abbilden. Deshalb ist ein Auslesen solcher Variablen über ADS möglich.

HINWEIS

Diagnoseinformationen

Es wird dringend empfohlen, die angebotenen Diagnoseinformationen auszuwerten um in der Applikation entsprechend reagieren zu können.

CoE-Parameterverzeichnis

Das CoE-Parameterverzeichnis (CanOpen-over-EtherCAT) dient der Verwaltung von Einstellwerten des jeweiligen Slaves. Bei der Inbetriebnahme eines komplexeren EtherCAT-Slaves sind unter Umständen hier Veränderungen vorzunehmen. Zugänglich ist es über den TwinCAT System Manager, s. Abb. *EL3102, CoE-Verzeichnis*:

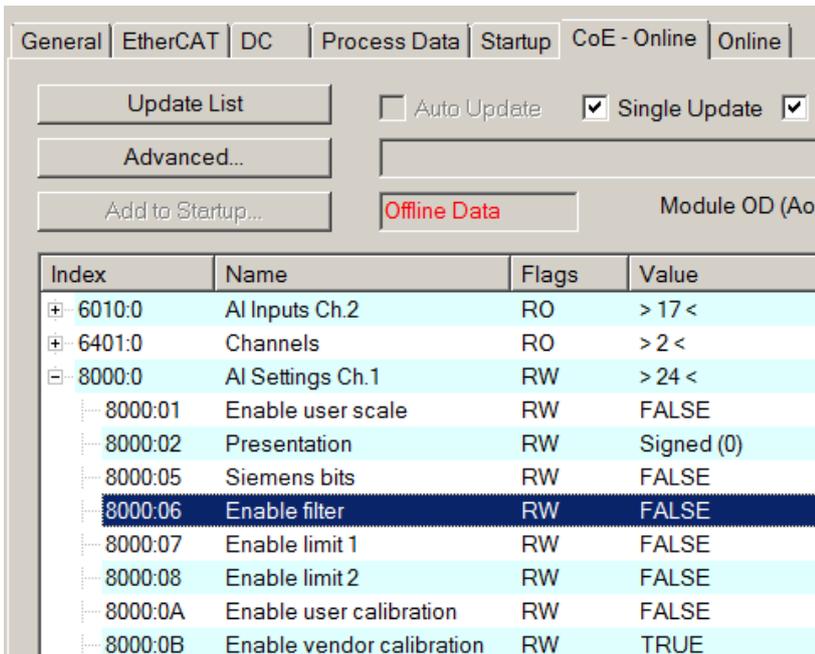


Abb. 225: EL3102, CoE-Verzeichnis

i EtherCAT-Systemdokumentation

Es ist die ausführliche Beschreibung in der [EtherCAT-Systemdokumentation](#) (EtherCAT Grundlagen --> CoE Interface) zu beachten!

Einige Hinweise daraus in Kürze:

- Es ist geräteabhängig, ob Veränderungen im Online-Verzeichnis slave-lokal gespeichert werden. EL-Klemmen (außer den EL66xx) verfügen über diese Speichermöglichkeit.
- Es ist vom Anwender die StartUp-Liste mit den Änderungen zu pflegen.

Inbetriebnahmehilfe im TwinCAT System Manager

In einem fortschreitenden Prozess werden für EL/EP-EtherCAT-Geräte Inbetriebnahmeoberflächen eingeführt. Diese sind im TwinCAT System Manager ab TwinCAT 2.11R2 verfügbar. Sie werden über entsprechend erweiterte ESI-Konfigurationsdateien in den System Manager integriert.

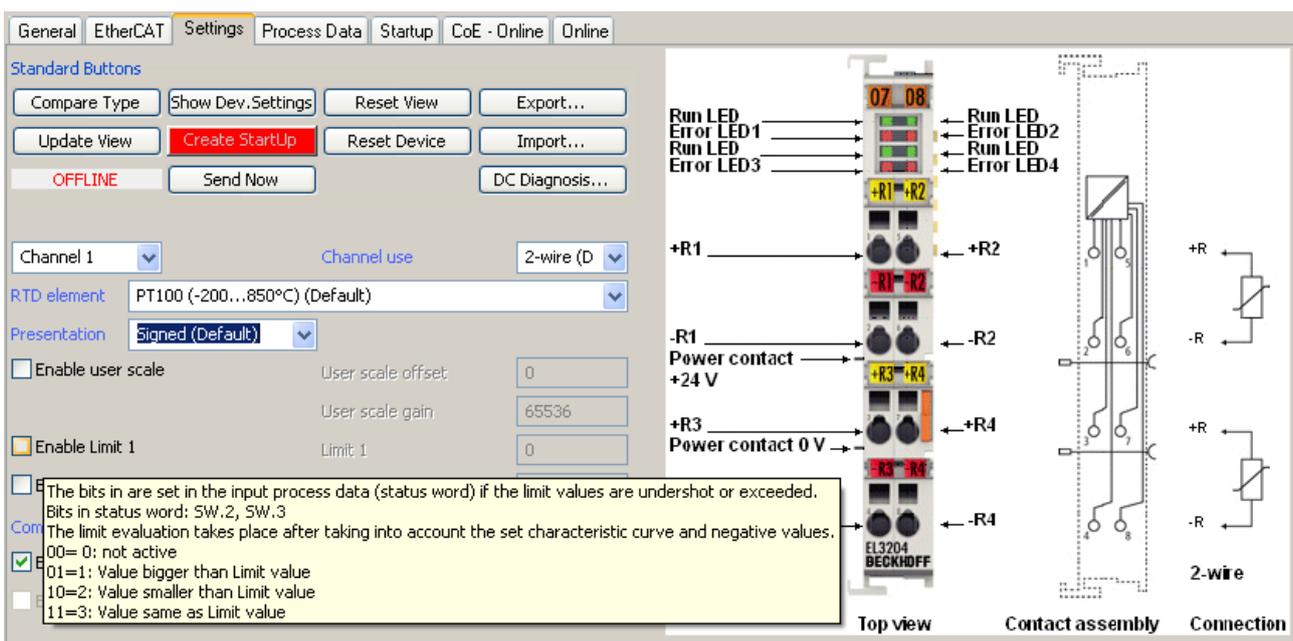


Abb. 226: Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204

Diese Inbetriebnahme verwaltet zugleich

- CoE-Parameterverzeichnis
- DC/FreeRun-Modus
- die verfügbaren Prozessdatensätze (PDO)

Die dafür bisher nötigen Karteireiter „Process Data“, „DC“, „Startup“ und „CoE-Online“ werden zwar noch angezeigt, es wird aber empfohlen die automatisch generierten Einstellungen durch die Inbetriebnahmehilfe nicht zu verändern, wenn diese verwendet wird.

Das Inbetriebnahme-Tool deckt nicht alle möglichen Einsatzfälle eines EL/EP-Gerätes ab. Sind die Einstellmöglichkeiten nicht ausreichend, können vom Anwender wie bisher DC-, PDO- und CoE-Einstellungen manuell vorgenommen werden.

EtherCAT State: automatisches Default-Verhalten des TwinCAT System Managers und manuelle Ansteuerung

Ein EtherCAT-Slave hat für den ordnungsgemäßen Betrieb nach der Versorgung mit Betriebsspannung die Status

- INIT
- PREOP
- SAFEOP
- OP

zu durchlaufen. Der EtherCAT-Master ordnet diese Zustände an in Abhängigkeit der Initialisierungsroutinen, die zur Inbetriebnahme des Gerätes durch die ES/XML und Anwendereinstellungen (Distributed Clocks (DC), PDO, CoE) definiert sind. Siehe dazu auch Kapitel "Grundlagen der Kommunikation, EtherCAT State Machine [[▶ 842](#)]". Der Hochlauf kann je nach Konfigurationsaufwand und Gesamtkonfiguration bis zu einigen Sekunden dauern.

Auch der EtherCAT-Master selbst muss beim Start diese Routinen durchlaufen, bis er in jedem Fall den Zielzustand OP erreicht.

Der vom Anwender beabsichtigte, von TwinCAT beim Start automatisch herbeigeführte Ziel-State kann im System Manager eingestellt werden. Sobald TwinCAT in RUN versetzt wird, wird dann der TwinCAT EtherCAT-Master die Zielzustände anfahren.

Standardeinstellung

Standardmäßig ist in den erweiterten Einstellungen des EtherCAT-Masters gesetzt:

- EtherCAT-Master: OP
- Slaves: OP
Diese Einstellung gilt für alle Slaves zugleich.

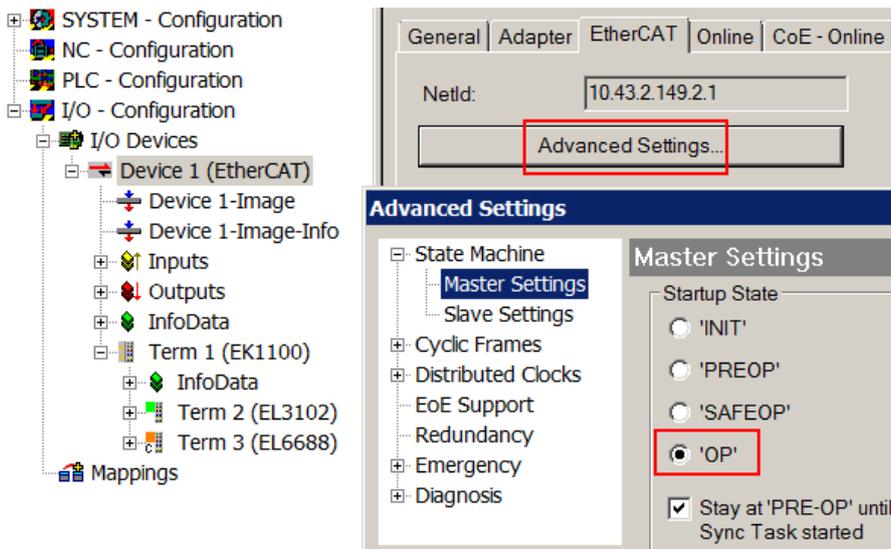


Abb. 227: Default Verhalten System Manager

Zusätzlich kann im Dialog „Erweiterte Einstellung“ beim jeweiligen Slave der Zielzustand eingestellt werden, auch dieser ist standardmäßig OP.

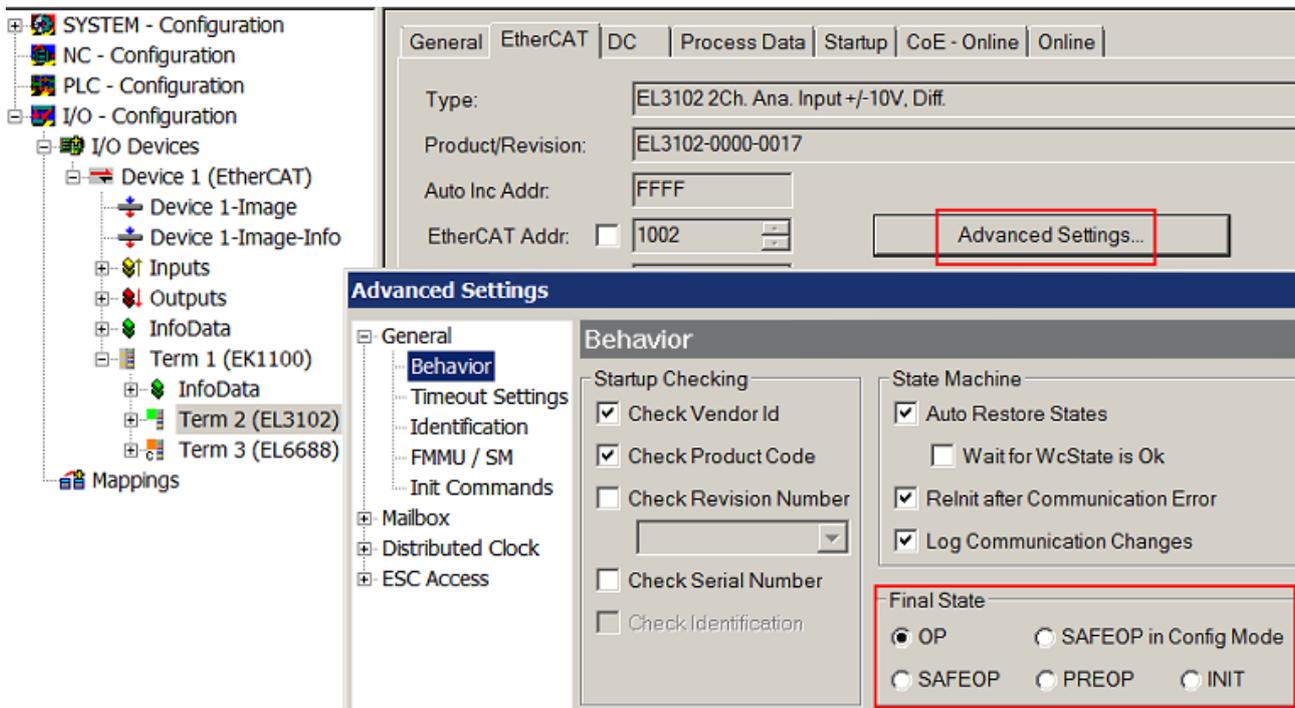


Abb. 228: Default Zielzustand im Slave

Manuelle Führung

Aus bestimmten Gründen kann es angebracht sein, aus der Anwendung/Task/PLC die States kontrolliert zu fahren, z. B.

- aus Diagnosegründen
- kontrolliertes Wiederanfahren von Achsen
- ein zeitlich verändertes Startverhalten ist gewünscht

Dann ist es in der PLC-Anwendung sinnvoll, die PLC-Funktionsblöcke aus der standardmäßig vorhandenen *TcEtherCAT.lib* zu nutzen und z. B. mit *FB_EcSetMasterState* die States kontrolliert anzufahren.

Die Einstellungen im EtherCAT-Master sind dann sinnvollerweise für Master und Slave auf INIT zu setzen.

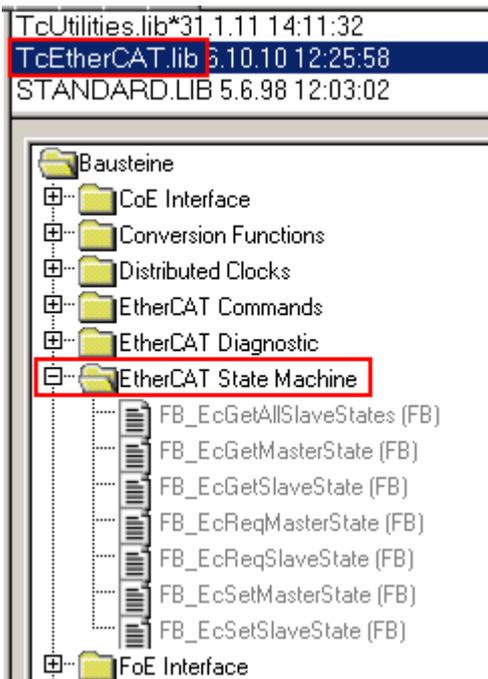


Abb. 229: PLC-Bausteine

Hinweis E-Bus-Strom

EL/ES-Klemmen werden im Klemmenstrang auf der Hutschiene an einen Koppler gesetzt. Ein Buskoppler kann die an ihm angefügten EL-Klemmen mit der E-Bus-Systemspannung von 5 V versorgen, i.d.R. ist ein Koppler dabei bis zu 2 A belastbar. Zu jeder EL-Klemme ist die Information, wie viel Strom sie aus der E-Bus-Versorgung benötigt, online und im Katalog verfügbar. Benötigen die angefügten Klemmen mehr Strom als der Koppler liefern kann, sind an entsprechenden Positionen im Klemmenstrang Einspeiseklemmen (z. B. EL9410) zu setzen.

Im TwinCAT System Manager wird der vorberechnete theoretische maximale E-Bus-Strom als Spaltenwert angezeigt. Eine Unterschreitung wird durch negativen Summenbetrag und Ausrufezeichen markiert, vor einer solchen Stelle ist eine Einspeiseklemme zu setzen.

General Adapter EtherCAT Online CoE - Online						
NetId:		10.43.2.149.2.1		Advanced Settings...		
Number	Box Name	Address	Type	In Size	Out S...	E-Bus (..
1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
2	Term 2 (EL3102)	1002	EL3102	8.0		1830
3	Term 4 (EL2004)	1003	EL2004		0.4	1730
4	Term 5 (EL2004)	1004	EL2004		0.4	1630
5	Term 6 (EL7031)	1005	EL7031	8.0	8.0	1510
6	Term 7 (EL2808)	1006	EL2808		1.0	1400
7	Term 8 (EL3602)	1007	EL3602	12.0		1210
8	Term 9 (EL3602)	1008	EL3602	12.0		1020
9	Term 10 (EL3602)	1009	EL3602	12.0		830
10	Term 11 (EL3602)	1010	EL3602	12.0		640
11	Term 12 (EL3602)	1011	EL3602	12.0		450
12	Term 13 (EL3602)	1012	EL3602	12.0		260
13	Term 14 (EL3602)	1013	EL3602	12.0		70
14	Term 3 (EL6688)	1014	EL6688	22.0		-240 !

Abb. 230: Unzulässige Überschreitung E-Bus Strom

Ab TwinCAT 2.11 wird bei der Aktivierung einer solchen Konfiguration eine Warnmeldung „E-Bus Power of Terminal...“ im Logger-Fenster ausgegeben:

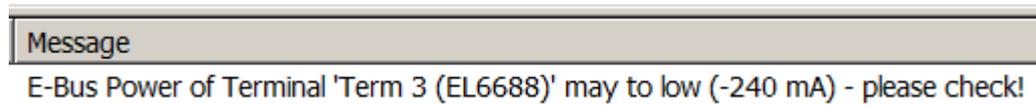


Abb. 231: Warnmeldung E-Bus-Überschreitung

HINWEIS

Fehlfunktion möglich!

Die E-Bus-Versorgung aller EtherCAT-Klemmen eines Klemmenblocks muss aus demselben Massepotential erfolgen!

6.2 TwinCAT Quickstart

TwinCAT stellt eine Entwicklungsumgebung für Echtzeitsteuerung mit Multi-SPS-System, NC Achsregelung, Programmierung und Bedienung dar. Das gesamte System wird hierbei durch diese Umgebung abgebildet und ermöglicht Zugriff auf eine Programmierumgebung (inkl. Kompilierung) für die Steuerung. Einzelne digitale oder analoge Eingänge bzw. Ausgänge können auch direkt ausgelesen bzw. beschrieben werden, um diese z.B. hinsichtlich ihrer Funktionsweise zu überprüfen.

Weitere Informationen hierzu erhalten Sie unter <http://infosys.beckhoff.de>:

- **EtherCAT Systemhandbuch:**
Feldbuskomponenten → EtherCAT-Klemmen → EtherCAT System Dokumentation → Einrichtung im TwinCAT System Manager
- **TwinCAT 2** → TwinCAT System Manager → E/A- Konfiguration
- Insbesondere zur TwinCAT – Treiberinstallation:
Feldbuskomponenten → Feldbuskarten und Switches → FC900x – PCI-Karten für Ethernet → Installation

Geräte, d. h. „devices“ beinhalten jeweils die Klemmen der tatsächlich aufgebauten Konfiguration. Dabei gibt es grundlegend die Möglichkeit sämtliche Informationen des Aufbaus über die „Scan“ - Funktion einzubringen („online“) oder über Editorfunktionen direkt einzufügen („offline“):

- **„offline“:** der vorgesehene Aufbau wird durch Hinzufügen und entsprechendes Platzieren einzelner Komponenten erstellt. Diese können aus einem Verzeichnis ausgewählt und Konfiguriert werden.
 - Die Vorgehensweise für den „offline“ – Betrieb ist unter <http://infosys.beckhoff.de> einsehbar:
TwinCAT 2 → TwinCAT System Manager → EA - Konfiguration → Anfügen eines E/A-Gerätes
- **„online“:** die bereits physikalisch aufgebaute Konfiguration wird eingelesen
 - Sehen Sie hierzu auch unter <http://infosys.beckhoff.de>:
Feldbuskomponenten → Feldbuskarten und Switches → FC900x – PCI-Karten für Ethernet → Installation → Geräte suchen

Vom Anwender –PC bis zu den einzelnen Steuerungselementen ist folgender Zusammenhang vorgesehen:

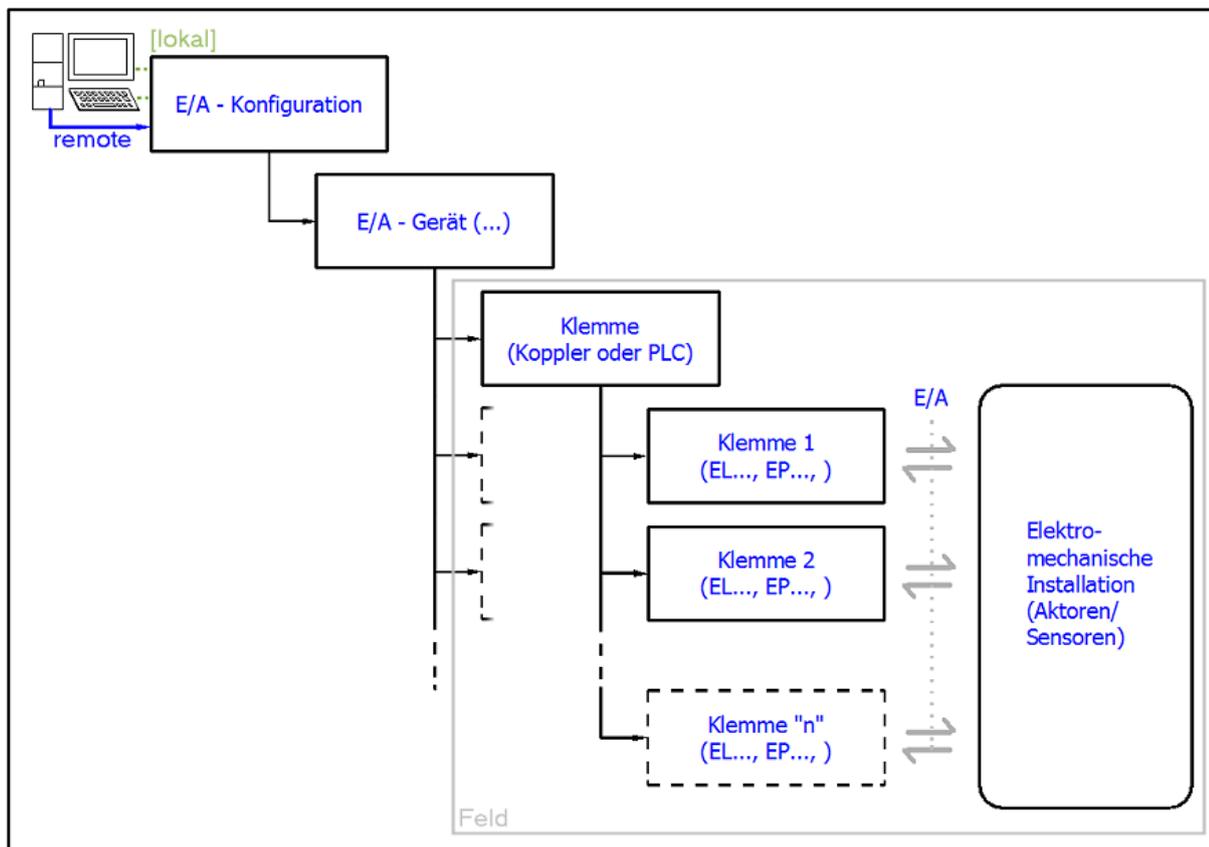


Abb. 232: Bezug von der Anwender Seite (Inbetriebnahme) zur Installation

Das anwenderseitige Einfügen bestimmter Komponenten (E/A – Gerät, Klemme, Box,..) erfolgt bei TwinCAT 2 und TwinCAT 3 auf die gleiche Weise. In den nachfolgenden Beschreibungen wird ausschließlich der „online“ Vorgang angewandt.

Beispielkonfiguration (realer Aufbau)

Ausgehend von der folgenden Beispielkonfiguration wird in den anschließenden Unterkapiteln das Vorgehen für TwinCAT 2 und TwinCAT 3 behandelt:

- Steuerungssystem (PLC) **CX2040** inkl. Netzteil **CX2100-0004**
- Rechtsseitig angebunden am CX2040 (E-Bus): **EL1004** (4-Kanal-Digital-Eingangsklemme 24 V_{DC})
- Über den X001 Anschluss (RJ-45) angeschlossen: **EK1100** EtherCAT-Koppler
- Rechtsseitig angebunden am EK1100 EtherCAT-Koppler (E-Bus): **EL2008** (8-Kanal-Digital-Ausgangsklemme 24 V_{DC}; 0,5 A)
- (Optional über X000: ein Link zu einen externen PC für die Benutzeroberfläche)

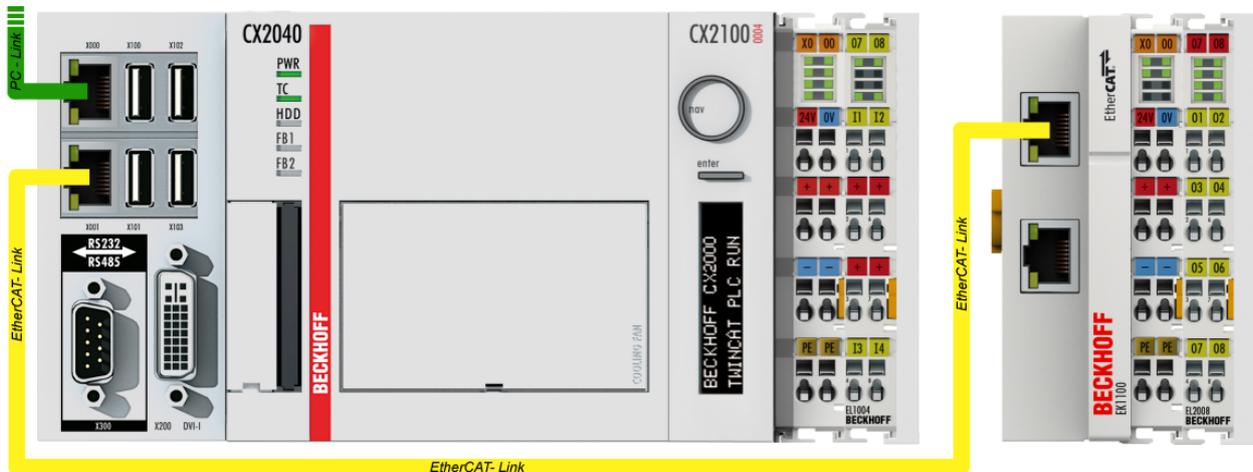


Abb. 233: Aufbau der Steuerung mit Embedded-PC, Eingabe (EL1004) und Ausgabe (EL2008)

Anzumerken ist, dass sämtliche Kombinationen einer Konfiguration möglich sind; beispielsweise könnte die Klemme EL1004 ebenso auch nach dem Koppler angesteckt werden oder die Klemme EL2008 könnte zusätzlich rechts an dem CX2040 angesteckt sein – dann wäre der Koppler EK1100 überflüssig.

6.2.1 TwinCAT 2

Startup

TwinCAT 2 verwendet grundlegend zwei Benutzeroberflächen: den „TwinCAT System Manager“ zur Kommunikation mit den elektromechanischen Komponenten und „TwinCAT PLC Control“ für die Erstellung und Kompilierung einer Steuerung. Begonnen wird zunächst mit der Anwendung des TwinCAT System Managers.

Nach erfolgreicher Installation des TwinCAT-Systems auf den Anwender-PC der zur Entwicklung verwendet werden soll, zeigt der TwinCAT 2 (System Manager) folgende Benutzeroberfläche nach dem Start:

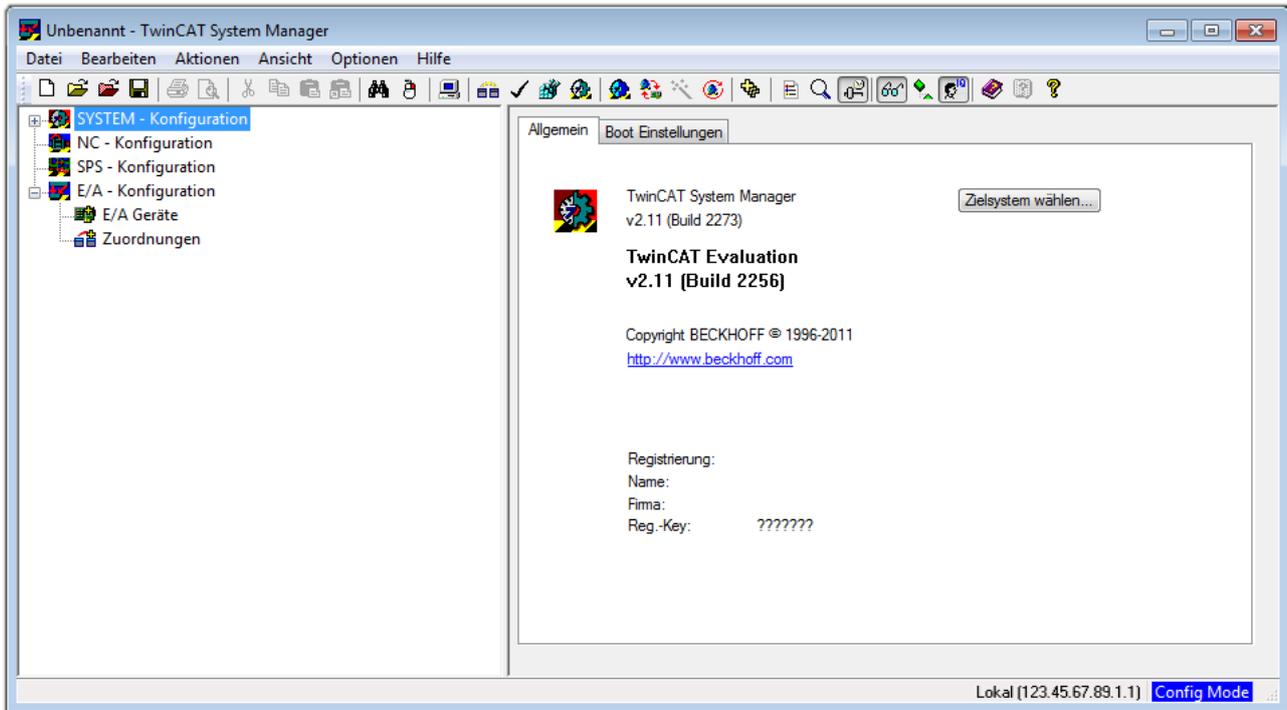


Abb. 234: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 2

Es besteht generell die Möglichkeit das TwinCAT „lokal“ oder per „remote“ zu verwenden. Ist das TwinCAT System inkl. Benutzeroberfläche (Standard) auf dem betreffenden PLC installiert, kann TwinCAT „lokal“ eingesetzt werden und mit Schritt „Geräte einfügen [► 774]“ fortgesetzt werden.

Ist es vorgesehen, die auf einem PLC installierte TwinCAT Laufzeitumgebung von einem anderen System als Entwicklungsumgebung per „remote“ anzusprechen, ist das Zielsystem zuvor bekannt zu machen. Im

Menü unter „Aktionen“ → „Auswahl des Zielsystems...“, über das Symbol „“ oder durch Taste „F8“ wird folgendes Fenster hierzu geöffnet:

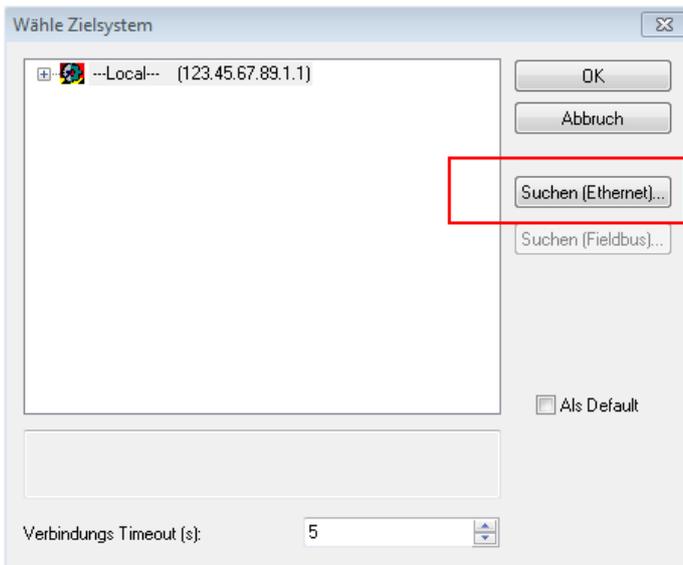


Abb. 235: Wähle Zielsystem

Mittels „Suchen (Ethernet)...“ wird das Zielsystem eingetragen. Dadurch wird ein weiterer Dialog geöffnet um hier entweder:

- den bekannten Rechnernamen hinter „Enter Host Name / IP:“ einzutragen (wie rot gekennzeichnet)
- einen „Broadcast Search“ durchzuführen (falls der Rechnernamen nicht genau bekannt)
- die bekannte Rechner - IP oder AmsNetId einzutragen

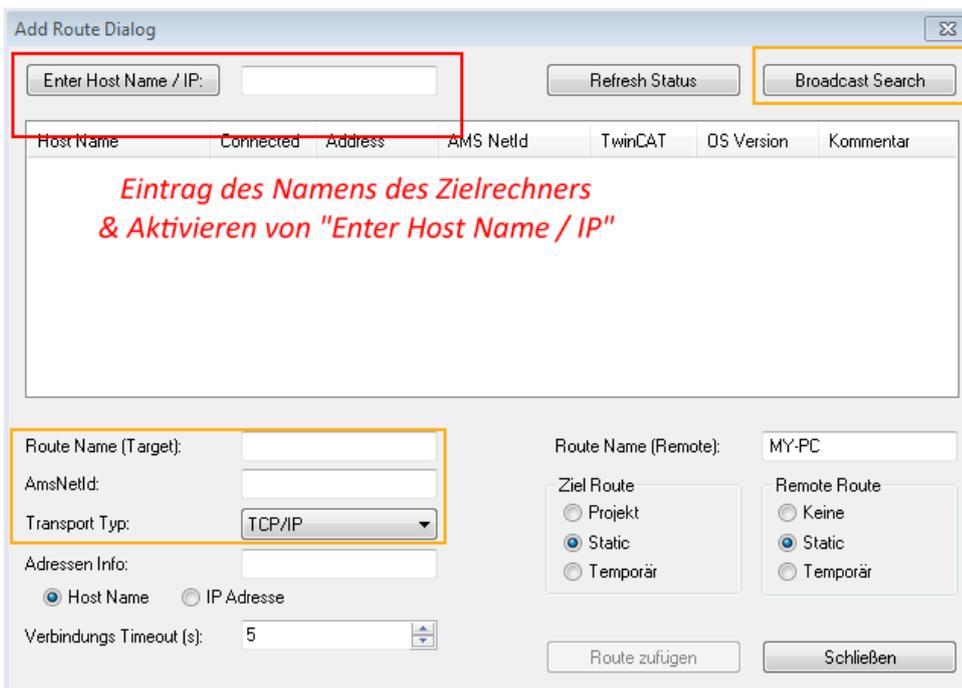
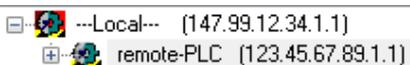


Abb. 236: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

Ist das Zielsystem eingetragen steht dieses wie folgt zur Auswahl (ggf. muss zuvor das korrekte Passwort eingetragen werden):



Nach der Auswahl mit „OK“ ist das Zielsystem über den System Manager ansprechbar.

Geräte einfügen

In dem linksseitigen Konfigurationsbaum der TwinCAT 2 – Benutzeroberfläche des System Managers wird „E/A-Geräte“ selektiert und sodann entweder über Rechtsklick ein Kontextmenü geöffnet und

„Geräte Suchen...“ ausgewählt oder in der Menüleiste mit  die Aktion gestartet. Ggf. ist zuvor der

TwinCAT System Manager in den „Konfig Modus“ mittels  oder über das Menü „Aktionen“ → „Startet/Restarten von TwinCAT in Konfig-Modus“ (Shift + F4) zu versetzen.

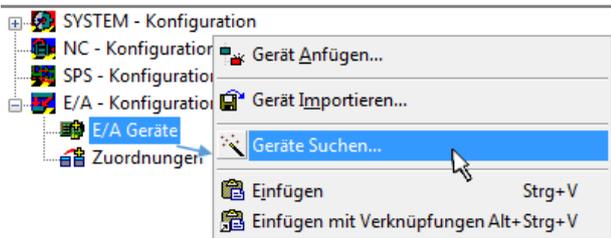


Abb. 237: Auswahl „Gerät Suchen...“

Die darauffolgende Hinweismeldung ist zu bestätigen und in dem Dialog die Geräte „EtherCAT“ zu wählen:

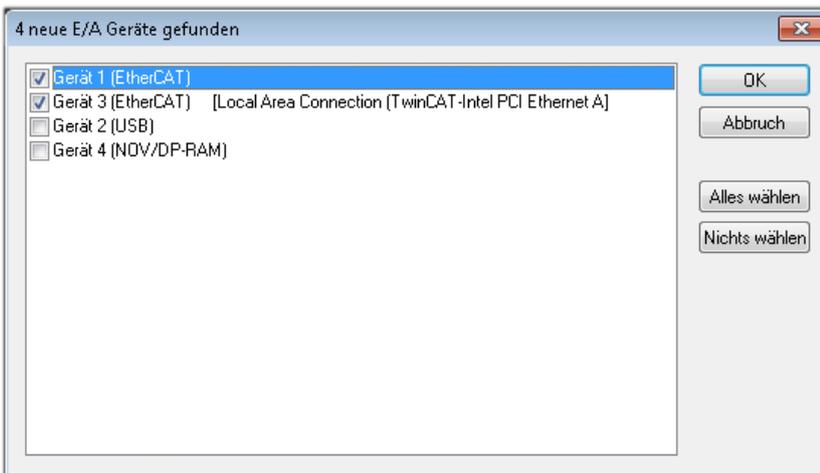


Abb. 238: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

Ebenfalls ist anschließend die Meldung „nach neuen Boxen suchen“ zu bestätigen, um die an den Geräten angebotenen Klemmen zu ermitteln. „Free Run“ erlaubt das Manipulieren von Ein- und Ausgangswerten innerhalb des „Config Modus“ und sollte ebenfalls bestätigt werden.

Ausgehend von der am Anfang dieses Kapitels beschriebenen [Beispielkonfiguration](#) [► 771] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

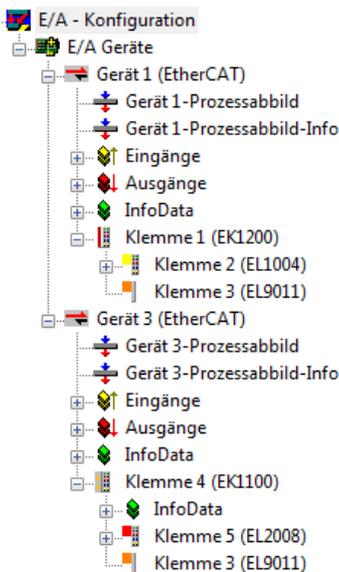


Abb. 239: Abbildung der Konfiguration im TwinCAT 2 System Manager

Der gesamte Vorgang setzt sich aus zwei Stufen zusammen, die auch separat ausgeführt werden können (erst das Ermitteln der Geräte, dann das Ermitteln der daran befindlichen Elemente wie Boxen, Klemmen o. ä.). So kann auch durch Markierung von „Gerät ...“ aus dem Kontextmenü eine „Suche“ Funktion (Scan) ausgeführt werden, die hierbei dann lediglich die darunter liegenden (im Aufbau vorliegenden) Elemente einliest:

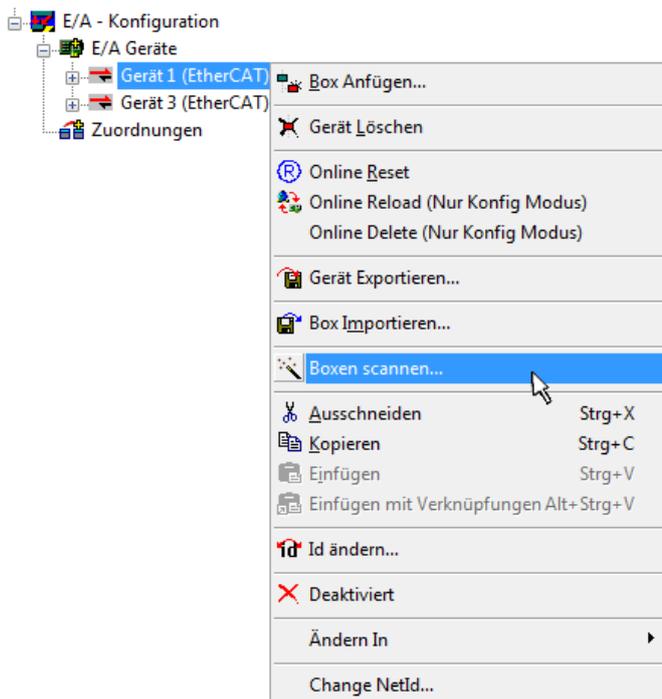


Abb. 240: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

Diese Funktionalität ist nützlich, falls die Konfiguration (d. h. der „reale Aufbau“) kurzfristig geändert wird.

PLC programmieren und integrieren

TwinCAT PLC Control ist die Entwicklungsumgebung zur Erstellung der Steuerung in unterschiedlichen Programmumgebungen: Das TwinCAT PLC Control unterstützt alle in der IEC 61131-3 beschriebenen Sprachen. Es gibt zwei textuelle Sprachen und drei grafische Sprachen.

- **Textuelle Sprachen**
 - Anweisungsliste (AWL, IL)

- Strukturierter Text (ST)
- **Grafische Sprachen**
 - Funktionsplan (FUP, FBD)
 - Kontaktplan (KOP, LD)
 - Freigrafischer Funktionsplaneditor (CFC)
 - Ablaufsprache (AS, SFC)

Für die folgenden Betrachtungen wird lediglich vom strukturierten Text (ST) Gebrauch gemacht.

Nach dem Start von TwinCAT PLC Control wird folgende Benutzeroberfläche für ein initiales Projekt dargestellt:

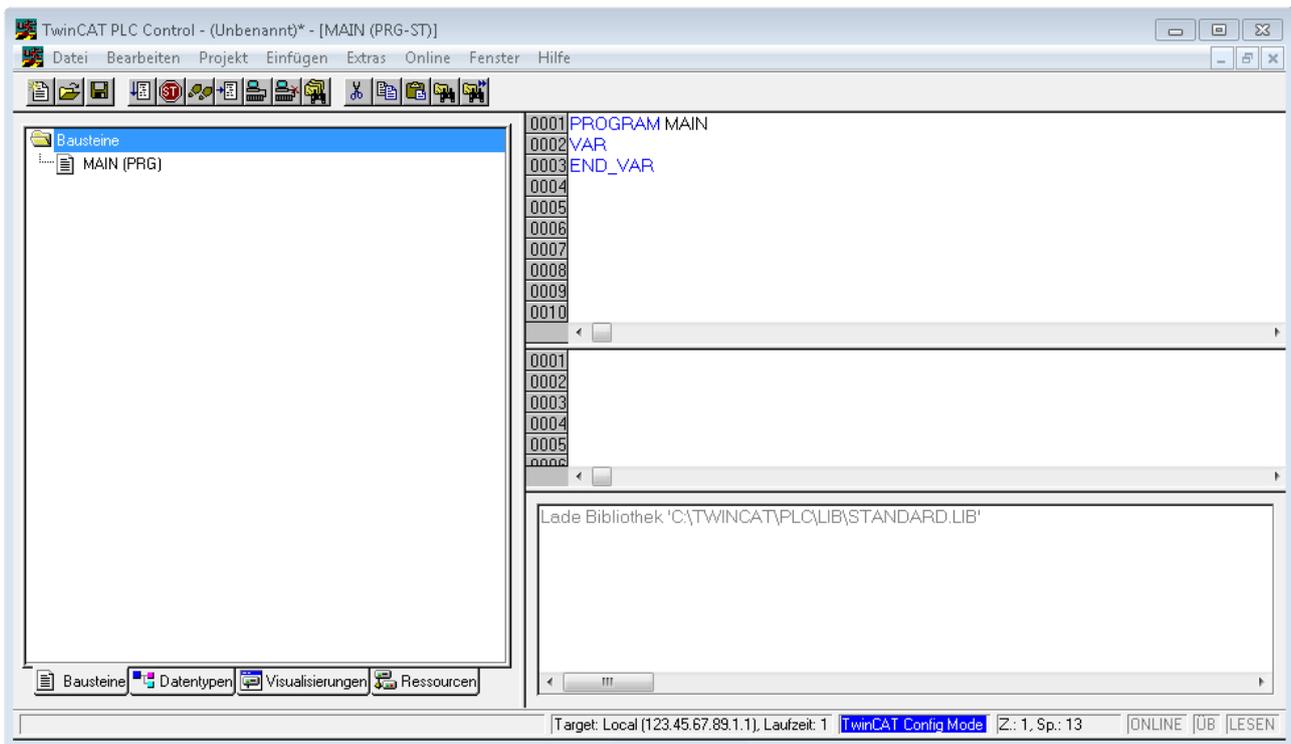


Abb. 241: TwinCAT PLC Control nach dem Start

Nun sind für den weiteren Ablauf Beispielvariablen sowie ein Beispielprogramm erstellt und unter dem Namen „PLC_example.pro“ gespeichert worden:

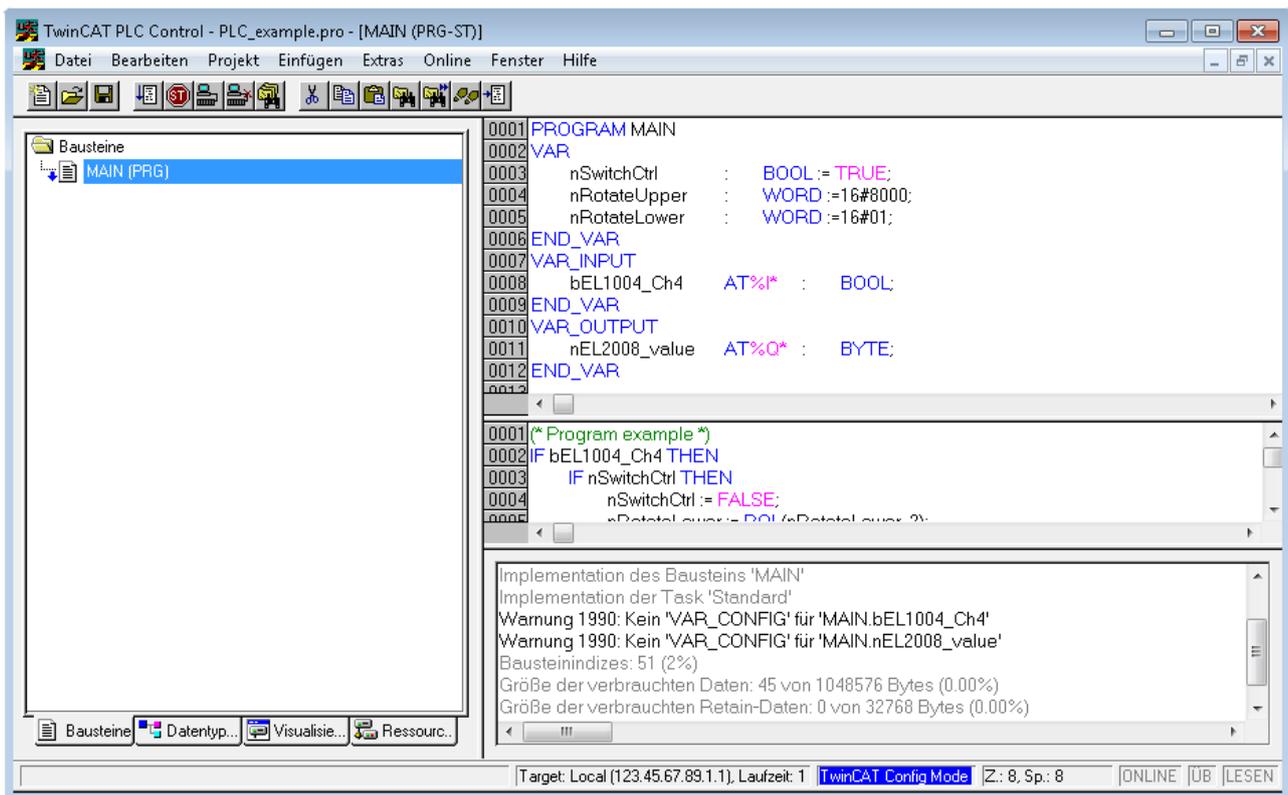


Abb. 242: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

Die Warnung 1990 (fehlende „VAR_CONFIG“) nach einem Kompilervorgang zeigt auf, dass die als extern definierten Variablen (mit der Kennzeichnung „AT%I*“ bzw. „AT%Q*“) nicht zugeordnet sind. Das TwinCAT PLC Control erzeugt nach erfolgreichem Kompilervorgang eine „*.tpy“ Datei in dem Verzeichnis, in dem das Projekt gespeichert wurde. Diese Datei („*.tpy“) enthält u.a. Variablenzuordnungen und ist dem System Manager nicht bekannt, was zu dieser Warnung führt. Nach dessen Bekanntgabe kommt es nicht mehr zu dieser Warnung.

Im **System Manager** ist das Projekt des TwinCAT PLC Control zunächst einzubinden. Dies geschieht über das Kontext Menü der „SPS-Konfiguration“ (rechts-Klick) und der Auswahl „SPS-Projekt Anfügen...“:

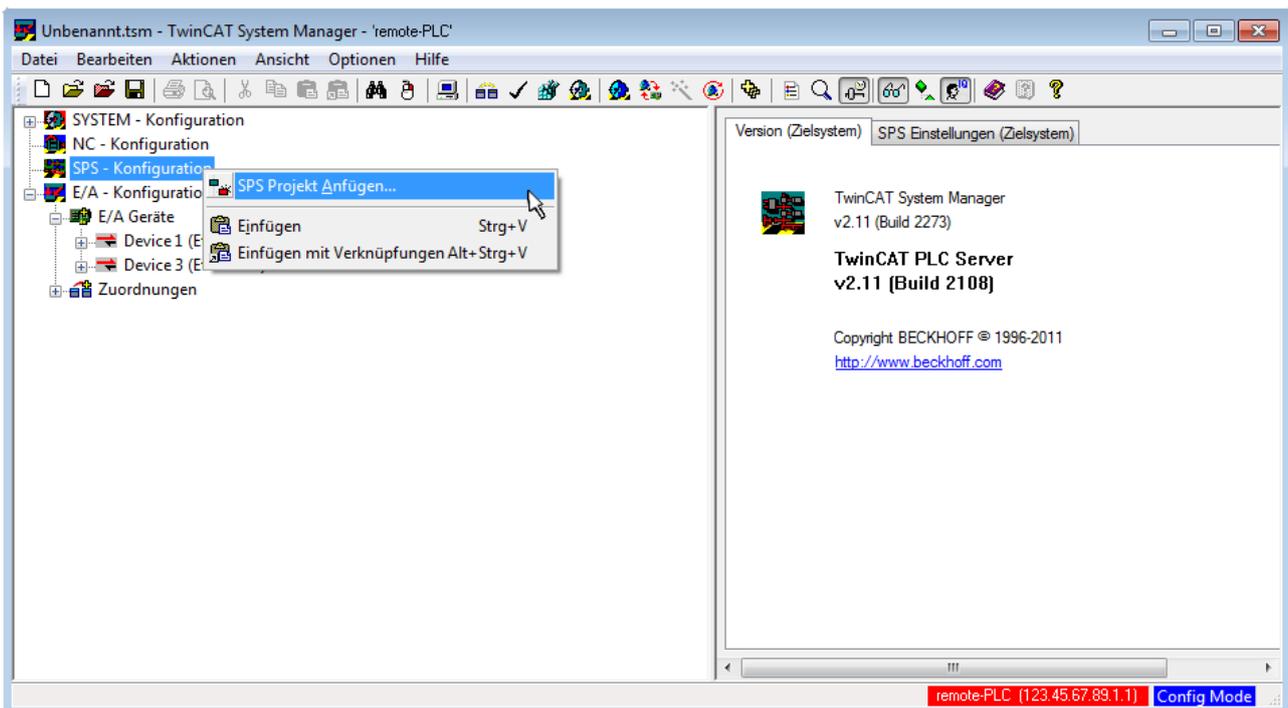


Abb. 243: Hinzufügen des Projektes des TwinCAT PLC Control

Über ein dadurch geöffnetes Browserfenster wird die PLC-Konfiguration „PLC_example.tpy“ ausgewählt. Dann ist in dem Konfigurationsbaum des System Managers das Projekt inklusive der beiden „AT“-gekennzeichneten Variablen eingebunden:

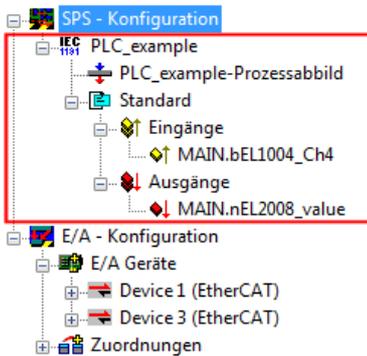


Abb. 244: Eingebundenes PLC-Projekt in der SPS-Konfiguration des System Managers

Die beiden Variablen „bEL1004_Ch4“ sowie „nEL2008_value“ können nun bestimmten Prozessobjekten der E/A-Konfiguration zugeordnet werden.

Variablen Zuordnen

Über das Kontextmenü einer Variable des eingebundenen Projekts „PLC_example“ unter „Standard“ wird mittels „Verknüpfung Ändern...“ ein Fenster zur Auswahl eines passenden Prozessobjektes (PDOs) geöffnet:

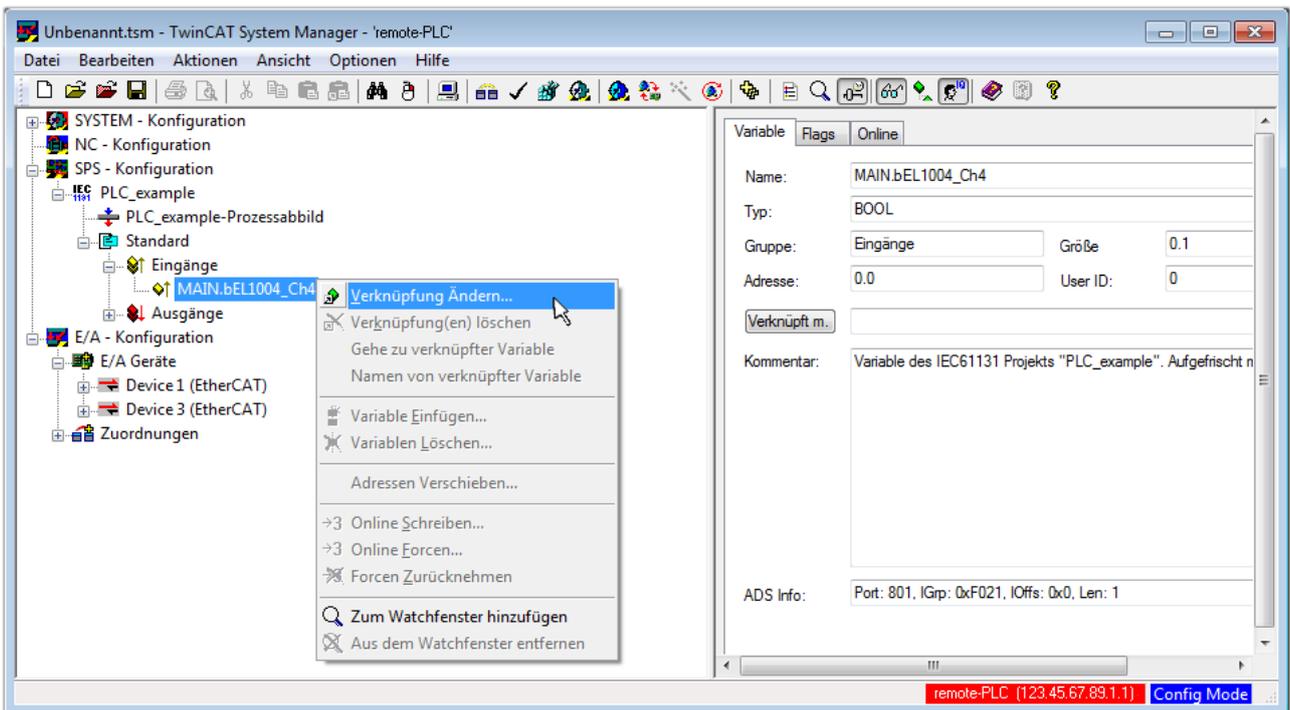


Abb. 245: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

In dem dadurch geöffneten Fenster kann aus dem SPS-Konfigurationsbaum das Prozessobjekt für die Variable „bEL1004_Ch4“ vom Typ BOOL selektiert werden:

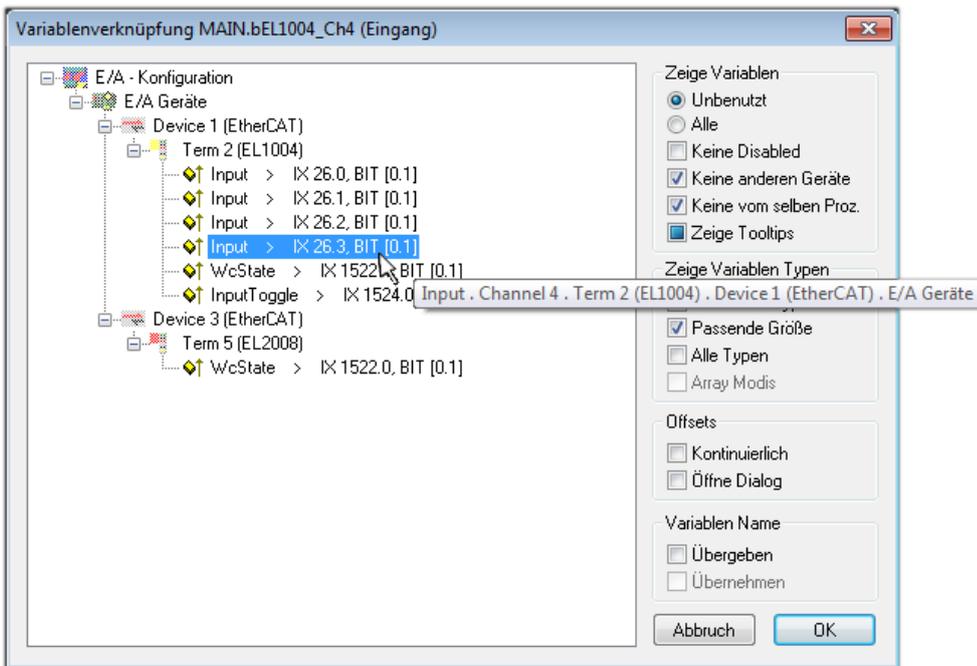


Abb. 246: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

Entsprechend der Standardeinstellungen stehen nur bestimmte PDO-Objekte zur Auswahl zur Verfügung. In diesem Beispiel wird von der Klemme EL1004 der Eingang von Kanal 4 zur Verknüpfung ausgewählt. Im Gegensatz hierzu muss für das Erstellen der Verknüpfung der Ausgangsvariablen die Checkbox „Alle Typen“ aktiviert werden, um in diesem Fall eine Byte-Variablen einen Satz von acht separaten Ausgangsbits zuzuordnen. Die folgende Abbildung zeigt den gesamten Vorgang:

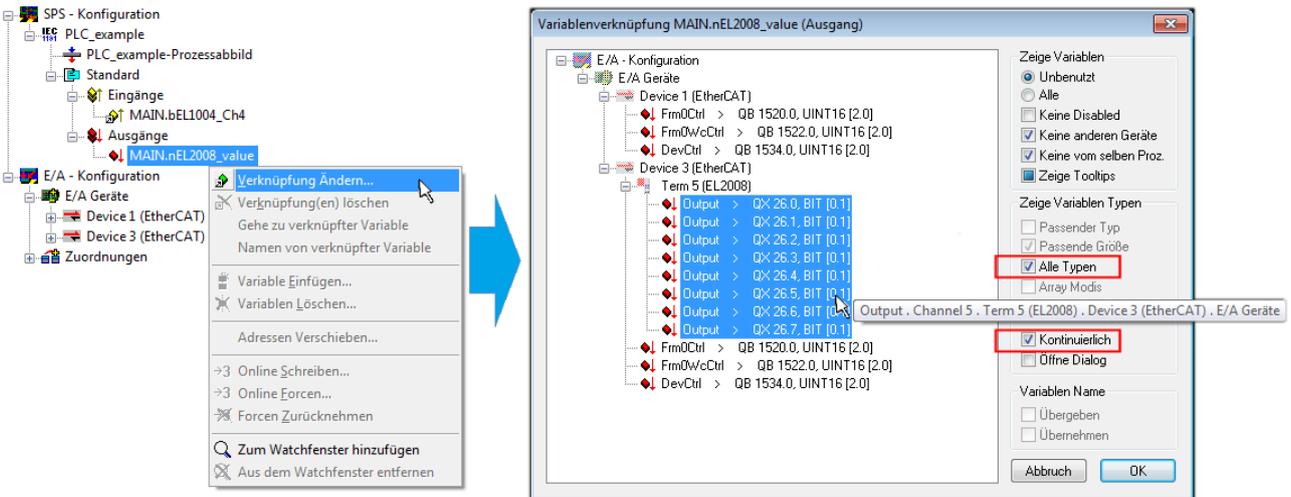


Abb. 247: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

Zu sehen ist, dass überdies die Checkbox „Kontinuierlich“ aktiviert wurde. Dies ist dafür vorgesehen, dass die in dem Byte der Variablen „nEL2008_value“ enthaltenen Bits allen acht ausgewählten Ausgangsbits der Klemme EL2008 der Reihenfolge nach zugeordnet werden sollen. Damit ist es möglich, alle acht Ausgänge der Klemme mit einem Byte entsprechend Bit 0 für Kanal 1 bis Bit 7 für Kanal 8 von der PLC im Programm später anzusprechen. Ein spezielles Symbol () an dem gelben bzw. roten Objekt der Variablen zeigt an, dass hierfür eine Verknüpfung existiert. Die Verknüpfungen können z. B. auch überprüft werden, indem „Goto Link Variable“ aus dem Kontextmenü einer Variable ausgewählt wird. Dann wird automatisch das gegenüberliegende verknüpfte Objekt, in diesem Fall das PDO selektiert:

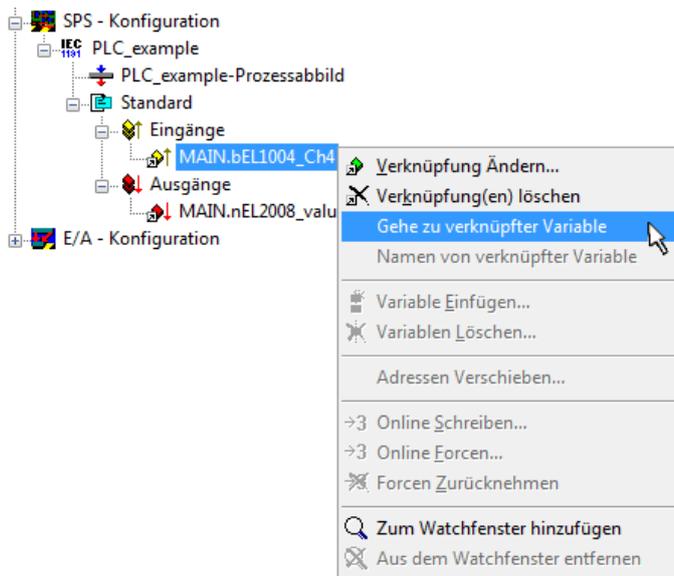


Abb. 248: Anwendung von „Goto Link Variable“ am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“

Anschließend wird mittels Menüauswahl „Aktionen“ → „Zuordnung erzeugen...“ oder über  der Vorgang des Zuordnens von Variablen zu PDO abgeschlossen.

Dies lässt sich entsprechend in der Konfiguration einsehen:



Der Vorgang zur Erstellung von Verknüpfungen kann auch in umgekehrter Richtung, d. h. von einzelnen PDO ausgehend zu einer Variablen erfolgen. In diesem Beispiel wäre dann allerdings eine komplette Auswahl aller Ausgangsbits der EL2008 nicht möglich, da die Klemme nur einzelne digitale Ausgänge zur Verfügung stellt. Hat eine Klemme ein Byte, Word, Integer oder ein ähnliches PDO, so ist es möglich dies wiederum einen Satz von bit-typisierten Variablen zuzuordnen. Auch hier kann ebenso in die andere Richtung ein „Goto Link Variable“ ausgeführt werden, um dann die betreffende Instanz der PLC zu selektieren.

Aktivieren der Konfiguration

Die Zuordnung von PDO zu PLC-Variablen hat nun die Verbindung von der Steuerung zu den Ein- und

Ausgängen der Klemmen hergestellt. Nun kann die Konfiguration aktiviert werden. Zuvor kann mittels  (oder über „Aktionen“ → „Konfiguration überprüfen...“) die Konfiguration überprüft werden. Falls kein Fehler

vorliegt, kann mit  (oder über „Aktionen“ → „Aktiviert Konfiguration...“) die Konfiguration aktiviert werden, um dadurch Einstellungen im System Manager auf das Laufzeitsystem zu übertragen. Die darauffolgenden Meldungen „Alte Konfigurationen werden überschrieben!“ sowie „Neustart TwinCAT System in Run Modus“ werden jeweils mit „OK“ bestätigt.

Einige Sekunden später wird der Realtime Status **Echtzeit 0%** unten rechts im System Manager angezeigt. Das PLC-System kann daraufhin wie im Folgenden beschrieben gestartet werden.

Starten der Steuerung

Ausgehend von einem remote System muss nun als erstes auch die PLC Steuerung über „Online“ → „Choose Run-Time System...“ mit dem embedded PC über Ethernet verbunden werden:

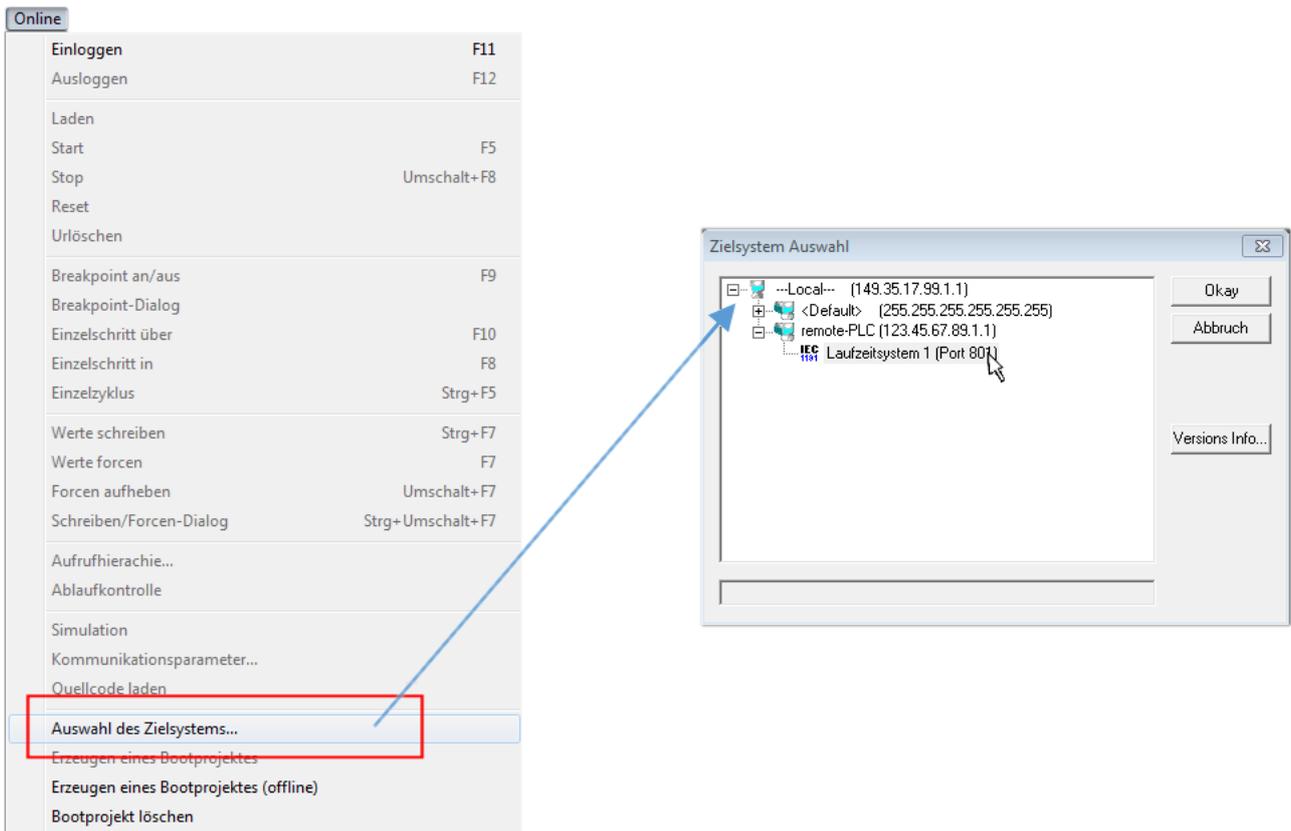


Abb. 249: Auswahl des Zielsystems (remote)

In diesem Beispiel wird das „Laufzeitsystem 1 (Port 801)“ ausgewählt und bestätigt. Mittels Menüauswahl

„Online“ → „Login“, Taste F11 oder per Klick auf  wird auch die PLC mit dem Echtzeitsystem verbunden und nachfolgend das Steuerprogramm geladen, um es ausführen lassen zu können. Dies wird entsprechend mit der Meldung „Kein Programm auf der Steuerung! Soll das neue Programm geladen werden?“ bekannt gemacht und ist mit „Ja“ zu beantworten. Die Laufzeitumgebung ist bereit zum Programmstart:

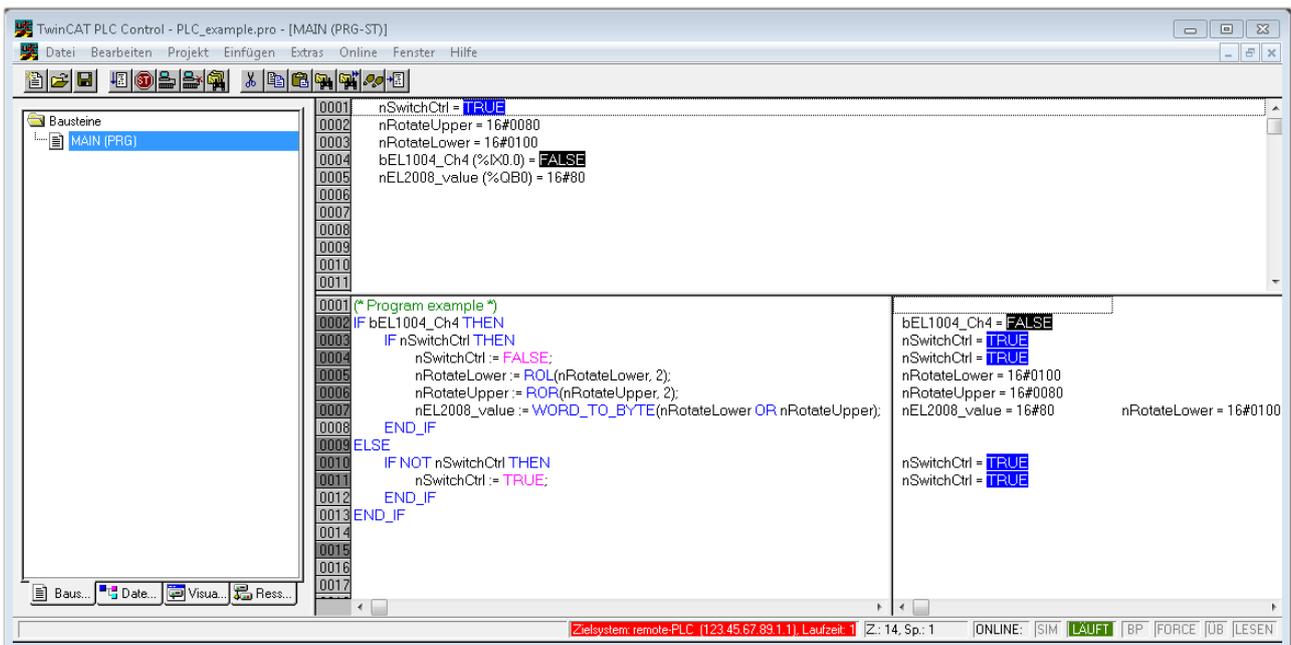


Abb. 250: PLC Control Logged-in, bereit zum Programmstart

Über „Online“ → „Run“, Taste F5 oder  kann nun die PLC gestartet werden.

6.2.2 TwinCAT 3

Startup

TwinCAT 3 stellt die Bereiche der Entwicklungsumgebung durch das Microsoft Visual-Studio gemeinsam zur Verfügung: in den allgemeinen Fensterbereich erscheint nach dem Start linksseitig der Projektmappen-Explorer (vgl. „TwinCAT System Manager“ von TwinCAT 2) zur Kommunikation mit den elektromechanischen Komponenten.

Nach erfolgreicher Installation des TwinCAT-Systems auf den Anwender PC der zur Entwicklung verwendet werden soll, zeigt der TwinCAT 3 (Shell) folgende Benutzeroberfläche nach dem Start:

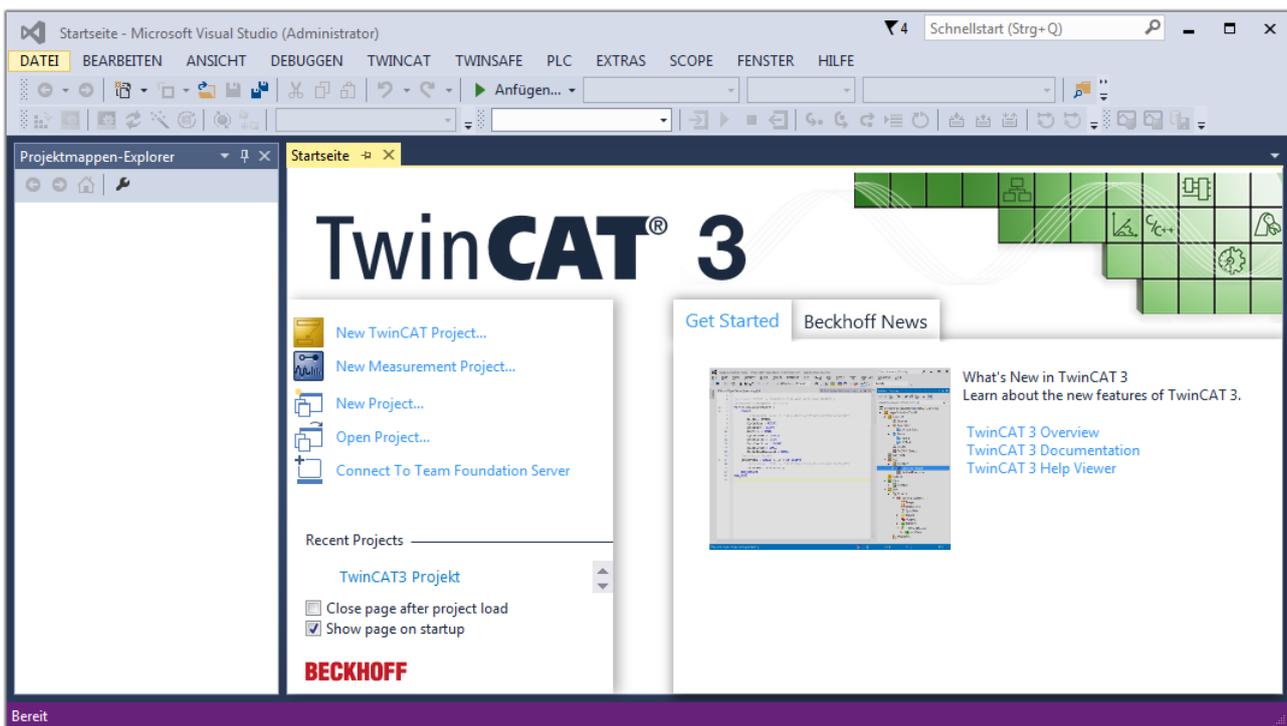


Abb. 251: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 3

Zunächst ist die Erstellung eines neues Projekt mittels  **New TwinCAT Project...** (oder unter „Datei“→“Neu“→“Projekt...“) vorzunehmen. In dem darauf folgenden Dialog werden die entsprechenden Einträge vorgenommen (wie in der Abbildung gezeigt):

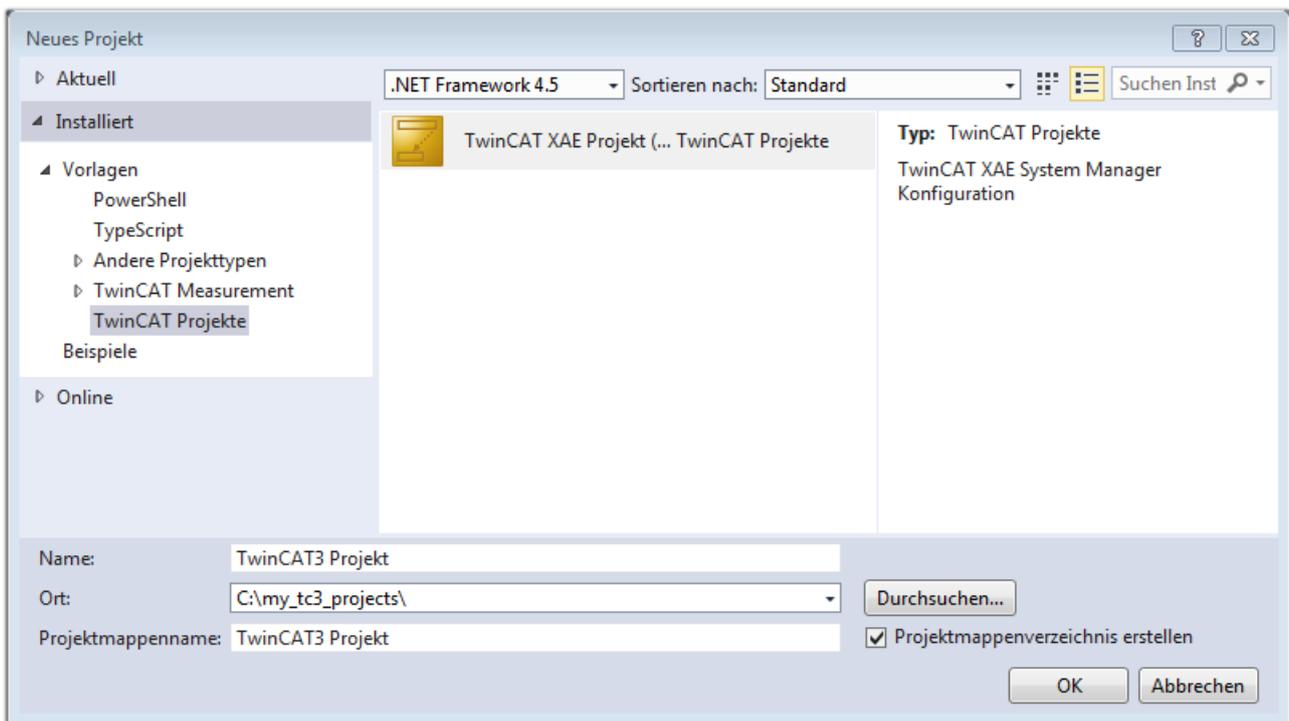


Abb. 252: Neues TwinCAT 3 Projekt erstellen

Im Projektmappen-Explorer liegt sodann das neue Projekt vor:

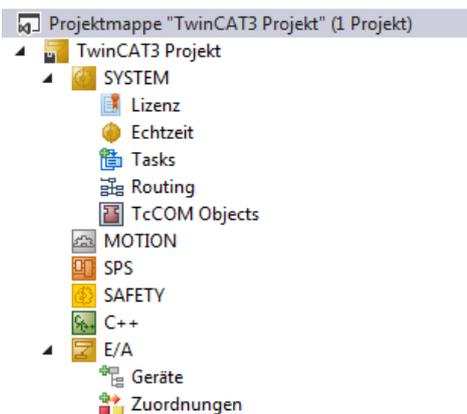
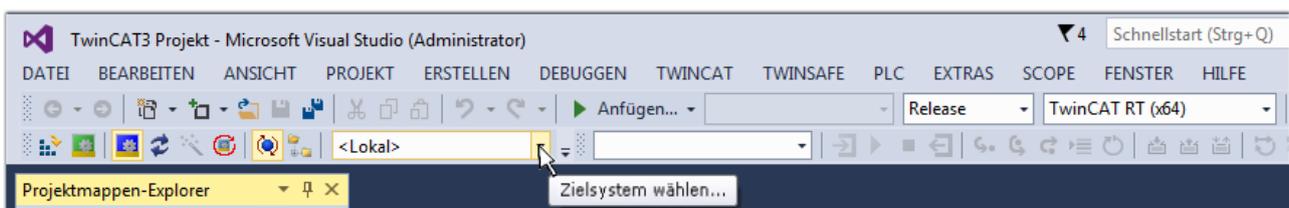


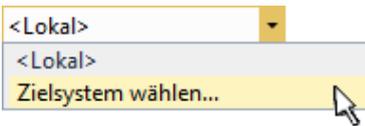
Abb. 253: Neues TwinCAT 3 Projekt im Projektmappen-Explorer

Es besteht generell die Möglichkeit das TwinCAT „lokal“ oder per „remote“ zu verwenden. Ist das TwinCAT System inkl. Benutzeroberfläche (Standard) auf dem betreffenden PLC (lokal) installiert, kann TwinCAT „lokal“ eingesetzt werden und mit Schritt „Geräte einfügen |> 785|“ fortgesetzt werden.

Ist es vorgesehen, die auf einem PLC installierte TwinCAT Laufzeitumgebung von einem anderen System als Entwicklungsumgebung per „remote“ anzusprechen, ist das Zielsystem zuvor bekannt zu machen. Über das Symbol in der Menüleiste:



wird das pull-down Menü aufgeklappt:



und folgendes Fenster hierzu geöffnet:

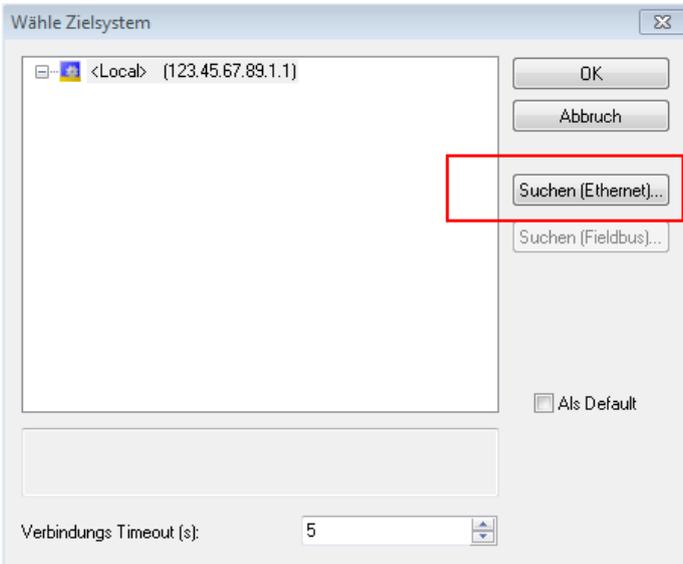


Abb. 254: Auswahldialog: Wähle Zielsystem

Mittels „Suchen (Ethernet)...“ wird das Zielsystem eingetragen. Dadurch wird ein weiterer Dialog geöffnet um hier entweder:

- den bekannten Rechnernamen hinter „Enter Host Name / IP:“ einzutragen (wie rot gekennzeichnet)
- einen „Broadcast Search“ durchzuführen (falls der Rechnernamen nicht genau bekannt)
- die bekannte Rechner - IP oder AmsNetId einzutragen

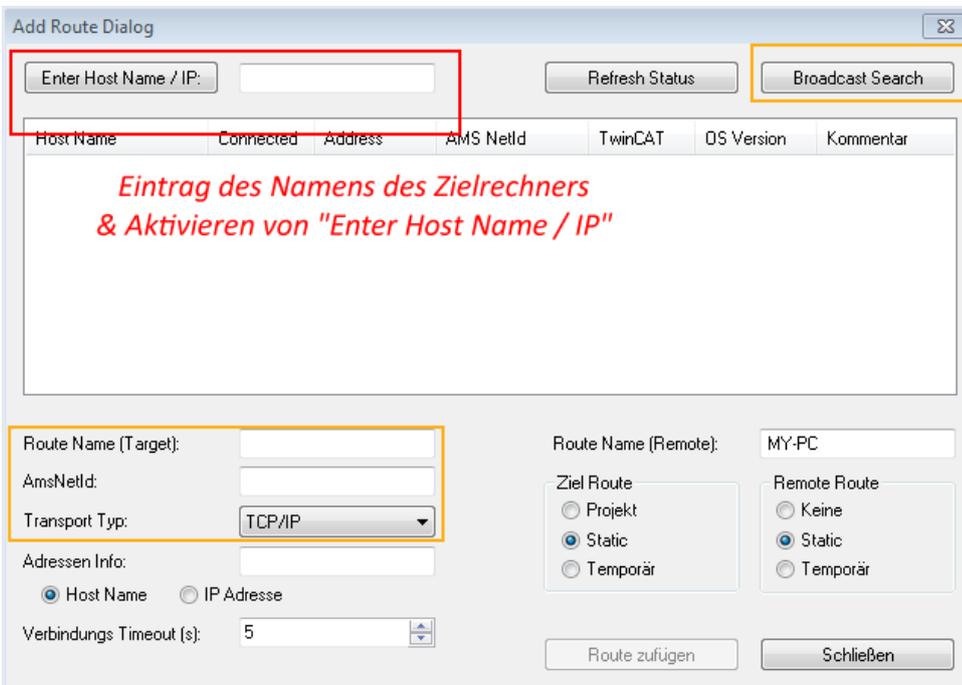
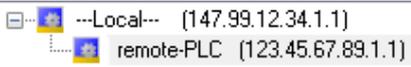


Abb. 255: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

Ist das Zielsystem eingetragen, steht dieses wie folgt zur Auswahl (ggf. muss zuvor das korrekte Passwort eingetragen werden):



Nach der Auswahl mit „OK“ ist das Zielsystem über das Visual Studio Shell ansprechbar.

Geräte einfügen

In dem linksseitigen Projektmappen-Explorer der Benutzeroberfläche des Visual Studio Shell wird innerhalb des Elementes „E/A“ befindliche „Geräte“ selektiert und sodann entweder über Rechtsklick ein Kontextmenü

geöffnet und „Scan“ ausgewählt oder in der Menüleiste mit  die Aktion gestartet. Ggf. ist zuvor der

TwinCAT System Manager in den „Konfig Modus“ mittels  oder über das Menü „TWINCAT“ → „Restart TwinCAT (Config Mode)“ zu versetzen.

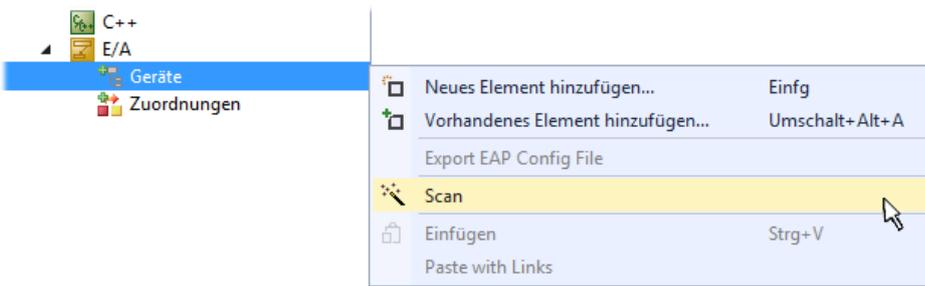


Abb. 256: Auswahl „Scan“

Die darauffolgende Hinweismeldung ist zu bestätigen und in dem Dialog die Geräte „EtherCAT“ zu wählen:

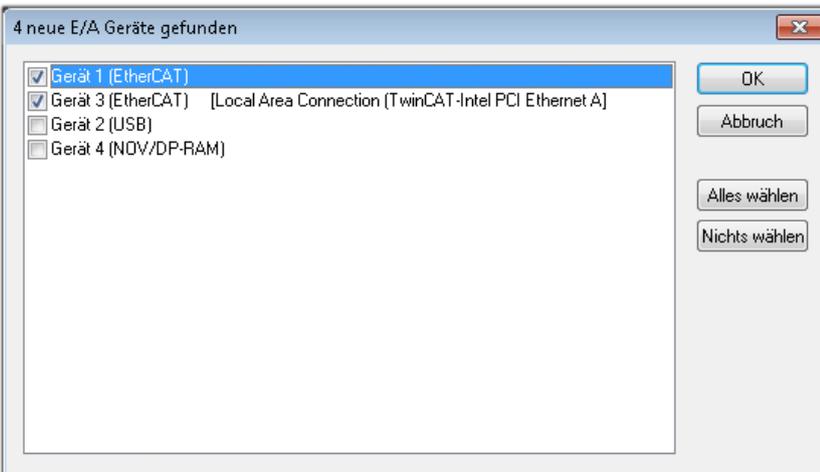


Abb. 257: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

Ebenfalls ist anschließend die Meldung „nach neuen Boxen suchen“ zu bestätigen, um die an den Geräten angebotenen Klemmen zu ermitteln. „Free Run“ erlaubt das Manipulieren von Ein- und Ausgangswerten innerhalb des „Config Modus“ und sollte ebenfalls bestätigt werden.

Ausgehend von der am Anfang dieses Kapitels beschriebenen Beispielkonfiguration [► 771] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

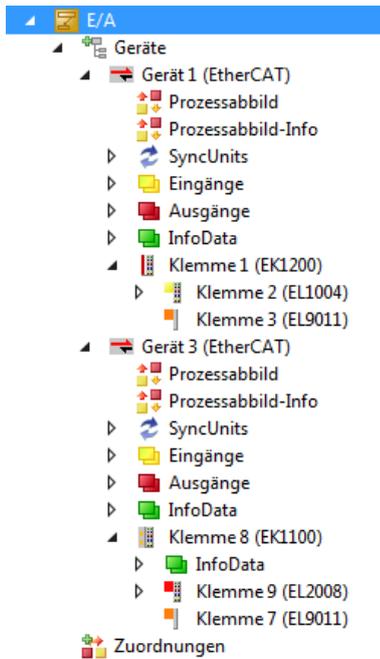


Abb. 258: Abbildung der Konfiguration in VS Shell der TwinCAT 3 Umgebung

Der gesamte Vorgang setzt sich aus zwei Stufen zusammen, die auch separat ausgeführt werden können (erst das Ermitteln der Geräte, dann das Ermitteln der daran befindlichen Elemente wie Boxen, Klemmen o. ä.). So kann auch durch Markierung von „Gerät ...“ aus dem Kontextmenü eine „Suche“ Funktion (Scan) ausgeführt werden, die hierbei dann lediglich die darunter liegenden (im Aufbau vorliegenden) Elemente einliest:

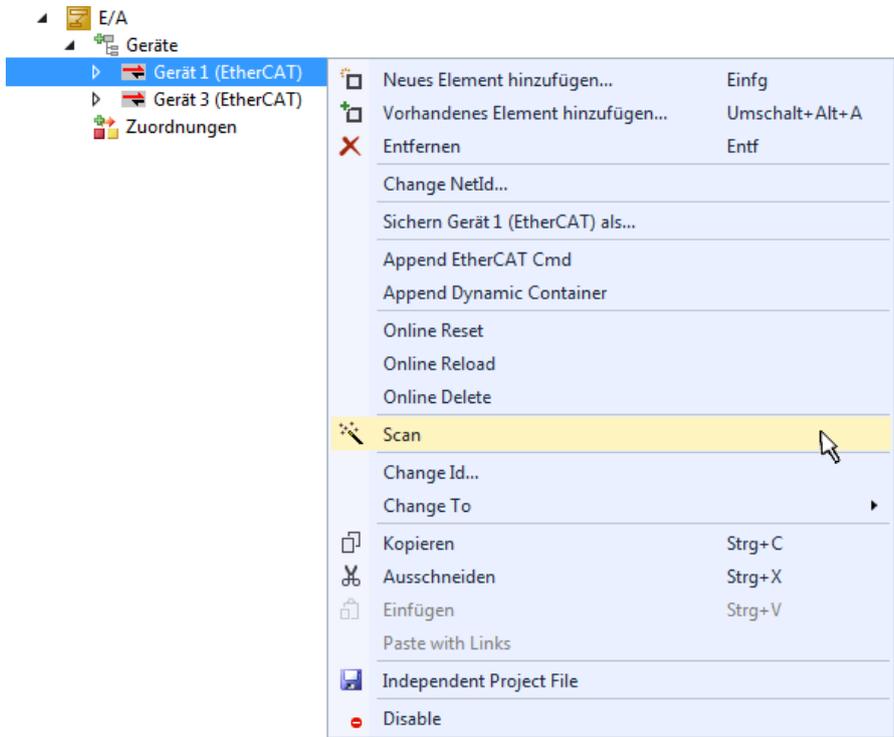


Abb. 259: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

Diese Funktionalität ist nützlich, falls die Konfiguration (d. h. der „reale Aufbau“) kurzfristig geändert wird.

PLC programmieren

TwinCAT PLC Control ist die Entwicklungsumgebung zur Erstellung der Steuerung in unterschiedlichen Programmumgebungen: Das TwinCAT PLC Control unterstützt alle in der IEC 61131-3 beschriebenen Sprachen. Es gibt zwei textuelle Sprachen und drei grafische Sprachen.

- **Textuelle Sprachen**
 - Anweisungsliste (AWL, IL)
 - Strukturierter Text (ST)
- **Grafische Sprachen**
 - Funktionsplan (FUP, FBD)
 - Kontaktplan (KOP, LD)
 - Freigrafischer Funktionsplaneditor (CFC)
 - Ablaufsprache (AS, SFC)

Für die folgenden Betrachtungen wird lediglich vom strukturierten Text (ST) Gebrauch gemacht.

Um eine Programmierumgebung zu schaffen, wird dem Beispielprojekt über das Kontextmenü von „SPS“ im Projektmappen-Explorer durch Auswahl von „Neues Element hinzufügen...“ ein PLC Unterprojekt hinzugefügt:

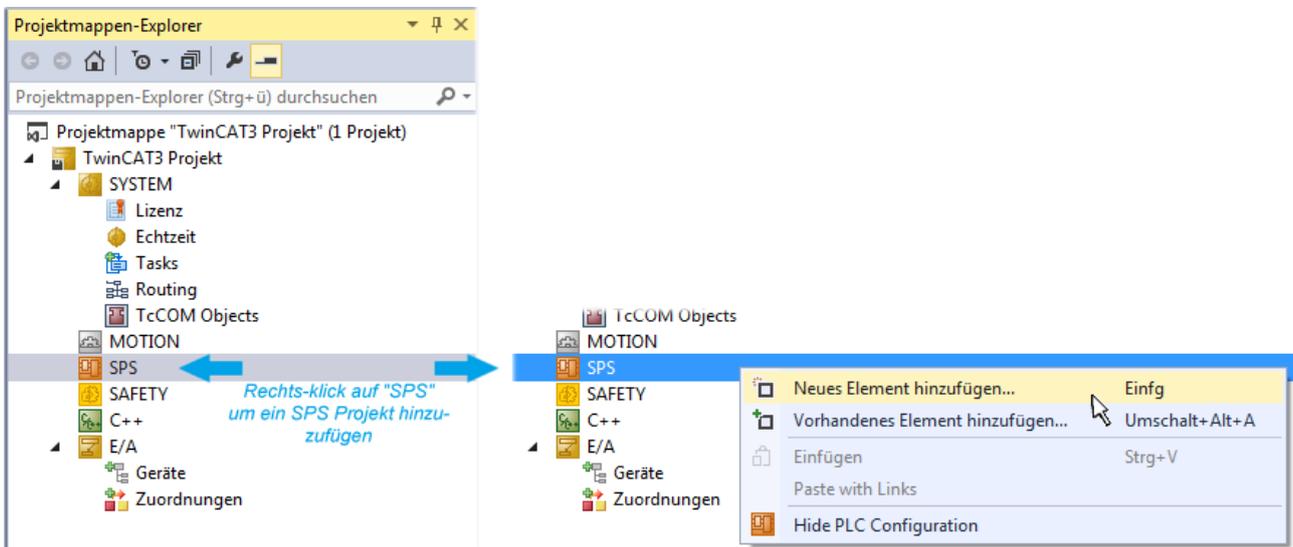


Abb. 260: Einfügen der Programmierumgebung in „SPS“

In dem darauf folgenden geöffneten Dialog wird ein „Standard PLC Projekt“ ausgewählt und beispielsweise als Projektname „PLC_example“ vergeben und ein entsprechendes Verzeichnis ausgewählt:

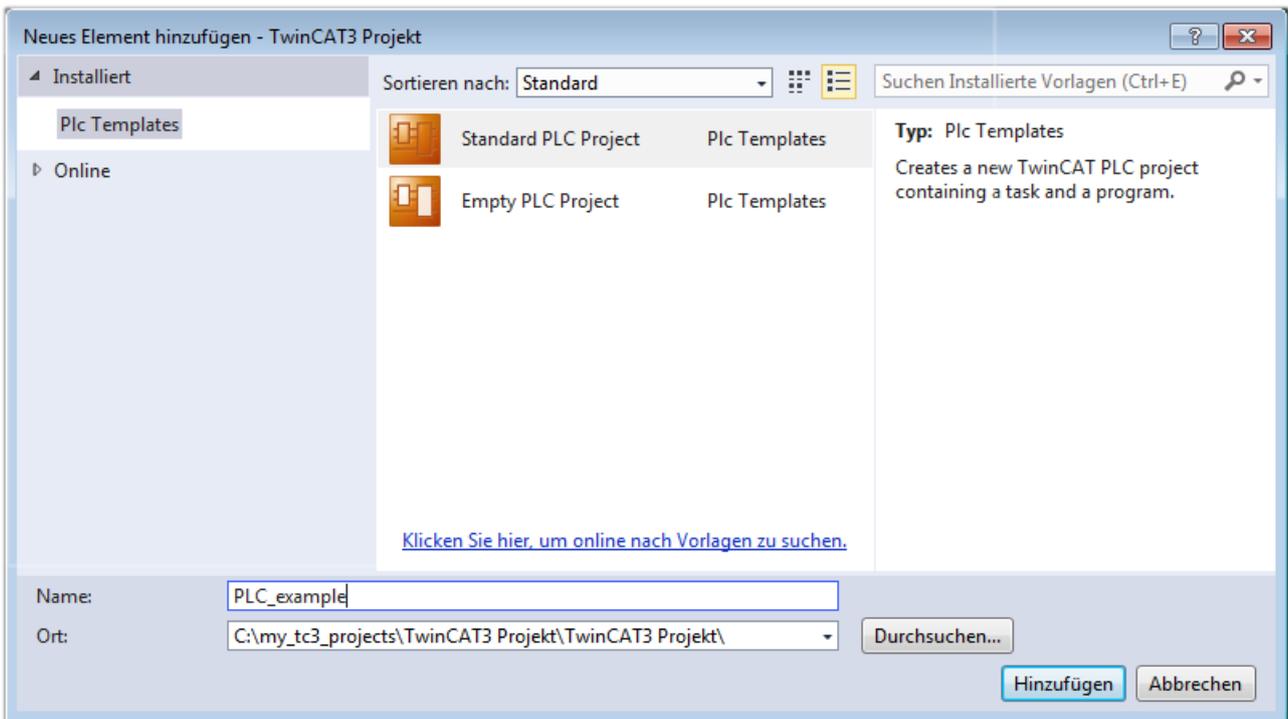


Abb. 261: Festlegen des Namens bzw. Verzeichnisses für die PLC Programmierungsumgebung

Das durch Auswahl von „Standard PLC Projekt“ bereits existierende Programm „Main“ kann über das „PLC_example_Project“ in „POUs“ durch Doppelklick geöffnet werden. Es wird folgende Benutzeroberfläche für ein initiales Projekt dargestellt:

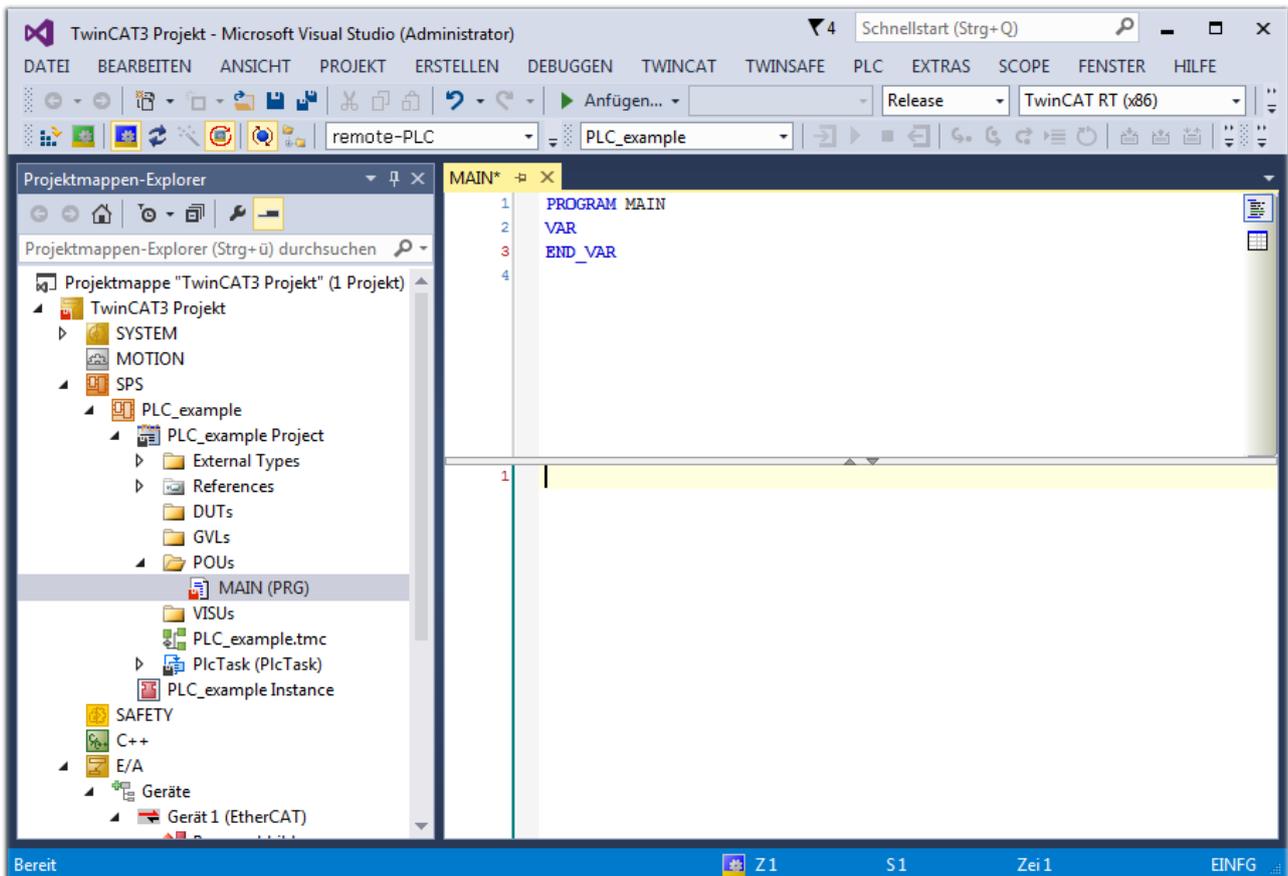


Abb. 262: Initiales Programm „Main“ des Standard PLC Projektes

Nun sind für den weiteren Ablauf Beispielvariablen sowie ein Beispielprogramm erstellt worden:

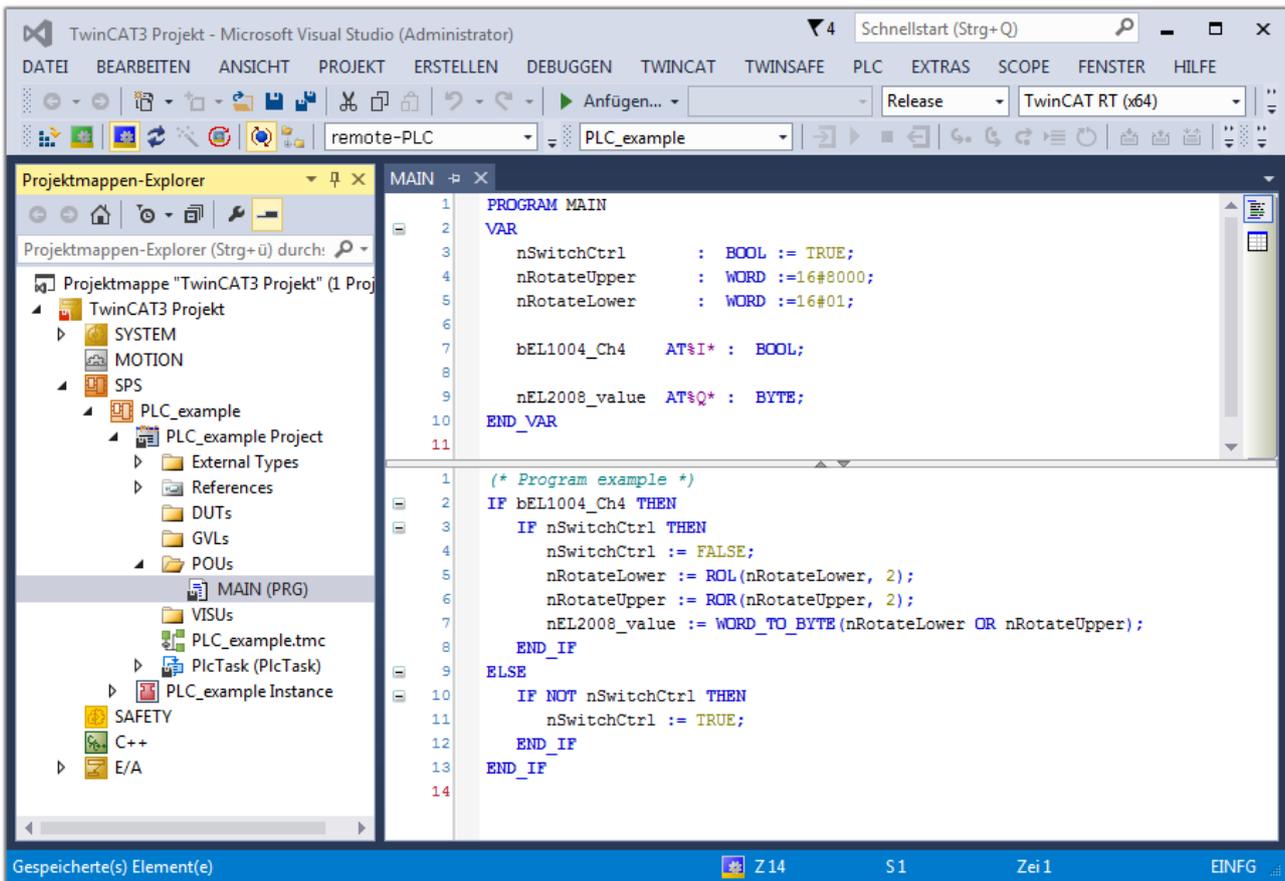


Abb. 263: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

Das Steuerprogramm wird nun als Projektmappe erstellt und damit der Kompilervorgang vorgenommen:

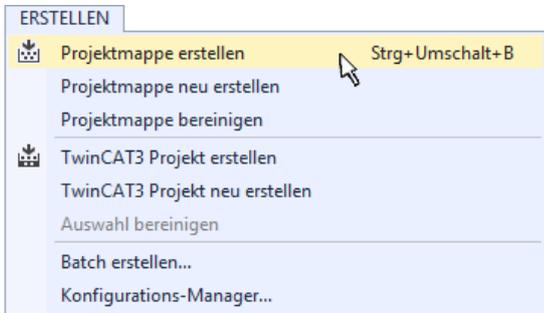
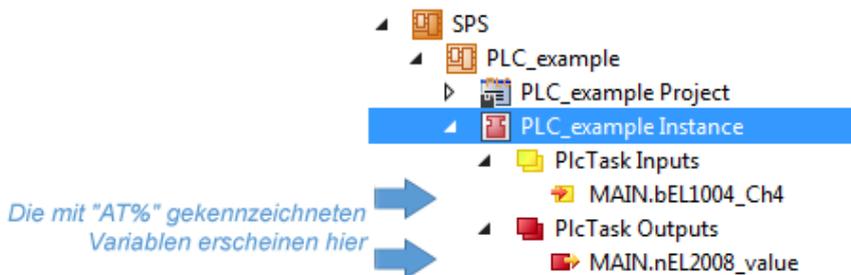


Abb. 264: Kompilierung des Programms starten

Anschließend liegen in den „Zuordnungen“ des Projektmappen-Explorers die folgenden – im ST/ PLC Programm mit „AT%“ gekennzeichneten Variablen vor:



Variablen Zuordnen

Über das Menü einer Instanz – Variablen innerhalb des „SPS“ Kontextes wird mittels „Verknüpfung Ändern...“ ein Fenster zur Auswahl eines passenden Prozessobjektes (PDOs) für dessen Verknüpfung geöffnet:

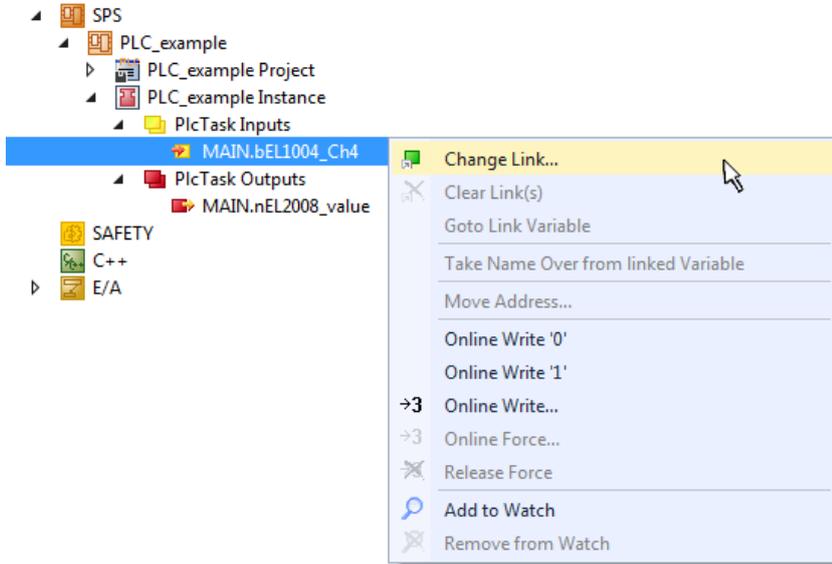


Abb. 265: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

In dem dadurch geöffneten Fenster kann aus dem SPS-Konfigurationsbaum das Prozessobjekt für die Variable „bEL1004_Ch4“ vom Typ BOOL selektiert werden:

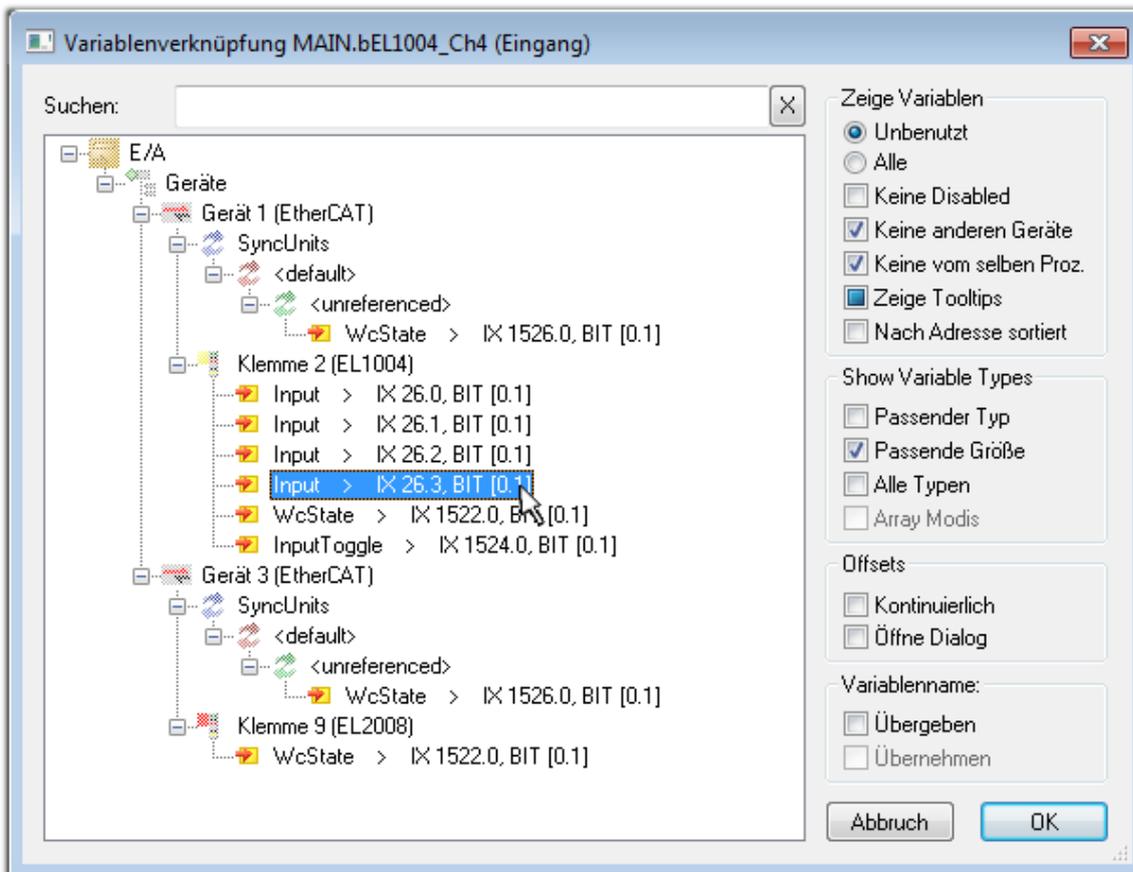


Abb. 266: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

Entsprechend der Standardeinstellungen stehen nur bestimmte PDO-Objekte zur Auswahl zur Verfügung. In diesem Beispiel wird von der Klemme EL1004 der Eingang von Kanal 4 zur Verknüpfung ausgewählt. Im Gegensatz hierzu muss für das Erstellen der Verknüpfung der Ausgangsvariablen die Checkbox „Alle Typen“ aktiviert werden, um in diesem Fall eine Byte-Variable einen Satz von acht separaten Ausgangsbits zuzuordnen. Die folgende Abbildung zeigt den gesamten Vorgang:

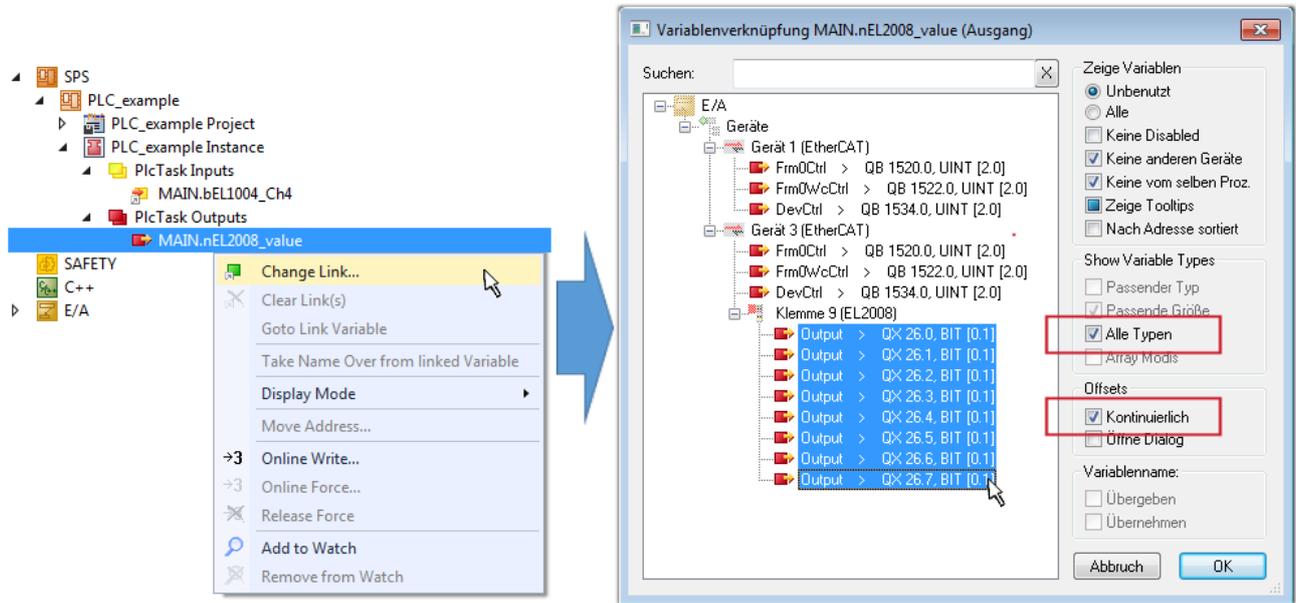


Abb. 267: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

Zu sehen ist, dass überdies die Checkbox „Kontinuierlich“ aktiviert wurde. Dies ist dafür vorgesehen, dass die in dem Byte der Variablen „nEL2008_value“ enthaltenen Bits allen acht ausgewählten Ausgangsbits der Klemme EL2008 der Reihenfolge nach zugeordnet werden sollen. Damit ist es möglich, alle acht Ausgänge der Klemme mit einem Byte entsprechend Bit 0 für Kanal 1 bis Bit 7 für Kanal 8 von der PLC im Programm später anzusprechen. Ein spezielles Symbol () an dem gelben bzw. roten Objekt der Variablen zeigt an, dass hierfür eine Verknüpfung existiert. Die Verknüpfungen können z. B. auch überprüft werden, indem „Goto Link Variable“ aus dem Kontextmenü einer Variable ausgewählt wird. Dann wird automatisch das gegenüberliegende verknüpfte Objekt, in diesem Fall das PDO selektiert:

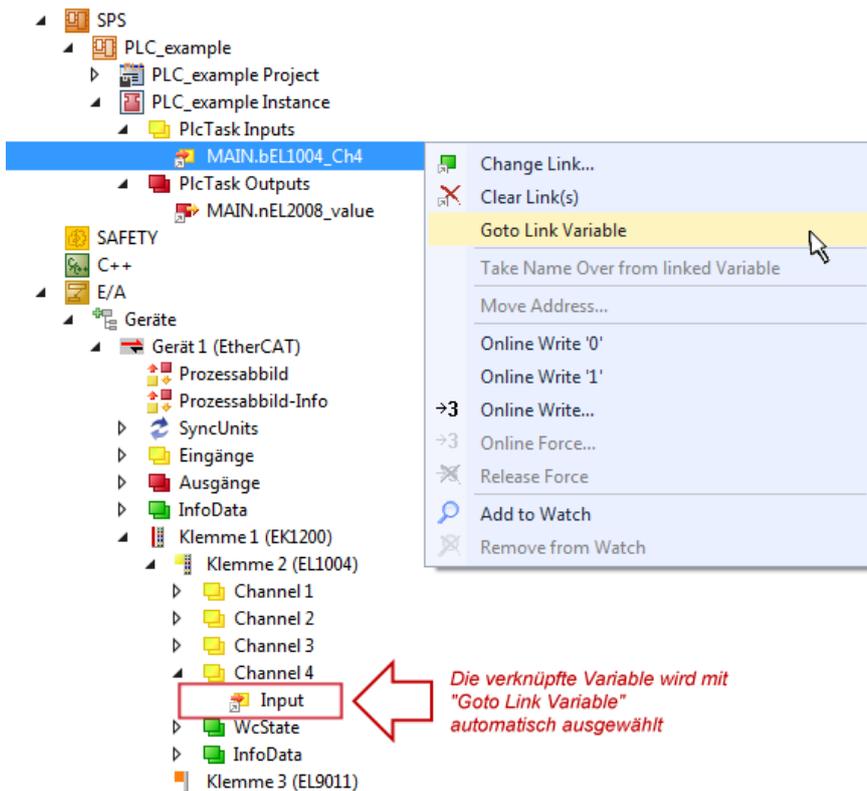


Abb. 268: Anwendung von "Goto Link Variable" am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“

Der Vorgang zur Erstellung von Verknüpfungen kann auch in umgekehrter Richtung, d. h. von einzelnen PDO ausgehend zu einer Variablen erfolgen. In diesem Beispiel wäre dann allerdings eine komplette Auswahl aller Ausgangsbits der EL2008 nicht möglich, da die Klemme nur einzelne digitale Ausgänge zur Verfügung stellt. Hat eine Klemme ein Byte, Word, Integer oder ein ähnliches PDO, so ist es möglich dies wiederum einen Satz von bit-typisierten Variablen zuzuordnen. Auch hier kann ebenso in die andere Richtung ein „Goto Link Variable“ ausgeführt werden, um dann die betreffende Instanz der PLC zu selektieren.

i Hinweis zur Art der Variablen-Zuordnung

Diese folgende Art der Variablen Zuordnung kann erst ab der TwinCAT Version V3.1.4024.4 verwendet werden und ist ausschließlich bei Klemmen mit einem Mikrocontroller verfügbar.

In TwinCAT ist es möglich eine Struktur aus den gemappten Prozessdaten einer Klemme zu erzeugen. Von dieser Struktur kann dann in der SPS eine Instanz angelegt werden, so dass aus der SPS direkt auf die Prozessdaten zugegriffen werden kann, ohne eigene Variablen deklarieren zu müssen.

Beispielhaft wird das Vorgehen an der EL3001 1-Kanal-Analog-Eingangsklemme -10...+10 V gezeigt.

1. Zuerst müssen die benötigten Prozessdaten im Reiter „Prozessdaten“ in TwinCAT ausgewählt werden.
2. Anschließend muss der SPS Datentyp im Reiter „PLC“ über die Check-Box generiert werden.
3. Der Datentyp im Feld „Data Type“ kann dann über den „Copy“-Button kopiert werden.

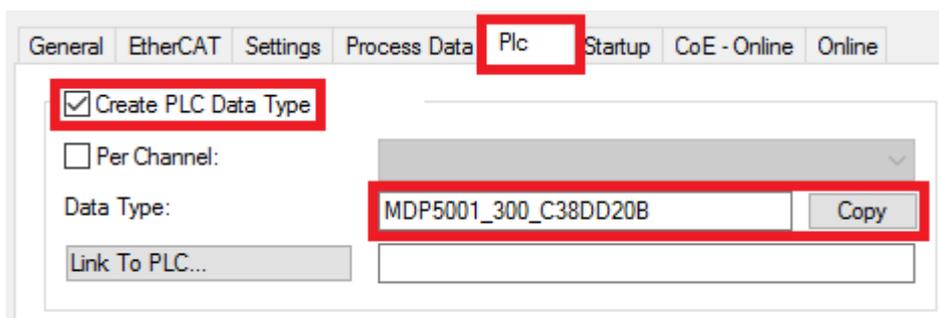


Abb. 269: Erzeugen eines SPS Datentyps

4. In der SPS muss dann eine Instanz der Datenstruktur vom kopierten Datentyp angelegt werden.

```

MAIN  ▸ ×
1  PROGRAM MAIN
2  VAR
3      EL3001 : MDP5001_300_C38DD20B;
4  END_VAR
    
```

Abb. 270: Instance_of_struct

5. Anschließend muss die Projektmappe erstellt werden. Das kann entweder über die Tastenkombination „STRG + Shift + B“ gemacht werden oder über den Reiter „Erstellen“/ „Build“ in TwinCAT.

6. Die Struktur im Reiter „PLC“ der Klemme muss dann mit der angelegten Instanz verknüpft werden.

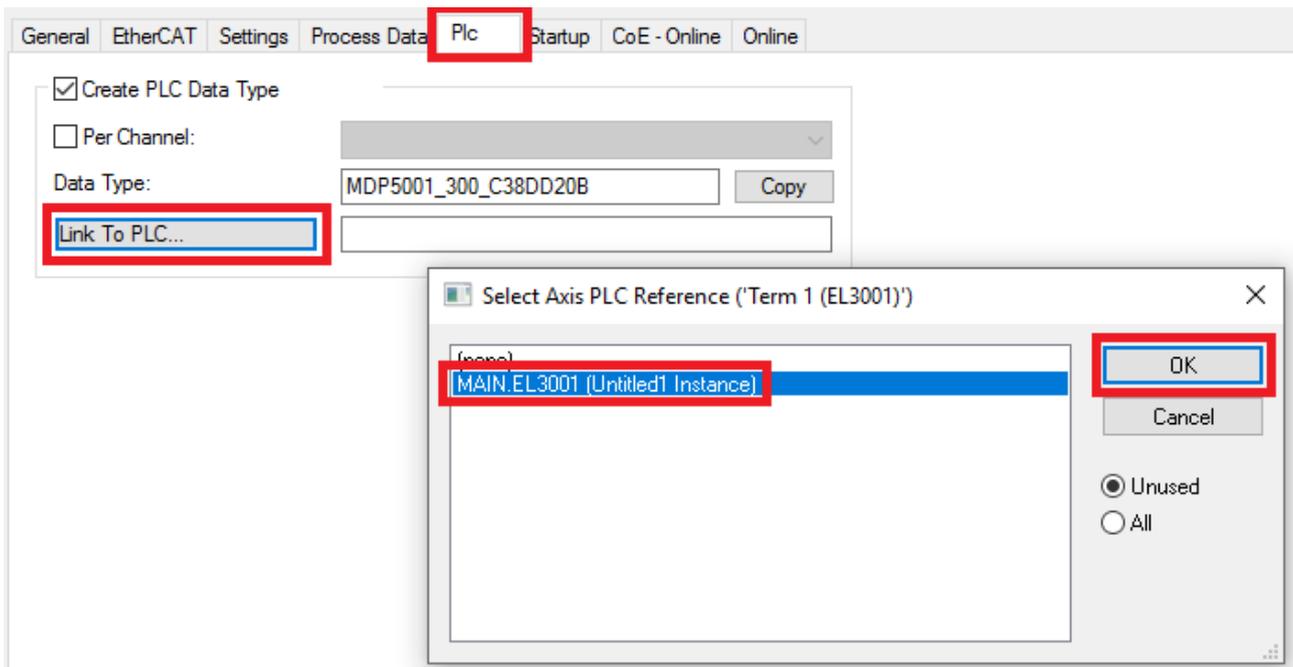


Abb. 271: Verknüpfung der Struktur

7. In der SPS können die Prozessdaten dann über die Struktur im Programmcode gelesen bzw. geschrieben werden.

```

MAIN* ▸ ×
1  PROGRAM MAIN
2  VAR
3      EL3001 : MDP5001_300_C38DD20B;
4
5      nVoltage: INT;
6  END_VAR
    
```

```

1  nVoltage := EL3001.MDP5001_300_Input.
    
```

Abb. 272: Lesen einer Variable aus der Struktur der Prozessdaten

Aktivieren der Konfiguration

Die Zuordnung von PDO zu PLC Variablen hat nun die Verbindung von der Steuerung zu den Ein- und

Ausgängen der Klemmen hergestellt. Nun kann die Konfiguration mit  oder über das Menü unter „TWINCAT“ aktiviert werden, um dadurch Einstellungen der Entwicklungsumgebung auf das Laufzeitsystem zu übertragen. Die darauf folgenden Meldungen „Alte Konfigurationen werden überschrieben!“ sowie „Neustart TwinCAT System in Run Modus“ werden jeweils mit „OK“ bestätigt. Die entsprechenden Zuordnungen sind in dem Projektmappen-Explorer einsehbar:

- ▲  Zuordnungen
 -  PLC_example Instance - Gerät 3 (EtherCAT) 1
 -  PLC_example Instance - Gerät 1 (EtherCAT) 1

Einige Sekunden später wird der entsprechende Status des Run Modus mit einem rotierenden Symbol  unten rechts in der Entwicklungsumgebung VS Shell angezeigt. Das PLC System kann daraufhin wie im Folgenden beschrieben gestartet werden.

Starten der Steuerung

Entweder über die Menüauswahl „PLC“ → „Einloggen“ oder per Klick auf  ist die PLC mit dem Echtzeitsystem zu verbinden und nachfolgend das Steuerprogramm zu laden, um es ausführen lassen zu können. Dies wird entsprechend mit der Meldung „Kein Programm auf der Steuerung! Soll das neue Programm geladen werden?“ bekannt gemacht und ist mit „Ja“ zu beantworten. Die Laufzeitumgebung ist

bereit zum Programmstart mit Klick auf das Symbol , Taste „F5“ oder entsprechend auch über „PLC“ im Menü durch Auswahl von „Start“. Die gestartete Programmierumgebung zeigt sich mit einer Darstellung der Laufzeitwerte von einzelnen Variablen:

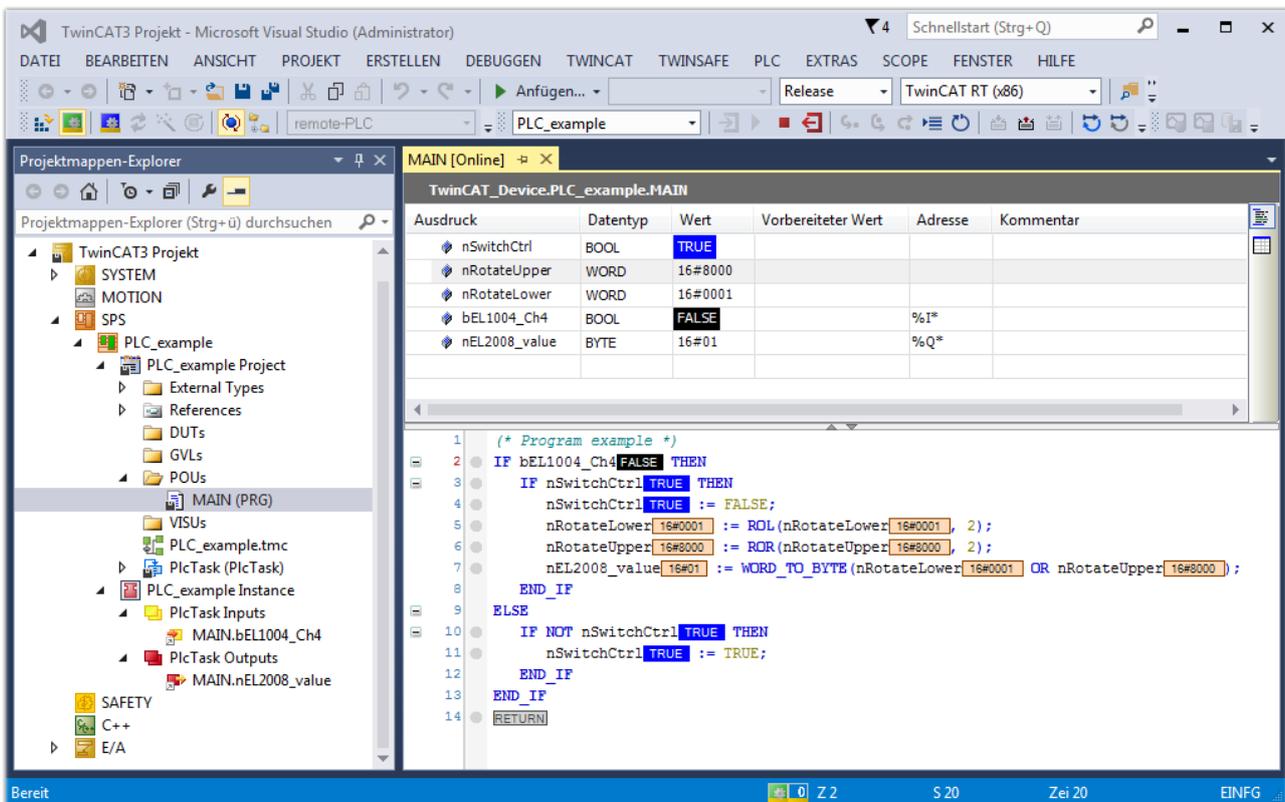


Abb. 273: TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung (VS Shell): Logged-in, nach erfolgten Programmstart

Die beiden Bedienelemente zum Stoppen  und Ausloggen  führen je nach Bedarf zu der gewünschten Aktion (entsprechend auch für Stopp „umschalt-Taste + F5“ oder beide Aktionen über das „PLC“ Menü auswählbar).

6.3 TwinCAT Entwicklungsumgebung

Die Software zur Automatisierung TwinCAT (The Windows Control and Automation Technology) wird unterschieden in:

- TwinCAT 2: System Manager (Konfiguration) & PLC Control (Programmierung)
- TwinCAT 3: Weiterentwicklung von TwinCAT 2 (Programmierung und Konfiguration erfolgt über eine gemeinsame Entwicklungsumgebung)

Details:

- **TwinCAT 2:**
 - Verbindet E/A-Geräte und Tasks variablenorientiert
 - Verbindet Tasks zu Tasks variablenorientiert
 - Unterstützt Einheiten auf Bit-Ebene
 - Unterstützt synchrone oder asynchrone Beziehungen
 - Austausch konsistenter Datenbereiche und Prozessabbilder
 - Datenanbindung an NT-Programme mittels offener Microsoft Standards (OLE, OCX, ActiveX, DCOM+, etc.).
 - Einbettung von IEC 61131-3-Software-SPS, Software- NC und Software-CNC in Windows NT/ 2000/XP/Vista, Windows 7, NT/XP Embedded, CE
 - Anbindung an alle gängigen Feldbusse
 - Weiteres...

Zusätzlich bietet:

- **TwinCAT 3 (eXtended Automation):**
 - Visual-Studio®-Integration
 - Wahl der Programmiersprache
 - Unterstützung der objektorientierten Erweiterung der IEC 61131-3
 - Verwendung von C/C++ als Programmiersprache für Echtzeitanwendungen
 - Anbindung an MATLAB®/Simulink®
 - Offene Schnittstellen für Erweiterbarkeit
 - Flexible Laufzeitumgebung
 - Aktive Unterstützung von Multi-Core- und 64-Bit-Betriebssystemen
 - Automatische Codegenerierung und Projekterstellung mit dem TwinCAT Automation Interface
 - Weiteres...

In den folgenden Kapiteln wird dem Anwender die Inbetriebnahme der TwinCAT Entwicklungsumgebung auf einem PC System der Steuerung sowie die wichtigsten Funktionen einzelner Steuerungselemente erläutert.

Bitte sehen Sie weitere Informationen zu TwinCAT 2 und TwinCAT 3 unter <http://infosys.beckhoff.de/>.

6.3.1 Installation der TwinCAT Realtime-Treiber

Um einen Standard Ethernet Port einer IPC-Steuerung mit den nötigen Echtzeitfähigkeiten auszurüsten, ist der Beckhoff Echtzeit-Treiber auf diesem Port unter Windows zu installieren.

Dies kann auf mehreren Wegen vorgenommen werden.

A: Über den TwinCAT Adapter-Dialog

Im System Manager ist über Options → Show realtime Kompatible Geräte die TwinCAT-Übersicht über die lokalen Netzwerkschnittstellen aufzurufen.



Abb. 274: Aufruf im System Manager (TwinCAT 2)

Unter TwinCAT 3 ist dies über das Menü unter „TwinCAT“ erreichbar:

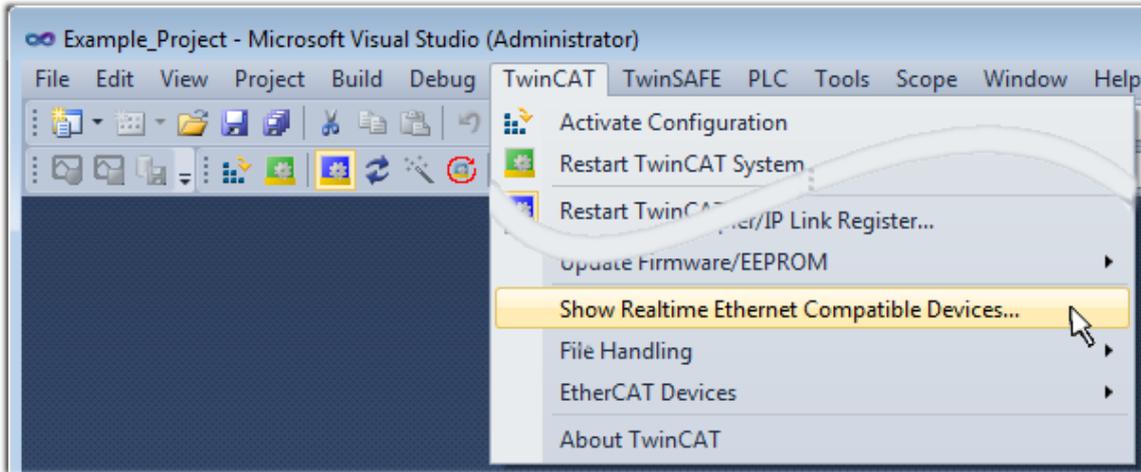


Abb. 275: Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3)

B: Über TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

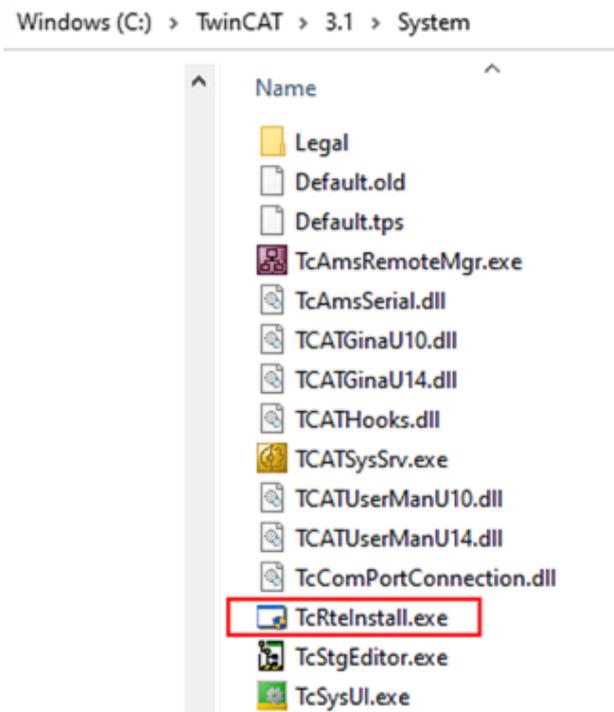


Abb. 276: TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

In beiden Fällen erscheint der folgende Dialog:

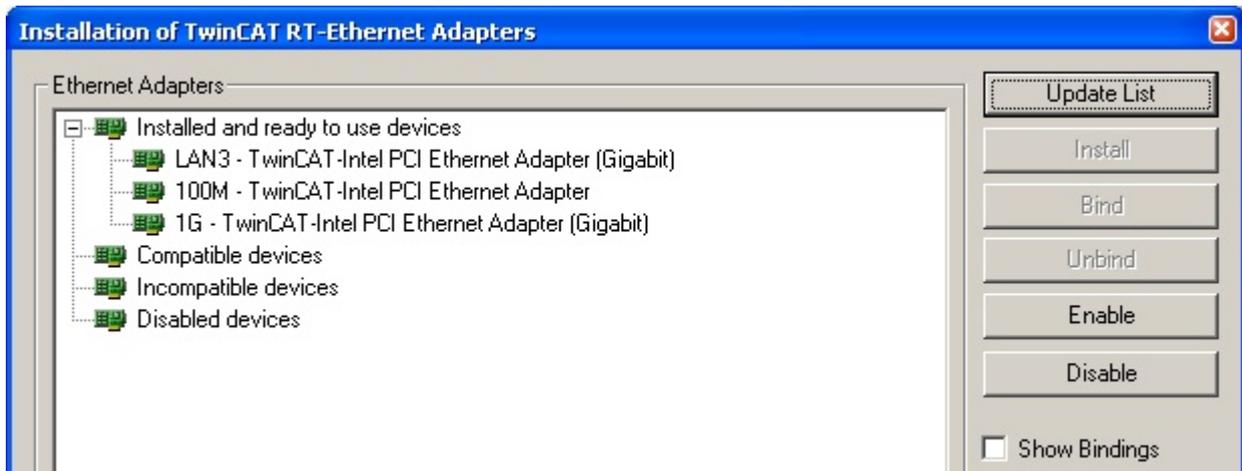


Abb. 277: Übersicht Netzwerkschnittstellen

Hier können nun Schnittstellen, die unter „Kompatible Geräte“ aufgeführt sind, über den „Install“ Button mit dem Treiber belegt werden. Eine Installation des Treibers auf inkompatiblen Devices sollte nicht vorgenommen werden.

Ein Windows-Warnhinweis bezüglich des unsignierten Treibers kann ignoriert werden.

Alternativ kann auch wie im Kapitel *Offline Konfigurationserstellung, Abschnitt „Anlegen des Geräts EtherCAT“* [▶ 807] beschrieben, zunächst ein EtherCAT-Gerät eingetragen werden, um dann über dessen Eigenschaften (Karteireiter „Adapter“, Button „Kompatible Geräte...“) die kompatiblen Ethernet Ports einzusehen:

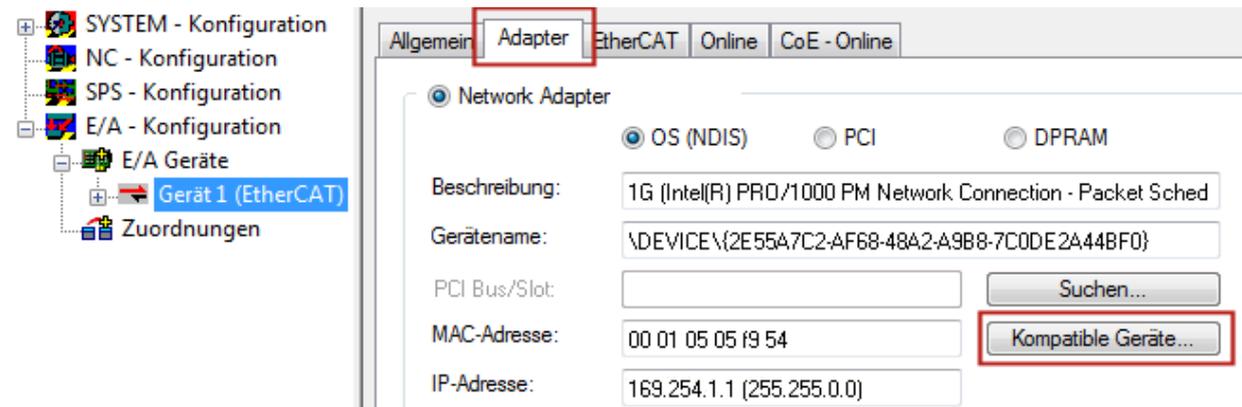
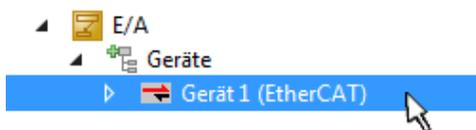


Abb. 278: Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte...“ von „Adapter“

TwinCAT 3: Die Eigenschaften des EtherCAT-Gerätes können mit Doppelklick auf „Gerät .. (EtherCAT)“ im Projektmappen-Explorer unter „E/A“ geöffnet werden:



Nach der Installation erscheint der Treiber aktiviert in der Windows-Übersicht der einzelnen Netzwerkschnittstelle (Windows Start → Systemsteuerung → Netzwerk)

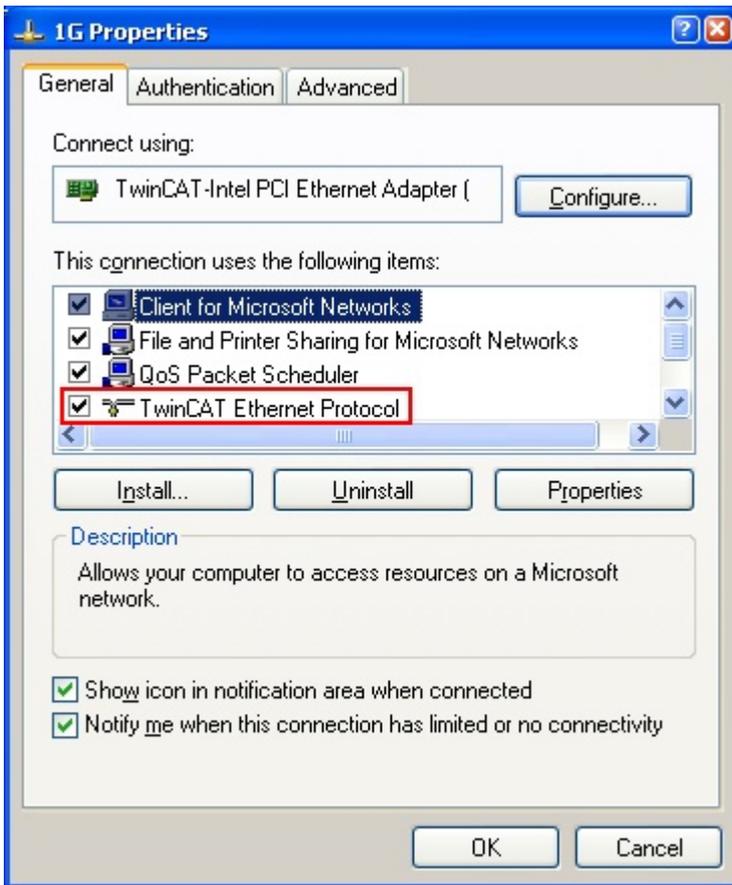


Abb. 279: Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle

Eine korrekte Einstellung des Treibers könnte wie folgt aussehen:



Abb. 280: Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports

Andere mögliche Einstellungen sind zu vermeiden:

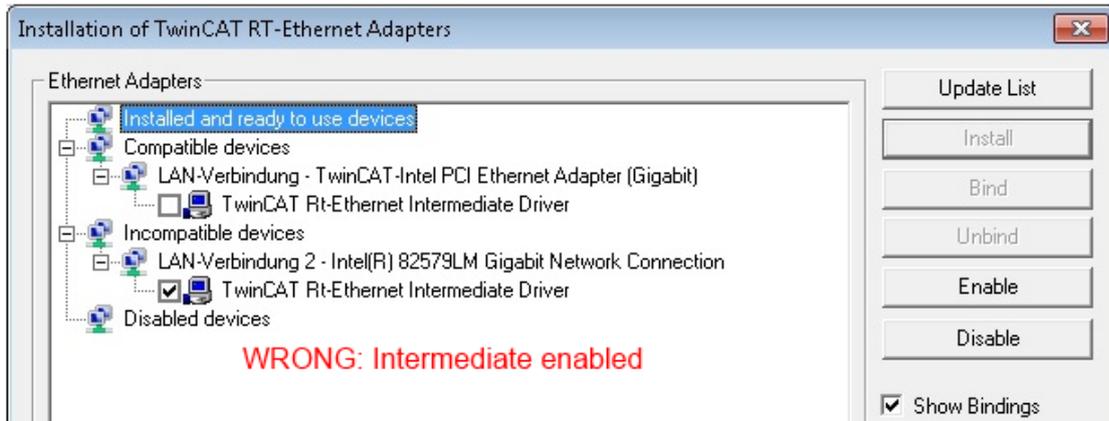
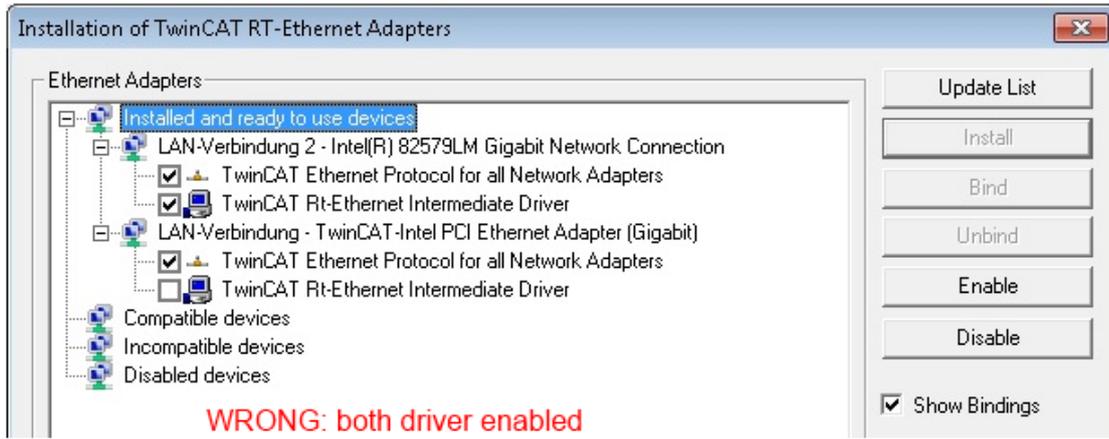


Abb. 281: Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports

IP-Adresse des verwendeten Ports

IP-Adresse/DHCP

i In den meisten Fällen wird ein Ethernet-Port, der als EtherCAT-Gerät konfiguriert wird, keine allgemeinen IP-Pakete transportieren. Deshalb und für den Fall, dass eine EL6601 oder entsprechende Geräte eingesetzt werden, ist es sinnvoll, über die Treiber-Einstellung „Internet Protocol TCP/IP“ eine feste IP-Adresse für diesen Port zu vergeben und DHCP zu deaktivieren. Dadurch entfällt die Wartezeit, bis sich der DHCP-Client des Ethernet Ports eine Default-IP-Adresse zuteilt, weil er keine Zuteilung eines DHCP-Servers erhält. Als Adressraum empfiehlt sich z. B. 192.168.x.x.

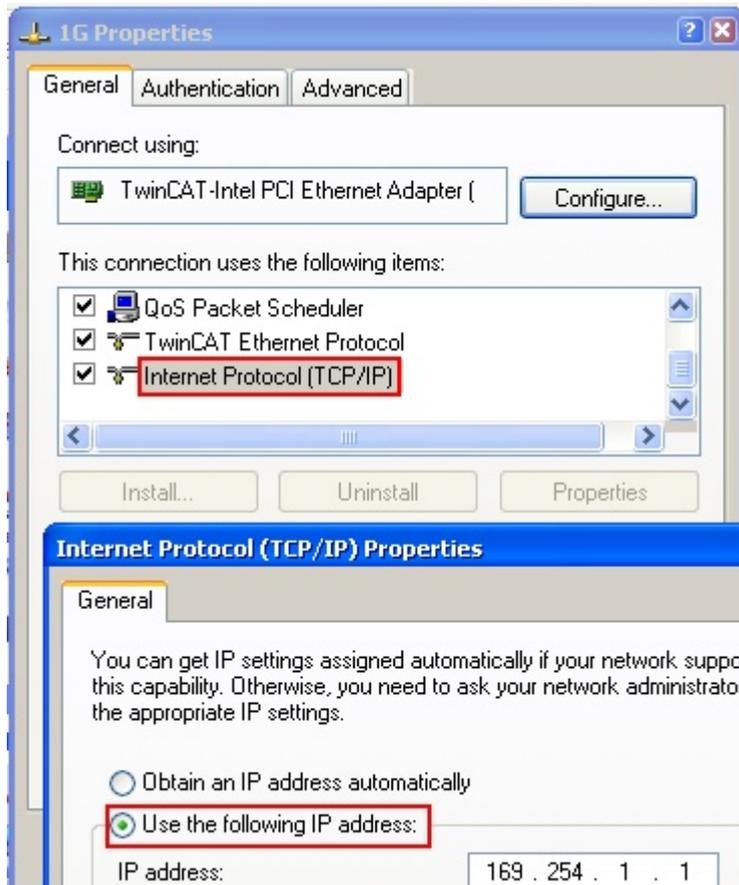


Abb. 282: TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports

6.3.2 Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung

Installation der neuesten ESI-Device-Description

Der TwinCAT EtherCAT-Master/System Manager benötigt zur Konfigurationserstellung im Online- und Offline-Modus die Gerätebeschreibungsdateien der zu verwendeten Geräte. Diese Gerätebeschreibungen sind die so genannten ESI (EtherCAT-Slave Information) in Form von XML-Dateien. Diese Dateien können vom jeweiligen Hersteller angefordert werden bzw. werden zum Download bereitgestellt. Eine *.xml-Datei kann dabei mehrere Gerätebeschreibungen enthalten.

Auf der [Beckhoff Website](#) werden die ESI für Beckhoff EtherCAT-Geräte bereitgehalten.

Die ESI-Dateien sind im Installationsverzeichnis von TwinCAT abzulegen.

Standardeinstellungen:

- **TwinCAT 2:** C:\TwinCAT\IO\EtherCAT
- **TwinCAT 3:** C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

Beim Öffnen eines neuen System Manager-Fensters werden die Dateien einmalig eingelesen, wenn sie sich seit dem letzten System Manager-Fenster geändert haben.

TwinCAT bringt bei der Installation den Satz an Beckhoff-ESI-Dateien mit, der zum Erstellungszeitpunkt des TwinCAT Builds aktuell war.

Ab TwinCAT 2.11 / TwinCAT 3 kann aus dem System Manager heraus das ESI-Verzeichnis aktualisiert werden, wenn der Programmier-PC mit dem Internet verbunden ist; unter

TwinCAT 2: Options → „Update EtherCAT Device Descriptions“

TwinCAT 3: TwinCAT → EtherCAT Devices → “Update Device Descriptions (via ETG Website)...”

Hierfür steht der [TwinCAT ESI Updater \[► 806\]](#) zur Verfügung.



ESI

Zu den *.xml-Dateien gehören die so genannten *.xsd-Dateien, die den Aufbau der ESI-XML-Dateien beschreiben. Bei einem Update der ESI-Gerätebeschreibungen sind deshalb beide Dateiarnten ggf. zu aktualisieren.

Geräteunterscheidung

EtherCAT-Geräte/Slaves werden durch vier Eigenschaften unterschieden, aus denen die vollständige Gerätebezeichnung zusammengesetzt wird. Beispielsweise setzt sich die Gerätebezeichnung „EL2521-0025-1018“ zusammen aus:

- Familienschlüssel „EL“
- Name „2521“
- Typ „0025“
- und Revision „1018“

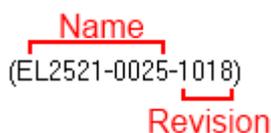


Abb. 283: Gerätebezeichnung: Struktur

Die Bestellbezeichnung aus Typ + Version (hier: EL2521-0025) beschreibt die Funktion des Gerätes. Die Revision gibt den technischen Fortschritt wieder und wird von Beckhoff verwaltet. Prinzipiell kann ein Gerät mit höherer Revision ein Gerät mit niedrigerer Revision ersetzen, wenn z. B. in der Dokumentation nicht anders angegeben. Jeder Revision zugehörig ist eine eigene ESI-Beschreibung. Siehe weitere [Hinweise \[► 12\]](#).

Online Description

Wird die EtherCAT Konfiguration online durch Scannen real vorhandener Teilnehmer erstellt (s. Kapitel Online Erstellung) und es liegt zu einem vorgefundenen Slave (ausgezeichnet durch Name und Revision) keine ESI-Beschreibung vor, fragt der System Manager, ob er die im Gerät vorliegende Beschreibung verwenden soll. Der System Manager benötigt in jedem Fall diese Information, um die zyklische und azyklische Kommunikation mit dem Slave richtig einstellen zu können.

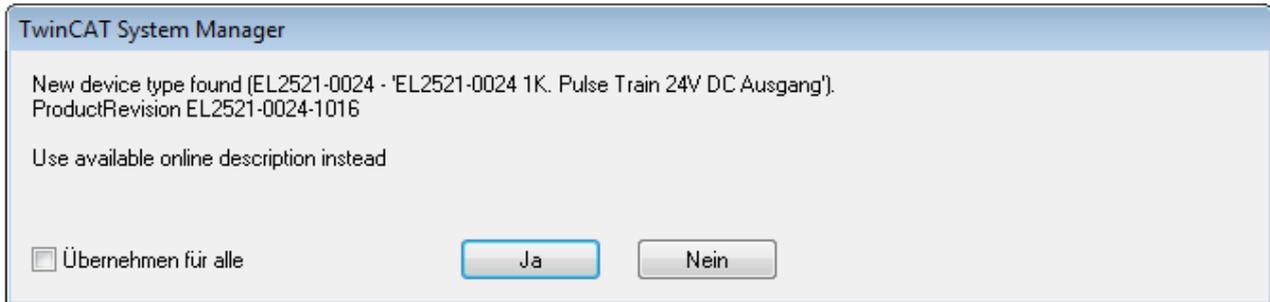


Abb. 284: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2)

In TwinCAT 3 erscheint ein ähnliches Fenster, das auch das Web-Update anbietet:

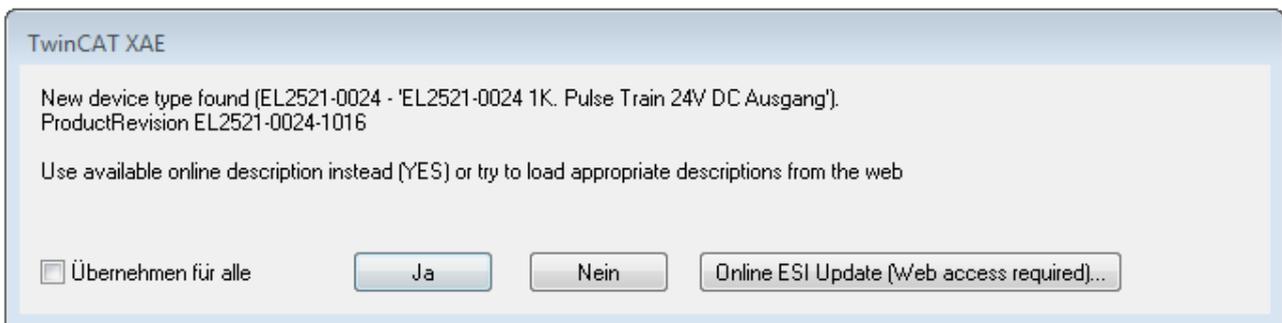


Abb. 285: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3)

Wenn möglich, ist das Yes abzulehnen und vom Geräte-Hersteller die benötigte ESI anzufordern. Nach Installation der XML/XSD-Datei ist der Konfigurationsvorgang erneut vorzunehmen.

HINWEIS

Veränderung der „üblichen“ Konfiguration durch Scan

- ✓ für den Fall eines durch Scan entdeckten aber TwinCAT noch unbekanntes Geräts sind zwei Fälle zu unterscheiden. Hier am Beispiel der EL2521-0000 in der Revision 1019:
- a) für das Gerät EL2521-0000 liegt überhaupt keine ESI vor, weder für die Revision 1019 noch für eine ältere Revision. Dann ist vom Hersteller (hier: Beckhoff) die ESI anzufordern.
- b) für das Gerät EL2521-0000 liegt eine ESI nur in älterer Revision vor, z. B. 1018 oder 1017. Dann sollte erst betriebsintern überprüft werden, ob die Ersatzteilhaltung überhaupt die Integration der erhöhten Revision in die Konfiguration zulässt. Üblicherweise bringt eine neue/größere Revision auch neue Features mit. Wenn diese nicht genutzt werden sollen, kann ohne Bedenken mit der bisherigen Revision 1018 in der Konfiguration weitergearbeitet werden. Dies drückt auch die Beckhoff Kompatibilitätsregel aus.

Siehe dazu insbesondere das Kapitel „Allgemeine Hinweise zur Verwendung von Beckhoff EtherCAT IO-Komponenten“ und zur manuellen Konfigurationserstellung das Kapitel „Offline Konfigurationserstellung [▶ 807]“.

Wird dennoch die Online Description verwendet, liest der System Manager aus dem im EtherCAT-Slave befindlichen EEPROM eine Kopie der Gerätebeschreibung aus. Bei komplexen Slaves kann die EEPROM-Größe u. U. nicht ausreichend für die gesamte ESI sein, weshalb im Konfigurator dann eine *unvollständige* ESI vorliegt. Deshalb wird für diesen Fall die Verwendung einer offline ESI-Datei vorrangig empfohlen.

Der System Manager legt bei „online“ erfassten Gerätebeschreibungen in seinem ESI-Verzeichnis eine neue Datei „OnlineDescription0000...xml“ an, die alle online ausgelesenen ESI-Beschreibungen enthält.

OnlineDescriptionCache000000002.xml

Abb. 286: Vom System Manager angelegt OnlineDescription.xml

Soll daraufhin ein Slave manuell in die Konfiguration eingefügt werden, sind „online“ erstellte Slaves durch ein vorangestelltes „>“ Symbol in der Auswahlliste gekennzeichnet (siehe Abbildung *Kennzeichnung einer online erfassten ESI am Beispiel EL2521*).



Abb. 287: Kennzeichnung einer online erfassten ESI am Beispiel EL2521

Wurde mit solchen ESI-Daten gearbeitet und liegen später die herstellereigenen Dateien vor, ist die OnlineDescription....xml wie folgt zu löschen:

- alle System Managerfenster schließen
- TwinCAT in Konfig-Mode neu starten
- „OnlineDescription0000...xml“ löschen
- TwinCAT System Manager wieder öffnen

Danach darf diese Datei nicht mehr zu sehen sein, Ordner ggf. mit <F5> aktualisieren.

i OnlineDescription unter TwinCAT 3.x

Zusätzlich zu der oben genannten Datei „OnlineDescription0000...xml“ legt TwinCAT 3.x auch einen so genannten EtherCAT-Cache mit neuentdeckten Geräten an, z. B. unter Windows 7 unter

C:\User\[USERNAME]\AppData\Roaming\Beckhoff\TwinCAT3\Components\Base\EtherCATCache.xml

(Spracheinstellungen des Betriebssystems beachten!)

Diese Datei ist im gleichen Zuge wie die andere Datei zu löschen.

Fehlerhafte ESI-Datei

Liegt eine fehlerhafte ESI-Datei vor die vom System Manager nicht eingelesen werden kann, meldet dies der System Manager durch ein Hinweisfenster.

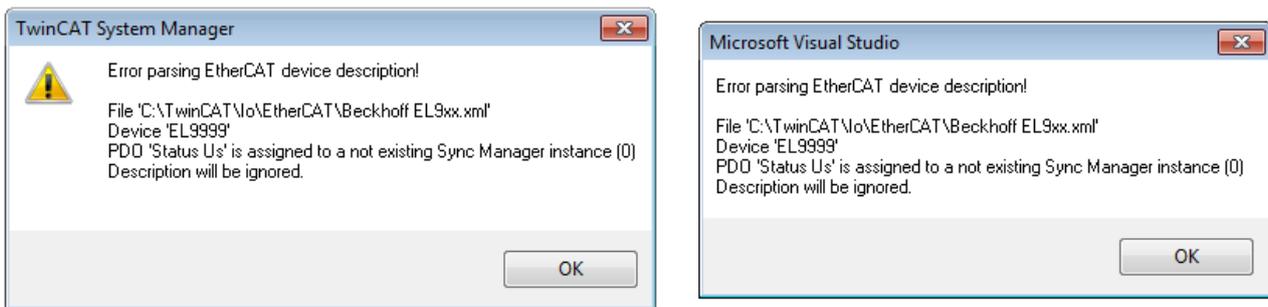


Abb. 288: Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

Ursachen dafür können sein

- Aufbau der *.xml entspricht nicht der zugehörigen *.xsd-Datei → prüfen Sie die Ihnen vorliegenden Schemata
- Inhalt kann nicht in eine Gerätebeschreibung übersetzt werden → Es ist der Hersteller der Datei zu kontaktieren

6.3.3 TwinCAT ESI Updater

Ab TwinCAT 2.11 kann der System Manager bei Online-Zugang selbst nach aktuellen Beckhoff ESI-Dateien suchen:

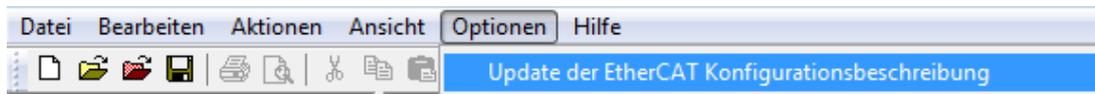


Abb. 289: Anwendung des ESI Updater (>=TwinCAT 2.11)

Der Aufruf erfolgt unter:

„Options“ → „Update EtherCAT Device Descriptions“.

Auswahl bei TwinCAT 3:

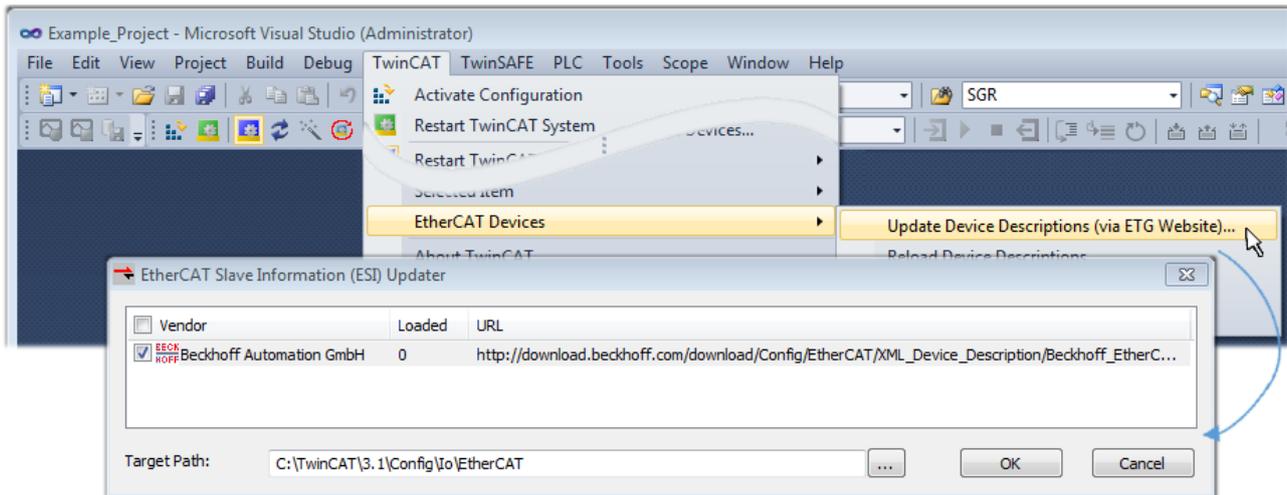


Abb. 290: Anwendung des ESI Updater (TwinCAT 3)

Der ESI Updater ist eine bequeme Möglichkeit, die von den EtherCAT Herstellern bereitgestellten ESIs automatisch über das Internet in das TwinCAT-Verzeichnis zu beziehen (ESI = EtherCAT slave information). Dazu greift TwinCAT auf die bei der ETG hinterlegte zentrale ESI-URL-Verzeichnisliste zu; die Einträge sind dann unveränderbar im Updater-Dialog zu sehen.

Der Aufruf erfolgt unter:

„TwinCAT“ → „EtherCAT Devices“ → „Update Device Description (via ETG Website)...“.

6.3.4 Unterscheidung Online / Offline

Die Unterscheidung Online / Offline bezieht sich auf das Vorhandensein der tatsächlichen I/O-Umgebung (Antriebe, Klemmen, EJ-Module). Wenn die Konfiguration im Vorfeld der Anlagenerstellung z. B. auf einem Laptop als Programmiersystem erstellt werden soll, ist nur die „Offline-Konfiguration“ möglich. Dann müssen alle Komponenten händisch in der Konfiguration z. B. nach Elektro-Planung eingetragen werden.

Ist die vorgesehene Steuerung bereits an das EtherCAT-System angeschlossen, alle Komponenten mit Spannung versorgt und die Infrastruktur betriebsbereit, kann die TwinCAT Konfiguration auch vereinfacht durch das so genannte „Scannen“ vom Runtime-System aus erzeugt werden. Dies ist der so genannte Online-Vorgang.

In jedem Fall prüft der EtherCAT-Master bei jedem realen Hochlauf, ob die vorgefundenen Slaves der Konfiguration entsprechen. Dieser Test kann in den erweiterten Slave-Einstellungen parametrisiert werden. Siehe hierzu den [Hinweis „Installation der neuesten ESI-XML-Device-Description“](#) [▶ 802].

Zur Konfigurationserstellung

- muss die reale EtherCAT-Hardware (Geräte, Koppler, Antriebe) vorliegen und installiert sein.
- müssen die Geräte/Module über EtherCAT-Kabel bzw. im Klemmenstrang so verbunden sein wie sie später eingesetzt werden sollen.

- müssen die Geräte/Module mit Energie versorgt werden und kommunikationsbereit sein.
- muss TwinCAT auf dem Zielsystem im CONFIG-Modus sein.

Der Online-Scan-Vorgang setzt sich zusammen aus:

- Erkennen des EtherCAT-Gerätes [▶ 812] (Ethernet-Port am IPC)
- Erkennen der angeschlossenen EtherCAT-Teilnehmer [▶ 813]. Dieser Schritt kann auch unabhängig vom vorangehenden durchgeführt werden.
- Problembehandlung [▶ 816]

Auch kann der Scan bei bestehender Konfiguration [▶ 817] zum Vergleich durchgeführt werden.

6.3.5 OFFLINE Konfigurationserstellung

Anlegen des Geräts EtherCAT

In einem leeren System Manager Fenster muss zuerst ein EtherCAT-Gerät angelegt werden.



Abb. 291: Anfügen eines EtherCAT Device: links TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3

Für eine EtherCAT I/O Anwendung mit EtherCAT-Slaves ist der „EtherCAT“ Typ auszuwählen. „EtherCAT Automation Protocol via EL6601“ ist für den bisherigen Publisher/Subscriber-Dienst in Kombination mit einer EL6601/EL6614 Klemme auszuwählen.

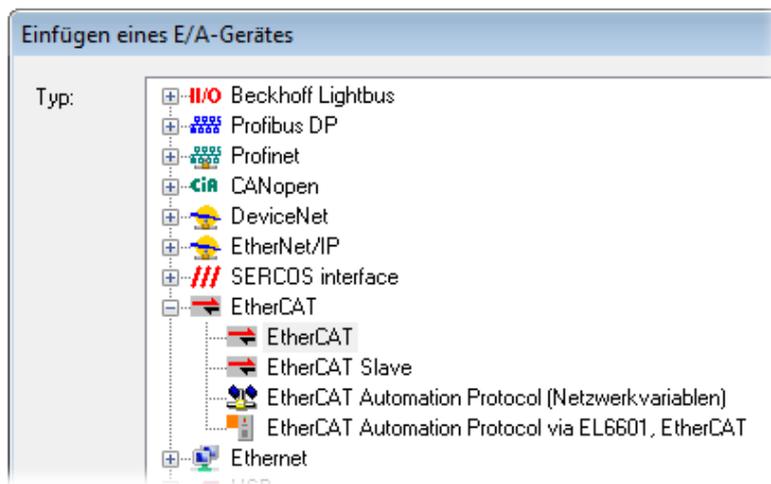


Abb. 292: Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

Diesem virtuellen Gerät ist dann ein realer Ethernet Port auf dem Laufzeitsystem zuzuordnen.

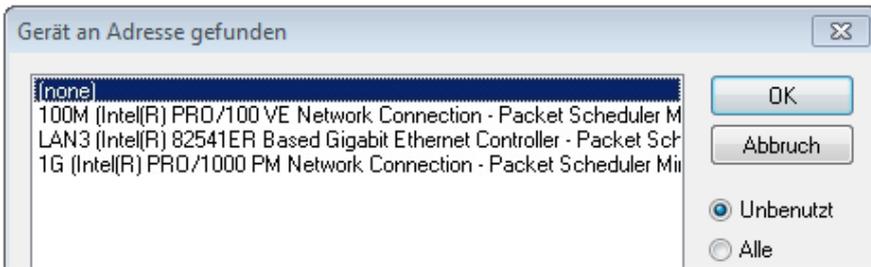


Abb. 293: Auswahl Ethernet Port

Diese Abfrage kann beim Anlegen des EtherCAT-Gerätes automatisch erscheinen, oder die Zuordnung kann später im Eigenschaftendialog gesetzt/geändert werden; siehe Abb. „Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2)“.

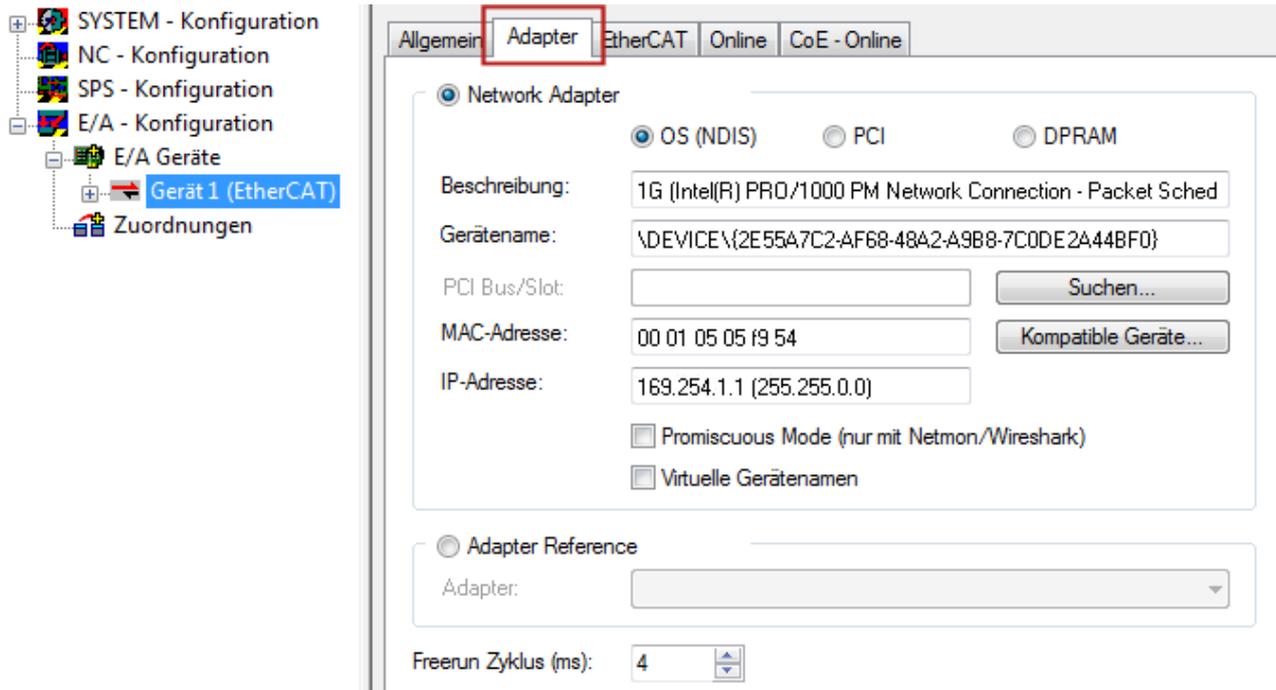
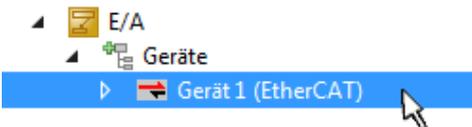


Abb. 294: Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2)

TwinCAT 3: Die Eigenschaften des EtherCAT-Gerätes können mit Doppelklick auf „Gerät .. (EtherCAT)“ im Projektmappen-Explorer unter „E/A“ geöffnet werden:



i Auswahl des Ethernet-Ports

Es können nur Ethernet-Ports für ein EtherCAT-Gerät ausgewählt werden, für die der TwinCAT-Realtime-Treiber installiert ist. Dies muss für jeden Port getrennt vorgenommen werden. Siehe dazu die entsprechende [Installationsseite](#) [|> 796](#)].

Definieren von EtherCAT-Slaves

Durch Rechtsklick auf ein Gerät im Konfigurationsbaum können weitere Geräte angefügt werden.

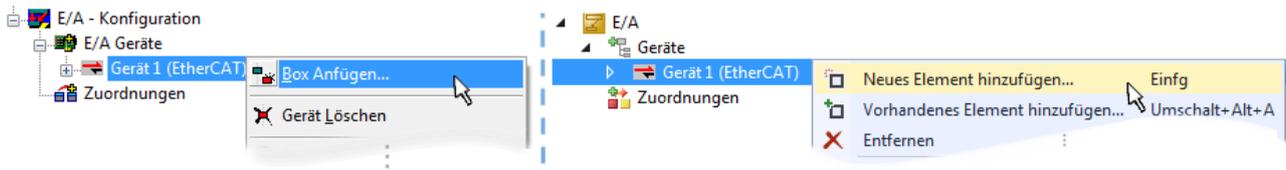


Abb. 295: Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

Es öffnet sich der Dialog zur Auswahl des neuen Gerätes. Es werden nur Geräte angezeigt für die ESI-Dateien hinterlegt sind.

Die Auswahl bietet auch nur Geräte an, die an dem vorher angeklickten Gerät anzufügen sind - dazu wird die an diesem Port mögliche Übertragungsphysik angezeigt (Abb. „Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät“, A). Es kann sich um kabelgebundene Fast-Ethernet-Ethernet-Physik mit PHY-Übertragung handeln, dann ist wie in Abb. „Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät“ nur ebenfalls kabelgebundenes Geräte auswählbar. Verfügt das vorangehende Gerät über mehrere freie Ports (z. B. EK1122 oder EK1100), kann auf der rechten Seite (A) der gewünschte Port angewählt werden.

Übersicht Übertragungsphysik

- „Ethernet“: Kabelgebunden 100BASE-TX: Koppler, Box-Module, Geräte mit RJ45/M8/M12-Anschluss
- „E-Bus“: LVDS „Klemmenbus“, EtherCAT-Steckmodule (EJ), EtherCAT-Klemmen (EL/ES), diverse anreihbare Module

Das Suchfeld erleichtert das Auffinden eines bestimmten Gerätes (ab TwinCAT 2.11 bzw. TwinCAT 3).

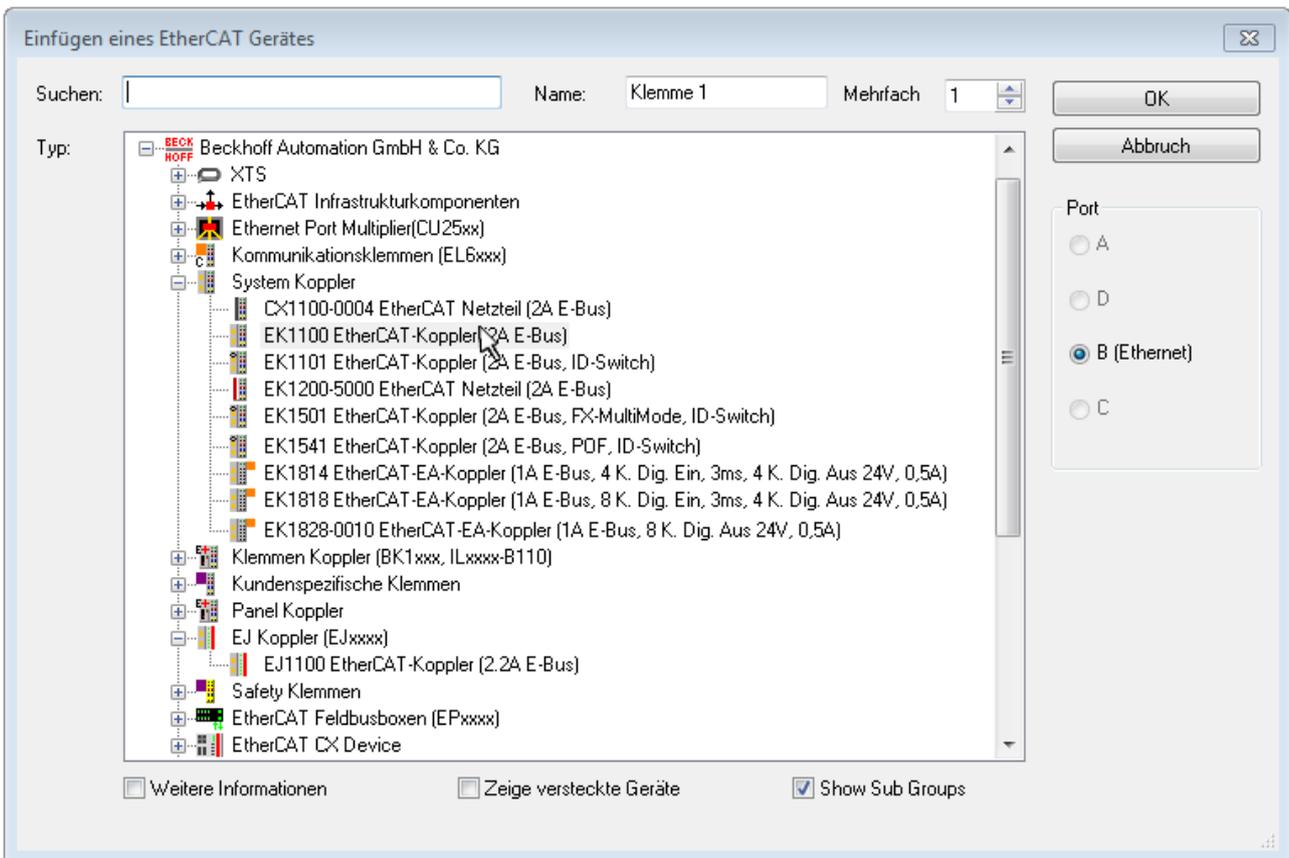


Abb. 296: Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät

Standardmäßig wird nur der Name/Typ des Gerätes als Auswahlkriterium verwendet. Für eine gezielte Auswahl einer bestimmten Revision des Gerätes kann die Revision als „Extended Information“ eingeblendet werden.

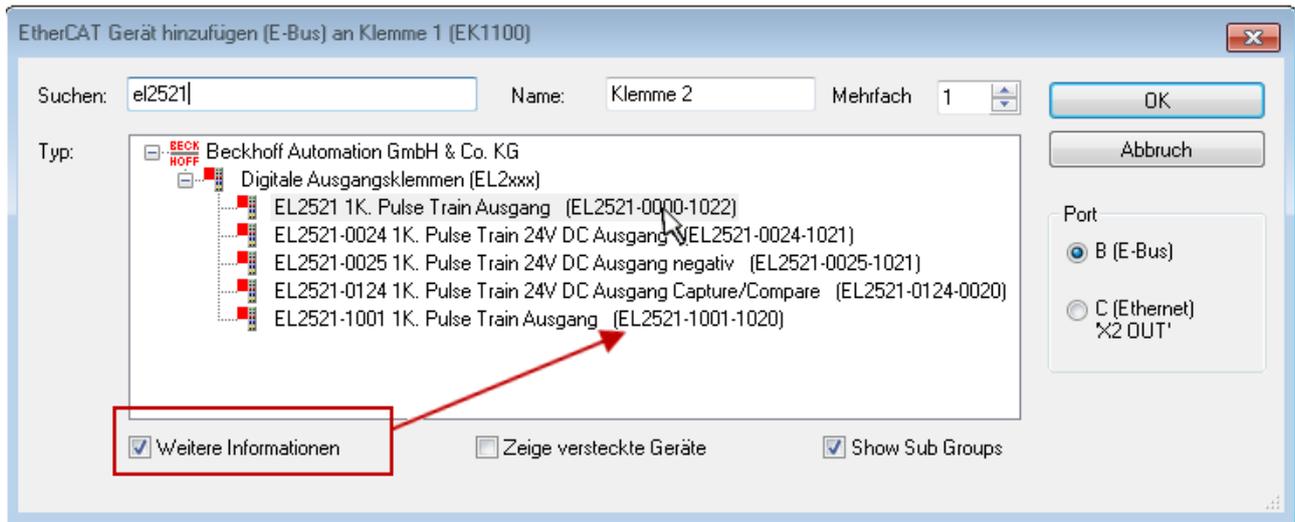


Abb. 297: Anzeige Geräte-Revision

Oft sind aus historischen oder funktionalen Gründen mehrere Revisionen eines Gerätes erzeugt worden, z. B. durch technologische Weiterentwicklung. Zur vereinfachten Anzeige (s. Abb. „Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät“) wird bei Beckhoff Geräten nur die letzte (=höchste) Revision und damit der letzte Produktionsstand im Auswahldialog angezeigt. Sollen alle im System als ESI-Beschreibungen vorliegenden Revisionen eines Gerätes angezeigt werden, ist die Checkbox „Show Hidden Devices“ zu markieren, s. Abb. „Anzeige vorhergehender Revisionen“.

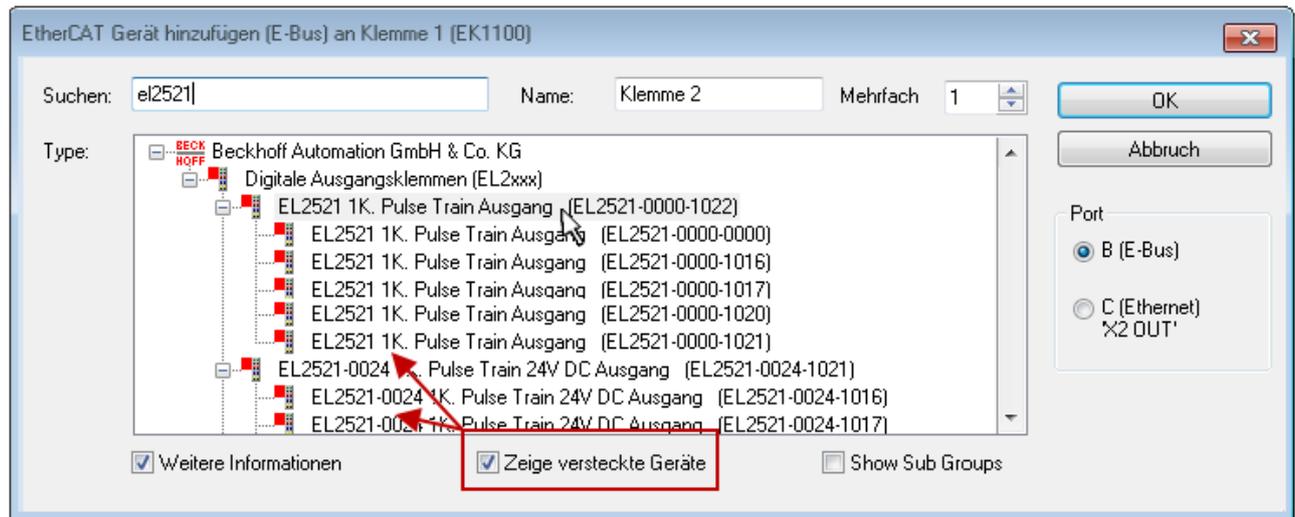


Abb. 298: Anzeige vorhergehender Revisionen

i Geräte-Auswahl nach Revision, Kompatibilität

Mit der ESI-Beschreibung wird auch das Prozessabbild, die Art der Kommunikation zwischen Master und Slave/Gerät und ggf. Geräte-Funktionen definiert. Damit muss das reale Gerät (Firmware wenn vorhanden) die Kommunikationsanfragen/-einstellungen des Masters unterstützen. Dies ist abwärtskompatibel der Fall, d. h. neuere Geräte (höhere Revision) sollen es auch unterstützen, wenn der EtherCAT-Master sie als eine ältere Revision anspricht. Als Beckhoff-Kompatibilitätsregel für EtherCAT-Klemmen/ Boxen/ EJ-Module ist anzunehmen:

Geräte-Revision in der Anlage >= Geräte-Revision in der Konfiguration

Dies erlaubt auch den späteren Austausch von Geräten ohne Veränderung der Konfiguration (abweichende Vorgaben bei Antrieben möglich).

Beispiel

In der Konfiguration wird eine EL2521-0025-**1018** vorgesehen, dann kann real eine EL2521-0025-**1018** oder höher (-**1019**, -**1020**) eingesetzt werden.

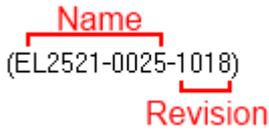


Abb. 299: Name/Revision Klemme

Wenn im TwinCAT-System aktuelle ESI-Beschreibungen vorliegen, entspricht der im Auswahldialog als letzte Revision angebotene Stand dem Produktionsstand von Beckhoff. Es wird empfohlen, bei Erstellung einer neuen Konfiguration jeweils diesen letzten Revisionsstand eines Gerätes zu verwenden, wenn aktuell produzierte Beckhoff-Geräte in der realen Applikation verwendet werden. Nur wenn ältere Geräte aus Lagerbeständen in der Applikation verbaut werden sollen, ist es sinnvoll eine ältere Revision einzubinden.

Das Gerät stellt sich dann mit seinem Prozessabbild im Konfigurationsbaum dar und kann nur parametrieren werden: Verlinkung mit der Task, CoE/DC-Einstellungen, PlugIn-Definition, StartUp-Einstellungen, ...

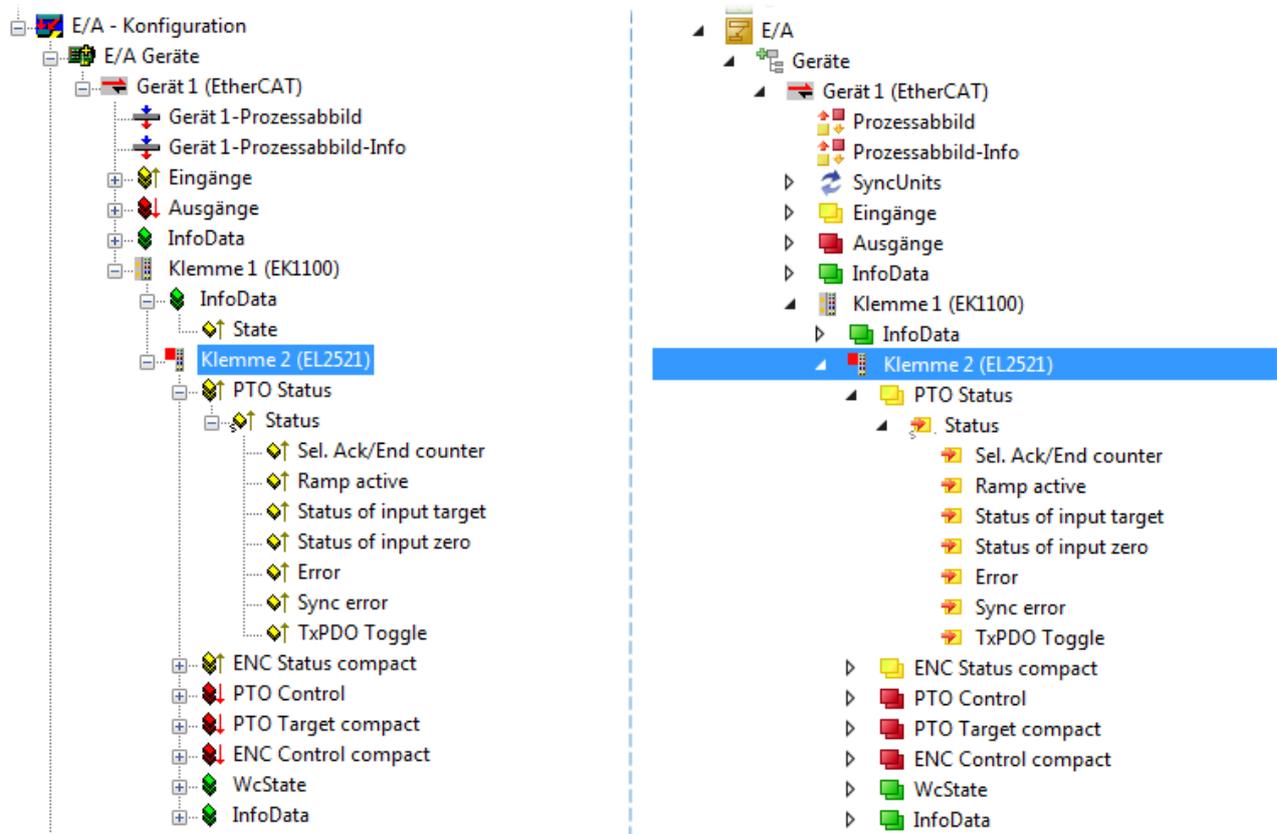


Abb. 300: EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

6.3.6 ONLINE Konfigurationserstellung

Erkennen / Scan des Geräts EtherCAT

Befindet sich das TwinCAT-System im CONFIG-Modus, kann online nach Geräten gesucht werden. Erkennbar ist dies durch ein Symbol unten rechts in der Informationsleiste:

- bei TwinCAT 2 durch eine blaue Anzeige „Config Mode“ im System Manager-Fenster:  .
- bei der Benutzeroberfläche der TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung durch ein Symbol  .

TwinCAT lässt sich in diesem Modus versetzen:

- TwinCAT 2: durch Auswahl von  aus der Menüleiste oder über „Aktionen“ → „Starten/Restarten von TwinCAT in Config-Modus“
- TwinCAT 3: durch Auswahl von  aus der Menüleiste oder über „TWINCAT“ → „Restart TwinCAT (Config Mode)“

● Online Scannen im Config Mode

I Die Online-Suche im RUN-Modus (produktiver Betrieb) ist nicht möglich. Es ist die Unterscheidung zwischen TwinCAT-Programmiersystem und TwinCAT-Zielsystem zu beachten.

Das TwinCAT 2-Icon () bzw. TwinCAT 3-Icon () in der Windows Taskleiste stellt immer den TwinCAT-Modus des lokalen IPC dar. Im System Manager-Fenster von TwinCAT 2 bzw. in der Benutzeroberfläche von TwinCAT 3 wird dagegen der TwinCAT-Zustand des Zielsystems angezeigt.



Abb. 301: Unterscheidung Lokalsystem/ Zielsystem (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

Im Konfigurationsbaum bringt uns ein Rechtsklick auf den General-Punkt „I/O Devices“ zum Such-Dialog.

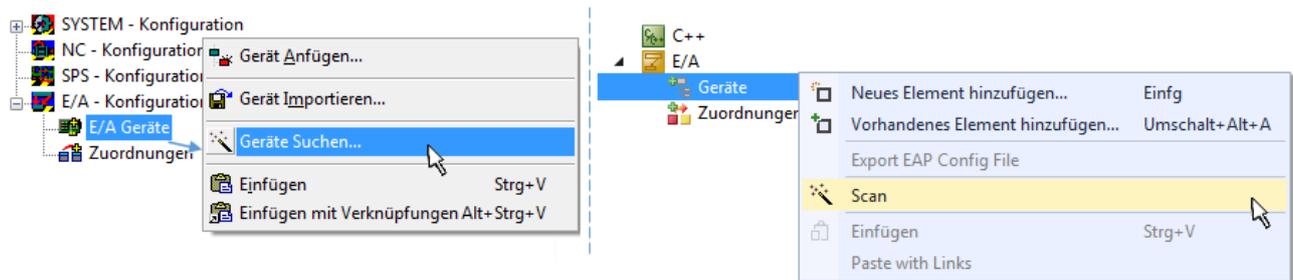


Abb. 302: Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

Dieser Scan-Modus versucht nicht nur EtherCAT-Geräte (bzw. die als solche nutzbaren Ethernet-Ports) zu finden, sondern auch NOVRAM, Feldbuskarten, SMB etc. Nicht alle Geräte können jedoch automatisch gefunden werden.

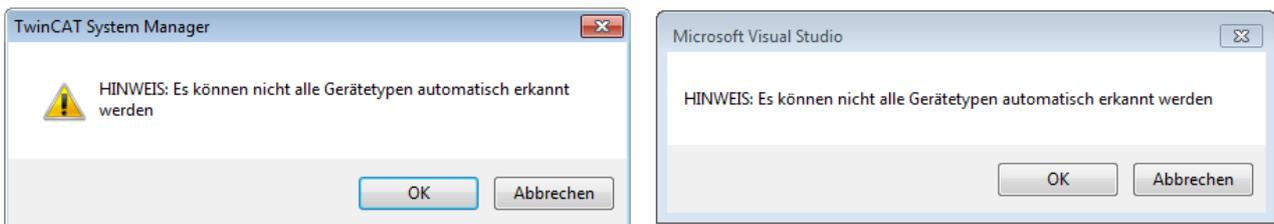


Abb. 303: Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

Ethernet Ports mit installierten TwinCAT Realtime-Treiber werden als „RT-Ethernet“ Geräte angezeigt. Testweise wird an diesen Ports ein EtherCAT-Frame verschickt. Erkennt der Scan-Agent an der Antwort, dass ein EtherCAT-Slave angeschlossen ist, wird der Port allerdings gleich als „EtherCAT Device“ angezeigt.

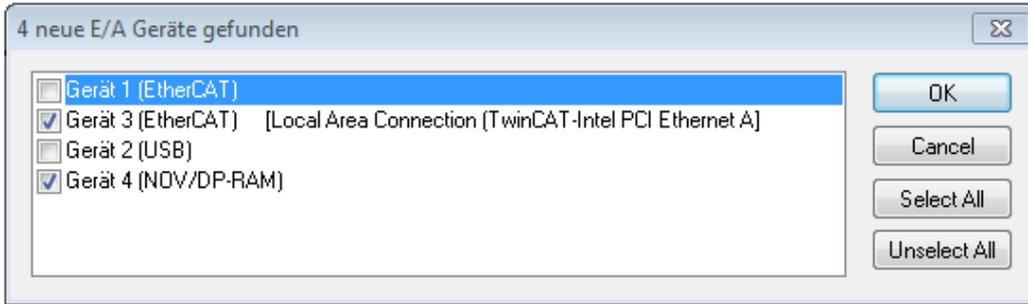


Abb. 304: Erkannte Ethernet-Geräte

Über entsprechende Kontrollkästchen können Geräte ausgewählt werden (wie in der Abb. „Erkannte Ethernet-Geräte“ gezeigt ist z. B. Gerät 3 und Gerät 4 ausgewählt). Für alle angewählten Geräte wird nach Bestätigung „OK“ im nachfolgenden ein Teilnehmer-Scan vorgeschlagen, s. Abb. „Scan-Abfrage nach dem automatischen Anlegen eines EtherCAT-Gerätes“.

● **Auswahl des Ethernet-Ports**

I Es können nur Ethernet-Ports für ein EtherCAT-Gerät ausgewählt werden, für die der TwinCAT-Realtime-Treiber installiert ist. Dies muss für jeden Port getrennt vorgenommen werden. Siehe dazu die entsprechende [Installationsseite](#) [► 796].

Erkennen/Scan der EtherCAT Teilnehmer

● **Funktionsweise Online Scan**

I Beim Scan fragt der Master die Identity Informationen der EtherCAT-Slaves aus dem Slave-EEPROM ab. Es werden Name und Revision zur Typbestimmung herangezogen. Die entsprechenden Geräte werden dann in den hinterlegten ESI-Daten gesucht und in dem dort definierten Default-Zustand in den Konfigurationsbaum eingebaut.

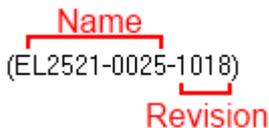


Abb. 305: Beispiel Default-Zustand

HINWEIS

Slave-Scan in der Praxis im Serienmaschinenbau

Die Scan-Funktion sollte mit Bedacht angewendet werden. Sie ist ein praktisches und schnelles Werkzeug, um für eine Inbetriebnahme eine Erst-Konfiguration als Arbeitsgrundlage zu erzeugen. Im Serienmaschinebau bzw. bei Reproduktion der Anlage sollte die Funktion aber nicht mehr zur Konfigurationserstellung verwendet werden sondern ggf. zum [Vergleich](#) [► 817] mit der festgelegten Erst-Konfiguration.

Hintergrund: da Beckhoff aus Gründen der Produktpflege gelegentlich den Revisionsstand der ausgelieferten Produkte erhöht, kann durch einen solchen Scan eine Konfiguration erzeugt werden, die (bei identischem Maschinenaufbau) zwar von der Geräteliste her identisch ist, die jeweilige Geräteversion unterscheiden sich aber ggf. von der Erstkonfiguration.

Beispiel

Firma A baut den Prototyp einer späteren Serienmaschine B. Dazu wird der Prototyp aufgebaut, in TwinCAT ein Scan über die IO-Geräte durchgeführt und somit die Erstkonfiguration "B.tsm" erstellt. An einer beliebigen Stelle sitzt dabei die EtherCAT-Klemme EL2521-0025 in der Revision 1018. Diese wird also so in die TwinCAT-Konfiguration eingebaut:

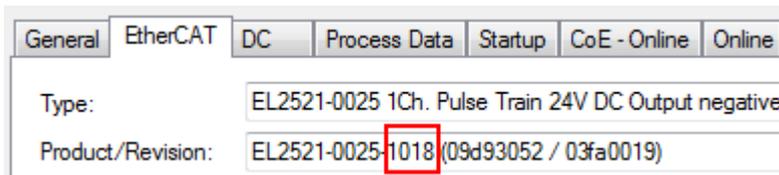


Abb. 306: Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018

Ebenso werden in der Prototypentestphase Funktionen und Eigenschaften dieser Klemme durch die Programmierer/Inbetriebnehmer getestet und ggf. genutzt d. h. aus der PLC „B.pro“ oder der NC angesprochen. (sinngemäß gilt das gleiche für die TwinCAT 3-Solution-Dateien).

Nun wird die Prototypenentwicklung abgeschlossen und der Serienbau der Maschine B gestartet, Beckhoff liefert dazu weiterhin die EL2521-0025-0018. Falls die Inbetriebnehmer der Abteilung Serienmaschinenbau immer einen Scan durchführen, entsteht dabei bei jeder Maschine wieder ein eine inhaltsgleiche B-Konfiguration. Ebenso werden eventuell von A weltweit Ersatzteillager für die kommenden Serienmaschinen mit Klemmen EL2521-0025-1018 angelegt.

Nach einiger Zeit erweitert Beckhoff die EL2521-0025 um ein neues Feature C. Deshalb wird die FW geändert, nach außen hin kenntlich durch einen höheren FW-Stand **und eine neue Revision -1019**. Trotzdem unterstützt das neue Gerät natürlich Funktionen und Schnittstellen der Vorgängerversion(en), eine Anpassung von „B.tsm“ oder gar „B.pro“ ist somit nicht nötig. Die Serienmaschinen können weiterhin mit „B.tsm“ und „B.pro“ gebaut werden, zur Kontrolle der aufgebauten Maschine ist ein vergleichender Scan [► 817] gegen die Erstkonfiguration „B.tsm“ sinnvoll.

Wird nun allerdings in der Abteilung Serienmaschinenbau nicht „B.tsm“ verwendet, sondern wieder ein Scan zur Erstellung der produktiven Konfiguration durchgeführt, wird automatisch die Revision **-1019** erkannt und in die Konfiguration eingebaut:

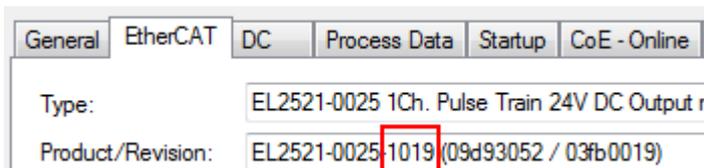


Abb. 307: Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019

Dies wird in der Regel von den Inbetriebnehmern nicht bemerkt. TwinCAT kann ebenfalls nichts melden, da ja quasi eine neue Konfiguration erstellt wird. Es führt nach der Kompatibilitätsregel allerdings dazu, dass in diese Maschine später keine EL2521-0025-1018 als Ersatzteil eingebaut werden sollen (auch wenn dies in den allermeisten Fällen dennoch funktioniert).

Dazu kommt, dass durch produktionsbegleitende Entwicklung in Firma A das neue Feature C der EL2521-0025-1019 (zum Beispiel ein verbesserter Analogfilter oder ein zusätzliches Prozessdatum zur Diagnose) gerne entdeckt und ohne betriebsinterne Rücksprache genutzt wird. Für die so entstandene neue Konfiguration „B2.tsm“ ist der bisherige Bestand an Ersatzteilgeräten nicht mehr zu verwenden.

Bei etabliertem Serienmaschinenbau sollte der Scan nur noch zu informativen Vergleichszwecken gegen eine definierte Erstkonfiguration durchgeführt werden. Änderungen sind mit Bedacht durchzuführen!

Wurde ein EtherCAT-Device in der Konfiguration angelegt (manuell oder durch Scan), kann das I/O-Feld nach Teilnehmern/Slaves gescannt werden.



Abb. 308: Scan-Abfrage nach automatischem Anlegen eines EtherCAT-Gerätes (links: TC2; rechts TC3)

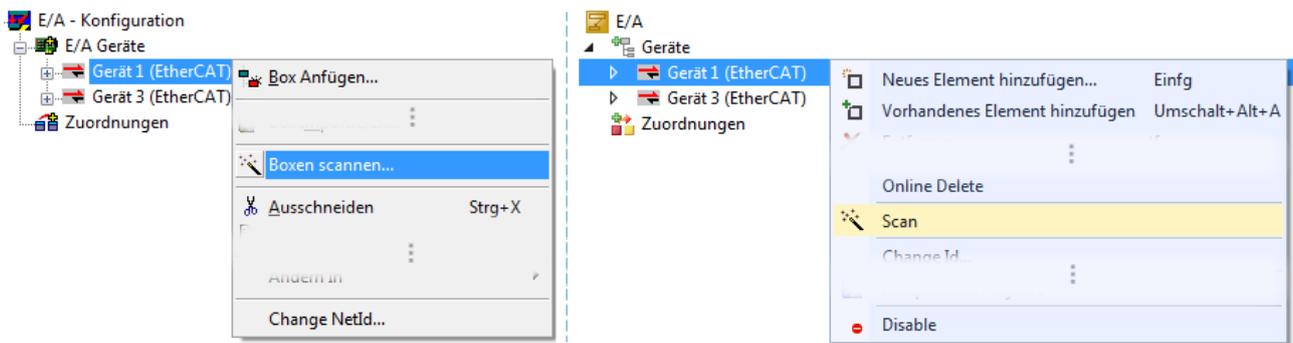


Abb. 309: Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3)

Im System Manager (TwinCAT 2) bzw. der Benutzeroberfläche (TwinCAT 3) kann der Scan-Ablauf am Ladebalken unten in der Statusleiste verfolgt werden.



Abb. 310: Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2

Die Konfiguration wird aufgebaut und kann danach gleich in den Online-Zustand (OPERATIONAL) versetzt werden.



Abb. 311: Abfrage Config/FreeRun (links: TC2; rechts TC3)

Im Config/FreeRun-Mode wechselt die System Manager Anzeige blau/rot und das EtherCAT-Gerät wird auch ohne aktive Task (NC, PLC) mit der Freilauf-Zykluszeit von 4 ms (Standardeinstellung) betrieben.



Abb. 312: Anzeige des Wechsels zwischen „Free Run“ und „Config Mode“ unten rechts in der Statusleiste



Abb. 313: TwinCAT kann auch über einen Button in diesen Zustand versetzt werden (links: TC2; rechts TC3)

Das EtherCAT-System sollte sich danach in einem funktionsfähigen zyklischen Betrieb nach Abb. *Beispielhafte Online-Anzeige* befinden.

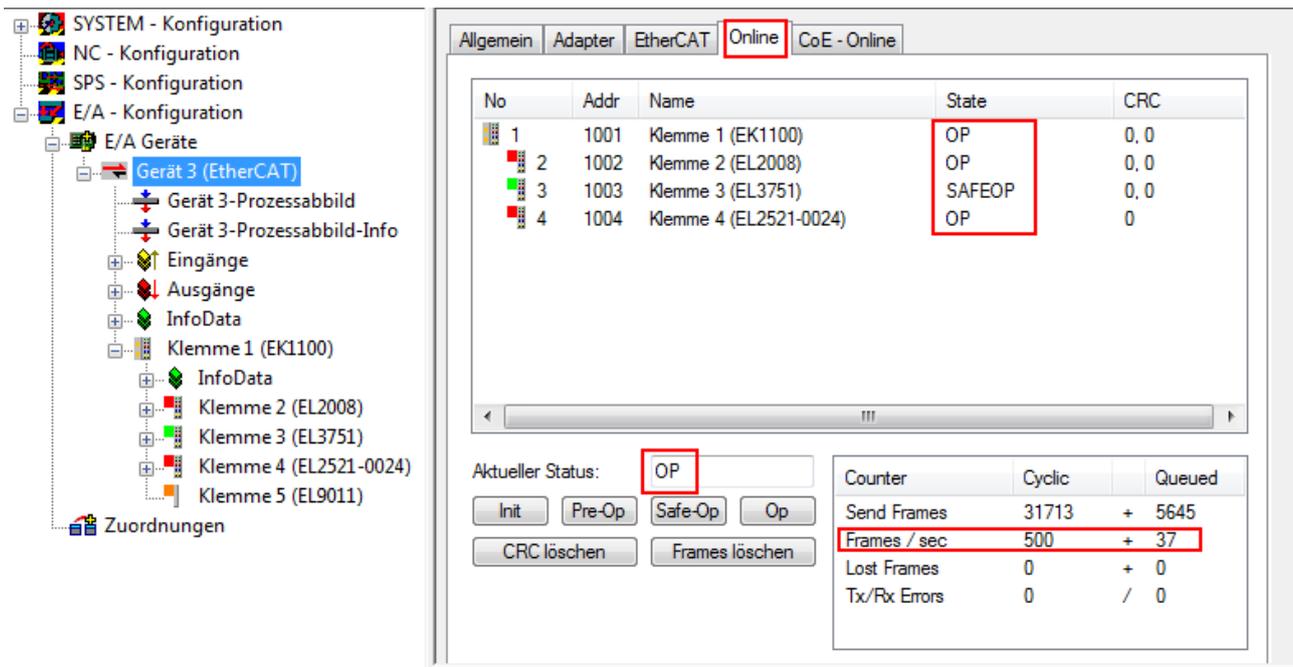


Abb. 314: Beispielhafte Online-Anzeige

Zu beachten sind

- alle Slaves sollen im OP-State sein
- der EtherCAT-Master soll im „Actual State“ OP sein
- „Frames/sec“ soll der Zykluszeit unter Berücksichtigung der versendeten Frameanzahl sein
- es sollen weder übermäßig „LostFrames“- noch CRC-Fehler auftreten

Die Konfiguration ist nun fertig gestellt. Sie kann auch wie im [manuellen Vorgang \[▶ 807\]](#) beschrieben verändert werden.

Problembehandlung

Beim Scannen können verschiedene Effekte auftreten.

- es wird ein **unbekanntes Gerät** entdeckt, d. h. ein EtherCAT-Slave für den keine ESI-XML-Beschreibung vorliegt.
In diesem Fall bietet der System Manager an, die im Gerät eventuell vorliegende ESI auszulesen. Lesen Sie dazu das Kapitel „Hinweise zu ESI/XML“.
- **Teilnehmer werden nicht richtig erkannt**
Ursachen können sein
 - fehlerhafte Datenverbindungen, es treten Datenverluste während des Scans auf
 - Slave hat ungültige Gerätebeschreibung

Es sind die Verbindungen und Teilnehmer gezielt zu überprüfen, z. B. durch den Emergency Scan. Der Scan ist dann erneut vorzunehmen.

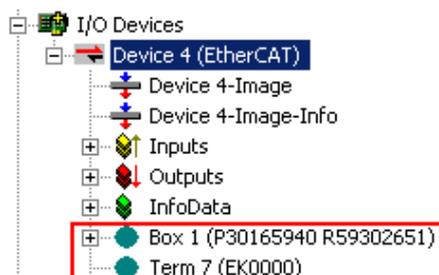


Abb. 315: Fehlerhafte Erkennung

Im System Manager werden solche Geräte evtl. als EK0000 oder unbekannte Geräte angelegt. Ein Betrieb ist nicht möglich bzw. sinnvoll.

Scan über bestehender Konfiguration

HINWEIS

Veränderung der Konfiguration nach Vergleich

Bei diesem Scan werden z. Z. (TwinCAT 2.11 bzw. 3.1) nur die Geräteeigenschaften Vendor (Hersteller), Geräte-Name und Revision verglichen! Ein „ChangeTo“ oder „Copy“ sollte nur im Hinblick auf die Beckhoff IO-Kompatibilitätsregel (s. o.) nur mit Bedacht vorgenommen werden. Das Gerät wird dann in der Konfiguration gegen die vorgefundene Revision ausgetauscht, dies kann Einfluss auf unterstützte Prozessdaten und Funktionen haben.

Wird der Scan bei bestehender Konfiguration angestoßen, kann die reale I/O-Umgebung genau der Konfiguration entsprechen oder differieren. So kann die Konfiguration verglichen werden.



Abb. 316: Identische Konfiguration (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

Sind Unterschiede feststellbar, werden diese im Korrekturdialog angezeigt, die Konfiguration kann umgehend angepasst werden.

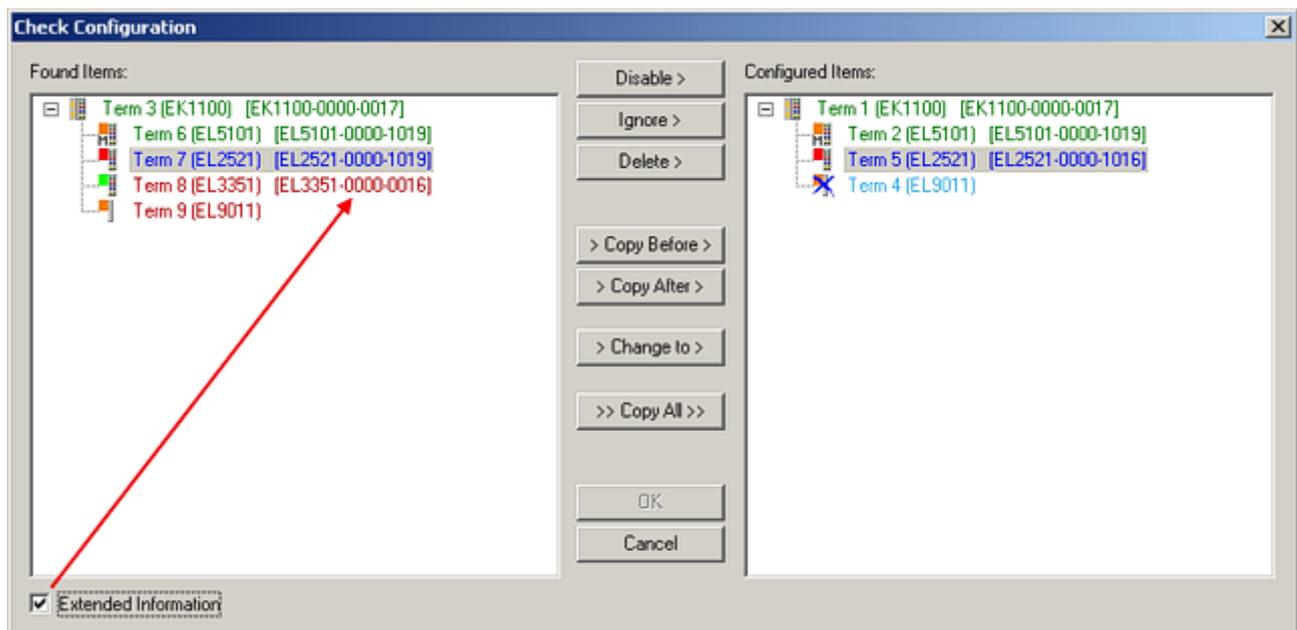


Abb. 317: Korrekturdialog

Die Anzeige der „Extended Information“ wird empfohlen, weil dadurch Unterschiede in der Revision sichtbar werden.

Farbe	Erläuterung
grün	Dieser EtherCAT-Slave findet seine Entsprechung auf der Gegenseite. Typ und Revision stimmen überein.
blau	Dieser EtherCAT-Slave ist auf der Gegenseite vorhanden, aber in einer anderen Revision. Diese andere Revision kann andere Default-Einstellungen der Prozessdaten und andere/zusätzliche Funktionen haben. Ist die gefundene Revision > als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz unter Berücksichtigung der Kompatibilität möglich. Ist die gefundene Revision < als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz vermutlich nicht möglich. Eventuell unterstützt das vorgefundene Gerät nicht alle Funktionen, die der Master von ihm aufgrund der höheren Revision erwartet.

Farbe	Erläuterung
hellblau	Dieser EtherCAT-Slave wird ignoriert (Button „Ignore“)
rot	<ul style="list-style-type: none"> Dieser EtherCAT-Slave ist auf der Gegenseite nicht vorhanden Er ist vorhanden, aber in einer anderen Revision, die sich auch in den Eigenschaften von der angegebenen unterscheidet. <p>Auch hier gilt dann das Kompatibilitätsprinzip: Ist die gefundene Revision > als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz unter Berücksichtigung der Kompatibilität möglich, da Nachfolger-Geräte die Funktionen der Vorgänger-Geräte unterstützen sollen.</p> <p>Ist die gefundene Revision < als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz vermutlich nicht möglich. Eventuell unterstützt das vorgefundene Gerät nicht alle Funktionen, die der Master von ihm aufgrund der höheren Revision erwartet.</p>

i Geräte-Auswahl nach Revision, Kompatibilität

Mit der ESI-Beschreibung wird auch das Prozessabbild, die Art der Kommunikation zwischen Master und Slave/Gerät und ggf. Geräte-Funktionen definiert. Damit muss das reale Gerät (Firmware wenn vorhanden) die Kommunikationsanfragen/-einstellungen des Masters unterstützen. Dies ist abwärtskompatibel der Fall, d. h. neuere Geräte (höhere Revision) sollen es auch unterstützen, wenn der EtherCAT-Master sie als eine ältere Revision anspricht. Als Beckhoff-Kompatibilitätsregel für EtherCAT-Klemmen/ Boxen/ EJ-Module ist anzunehmen:

Geräte-Revision in der Anlage >= Geräte-Revision in der Konfiguration

Dies erlaubt auch den späteren Austausch von Geräten ohne Veränderung der Konfiguration (abweichende Vorgaben bei Antrieben möglich).

Beispiel

In der Konfiguration wird eine EL2521-0025-**1018** vorgesehen, dann kann real eine EL2521-0025-**1018** oder höher (-**1019**, -**1020**) eingesetzt werden.

Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

Abb. 318: Name/Revision Klemme

Wenn im TwinCAT-System aktuelle ESI-Beschreibungen vorliegen, entspricht der im Auswahldialog als letzte Revision angebotene Stand dem Produktionsstand von Beckhoff. Es wird empfohlen, bei Erstellung einer neuen Konfiguration jeweils diesen letzten Revisionsstand eines Gerätes zu verwenden, wenn aktuell produzierte Beckhoff-Geräte in der realen Applikation verwendet werden. Nur wenn ältere Geräte aus Lagerbeständen in der Applikation verbaut werden sollen, ist es sinnvoll eine ältere Revision einzubinden.

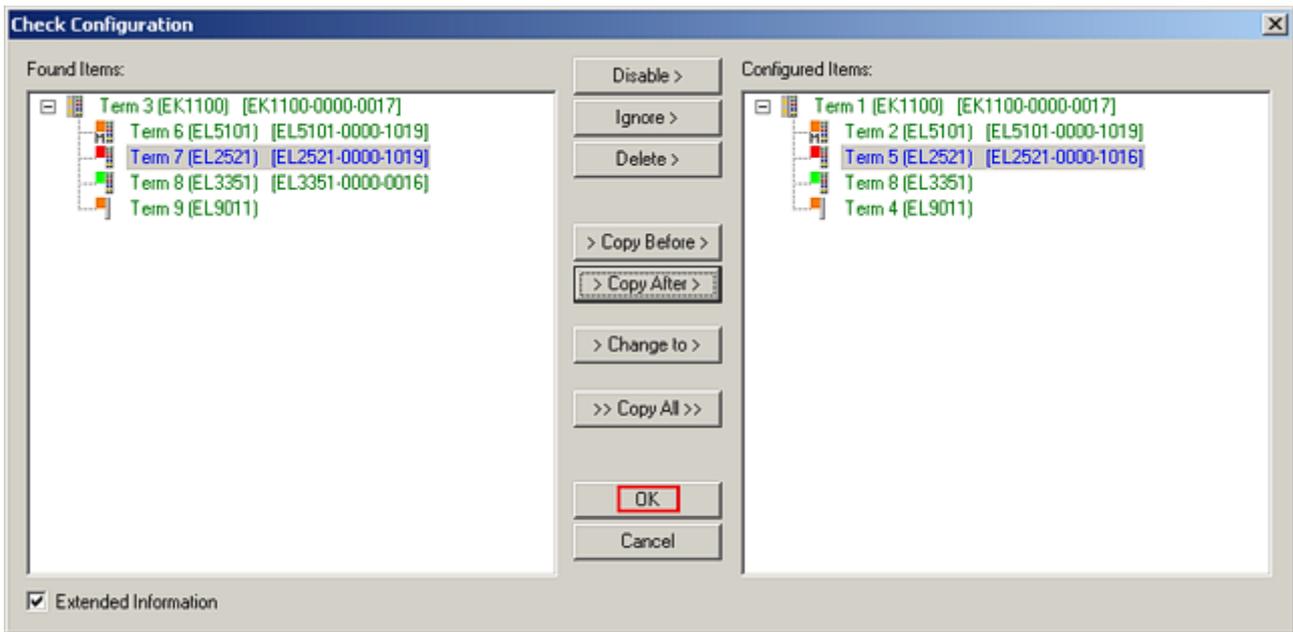


Abb. 319: Korrekturdialog mit Änderungen

Sind alle Änderungen übernommen oder akzeptiert, können sie durch „OK“ in die reale *.tsm-Konfiguration übernommen werden.

Change to Compatible Type

TwinCAT bietet mit „Change to Compatible Type...“ eine Funktion zum Austauschen eines Gerätes unter Beibehaltung der Links in die Task.

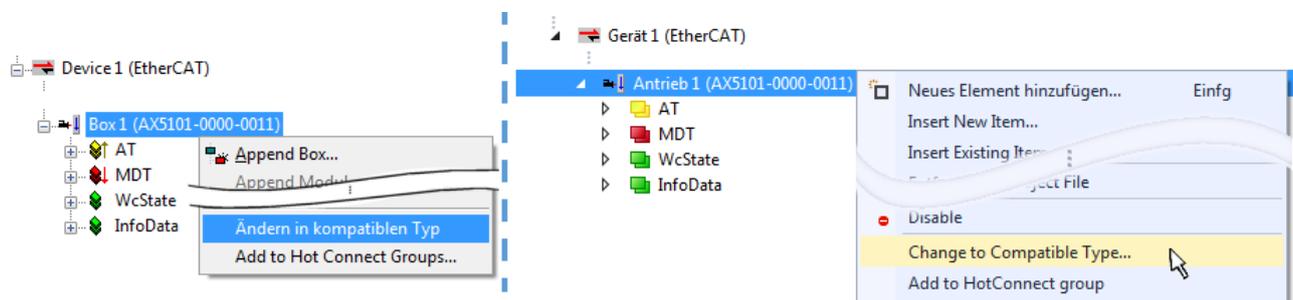


Abb. 320: Dialog „Change to Compatible Type...“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

Folgende Elemente in der ESI eines EtherCAT-Teilnehmers werden von TwinCAT verglichen und als gleich vorausgesetzt, um zu entscheiden, ob ein Gerät als „kompatibel“ angezeigt wird:

- Physics (z.B. RJ45, Ebus...)
- FMMU (zusätzliche sind erlaubt)
- SyncManager (SM, zusätzliche sind erlaubt)
- EoE (Attribute MAC, IP)
- CoE (Attribute SdoInfo, PdoAssign, PdoConfig, PdoUpload, CompleteAccess)
- FoE
- PDO (Prozessdaten: Reihenfolge, SyncUnit SU, SyncManager SM, EntryCount, Entry.Datatype)

Bei Geräten der AX5000-Familie wird diese Funktion intensiv verwendet.

Change to Alternative Type

Der TwinCAT System Manager bietet eine Funktion zum Austauschen eines Gerätes: Change to Alternative Type

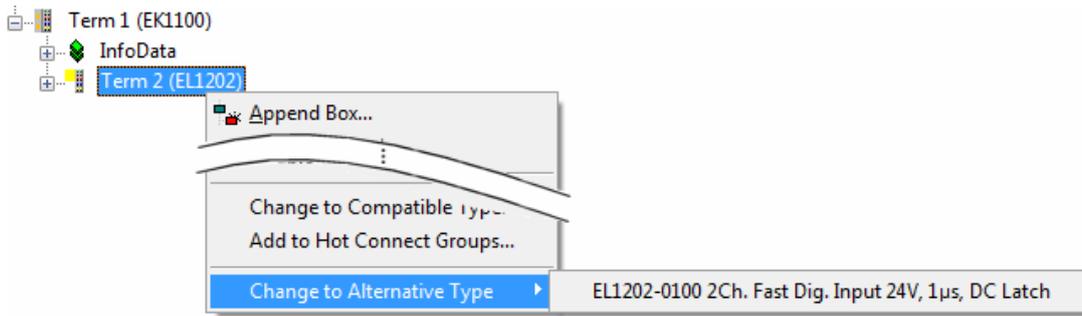


Abb. 321: TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type

Wenn aufgerufen, sucht der System Manager in der bezogenen Geräte-ESI (hier im Beispiel: EL1202-0000) nach dort enthaltenen Angaben zu kompatiblen Geräten. Die Konfiguration wird geändert und gleichzeitig das ESI-EEPROM überschrieben - deshalb ist dieser Vorgang nur im Online-Zustand (ConfigMode) möglich.

6.3.7 EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration

Klicken Sie im linken Fenster des TwinCAT 2 System Managers bzw. bei der TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung im Projektmappen-Explorer auf das Element der Klemme im Baum, die Sie konfigurieren möchten (im Beispiel: Klemme 3: EL3751).

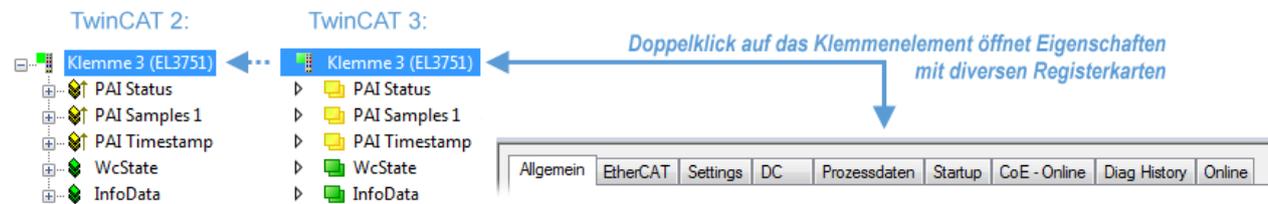


Abb. 322: „Baumzweig“ Element als Klemme EL3751

Im rechten Fenster des System Managers (TwinCAT 2) bzw. der Entwicklungsumgebung (TwinCAT 3) stehen Ihnen nun verschiedene Karteireiter zur Konfiguration der Klemme zur Verfügung. Dabei bestimmt das Maß der Komplexität eines Teilnehmers welche Karteireiter zur Verfügung stehen. So bietet, wie im obigen Beispiel zu sehen, die Klemme EL3751 viele Einstellmöglichkeiten und stellt eine entsprechende Anzahl von Karteireitern zur Verfügung. Im Gegensatz dazu stehen z. B. bei der Klemme EL1004 lediglich die Karteireiter „Allgemein“, „EtherCAT“, „Prozessdaten“ und „Online“ zur Auswahl. Einige Klemmen, wie etwa die EL6695 bieten spezielle Funktionen über einen Karteireiter mit der eigenen Klemmenbezeichnung an, also „EL6695“ in diesem Fall. Ebenfalls wird ein spezieller Karteireiter „Settings“ von Klemmen mit umfangreichen Einstellmöglichkeiten angeboten (z. B. EL3751).

Karteireiter „Allgemein“

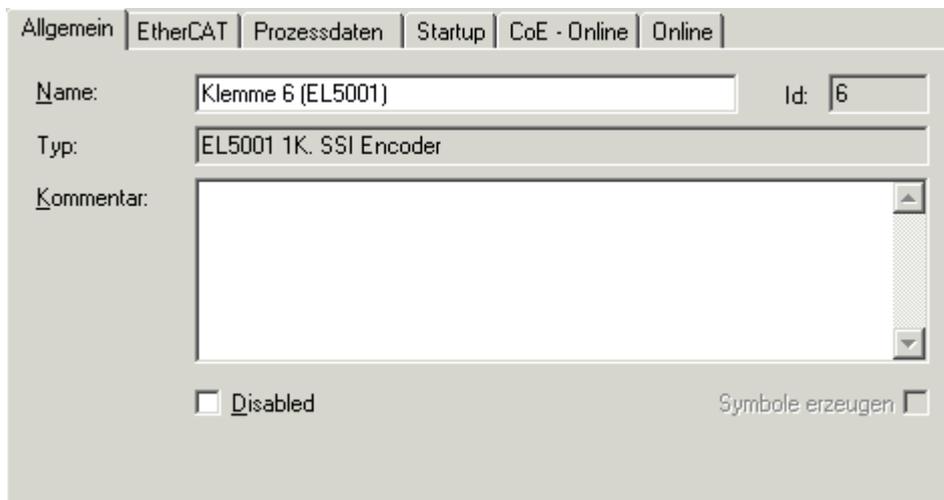


Abb. 323: Karteireiter „Allgemein“

Name	Name des EtherCAT-Geräts
Id	Laufende Nr. des EtherCAT-Geräts
Typ	Typ des EtherCAT-Geräts
Kommentar	Hier können Sie einen Kommentar (z. B. zum Anlagenteil) hinzufügen.
Disabled	Hier können Sie das EtherCAT-Gerät deaktivieren.
Symbole erzeugen	Nur wenn dieses Kontrollkästchen aktiviert ist, können Sie per ADS auf diesen EtherCAT-Slave zugreifen.

Karteireiter „EtherCAT“

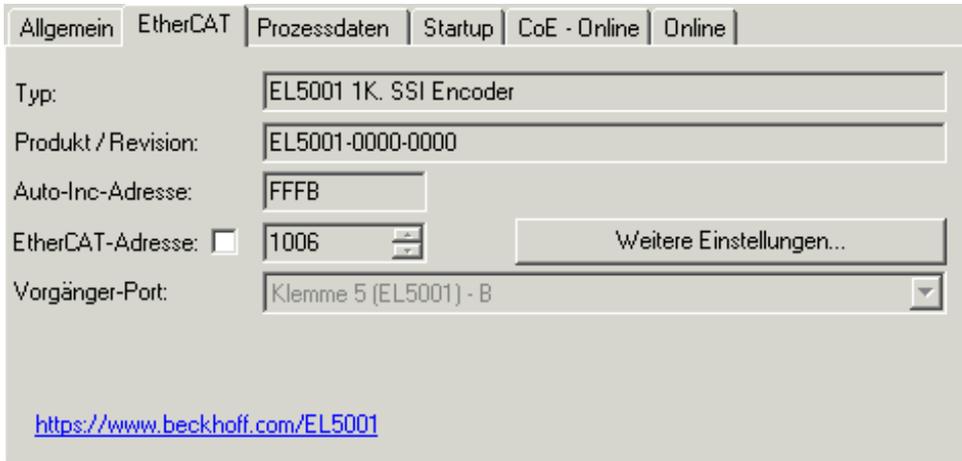


Abb. 324: Karteireiter „EtherCAT“

Typ	Typ des EtherCAT-Geräts
Product/Revision	Produkt- und Revisions-Nummer des EtherCAT-Geräts
Auto Inc Adr.	Auto-Inkrement-Adresse des EtherCAT-Geräts. Die Auto-Inkrement-Adresse kann benutzt werden, um jedes EtherCAT-Gerät anhand seiner physikalischen Position im Kommunikationsring zu adressieren. Die Auto-Inkrement-Adressierung wird während der Start-Up-Phase benutzt, wenn der EtherCAT-Master die Adressen an die EtherCAT-Geräte vergibt. Bei der Auto-Inkrement-Adressierung hat der erste EtherCAT-Slave im Ring die Adresse 0000 _{hex} und für jeden weiteren Folgenden wird die Adresse um 1 verringert (FFFF _{hex} , FFFE _{hex} usw.).
EtherCAT Adr.	Feste Adresse eines EtherCAT-Slaves. Diese Adresse wird vom EtherCAT-Master während der Startup-Phase vergeben. Um den Default-Wert zu ändern, müssen Sie zuvor das Kontrollkästchen links von dem Eingabefeld markieren.
Vorgänger Port	Name und Port des EtherCAT-Geräts, an den dieses Gerät angeschlossen ist. Falls es möglich ist, dieses Gerät mit einem anderen zu verbinden, ohne die Reihenfolge der EtherCAT-Geräte im Kommunikationsring zu ändern, dann ist dieses Kombinationsfeld aktiviert und Sie können das EtherCAT-Gerät auswählen, mit dem dieses Gerät verbunden werden soll.
Weitere Einstellungen	Diese Schaltfläche öffnet die Dialoge für die erweiterten Einstellungen.

Der Link am unteren Rand des Karteireiters führt Sie im Internet auf die Produktseite dieses EtherCAT-Geräts.

Karteireiter „Prozessdaten“

Zeigt die (Allgemeine Slave PDO-) Konfiguration der Prozessdaten an. Die Eingangs- und Ausgangsdaten des EtherCAT-Slaves werden als CANopen Prozess-Daten-Objekte (**Process Data Objects, PDO**) dargestellt. Falls der EtherCAT-Slave es unterstützt, ermöglicht dieser Dialog dem Anwender ein PDO über PDO-Zuordnung auszuwählen und den Inhalt des individuellen PDOs zu variieren.

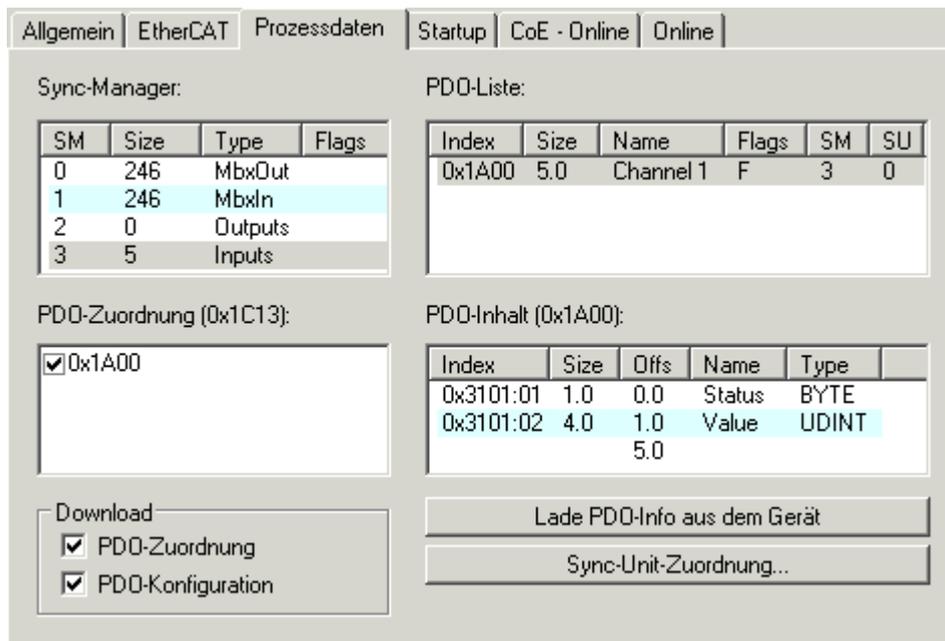


Abb. 325: Karteireiter „Prozessdaten“

Die von einem EtherCAT-Slave zyklisch übertragenen Prozessdaten (PDOs) sind die Nutzdaten, die in der Applikation zyklusaktuell erwartet werden oder die an den Slave gesendet werden. Dazu parametriert der EtherCAT-Master (Beckhoff TwinCAT) jeden EtherCAT-Slave während der Hochlaufphase, um festzulegen, welche Prozessdaten (Größe in Bit/Bytes, Quellort, Übertragungsart) er von oder zu diesem Slave übermitteln möchte. Eine falsche Konfiguration kann einen erfolgreichen Start des Slaves verhindern.

Für Beckhoff EtherCAT-Slaves EL, ES, EM, EJ und EP gilt im Allgemeinen:

- Die vom Gerät unterstützten Prozessdaten Input/Output sind in der ESI/XML-Beschreibung herstellerseitig definiert. Der TwinCAT EtherCAT-Master verwendet die ESI-Beschreibung zur richtigen Konfiguration des Slaves.
- Wenn vorgesehen, können die Prozessdaten im System Manager verändert werden. Siehe dazu die Gerätedokumentation. Solche Veränderungen können sein: Ausblenden eines Kanals, Anzeige von zusätzlichen zyklischen Informationen, Anzeige in 16 Bit statt in 8 Bit Datenumfang usw.
- Die Prozessdateninformationen liegen bei so genannten „intelligenten“ EtherCAT-Geräten ebenfalls im CoE-Verzeichnis vor. Beliebige Veränderungen in diesem CoE-Verzeichnis, die zu abweichenden PDO-Einstellungen führen, verhindern jedoch das erfolgreiche Hochlaufen des Slaves. Es wird davon abgeraten, andere als die vorgesehene Prozessdaten zu konfigurieren, denn die Geräte-Firmware (wenn vorhanden) ist auf diese PDO-Kombinationen abgestimmt.

Ist laut Gerätedokumentation eine Veränderung der Prozessdaten zulässig, kann dies wie folgt vorgenommen werden, s. Abb. *Konfigurieren der Prozessdaten*.

- A: Wählen Sie das zu konfigurierende Gerät
- B: Wählen Sie im Reiter „Process Data“ den Input- oder Output-Syncmanager (C)
- D: die PDOs können an- bzw. abgewählt werden
- H: die neuen Prozessdaten sind als link-fähige Variablen im System Manager sichtbar
Nach einem Aktivieren der Konfiguration und TwinCAT-Neustart (bzw. Neustart des EtherCAT-Masters) sind die neuen Prozessdaten aktiv.
- E: wenn ein Slave dies unterstützt, können auch Input- und Output-PDO gleichzeitig durch Anwahl eines so genannten PDO-Satzes („Predefined PDO-settings“) verändert werden.

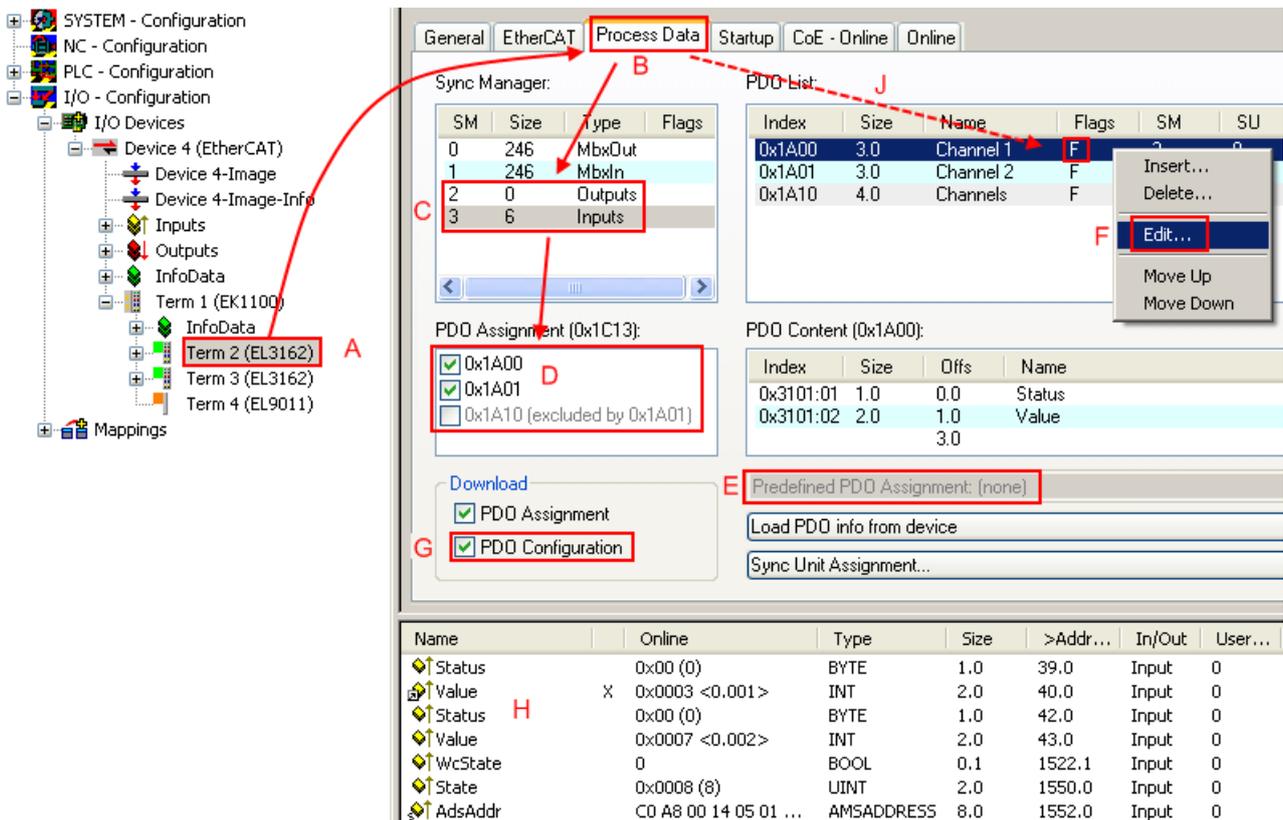


Abb. 326: Konfigurieren der Prozessdaten

i Manuelle Veränderung der Prozessdaten

In der PDO-Übersicht kann laut ESI-Beschreibung ein PDO als „fixed“ mit dem Flag „F“ gekennzeichnet sein (Abb. Konfigurieren der Prozessdaten, J). Solche PDOs können prinzipiell nicht in ihrer Zusammenstellung verändert werden, auch wenn TwinCAT den entsprechenden Dialog anbietet („Edit“). Insbesondere können keine beliebigen CoE-Inhalte als zyklische Prozessdaten eingeblendet werden. Dies gilt im Allgemeinen auch für den Fall, dass ein Gerät den Download der PDO-Konfiguration „G“ unterstützt. Bei falscher Konfiguration verweigert der EtherCAT-Slave üblicherweise den Start und Wechsel in den OP-State. Eine Logger-Meldung wegen „invalid SM cfg“ wird im System Manager ausgegeben: Diese Fehlermeldung „invalid SM IN cfg“ oder „invalid SM OUT cfg“ bietet gleich einen Hinweis auf die Ursache des fehlgeschlagenen Starts.

Eine detaillierte Beschreibung [▶ 827] befindet sich am Ende dieses Kapitels.

Karteireiter „Startup“

Der Karteireiter *Startup* wird angezeigt, wenn der EtherCAT-Slave eine Mailbox hat und das Protokoll *CANopen over EtherCAT* (CoE) oder das Protokoll *Servo drive over EtherCAT* unterstützt. Mit Hilfe dieses Karteireiters können Sie betrachten, welche Download-Requests während des Startups zur Mailbox gesendet werden. Es ist auch möglich neue Mailbox-Requests zur Listenanzeige hinzuzufügen. Die Download-Requests werden in derselben Reihenfolge zum Slave gesendet, wie sie in der Liste angezeigt werden.

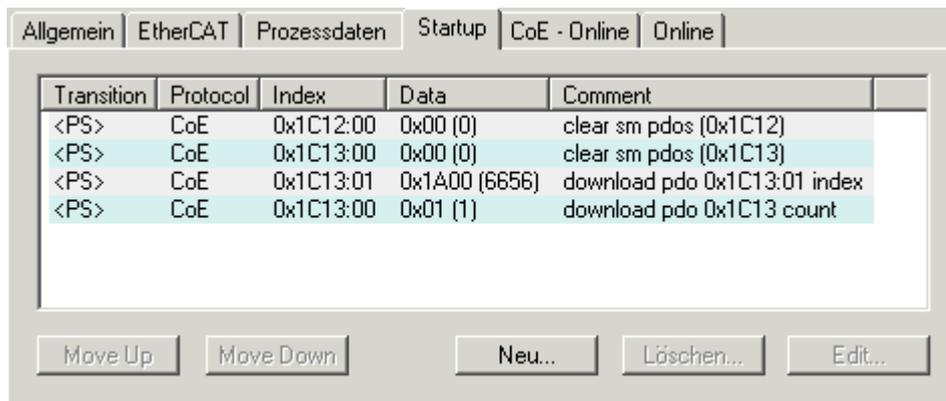


Abb. 327: Karteireiter „Startup“

Spalte	Beschreibung
Transition	Übergang, in den der Request gesendet wird. Dies kann entweder <ul style="list-style-type: none"> • der Übergang von Pre-Operational to Safe-Operational (PS) oder • der Übergang von Safe-Operational to Operational (SO) sein. Wenn der Übergang in „<>“ eingeschlossen ist (z. B. <PS>), dann ist der Mailbox Request fest und kann vom Anwender nicht geändert oder gelöscht werden.
Protokoll	Art des Mailbox-Protokolls
Index	Index des Objekts
Data	Datum, das zu diesem Objekt heruntergeladen werden soll.
Kommentar	Beschreibung des zu der Mailbox zu sendenden Requests

- Move Up** Diese Schaltfläche bewegt den markierten Request in der Liste um eine Position nach oben.
- Move Down** Diese Schaltfläche bewegt den markierten Request in der Liste um eine Position nach unten.
- New** Diese Schaltfläche fügt einen neuen Mailbox-Download-Request, der während des Startups gesendet werden soll hinzu.
- Delete** Diese Schaltfläche löscht den markierten Eintrag.
- Edit** Diese Schaltfläche editiert einen existierenden Request.

Karteireiter „CoE - Online“

Wenn der EtherCAT-Slave das Protokoll *CANopen over EtherCAT* (CoE) unterstützt, wird der zusätzliche Karteireiter *CoE - Online* angezeigt. Dieser Dialog listet den Inhalt des Objektverzeichnisses des Slaves auf (SDO-Upload) und erlaubt dem Anwender den Inhalt eines Objekts dieses Verzeichnisses zu ändern. Details zu den Objekten der einzelnen EtherCAT-Geräte finden Sie in den gerätespezifischen Objektbeschreibungen.

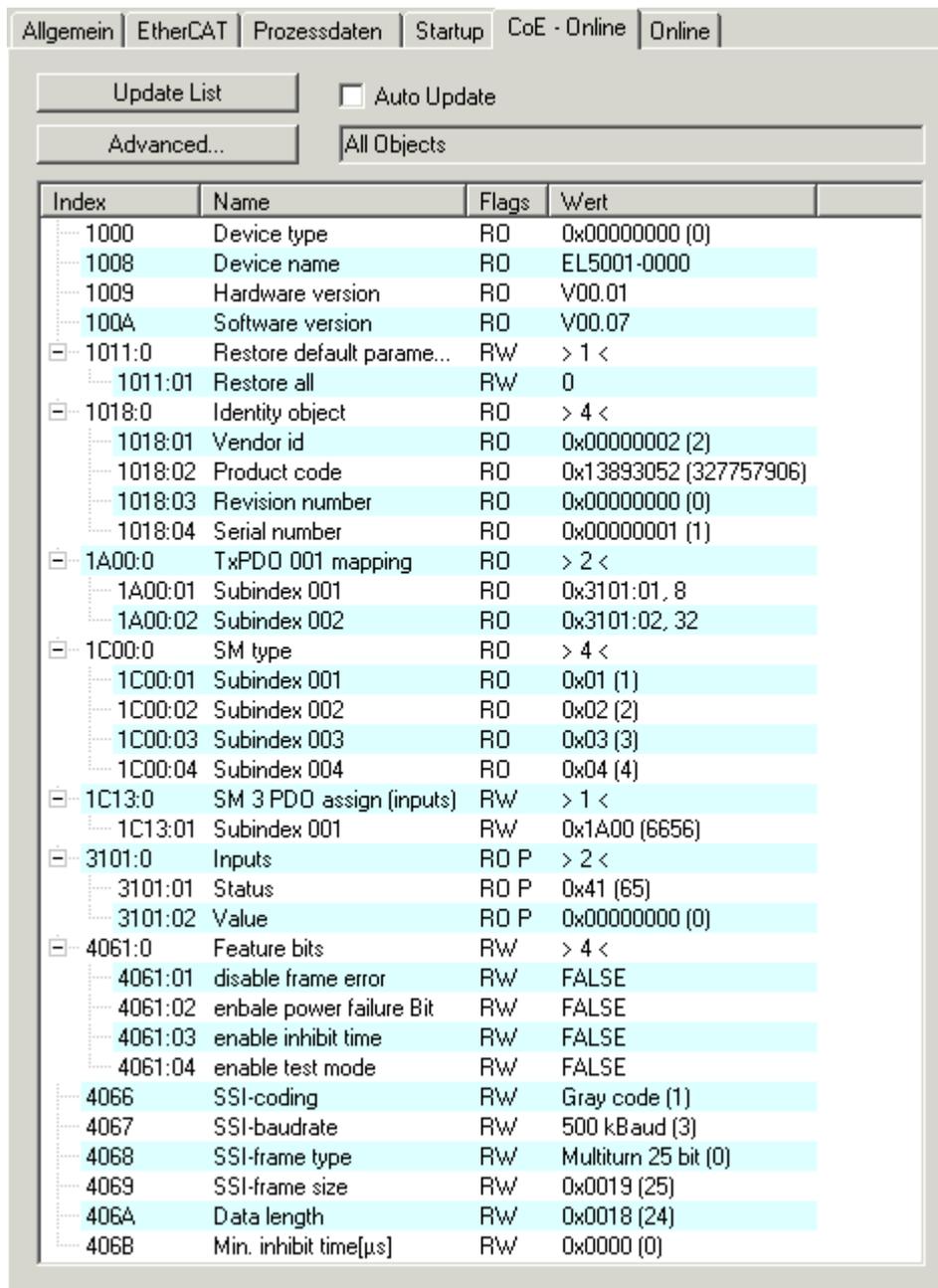


Abb. 328: Karteireiter „CoE - Online“

Darstellung der Objekt-Liste

Spalte	Beschreibung	
Index	Index und Subindex des Objekts	
Name	Name des Objekts	
Flags	RW	Das Objekt kann ausgelesen und Daten können in das Objekt geschrieben werden (Read/Write)
	RO	Das Objekt kann ausgelesen werden, es ist aber nicht möglich Daten in das Objekt zu schreiben (Read only)
	P	Ein zusätzliches P kennzeichnet das Objekt als Prozessdatenobjekt.
Wert	Wert des Objekts	

Update List

Die Schaltfläche *Update List* aktualisiert alle Objekte in der Listenanzeige

Auto Update

Wenn dieses Kontrollkästchen angewählt ist, wird der Inhalt der Objekte automatisch aktualisiert.

Advanced

Die Schaltfläche *Advanced* öffnet den Dialog *Advanced Settings*. Hier können Sie festlegen, welche Objekte in der Liste angezeigt werden.

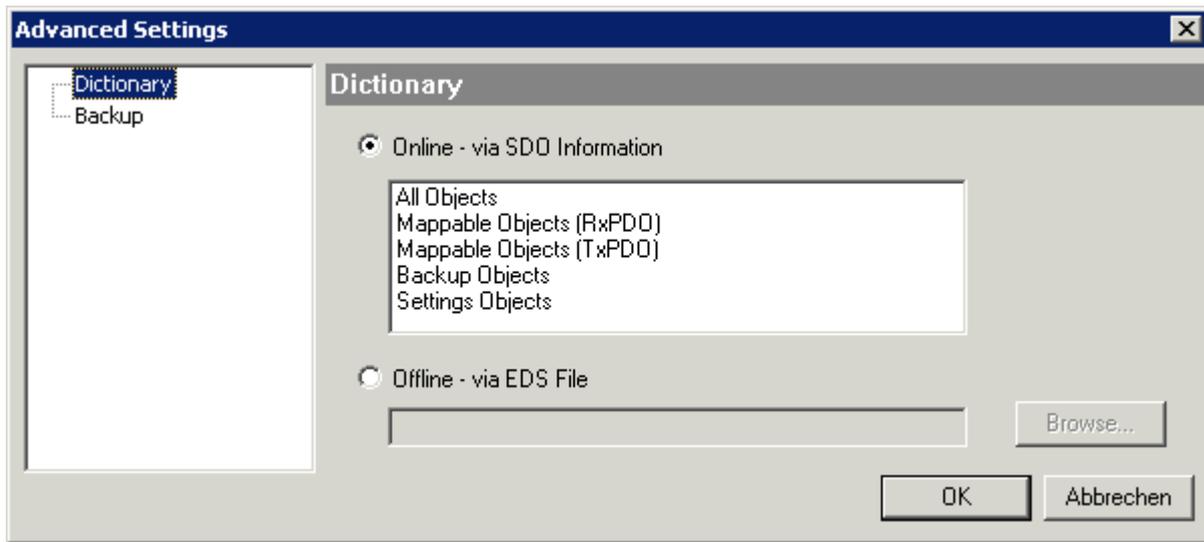


Abb. 329: Dialog „Advanced settings“

- Online - über SDO-Information** Wenn dieses Optionsfeld angewählt ist, wird die Liste der im Objektverzeichnis des Slaves enthaltenen Objekte über SDO-Information aus dem Slave hochgeladen. In der untenstehenden Liste können Sie festlegen welche Objekt-Typen hochgeladen werden sollen.
- Offline - über EDS-Datei** Wenn dieses Optionsfeld angewählt ist, wird die Liste der im Objektverzeichnis enthaltenen Objekte aus einer EDS-Datei gelesen, die der Anwender bereitstellt.

Karteireiter „Online“

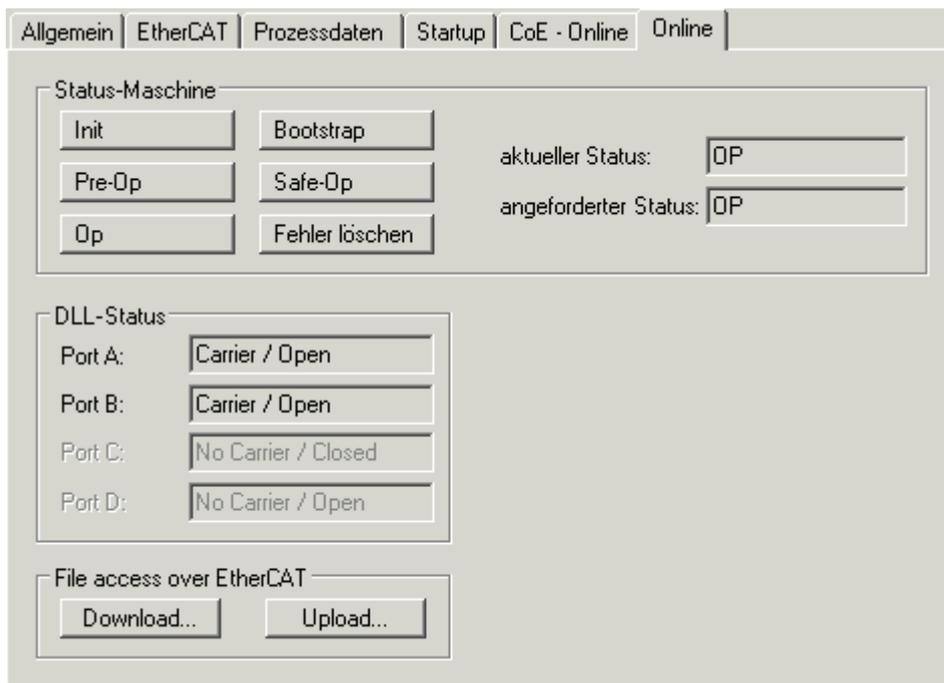


Abb. 330: Karteireiter „Online“

Status Maschine

- Init** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Init* zu setzen.
- Pre-Op** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Pre-Operational* zu setzen.
- Op** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Operational* zu setzen.
- Bootstrap** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Bootstrap* zu setzen.
- Safe-Op** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Safe-Operational* zu setzen.
- Fehler löschen** Diese Schaltfläche versucht die Fehleranzeige zu löschen. Wenn ein EtherCAT-Slave beim Statuswechsel versagt, setzt er eine Fehler-Flag.

Beispiel: ein EtherCAT-Slave ist im Zustand PREOP (Pre-Operational). Nun fordert der Master den Zustand SAFEOP (Safe-Operational) an. Wenn der Slave nun beim Zustandswechsel versagt, setzt er das Fehler-Flag. Der aktuelle Zustand wird nun als ERR PREOP angezeigt. Nach Drücken der Schaltfläche *Fehler löschen* ist das Fehler-Flag gelöscht und der aktuelle Zustand wird wieder als PREOP angezeigt.

- Aktueller Status** Zeigt den aktuellen Status des EtherCAT-Geräts an.
- Angeforderter Status** Zeigt den für das EtherCAT-Gerät angeforderten Status an.

DLL-Status

Zeigt den DLL-Status (Data-Link-Layer-Status) der einzelnen Ports des EtherCAT-Slaves an. Der DLL-Status kann vier verschiedene Zustände annehmen:

Status	Beschreibung
No Carrier / Open	Kein Carrier-Signal am Port vorhanden, der Port ist aber offen.
No Carrier / Closed	Kein Carrier-Signal am Port vorhanden und der Port ist geschlossen.
Carrier / Open	Carrier-Signal ist am Port vorhanden und der Port ist offen.
Carrier / Closed	Carrier-Signal ist am Port vorhanden, der Port ist aber geschlossen.

File Access over EtherCAT

- Download** Mit dieser Schaltfläche können Sie eine Datei zum EtherCAT-Gerät schreiben.
- Upload** Mit dieser Schaltfläche können Sie eine Datei vom EtherCAT-Gerät lesen.

Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)

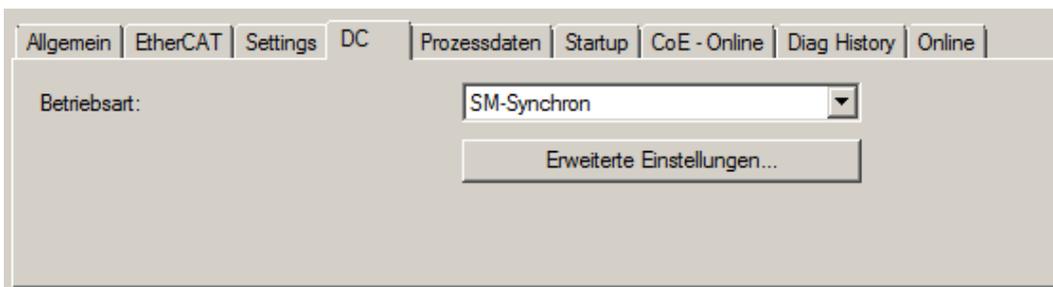


Abb. 331: Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)

- Betriebsart** Auswahlmöglichkeiten (optional):
 - FreeRun
 - SM-Synchron
 - DC-Synchron (Input based)
 - DC-Synchron
- Erweiterte Einstellungen...** Erweiterte Einstellungen für die Nachregelung der echtzeitbestimmenden TwinCAT-Uhr

Detaillierte Informationen zu Distributed Clocks sind unter <http://infosys.beckhoff.de> angegeben:

Feldbuskomponenten → EtherCAT-Klemmen → EtherCAT System Dokumentation → Distributed Clocks

6.3.7.1 Detaillierte Beschreibung des Karteireiters „Prozessdaten“

Sync-Manager

Listet die Konfiguration der Sync-Manager (SM) auf. Wenn das EtherCAT-Gerät eine Mailbox hat, wird der SM0 für den Mailbox-Output (MbxOut) und der SM1 für den Mailbox-Input (MbxIn) benutzt. Der SM2 wird für die Ausgangsprozessdaten (Outputs) und der SM3 (Inputs) für die Eingangsprozessdaten benutzt.

Wenn ein Eintrag ausgewählt ist, wird die korrespondierende PDO-Zuordnung in der darunter stehenden Liste *PDO-Zuordnung* angezeigt.

PDO-Zuordnung

PDO-Zuordnung des ausgewählten Sync-Managers. Hier werden alle für diesen Sync-Manager-Typ definierten PDOs aufgelistet:

- Wenn in der Sync-Manager-Liste der Ausgangs-Sync-Manager (Outputs) ausgewählt ist, werden alle RxPDOs angezeigt.
- Wenn in der Sync-Manager-Liste der Eingangs-Sync-Manager (Inputs) ausgewählt ist, werden alle TxPDOs angezeigt.

Die markierten Einträge sind die PDOs, die an der Prozessdatenübertragung teilnehmen. Diese PDOs werden in der Baumdarstellung des System-Managers als Variablen des EtherCAT-Geräts angezeigt. Der Name der Variable ist identisch mit dem Parameter *Name* des PDO, wie er in der PDO-Liste angezeigt wird. Falls ein Eintrag in der PDO-Zuordnungsliste deaktiviert ist (nicht markiert und ausgegraut), zeigt dies an, dass dieser Eintrag von der PDO-Zuordnung ausgenommen ist. Um ein ausgegrautes PDO auswählen zu können, müssen Sie zuerst das aktuell angewählte PDO abwählen.

i Aktivierung der PDO-Zuordnung

- ✓ Wenn Sie die PDO-Zuordnung geändert haben, muss zur Aktivierung der neuen PDO-Zuordnung

- a) der EtherCAT-Slave einmal den Statusübergang PS (von Pre-Operational zu Safe-Operational) durchlaufen (siehe [Karteireiter Online](#) [► 826])
- b) der System-Manager die EtherCAT-Slaves neu laden

(Schaltfläche  bei TwinCAT 2 bzw.  bei TwinCAT 3)

PDO-Liste

Liste aller von diesem EtherCAT-Gerät unterstützten PDOs. Der Inhalt des ausgewählten PDOs wird der Liste *PDO-Content* angezeigt. Durch Doppelklick auf einen Eintrag können Sie die Konfiguration des PDO ändern.

Spalte	Beschreibung
Index	Index des PDO.
Size	Größe des PDO in Byte.
Name	Name des PDO. Wenn dieses PDO einem Sync-Manager zugeordnet ist, erscheint es als Variable des Slaves mit diesem Parameter als Namen.
Flags	F Fester Inhalt: Der Inhalt dieses PDO ist fest und kann nicht vom System-Manager geändert werden. M Obligatorisches PDO (Mandatory). Dieses PDO ist zwingend erforderlich und muss deshalb einem Sync-Manager zugeordnet werden! Als Konsequenz können Sie dieses PDO nicht aus der Liste <i>PDO-Zuordnungen</i> streichen
SM	Sync-Manager, dem dieses PDO zugeordnet ist. Falls dieser Eintrag leer ist, nimmt dieses PDO nicht am Prozessdatenverkehr teil.
SU	Sync-Unit, der dieses PDO zugeordnet ist.

PDO-Inhalt

Zeigt den Inhalt des PDOs an. Falls das Flag F (fester Inhalt) des PDOs nicht gesetzt ist, können Sie den Inhalt ändern.

Download

Falls das Gerät intelligent ist und über eine Mailbox verfügt, können die Konfiguration des PDOs und die PDO-Zuordnungen zum Gerät herunter geladen werden. Dies ist ein optionales Feature, das nicht von allen EtherCAT-Slaves unterstützt wird.

PDO-Zuordnung

Falls dieses Kontrollkästchen angewählt ist, wird die PDO-Zuordnung die in der PDO-Zuordnungsliste konfiguriert ist beim Startup zum Gerät herunter geladen. Die notwendigen, zum Gerät zu sendenden Kommandos können in auf dem Karteireiter [Startup](#) [► 823] betrachtet werden.

PDO-Konfiguration

Falls dieses Kontrollkästchen angewählt ist, wird die Konfiguration des jeweiligen PDOs (wie sie in der PDO-Liste und der Anzeige PDO-Inhalt angezeigt wird) zum EtherCAT-Slave herunter geladen.

6.3.8 Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI

SCI und XTI Export/Import – Handling von benutzerdefiniert veränderten EtherCAT-Slaves

6.3.8.1 Grundlagen

Ein EtherCAT-Slave wird grundlegend durch folgende „Elemente“ parametrieren:

- Zyklische Prozessdaten (PDO)
- Synchronisierung (Distributed Clocks, FreeRun, SM-Synchron)
- CoE-Parameter (azyklisches Objektverzeichnis)

Hinweis: je nach Slave sind nicht alle drei Elemente vorhanden.

Zum besseren Verständnis der Export/Import-Funktion wird der übliche Ablauf bei der IO-Konfiguration betrachtet:

- Der Anwender/Programmierer bearbeitet die IO-Konfiguration, d.h. die Gesamtheit der Input/Output-Geräte, wie etwa Antriebe, die an den verwendeten Feldbussen anliegen, in der TwinCAT-Systemumgebung.
Hinweis: Im Folgenden werden nur EtherCAT-Konfigurationen in der TwinCAT-Systemumgebung betrachtet.
- Der Anwender fügt z.B. manuell Geräte in eine Konfiguration ein oder führt einen Scan auf dem Online-System durch.
- Er erhält dadurch die IO-System-Konfiguration.
- Beim Einfügen erscheint der Slave in der System-Konfiguration in der vom Hersteller vorgesehenen Standard-Konfiguration, bestehend aus Standard-PDO, default-Synchronisierungsmethode und CoE-StartUp-Parameter wie in der ESI (XML Gerätebeschreibung) definiert ist.
- Im Bedarfsfall können dann, entsprechend der jeweiligen Gerätedokumentation, Elemente der Slave-Konfiguration verändert werden, z.B. die PDO-Konfiguration oder die Synchronisierungsmethode.

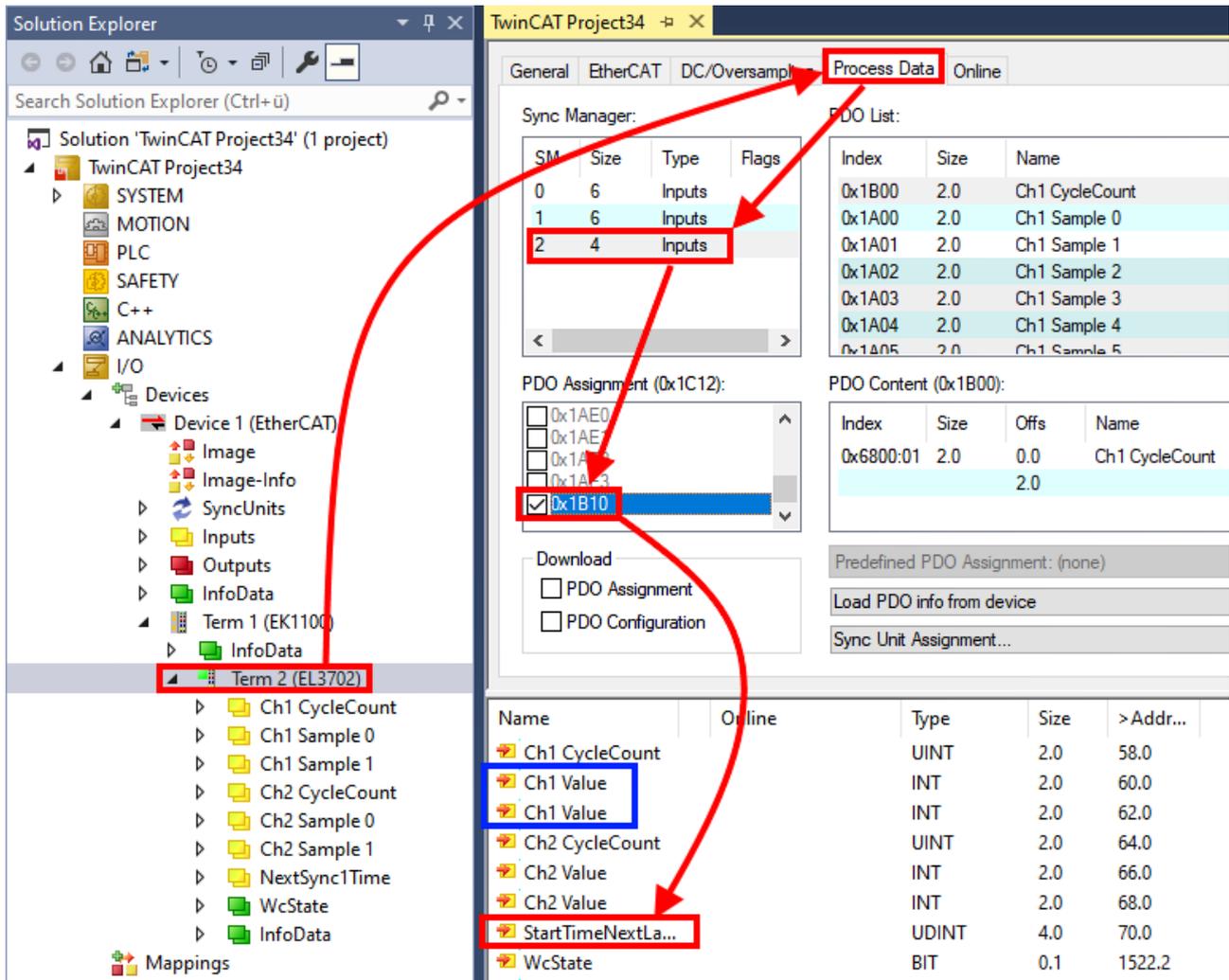
Nun kann der Bedarf entstehen, den veränderten Slave derartig in anderen Projekten wiederzuverwenden, ohne darin äquivalente Konfigurationsveränderungen an dem Slave nochmals vornehmen zu müssen. Um dies zu bewerkstelligen, ist wie folgt vorzugehen:

- Export der Slave-Konfiguration aus dem Projekt,
- Ablage und Transport als Datei,
- Import in ein anderes EtherCAT-Projekt.

Dazu bietet TwinCAT zwei Methoden:

- innerhalb der TwinCAT-Umgebung: Export/Import als **x**ti-Datei oder
- außerhalb, d.h. TwinCAT-Grenzen überschreitend: Export/Import als **s**ci-Datei.

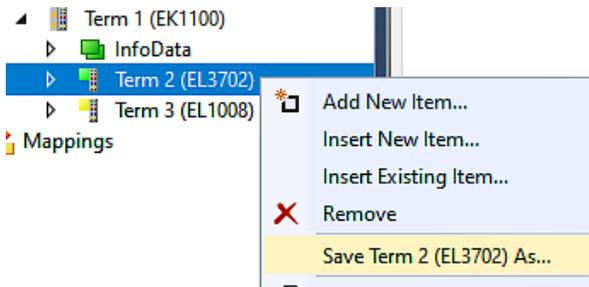
Zur Veranschaulichung im Folgenden ein Beispiel: eine EL3702-Klemme in Standard-Einstellung wird auf 2-fach Oversampling umgestellt (blau) und das optionale PDO „StartTimeNextLatch“ wahlweise hinzugefügt (rot):



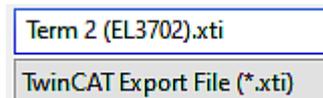
Die beiden genannten Methoden für den Export und Import der veränderten Klemme werden im Folgenden demonstriert.

6.3.8.2 Das Vorgehen innerhalb TwinCAT mit xti-Dateien

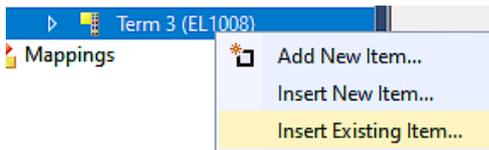
Jedes IO Gerät kann einzeln exportiert/abgespeichert werden:



Die xti-Datei kann abgelegt:



und in einem anderen TwinCAT System über „Insert Existing item“ wieder importiert werden:



6.3.8.3 Das Vorgehen innerhalb und außerhalb TwinCAT mit sci-Datei

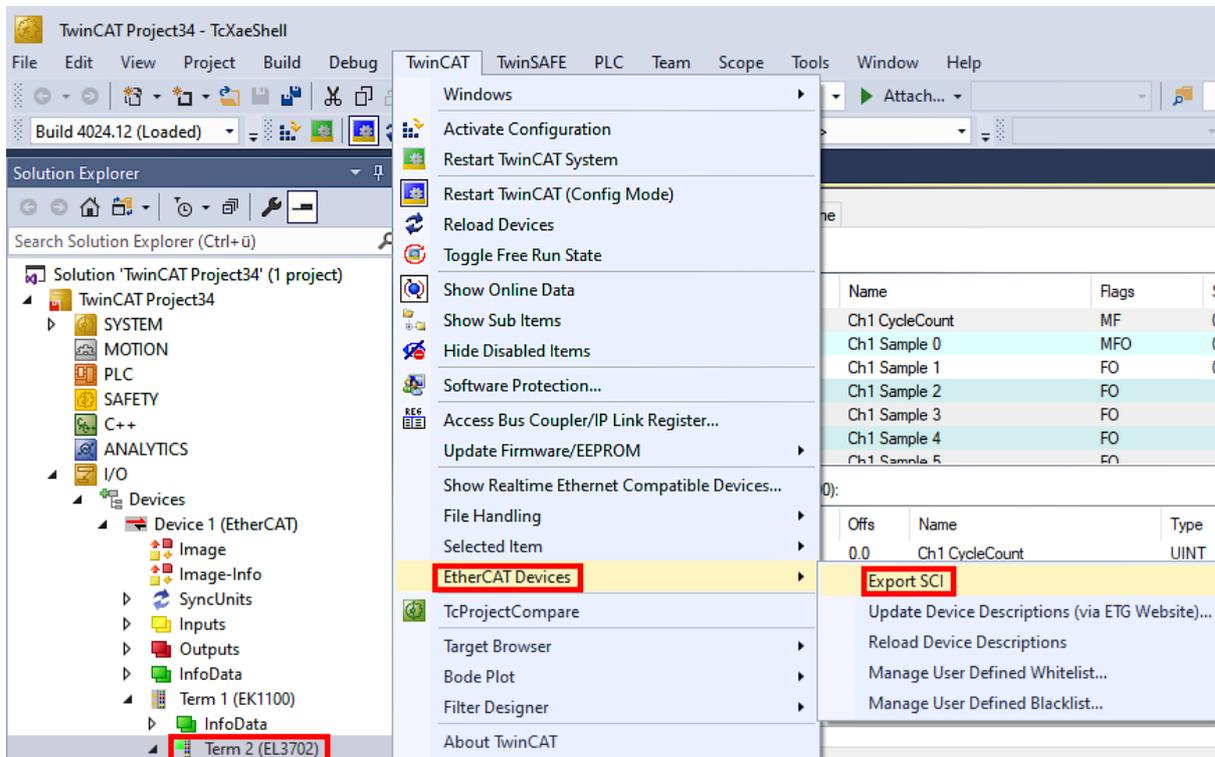
Hinweis Verfügbarkeit (2021/01)

Das sog. „SCI-Verfahren“ ist ab TwinCAT 3.1 Build 4024.14 verfügbar.

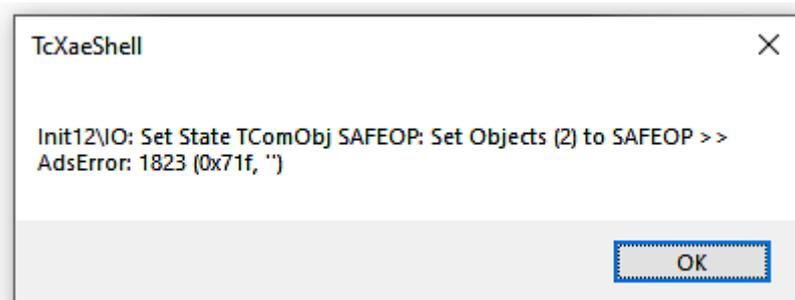
Die Slave Configuration Information (SCI) beschreibt eine bestimmte vollständige Konfiguration für einen EtherCAT-Slave (Klemme, Box, Antrieb...) basierend auf den Einstellungsmöglichkeiten der Gerätebeschreibungdatei (ESI, EtherCAT-Slave Information). Das heißt, sie umfasst PDO, CoE, Synchronisierung.

Export:

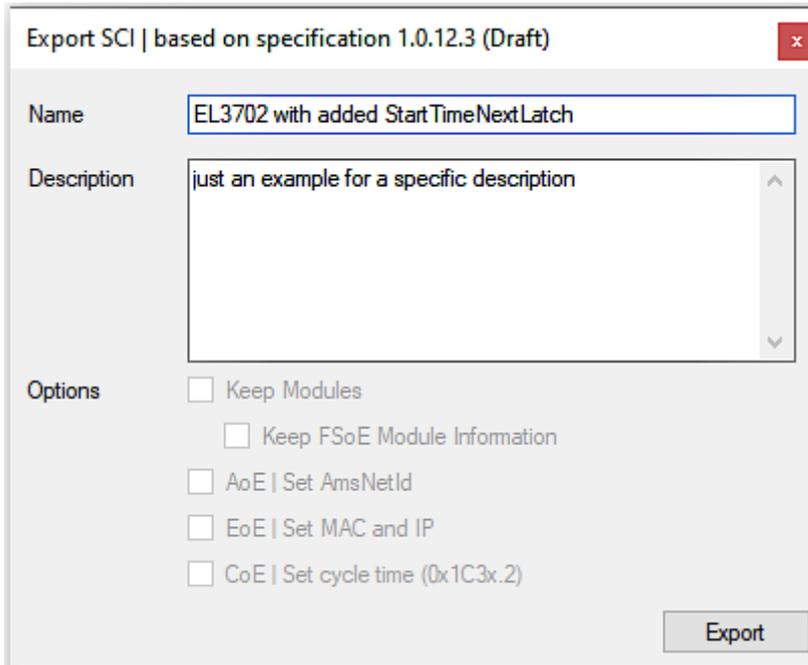
- einzelnes Gerät (auch Mehrfachauswahl möglich) über das Menü auswählen:
TwinCAT → EtherCAT Devices → Export SCI.



- Falls TwinCAT offline ist (es liegt keine Verbindung zu einer laufenden realen Steuerung vor) kann eine Warnmeldung erscheinen, weil nach Ausführung der Funktion das System den Versuch unternimmt, den EtherCAT-Strang neu zu laden, ist in diesem Fall allerdings nicht ergebnisrelevant und kann mit Klick auf „OK“ bestätigt werden:



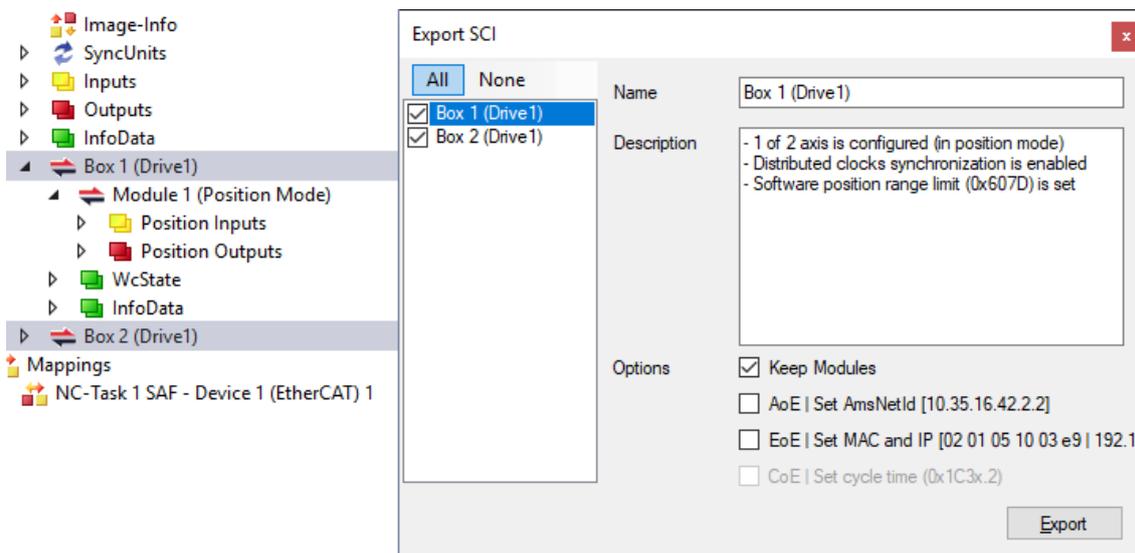
- Im Weiteren kann eine Beschreibung angegeben werden:



- Erläuterungen zum Dialogfenster:

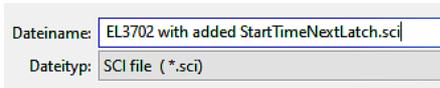
Name	Name des SCIs, wird vom Anwender vergeben.	
Description	Beschreibung der Slave Konfiguration für den genutzten Anwendungsfall, wird vom Anwender vergeben.	
Options	Keep Modules	Falls ein Slave „Modules/Slots“ unterstützt, kann entschieden werden, ob diese mit exportiert werden sollen oder ob die Modul- und Gerätedaten beim Export zusammengefasst werden.
	AoE Set AmsNetId	Die konfigurierte AmsNetId wird mit exportiert. Üblicherweise ist diese netzwerkabhängig und kann nicht immer vorab bestimmt werden.
	EoE Set MAC and IP	Die konfigurierte virtuelle MAC- und IP- Adresse werden in der SCI gespeichert. Üblicherweise sind diese netzwerkabhängig und können nicht immer vorab bestimmt werden.
	CoE Set cycle time(0x1C3x.2)	Die konfigurierte Zykluszeit wird exportiert. Üblicherweise ist diese netzwerkabhängig und kann nicht immer vorab bestimmt werden.
ESI	Referenz auf die ursprüngliche ESI Datei.	
Export	SCI Datei speichern.	

- Bei Mehrfachauswahl ist eine Listenansicht verfügbar (*Export multiple SCI files*):

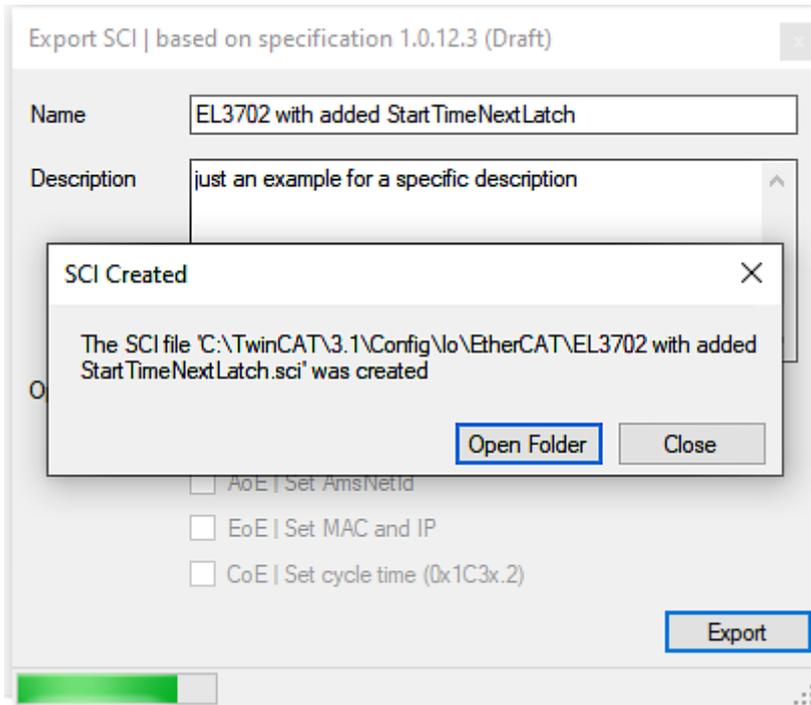


- Auswahl der zu exportierenden Slaves:

- All:
Es werden alle Slaves für den Export selektiert.
- None:
Es werden alle Slaves abgewählt.
- Die sci-Datei kann lokal abgespeichert werden:

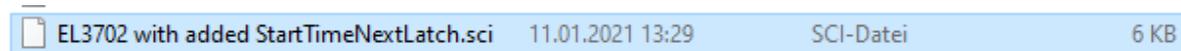


- Es erfolgt der Export:

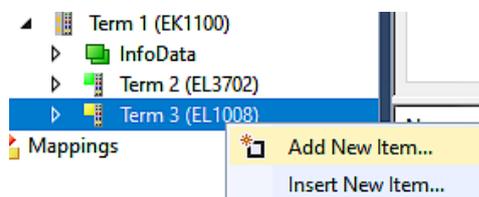


Import

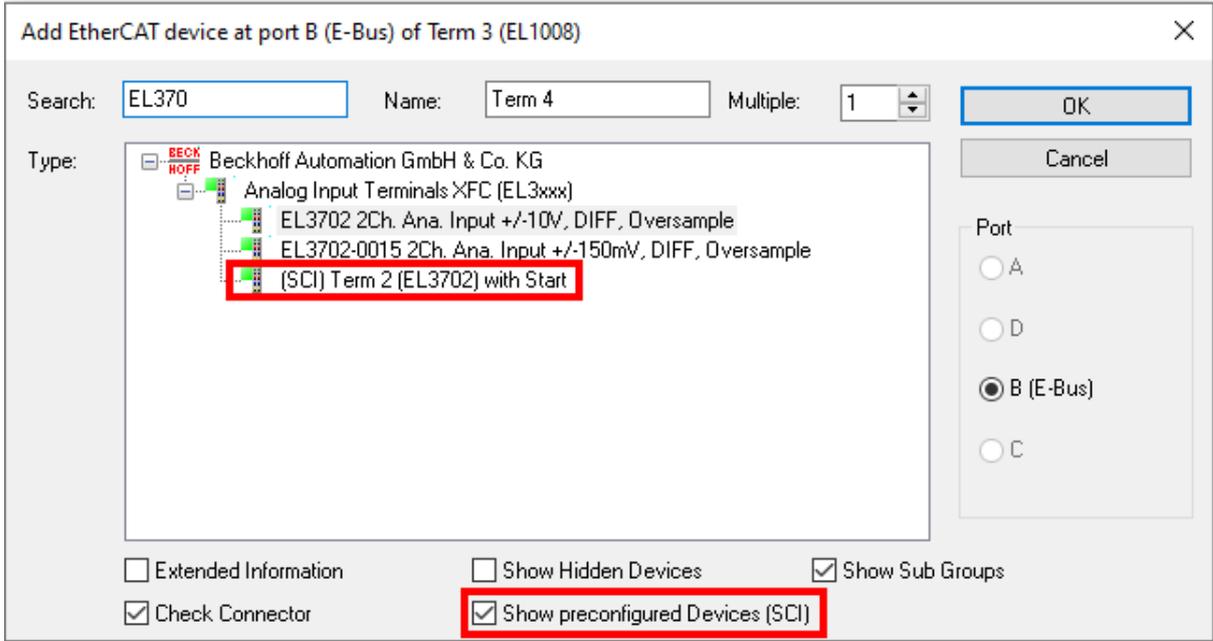
- Eine sci-Beschreibung kann wie jede normale Beckhoff-Gerätebeschreibung manuell in die TwinCAT-Konfiguration eingefügt werden.
- Die sci-Datei muss im TwinCAT-ESI-Pfad liegen, i.d.R. unter:
C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT



- Öffnen des Auswahl-Dialogs:

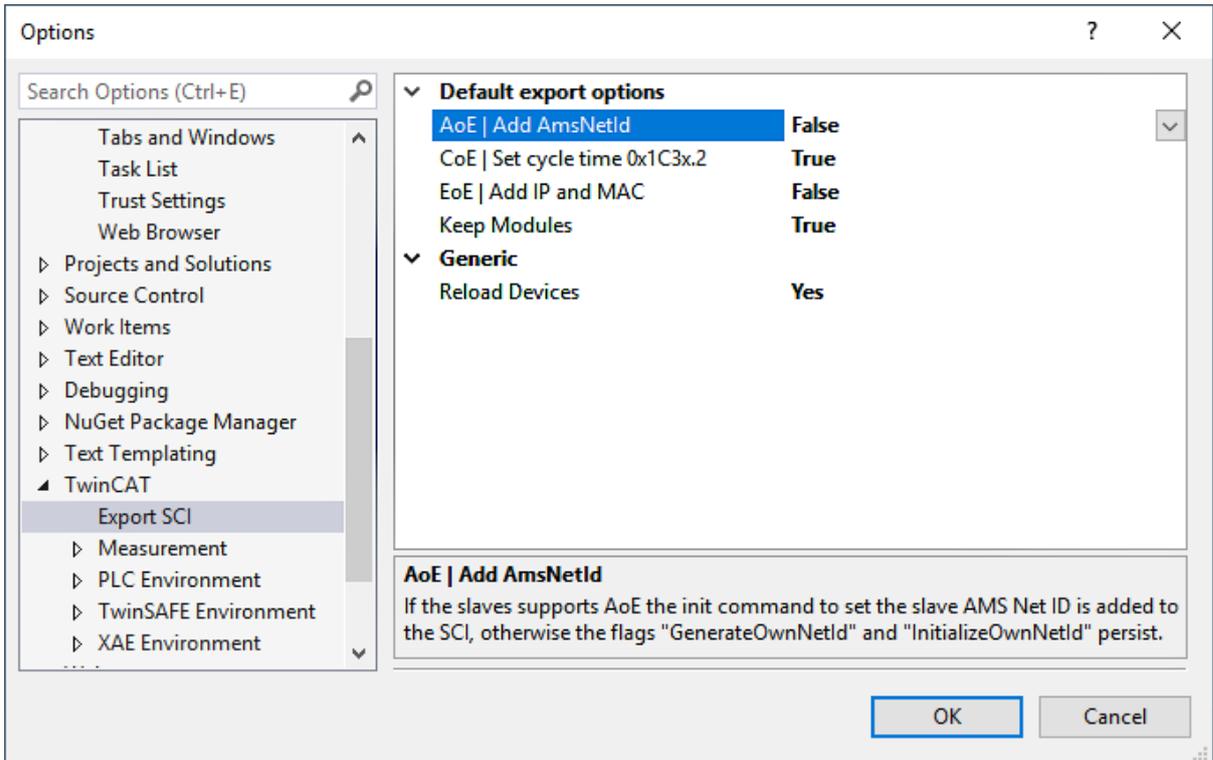


- SCI-Geräte anzeigen und gewünschtes Gerät auswählen und einfügen:



Weitere Hinweise

- Einstellungen für die SCI-Funktion können über den allgemeinen Options Dialog vorgenommen werden (Tools → Options → TwinCAT → Export SCI):

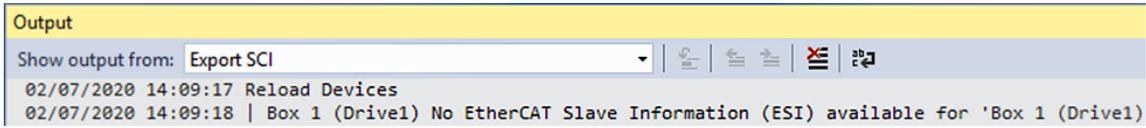


Erläuterung der Einstellungen:

Default export options	AoE Set AmsNetId	Standard Einstellung, ob die konfigurierte AmsNetId exportiert wird.
	CoE Set cycle time(0x1C3x.2)	Standard Einstellung, ob die konfigurierte Zykluszeit exportiert wird.
	EoE Set MAC and IP	Standard Einstellung, ob die konfigurierten MAC- und IP-Adressen exportiert werden.
	Keep Modules	Standard Einstellung, ob die Module bestehen bleiben.

Generic	Reload Devices	Einstellung, ob vor dem SCI Export das Kommando „Reload Devices“ ausgeführt wird. Dies wird dringend empfohlen, um eine konsistente Slave-Konfiguration zu gewährleisten.
---------	----------------	--

SCI-Fehlermeldungen werden bei Bedarf im TwinCAT Logger Output-Fenster angezeigt:



6.4 EtherCAT-Grundlagen

Grundlagen zum Feldbus EtherCAT entnehmen Sie bitte der [EtherCAT System-Dokumentation](#).

6.5 EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden

Die zulässige Leitungslänge zwischen zwei EtherCAT-Geräten darf maximal 100 Meter betragen. Dies resultiert aus der FastEthernet-Technologie, die vor allem aus Gründen der Signaldämpfung über die Leitungslänge eine maximale Linklänge von 5 m + 90 m + 5 m erlaubt, wenn Leitungen mit entsprechenden Eigenschaften verwendet werden. Siehe dazu auch die [Auslegungsempfehlungen zur Infrastruktur für EtherCAT/Ethernet](#).

Kabel und Steckverbinder

Verwenden Sie zur Verbindung von EtherCAT-Geräten nur Ethernet-Verbindungen (Kabel + Stecker), die mindestens der Kategorie 5 (CAT5) nach EN 50173 bzw. ISO/IEC 11801 entsprechen. EtherCAT nutzt vier Adern des Kabels für die Signalübertragung.

EtherCAT verwendet beispielsweise RJ45-Steckverbinder. Die Kontaktbelegung ist zum Ethernet-Standard (ISO/IEC 8802-3) kompatibel.

Pin	Aderfarbe	Signal	Beschreibung
1	gelb	TD+	Transmission Data +
2	orange	TD-	Transmission Data -
3	weiß	RD+	Receiver Data +
6	blau	RD-	Receiver Data -

Aufgrund der automatischen Kabelerkennung (Auto-Crossing) können Sie zwischen EtherCAT-Geräten von Beckhoff sowohl symmetrisch (1:1) belegte als auch gekreuzte Leitungen (Cross-Over) verwendet werden.

● Empfohlene Kabel

i Es wird empfohlen, die entsprechenden Beckhoff-Komponenten zu verwenden, z. B.

- Kabelsätze ZK1090-9191-xxxx bzw.
- feldkonfektionierbare RJ45 Stecker ZS1090-0005 oder
- feldkonfektionierbare Ethernet Leitung ZB9010, ZB9020.

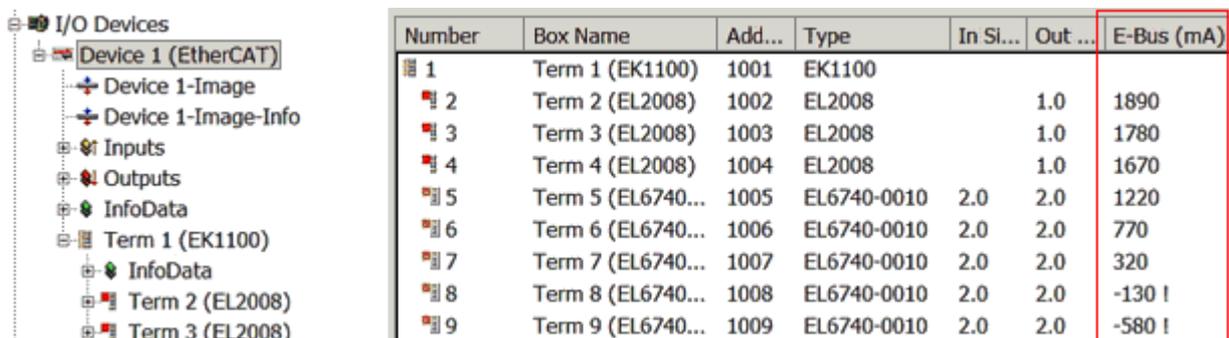
Geeignete Kabel zur Verbindung von EtherCAT-Geräten finden Sie auf der [Beckhoff Website!](#)

E-Bus-Versorgung

Ein Buskoppler kann die an ihm angefügten EL-Klemmen mit der E-Bus-Systemspannung von 5 V versorgen, in der Regel ist ein Koppler dabei bis zu 2 A belastbar (siehe Dokumentation des jeweiligen Gerätes).

Zu jeder EL-Klemme ist die Information, wie viel Strom sie aus der E-Bus-Versorgung benötigt, online und im Katalog verfügbar. Benötigen die angefügten Klemmen mehr Strom als der Koppler liefern kann, sind an entsprechender Position im Klemmenstrang Einspeiseklemmen (z. B. [EL9410](#)) zu setzen.

Im TwinCAT System Manager wird der berechnete, theoretische maximale E-Bus-Strom angezeigt. Eine Unterschreitung wird durch einen negativen Summenbetrag und Ausrufezeichen markiert, vor einer solchen Stelle ist eine Einspeiseklemme zu setzen.



Number	Box Name	Add...	Type	In Si...	Out ...	E-Bus (mA)
1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
2	Term 2 (EL2008)	1002	EL2008		1.0	1890
3	Term 3 (EL2008)	1003	EL2008		1.0	1780
4	Term 4 (EL2008)	1004	EL2008		1.0	1670
5	Term 5 (EL6740...)	1005	EL6740-0010	2.0	2.0	1220
6	Term 6 (EL6740...)	1006	EL6740-0010	2.0	2.0	770
7	Term 7 (EL6740...)	1007	EL6740-0010	2.0	2.0	320
8	Term 8 (EL6740...)	1008	EL6740-0010	2.0	2.0	-130 !
9	Term 9 (EL6740...)	1009	EL6740-0010	2.0	2.0	-580 !

Abb. 332: System Manager Stromberechnung

HINWEIS**Fehlfunktion möglich!**

Die E-Bus-Versorgung aller EtherCAT-Klemmen eines Klemmenblocks muss aus demselben Massepotential erfolgen!

6.6 Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung

Die EtherCAT-Klemmen sind mit einer Sicherungseinrichtung (Watchdog) ausgestattet, die z. B. bei unterbrochenem Prozessdatenverkehr nach einer voreinstellbaren Zeit die Ausgänge (sofern vorhanden) in einen gegebenenfalls vorgebbaren Zustand schaltet, in Abhängigkeit von Gerät und Einstellung z. B. auf FALSE (aus) oder einen Ausgabewert.

Der EtherCAT Slave Controller verfügt dazu über zwei Watchdogs:

- Sync Manager (SM)-Watchdog (default: 100 ms)
- Process-Data (PDI)-Watchdog (default: 100 ms)

Deren Zeiten werden in TwinCAT wie folgt einzeln parametrisiert:

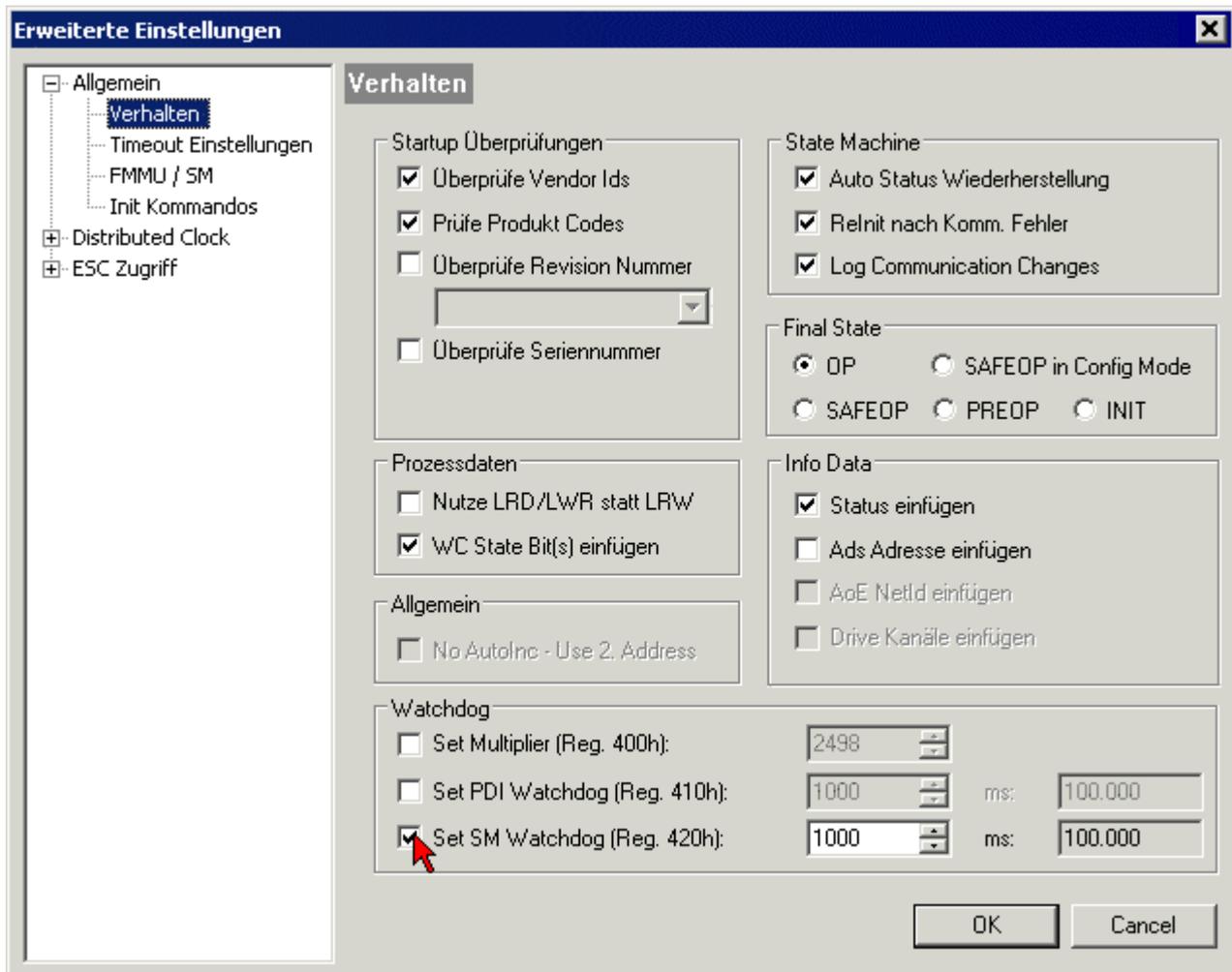


Abb. 333: Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten -> Watchdog

Anmerkungen:

- Das Multiplier-Register 400h (hexadezimal, also 0x0400), ist für beide Watchdogs gültig.
- Jeder Watchdog hat seine eigene Timer-Einstellung 410h bzw. 420h, die zusammen mit dem Multiplier eine resultierende Zeit ergibt.
- Wichtig: die Multiplier-/Timer-Einstellung wird nur dann beim EtherCAT-Start in den Slave geladen, wenn die Checkbox davor aktiviert ist.
Ist diese nicht aktiviert, wird nichts herunter geladen und die im ESC befindliche Einstellung bleibt unverändert.
- Die heruntergeladenen Werte können in den ESC-Registern 400h, 410h und 420h eingesehen werden: ESC Zugriff -> Speicher (ESC Access -> Memory).

SM-Watchdog (SyncManager-Watchdog)

Der SyncManager-Watchdog wird bei jeder erfolgreichen EtherCAT-Prozessdatenkommunikation mit der Klemme zurückgesetzt. Findet z. B. durch eine Leitungsunterbrechung länger als die eingestellte und aktivierte SM-Watchdog-Zeit keine EtherCAT-Prozessdatenkommunikation mit der Klemme statt, löst der Watchdog aus. Der Status der Klemme (in der Regel OP) bleibt davon unberührt. Der Watchdog wird erst wieder durch einen erfolgreichen EtherCAT-Prozessdatenzugriff zurückgesetzt.

Der SyncManager-Watchdog ist also eine Überwachung auf korrekte und rechtzeitige Prozessdatenkommunikation zwischen Master und ESC, die allein auf EtherCAT-Ebene abläuft.

Die maximal mögliche Watchdog-Zeit ist geräteabhängig. Beispielsweise beträgt sie bei „einfachen“ EtherCAT-Slaves (ohne Firmware) mit Watchdog-Ausführung im ESC in der Regel bis zu 170 Sekunden. Bei komplexen EtherCAT-Slaves (mit Firmware) wird die SM-Watchdog-Funktion in der Regel zwar über Register 400h/420h parametrisiert, aber vom Microcontroller (µC) ausgeführt und kann deutlich darunter liegen. Außerdem kann die Ausführung dann einer gewissen Zeitunsicherheit unterliegen. Da der TwinCAT-Dialog ggf. Eingaben bis 65535 zulässt, wird ein Test der gewünschten Watchdog-Zeit empfohlen.

PDI-Watchdog (Process Data Watchdog)

Findet länger als die eingestellte und aktivierte PDI-Watchdog-Zeit keine PDI (Process Data Interface)-Kommunikation mit dem ESC statt, löst dieser Watchdog aus.

PDI ist die interne Schnittstelle des ESC z. B. zu lokalen Prozessoren im EtherCAT-Slave. Mit dem PDI-Watchdog kann diese Kommunikation auf Ausfall überwacht werden.

Der PDI-Watchdog ist also eine Überwachung auf korrekte und rechtzeitige Prozessdatenkommunikation mit dem ESC, nun aber von der Applikationsseite aus betrachtet.

Berechnung

$$\text{Watchdog-Zeit} = [1/25 \text{ MHz} * (\text{Watchdog-Multiplier} + 2)] * \text{SM/PDI Watchdog}$$

Beispiel: Default-Einstellung Multiplier = 2498, SM-Watchdog = 1000 => 100 ms

Der Wert in „Watchdog-Multiplier + 2“ in der oberen Formel entspricht der Anzahl 40ns-Basisticks, die einen Watchdog-Tick darstellen.

⚠ VORSICHT

Ungewolltes Verhalten des Systems möglich!
 Die Abschaltung des SM-Watchdog durch SM-Watchdog = 0 funktioniert erst in Klemmen ab Revision -0016. In vorherigen Versionen wird vom Einsatz dieser Betriebsart abgeraten.

⚠ VORSICHT

Beschädigung von Geräten und ungewolltes Verhalten des Systems möglich!
 Bei aktiviertem SM-Watchdog und eingetragenen Wert 0 schaltet der Watchdog vollständig ab! Dies ist die Deaktivierung des Watchdogs! Gesetzte Ausgänge werden dann bei einer Kommunikationsunterbrechung NICHT in den sicheren Zustand gesetzt!

6.7 EtherCAT State Machine

Über die EtherCAT State Machine (ESM) wird der Zustand des EtherCAT-Slaves gesteuert. Je nach Zustand sind unterschiedliche Funktionen im EtherCAT-Slave zugänglich bzw. ausführbar. Insbesondere während des Hochlaufs des Slaves müssen in jedem State spezifische Kommandos vom EtherCAT-Master zum Gerät gesendet werden.

Es werden folgende Zustände unterschieden:

- Init
- Pre-Operational
- Safe-Operational
- Operational
- Bootstrap

Regulärer Zustand eines jeden EtherCAT-Slaves nach dem Hochlauf ist der Status Operational (OP).

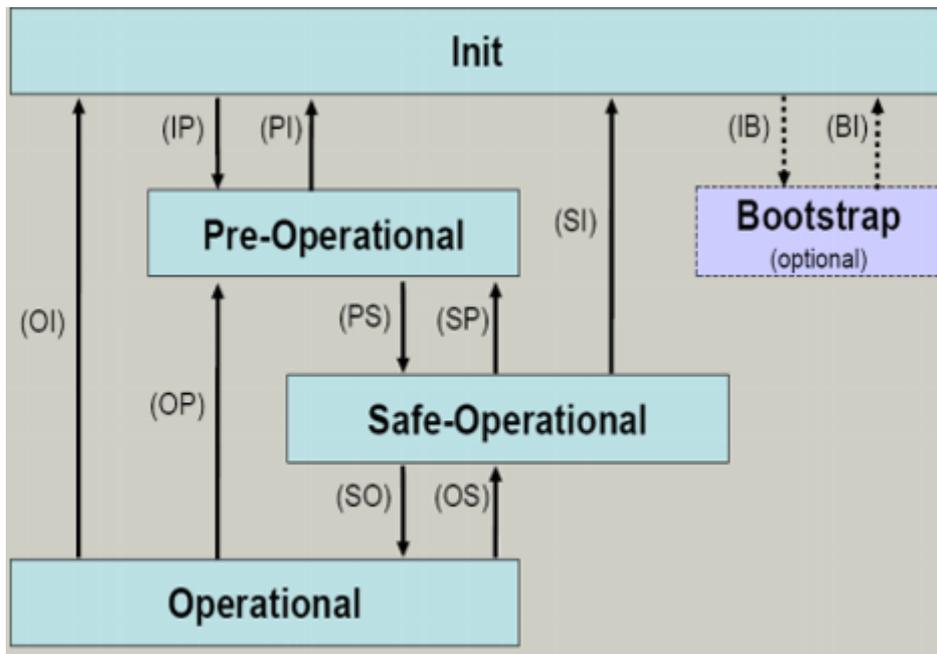


Abb. 334: Zustände der EtherCAT State Machine

Init

Nach dem Einschalten befindet sich der EtherCAT-Slave im Zustand *Init*. Dort ist weder Mailbox- noch Prozessdatenkommunikation möglich. Der EtherCAT-Master initialisiert die Sync-Manager-Kanäle 0 und 1 für die Mailbox-Kommunikation.

Pre-Operational (Pre-Op)

Beim Übergang von *Init* nach *Pre-Op* prüft der EtherCAT-Slave, ob die Mailbox korrekt initialisiert wurde.

Im Zustand *Pre-Op* ist Mailbox-Kommunikation aber keine Prozessdatenkommunikation möglich. Der EtherCAT-Master initialisiert die Sync-Manager-Kanäle für Prozessdaten (ab Sync-Manager-Kanal 2), die Kanäle der Fieldbus Memory Management Unit (FMMU) und, falls der Slave ein konfigurierbares Mapping unterstützt, das Mapping der Prozessdatenobjekte (PDOs) oder das Sync-Manager-PDO-Assignement. Weiterhin werden in diesem Zustand die Einstellungen für die Prozessdatenübertragung sowie ggf. noch klemmenspezifische Parameter übertragen, die von den Default-Einstellungen abweichen.

Safe-Operational (Safe-Op)

Beim Übergang von *Pre-Op* nach *Safe-Op* prüft der EtherCAT-Slave, ob die Sync-Manager-Kanäle für die Prozessdatenkommunikation sowie ggf. die Einstellungen für die Distributed Clocks korrekt sind. Bevor er den Zustandswechsel quittiert, kopiert der EtherCAT-Slave aktuelle Inputdaten in die entsprechenden Dual Port (DP)-RAM-Bereiche des ESC.

Im Zustand *Safe-Op* ist Mailbox- und Prozessdatenkommunikation möglich, allerdings hält der Slave seine Ausgänge im sicheren Zustand und gibt sie noch nicht aus. Die Inputdaten werden aber bereits zyklisch aktualisiert.

● Ausgänge im SAFEOP

I Die standardmäßig aktivierte Überwachung mittels Watchdog bringt die Ausgänge im ESC-Modul in Abhängigkeit von den Einstellungen im SAFEOP und OP in einen sicheren Zustand - je nach Gerät und Einstellung - z. B. auf AUS. Wird dies durch Deaktivieren der Überwachung unterbunden, können auch im Geräte-Zustand SAFEOP Ausgänge geschaltet werden bzw. gesetzt bleiben.

Operational (Op)

Bevor der EtherCAT-Master den EtherCAT-Slave von *Safe-Op* nach *Op* schaltet, muss er bereits gültige Outputdaten übertragen.

Im Zustand *Op* kopiert der Slave die Ausgangsdaten des Masters auf seine Ausgänge. Es ist Prozessdaten- und Mailboxkommunikation möglich.

Boot

Im Zustand *Boot* kann ein Update der Slave-Firmware vorgenommen werden. Der Zustand *Boot* ist nur über den Zustand *Init* zu erreichen.

Im Zustand *Boot* ist Mailbox-Kommunikation über das Protokoll File-Access over EtherCAT (FoE) möglich, aber keine andere Mailbox- und Prozessdatenkommunikation.

6.8 CoE-Interface

Allgemeine Beschreibung

Das CoE-Interface (CAN application protocol over EtherCAT Interface) ist die Parameterverwaltung für EtherCAT-Geräte. EtherCAT-Slaves oder auch der EtherCAT-Master verwalten darin feste (ReadOnly) oder veränderliche Parameter, die sie zum Betrieb, Diagnose oder Inbetriebnahme benötigen.

CoE-Parameter sind in einer Tabellen-Hierarchie angeordnet und prinzipiell dem Anwender über den Feldbus zugänglich. Der EtherCAT-Master (TwinCAT System Manager) kann über EtherCAT auf die lokalen CoE-Verzeichnisse der Slaves zugreifen und je nach Eigenschaften lesend oder schreibend einwirken.

Es sind verschiedene Typen für CoE-Datentypen möglich wie String (Text), Integer-Zahlen, Bool'sche Werte oder größere Byte-Felder. Damit lassen sich ganz verschiedene Eigenschaften beschreiben. Beispiele für solche Parameter sind Herstellerkennung, Seriennummer, Prozessdateneinstellungen, Geräte name, Abgleichwerte für analoge Messungen oder Passwörter.

Die Ordnung erfolgt in zwei Ebenen über hexadezimale Nummerierung: Zuerst wird der (Haupt)Index genannt, dann der Subindex.

Die Wertebereiche sind:

- Index: 0x0000...0xFFFF (0...65535_{dez})
- Subindex: 0x00...0xFF (0...255_{dez})

Üblicherweise wird ein so lokalisierter Parameter geschrieben als 0x8010:07 mit voranstehendem „0x“ als Kennzeichen des hexadezimalen Zahlenraumes und Doppelpunkt zwischen Index und Subindex.

Die für den EtherCAT-Feldbusanwender wichtigen Bereiche sind

- 0x1000: Hier sind feste Identitätsinformationen zum Gerät hinterlegt wie Name, Hersteller, Seriennummer etc. Außerdem liegen hier Angaben über die aktuellen und verfügbaren Prozessdatenkonstellationen.
- 0x8000: Hier sind die für den Betrieb erforderlichen funktionsrelevanten Parameter für alle Kanäle zugänglich wie Filtereinstellung oder Ausgabefrequenz.

Weitere wichtige Bereiche sind:

- 0x4000: Hier befinden sich bei manchen EtherCAT-Geräten die Kanalparameter. Historisch war dies der erste Parameterbereich, bevor der 0x8000 Bereich eingeführt wurde. EtherCAT-Geräte, die früher mit Parametern in 0x4000 ausgerüstet wurden und auf 0x8000 umgestellt wurden, unterstützen aus Kompatibilitätsgründen beide Bereiche und spiegeln intern.
- 0x6000: Hier liegen die Eingangs-PDO („Eingänge“ aus Sicht des EtherCAT-Masters)
- 0x7000: Hier liegen die Ausgangs-PDO („Ausgänge“ aus Sicht des EtherCAT-Masters)

● Verfügbarkeit



Nicht jedes EtherCAT-Gerät muss über ein CoE-Verzeichnis verfügen. Einfache I/O-Module ohne eigenen Prozessor verfügen in der Regel über keine veränderlichen Parameter und haben deshalb auch kein CoE-Verzeichnis.

Wenn ein Gerät über ein CoE-Verzeichnis verfügt, stellt sich dies im TwinCAT System Manager als ein eigener Karteireiter mit der Auflistung der Elemente dar:

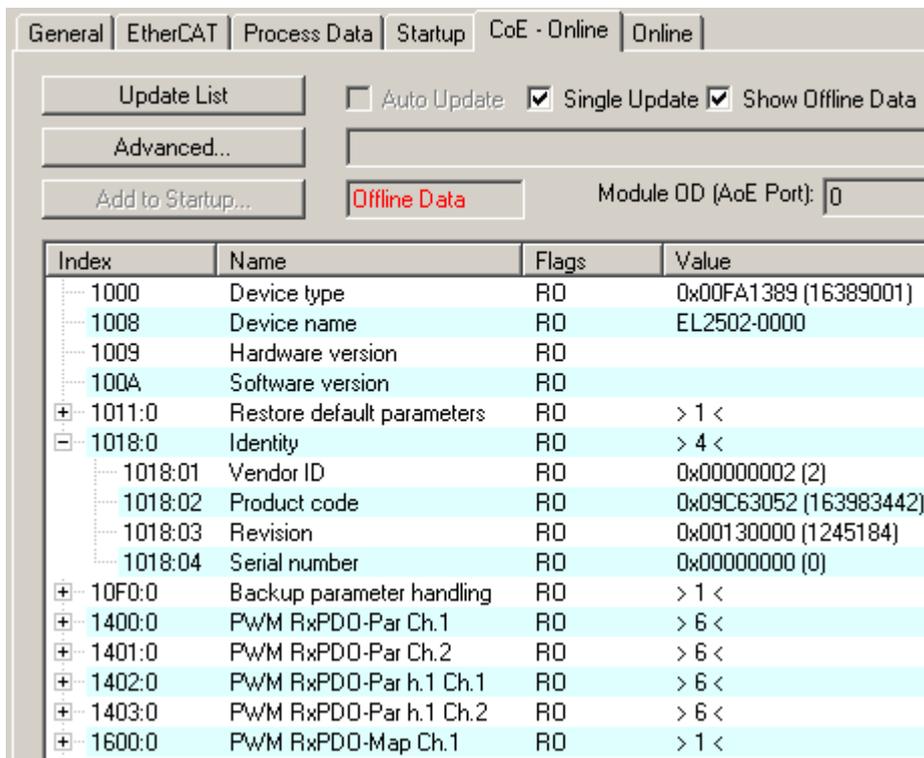


Abb. 335: Karteireiter „CoE-Online“

In der Abbildung „Karteireiter ‚CoE-Online‘“ sind die im Gerät „EL2502“ verfügbaren CoE-Objekte von 0x1000 bis 0x1600 zu sehen, die Subindizes von 0x1018 sind aufgeklappt.

HINWEIS**Veränderungen im CoE-Verzeichnis (CAN over EtherCAT-Verzeichnis), Programmzugriff**

Beachten Sie bei Verwendung/Manipulation der CoE-Parameter die allgemeinen CoE-Hinweise im Kapitel „CoE-Interface“ der EtherCAT-System-Dokumentation:

- Startup-Liste führen für den Austauschfall,
- Unterscheidung zwischen Online/Offline Dictionary,
- Vorhandensein aktueller XML-Beschreibung (Download von der [Beckhoff Website](#)),
- "CoE-Reload" zum Zurücksetzen der Veränderungen
- Programmzugriff im Betrieb über die PLC (s. [TwinCAT3 | PLC-Bibliothek: Tc2 EtherCAT](#) und [Beispielprogramm R/W CoE](#))

Datenerhaltung und Funktion „NoCoeStorage“

Einige, insbesondere die vorgesehenen Einstellungsparameter des Slaves, sind veränderlich und beschreibbar,

- über den System Manager (siehe Abb. „Karteireiter ‚CoE-Online‘“) durch Anklicken. Dies bietet sich bei der Inbetriebnahme der Anlage bzw. Slaves an. Klicken Sie auf die entsprechende Zeile des zu parametrierenden Indizes und geben Sie einen entsprechenden Wert im „SetValue“-Dialog ein.
- aus der Steuerung bzw. PLC über ADS z. B. durch die Bausteine aus der TcEtherCAT.lib Bibliothek. Dies wird für Änderungen während der Anlagenlaufzeit empfohlen oder wenn kein System Manager bzw. Bedienpersonal zur Verfügung steht.

i Datenerhaltung

Werden online auf dem Slave CoE-Parameter geändert, wird dies in Beckhoff-Geräten üblicherweise ausfallsicher im Gerät (EEPROM) gespeichert. D. h. nach einem Neustart (Re Power) sind die veränderten CoE-Parameter immer noch erhalten. Andere Hersteller können dies anders handhaben.

Ein EEPROM unterliegt in Bezug auf Schreibvorgänge einer begrenzten Lebensdauer. Ab typischerweise 100.000 Schreibvorgängen kann eventuell nicht mehr sichergestellt werden, dass neue (veränderte) Daten sicher gespeichert werden oder noch auslesbar sind. Dies ist für die normale Inbetriebnahme ohne Belang. Werden allerdings zur Maschinenlaufzeit fortlaufend CoE-Parameter über ADS verändert, kann die Lebensdauerergrenze des EEPROMs durchaus erreicht werden.

Es ist von der FW-Version abhängig, ob die Funktion NoCoeStorage unterstützt wird, die das Abspeichern veränderter CoE-Werte unterdrückt.

Ob das auf das jeweilige Gerät zutrifft, ist den technischen Daten der entsprechenden Dokumentation zu entnehmen.

- Wird diese unterstützt: Die Funktion ist per einmaligem Eintrag des Codeworts 0x12345678 im CoE-Index 0xF008 zu aktivieren. Die Funktion ist solange aktiv, wie das Codewort unverändert bleibt. Nach dem Einschalten des Gerätes ist sie nicht aktiv. Veränderte CoE-Werte werden dann nicht im EEPROM abgespeichert, sie können somit beliebig oft verändert werden.
- Wird diese nicht unterstützt: Eine fortlaufende Änderung von CoE-Werten ist angesichts der o.a. Lebensdauerergrenze nicht zulässig.

i Startup-Liste

Veränderungen im lokalen CoE-Verzeichnis der Klemme gehen im Austauschfall mit der alten Klemme verloren. Wird im Austauschfall eine neue Klemme mit Beckhoff Werkseinstellungen eingesetzt, bringt diese die Standardeinstellungen mit. Es ist deshalb empfehlenswert, alle Veränderungen im CoE-Verzeichnis eines EtherCAT-Slaves in der Startup-Liste des Slaves zu verankern, die bei jedem Start des EtherCAT-Feldbus abgearbeitet wird. So wird auch im Austauschfall ein neuer EtherCAT-Slave automatisch mit den Vorgaben des Anwenders parametrierung.

Wenn EtherCAT-Slaves verwendet werden, die lokal CoE-Werte nicht dauerhaft speichern können, ist zwingend die Startup-Liste zu verwenden.

Empfohlenes Vorgehen bei manueller Veränderung von CoE-Parametern

- Gewünschte Änderung im System Manager vornehmen (Werte werden lokal im EtherCAT-Slave gespeichert).
- Wenn der Wert dauerhaft Anwendung finden soll, einen entsprechenden Eintrag in der Startup-Liste vornehmen. Die Reihenfolge der Startup-Einträge ist dabei i.d.R. nicht relevant.

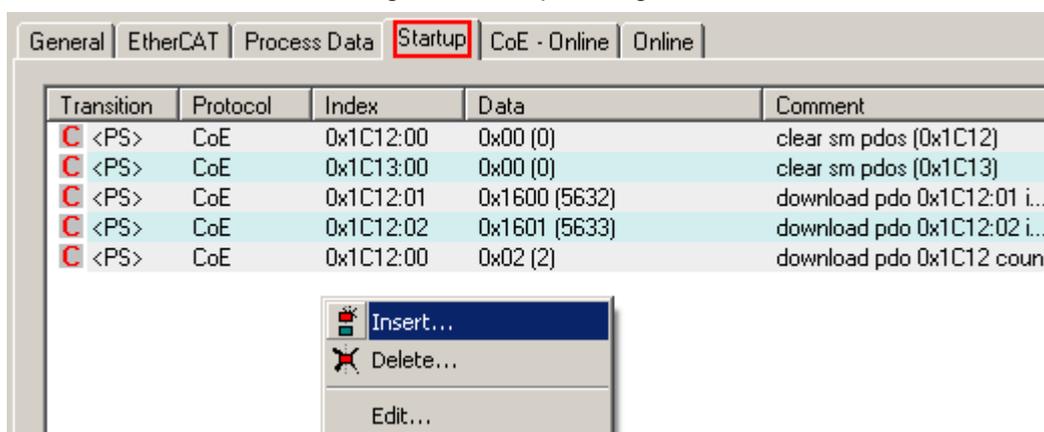


Abb. 336: Startup-Liste im TwinCAT System Manager

In der Startup-Liste können bereits Werte enthalten sein, die vom System Manager nach den Angaben der ESI dort angelegt werden. Zusätzliche anwendungsspezifische Einträge können ebenfalls angelegt werden.

Online- / Offline Verzeichnis

Im Rahmen der Arbeit mit dem TwinCAT System Manager ist zu differenzieren, ob das EtherCAT-Gerät gegenwärtig „verfügbar“ ist, also angeschaltet und über EtherCAT verbunden – somit **online** – oder ob eine Konfiguration **offline** erstellt wird, ohne dass Slaves angeschlossen sind.

In beiden Fällen ist ein CoE-Verzeichnis nach Abb. „Karteireiter ‚CoE-Online‘“ zu sehen, die Konnektivität wird allerdings als offline oder online angezeigt.

- Wenn der Slave offline ist,
 - wird das Offline-Verzeichnis aus der ESI-Datei angezeigt; Änderungen sind hier nicht sinnvoll bzw. möglich.
 - wird in der Identität der konfigurierte Stand angezeigt.
 - wird kein Firmware- oder Hardware-Stand angezeigt, da dies Eigenschaften des realen Gerätes sind.
 - ist ein rotes **Offline Data** zu sehen.

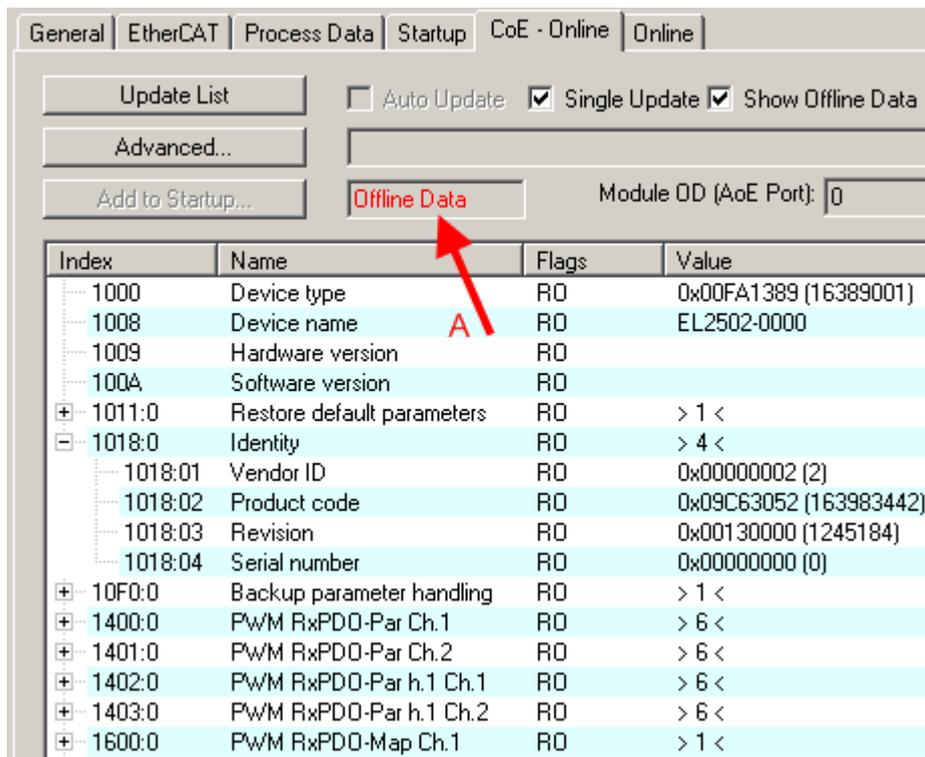


Abb. 337: Offline-Verzeichnis

- Wenn der Slave online ist,
 - wird das reale, aktuelle Verzeichnis des Slaves ausgelesen; dies kann je nach Größe und Zykluszeit einige Sekunden dauern.
 - wird die tatsächliche Identität angezeigt.
 - wird der Firmware- und Hardware-Stand des Gerätes im CoE angezeigt.
 - ist ein grünes **Online Data** zu sehen.

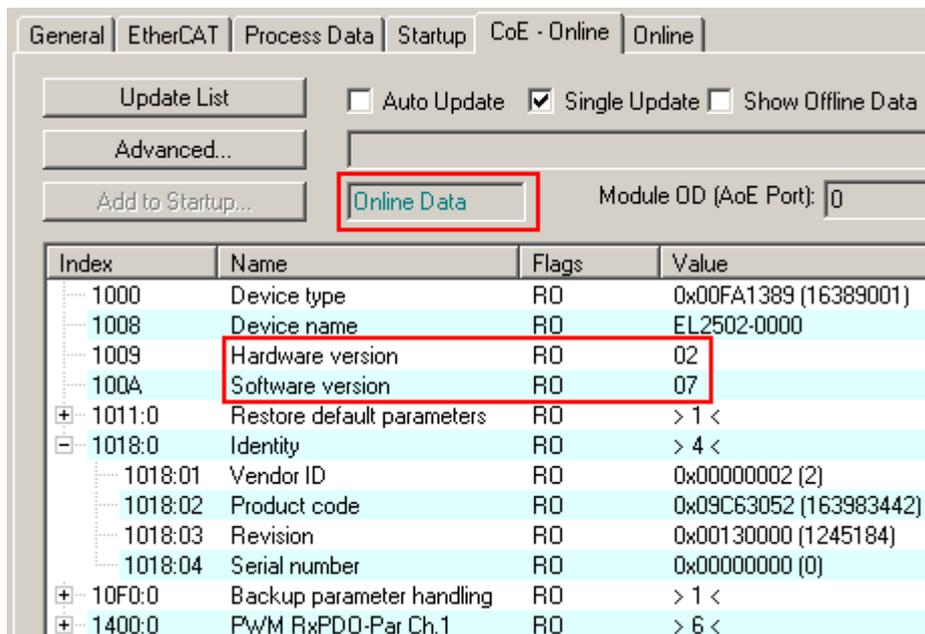


Abb. 338: Online-Verzeichnis

Kanalweise Ordnung

Das CoE-Verzeichnis ist in EtherCAT-Geräten angesiedelt, die meist mehrere funktional gleichwertige Kanäle umfassen; z. B. hat eine vierkanalige Analogeingangsklemme auch vier logische Kanäle und damit vier gleiche Sätze an Parameterdaten für die Kanäle. Um in den Dokumentationen nicht jeden Kanal auflisten zu müssen, wird gerne der Platzhalter „n“ für die einzelnen Kanalnummern verwendet.

Im CoE-System sind für die Menge aller Parameter eines Kanals eigentlich immer 16 Indizes mit jeweils 255 Subindizes ausreichend. Deshalb ist die kanalweise Ordnung in 16_{dez} bzw. 10_{hex} -Schritten eingerichtet. Am Beispiel des Parameterbereichs 0x8000 sieht man dies deutlich:

- Kanal 0: Parameterbereich 0x8000:00 ... 0x800F:255
- Kanal 1: Parameterbereich 0x8010:00 ... 0x801F:255
- Kanal 2: Parameterbereich 0x8020:00 ... 0x802F:255
- ...

Allgemein wird dies geschrieben als 0x80n0.

Ausführliche Hinweise zum CoE-Interface finden Sie in der [EtherCAT-Systemdokumentation](#) auf der Beckhoff Website.

6.9 Distributed Clock

Die Distributed Clock stellt eine lokale Uhr im EtherCAT Slave Controller (ESC) dar mit den Eigenschaften:

- Einheit *1 ns*
- Nullpunkt *1.1.2000 00:00*
- Umfang *64 Bit* (ausreichend für die nächsten 584 Jahre); manche EtherCAT-Slaves unterstützen jedoch nur einen Umfang von 32 Bit, d. h. nach ca. 4,2 Sekunden läuft die Variable über
- Diese lokale Uhr wird vom EtherCAT Master automatisch mit der Master Clock im EtherCAT Bus mit einer Genauigkeit < 100 ns synchronisiert.

Detaillierte Informationen entnehmen Sie bitte der vollständigen [EtherCAT-Systembeschreibung](#).

7 Gehäuse

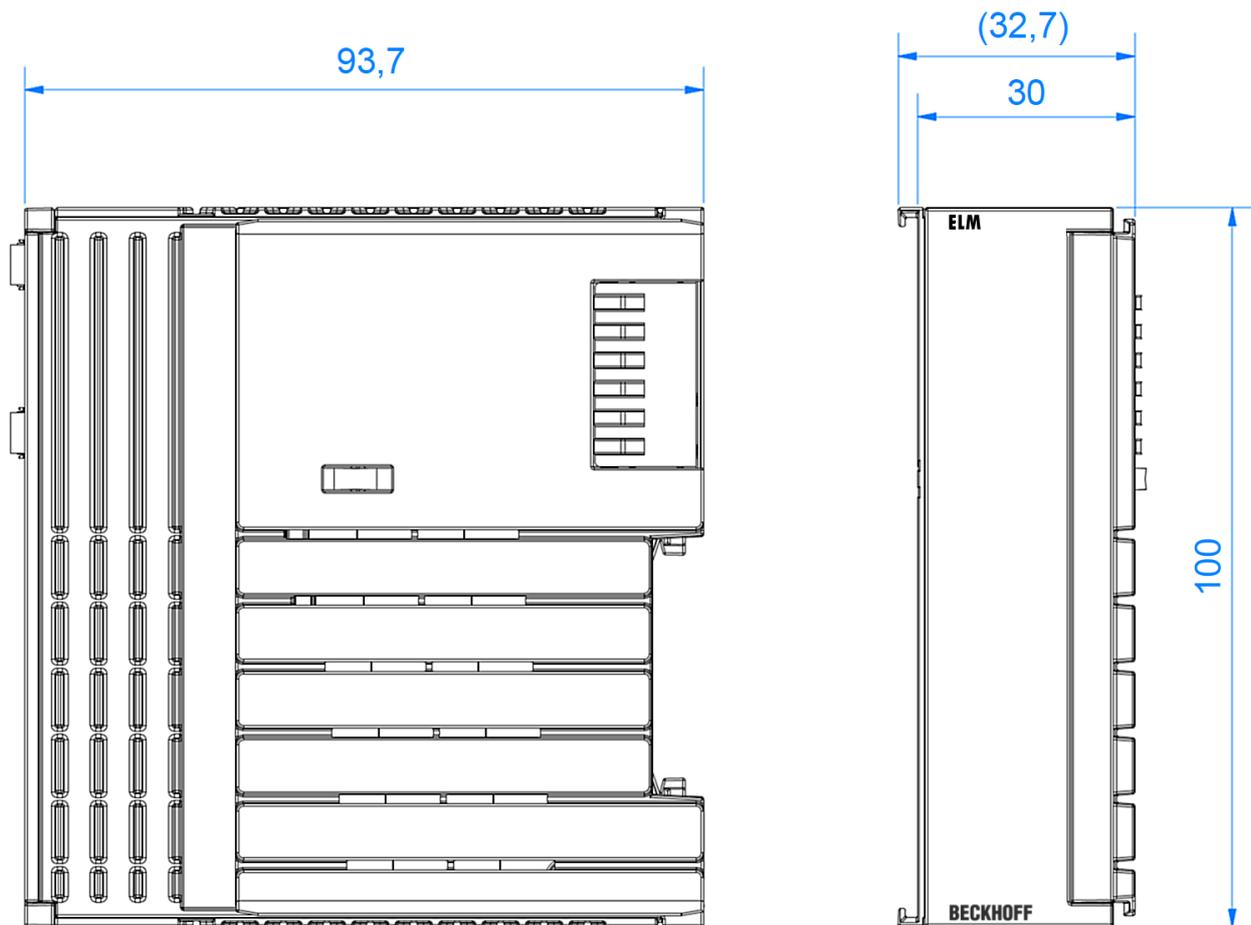


Abb. 339: Abmessungen: ELM3xxx Klemmen

7.1 Spezifikationen

Gehäusedaten

ELM-Typ	Stecker/ Buchse	Tiefe	Breite	Höhe
ELM3002-00x0 ELM3004-00x0 ELM3102-00x0 ELM3104-00x0 ELM3102-0100 ELM3142-0000 ELM3144-0000 ELM3146-0000 ELM3148-0000 ELM3344-0000 ELM3348-0000 ELM3502-0000 ELM3504-00x0 ELM3542-0000 ELM3544-0000 ELM3602-0000 ELM3604-0000 ELM3702-0000 ELM3704-00x0 ELM3704-1001	Push-In zur Direktverdrahtung, Steckeinheit lösbar zu Wartungszwecken	95 mm	33 mm (angereiht: 30 mm)	100 mm
ELM3344-0003 ELM3348-0003	Mini-TC "universal"			
ELM3602-0002 ELM3604-0002	BNC (female)	115 mm		
ELM3702-0101 ELM3704-0001	LEMO (female), Serie B multipole, Größe 1, 8 pol „308“ ¹⁾	98 mm		

¹⁾ Buchse 8 pol. LEMO ECG

8 Montage und Verdrahtung

8.1 Hinweise zu Stecker und Verdrahtung

Es liegt in der Natur von EtherCAT IO-Modulen/Klemmen/Box-Modulen, dass sie zwei Anschlusseiten haben: die eine obligatorisch zum Feldbus, um mit dem Modul zu kommunizieren, die andere zum Signal/Sensor/Aktor, um das Modul bestimmungsgemäß verwenden zu können. Die „äußere“ Anschlusseite ist in der Regel mit Kontaktiertechnik ausgerüstet, um die weiterführenden Leitungen anschließen zu können.

Nur wenige IO-Geräte verfügen über keine 2. Seite, wie z.B. die EL6070 Dongle-Klemme oder eine EL6090 Displayklemme.

Im Folgenden einige Hinweise und Anregungen zum Umgang mit der Anschlusstechnik

- **Herstellerseitige Vorgaben/Hinweise** zur Anschlusstechnik sind zu beachten. Ggf. ist vorgesehene Spezialwerkzeug sachgerecht zu verwenden, Stichwort Gasdichtigkeit beim Crimpen durch den Pressdruck.
- Jede lösbare Anschlusstechnik unterliegt Vorgaben zur Anzahl der **Verbindungszyklen**. Bei jedem Lösen/Stecken der Verbindung kommt es zu Reibvorgängen/Abrieb, mechanischer Dehnung/Relaxation, evtl. Eintrag von Schmutz, Zutritt von Gasen/Flüssigkeiten/Betauung, Kontaktentladung, Veränderung der elektrischen Eigenschaften und des Kontaktpunkts (ohmscher Übergangswiderstand). Es treten also mechanische, chemische und damit am Ende elektrische Veränderungen ein, wenn ein Kontakt gelöst/verbunden wird.
Im Hinblick auf das Einsatzszenario ist deshalb die passende Verbindungstechnik bzw. Geräte mit der passenden Verbindungstechnik zu wählen:
 - Für selten zu lösende Verbindungen können Stecker/Kontakte sinnvoll sein die mit einer max. **Steckzyklenzahl** (laut Hersteller) von 10 bis 100 spezifiziert sind. Dies kann der Fall sein, wenn Geräte einmalig installiert/verdrahtet werden, und über die Lebenszeit nur mit Umverdrahtung im Wartungsfall zu rechnen ist.
 - Für häufig zu lösende Verbindungen müssen Stecker/Kontakte mit einer max. Steckzyklenzahl von 1.000 und aufwärts gewählt werden. Solche Verbindungen sind typischerweise im Laborumfeld zu finden, wo mehrmals täglich die Verkabelung verändert wird und trotzdem über Jahre qualitativ hochwertiger Kontakt sichergestellt sein muss.
- Bei der Handhabung und insbesondere Konfektionierung von Steckern/Kontakten ist streng darauf zu achten, dass auch bei Low-Tech Verbindungen (offene Litze, Käfigzugfeder/Push-In) der **Kontakt mit Handschweiß/Flüssigkeiten** vermieden wird. Saure/Alkalische Flüssigkeiten können sehr aggressiv auf die Kontaktflächen einwirken und führen dort schnell zu Gefügeveränderungen und Oxidationsschichten. Diese wirken äußerst störend im analogen Messbetrieb, insbesondere da sie die Reproduzierbarkeit von Messungen untergraben und damit (wenn bekannt) eine sehr große systematische Messunsicherheit bewirken. Gegebenenfalls kann eine nachfolgende gründliche Reinigung vorgesehen werden.
- Die auftretende/erwartete **Belastung im Betrieb** muss dringend bei der Steckerauswahl bedacht werden.
- Außerordentliche Schwingungen können zu Mikroreibung/Korrosion führen und die elektrischen Eigenschaften verändern, bis zum vollständigen Kontaktabbruch.
- Temperatur hat Einfluss u.a. auf die mechanische Festigkeit der Verbindung und die Federkräfte in metallischen Komponenten.
- Gas/Flüssigkeitseinwirkung kann die Verbindung schädigen, insbesondere wenn sie in den eigentlichen Kontaktbereich dringt und dort nicht mehr entweichen kann.
- Im analogen Messtechnischen Bereich ist die **elektrische Qualität** der Verbindung, sowohl kurzzeitig im Inbetriebnahmefall als auch über die Lebensdauer unter äußeren Einflüssen und ggf. wiederholten Steckzyklen von hoher Relevanz. Dies drückt sich in der Wiederholpräzision des Übergangs aus, der Einfluss ist gegen die gesetzten Genauigkeitserwartungen zu prüfen. Hauptsächlich ist dort der (frequenzabhängige) Kontaktwiderstand relevant; Effekte können sein:
 - Durch Erhöhung des Kontaktwiderstands kommt es bei Stromübertragung zu Spannungsabfall und damit gegebenenfalls kritischer Eigenerwärmung

- Der interne Spannungsabfall kann entsprechende Messungen verfälschen. Um Auswirkungen zu vermeiden sind 4/5/6-Leiter-Verbindungen in der DMS/Widerstandsmessung vorzusehen, da nicht-stromführende Kontakte keinen verfälschenden Spannungsabfall mehr aufweisen. Die beliebte 3-Leiter-Verbindung bei Widerstandsmessung (PT100, PT1000 etc.) ist kein absoluter Schutz da die singuläre Leitung nicht diagnostiziert werden kann. Strom/Spannungsmessungen im industriellen Umfeld sind weniger sensibel auf Kontaktveränderungen.
- Bei schadhafter Kontaktoberfläche kann es je nach Kontaktlage zu zufälligen Widerstandsverhältnissen kommen, je nach Lage/Temperatur. Damit wird eine reproduzierbare Messung schwierig.
- Der **Aufwand für die Herstellung der Verbindung**, das Konfektionieren der Leitungen/Stecker, steigt in der Regel mit dem Anspruch an die Übertragungsqualität. Dies betrifft die benötigten Werkzeuge, Sorgfalt der Ausführung und Zeitbedarf. Beispiele:
 - Die in der Automatisierungstechnik übliche Käfigzugfeder/Push-In-Verbindung (Beispiel Beckhoff EL-Klemmen) ist in wenigen Sekunden mit oder ohne Aderendhülse hergestellt oder gelöst, ein Schraubendreher oder Drückstift ist ausreichend. Dafür ist die (ohmsche) Wiederholgenauigkeit oft nicht ausreichend für hochpräzise Messungen im DMS/R-Bereich.
 - Zur Konfektionierung eines Labor-üblichen LEMO/ODU-Steckers (Beispiel Beckhoff ELM3704-0001) sind einige 10 Minuten und Kosten von einigen 10 € anzusetzen - je nach Polzahl. Dafür erhält man höchstwertige Verbindungstechnik mit hoher zugelassener Steckzyklenzahl.
 - Eine Zwischenform können feldkonfektionierbare M8/M12-Verbindungen sein. Aus Dichtigkeitsgründen sind sie aufwendiger zu konfektionieren (ggf. löten oder Schneidklemmtechnik), von der Steckzyklenzahl sind sie oft eher im Bereich der Wartungsstecker anzusiedeln.
- Eine konfektionierte Verbindung sollte vor Inbetriebnahme elektrisch/mechanisch geprüft werden: Sichtkontrolle, Auszugstest, Crimphöhenmessung, Widerstandsmessung etc.

8.2 Hinweise Anschlusstechnik

⚠️ WARNUNG

Verletzungsgefahr durch Stromschlag und Beschädigung des Gerätes möglich!

Setzen Sie das Busklemmen-System in einen sicheren, spannungslosen Zustand, bevor Sie mit der Montage, Demontage oder Verdrahtung der Busklemmen beginnen!

8.2.1 Anschlussbauform Push-In mit Wartungsstecker

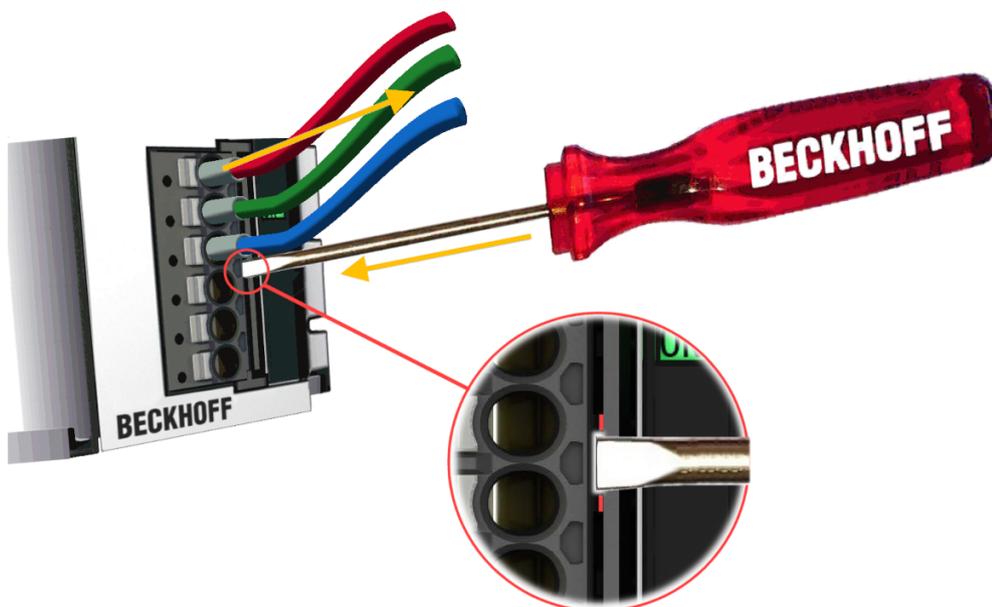
Der Leiteranschluss erfolgt in Direktstecktechnik, d.h. bei massiven Leitern werkzeuglos, der Leiter wird nach dem Abisolieren einfach in die Kontaktstelle gesteckt. Ebenso bei Aderendhülse. Freie Litzenenden können ebenfalls gesteckt werden, dann ist der Ader-Klemmmechanismus durch Betätigung des Drückers zu öffnen.

Das Lösen der Leitungen erfolgt, wie bei den Standardklemmen, über die Kontakt-Entriegelung mit Hilfe eines Schraubendrehers oder Drückers.

Die Leitungen dürfen nicht spannungsführend oder unter Last gesteckt/gezogen werden.

Zu Wartungszwecken z.B. im Servicefall kann ohne Lösen der einzelnen Adern der gesamte Steckkörper aus der Beckhoff-Klemme gezogen werden. Dazu mit einem Schraubendreher (z.B. Beckhoff ZB8700) die mittige Entriegelung zu lösen und an den Leitungen der Steckkörper herauszuziehen.

Auch der Wartungsstecker hat keine spezifizierte Schaltleistung, auch er darf nicht spannungsführend oder unter Last gesteckt/gezogen werden.



Den zulässigen Leiterquerschnitt bzw. die Abisolierlänge entnehmen Sie der nachfolgenden Tabelle.

Leitungsquerschnitt (eindrätig)	0,2 ... 1,5 mm ²
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,2 ... 1,5 mm ²
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,25 ... 0,75 mm ² (mit Aderendhülse mit Kunststoffkragen)
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,25 ... 1,5 mm ² (mit Aderendhülse ohne Kunststoffkragen)
Strombelastbarkeit, dauernd	5 A
Leiter (AWG)	24 – 14 14: THHN, THWN
Abisolierlänge	8 ... 9 mm / 0,31 – 0,35 in

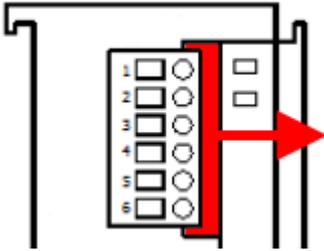
Kontakt lösen

Der Push-In-Stecker wird schon in der Klemme befindlich mitgeliefert.

Der Push-In Stecker ist als Wartungsstecker ausgelegt.

Maximale Steckzyklenzahl: 10

Der Stecker mit gesteckten Adern kann entnommen werden, wenn die Entriegelungslasche (rot) z.B. mit einem Schraubendreher in Pfeilrichtung gedrückt und somit die Entriegelung gelöst wird.



Beim Wieder-Einsetzen ist auf penible Sauberkeit zu achten, die Stifte in der Gerätewanne dürfen nicht berührt werden. Der Stecker ist einzusetzen bis er hörbar einrastet und die Steckerfront flächig mit dem ELM-Gehäuse abschließt.

8.2.2 Anschlussbauform BNC

Bei Klemmen mit BNC-Buchse (koaxial) wird kein Anschlussstecker mitgeliefert. BNC-Stecker sind im freien Handel in vielen Varianten verfügbar.

Zum Aufstecken ist der Stecker ohne Verkanten aufzuschieben und der Bajonett-Verschluss durch eine 90°-Drehung zu arretieren. Lösen entsprechend. Es ist auf Sauberkeit zu achten.

Die entsprechenden Montagehinweise bei Steckerkonfektionierung sind zu beachten.

Impedanzangaben (50 Ω , 75 Ω) spielen nur im Hochfrequenzbereich eine Rolle, bei Frequenzen im MHz-Bereich und darüber. Wenn nicht anders angegeben, verfügen Beckhoff Klemmen deshalb über keine 50 oder 75 Ω Leistungsanpassung.

8.2.3 Anschlussbauform LEMO

Bei Klemmen mit LEMO-Anschluss wird kein Anschlussstecker mitgeliefert. Die Fa. LEMO bietet eine umfangreiche Anzahl an Steckern an, die für das jeweilige Kabel exakt passend ausgewählt werden können (Abdichtung, Kabeldurchmesser, Gehäusematerial, abgewinkelt/gerade).

Beckhoff bietet die LEMO-Stecker derzeit (2020) nicht im Weiterverkauf an.

Die Montagehinweise seitens LEMO bzgl. der Steckerkonfektionierung sind zu beachten.

Der LEMO, Serie B verriegelt in der Buchse selbsttätig nach dem Einstecken, es wird kein Anzugsmoment o.ä. benötigt. Zum Lösen ist am Steckergehäuse zu ziehen, die Verriegelung wird automatisch gelöst.

8.2.4 Anschlussbauform Mini Thermoelement

Bei Klemmen mit Mini-TC-Anschluss wird kein Anschlussstecker mitgeliefert. Es können die marktüblichen Stecker verwendet werden:

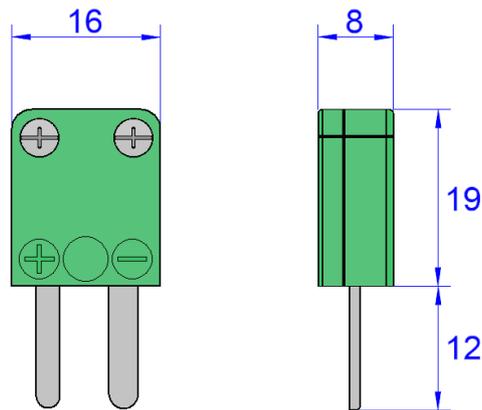


Abb. 340: Abbildung Mini-Thermoelement-Stecker (Abmessungen nur als Richtwerte)

Bei Beckhoff sind Mini-TC-Stecker als Zubehör ZS3000-010x erhältlich.

Die Farbe des Steckers/der Buchse zeigt den eingebauten Materialtyp an. Idealerweise sind Stecker und Buchse vom selben Typ und somit materialgleich. Dann verlagert sich die unvermeidbare TC Kaltstelle in das Messgerät und kann dort ideal gemessen werden.

Ersatzweise kann ein bestimmter Stecker in eine weiße Universal-Buchse aus Kupfer gesteckt werden, das ist die zweitbeste Lösung. In den Einstellungen des Geräts ist die entsprechende Kaltstellenoption zu wählen.

Hinweis Zugentlastung: es sind am Markt interne (im Stecker integrierte) und externe (als Zusatzblech ausgeführt) Zugentlastungen verfügbar. Da die Buchsen in den ELM334x nah beieinander sitzen, müssen Stecker mit interner, höhenneutraler Zugentlastung verwendet werden da es sonst durch die zusätzliche Aufbauhöhe zu mechanischen Spannungen kommt. Die Steckerhöhe von 8 mm darf nicht überschritten werden.

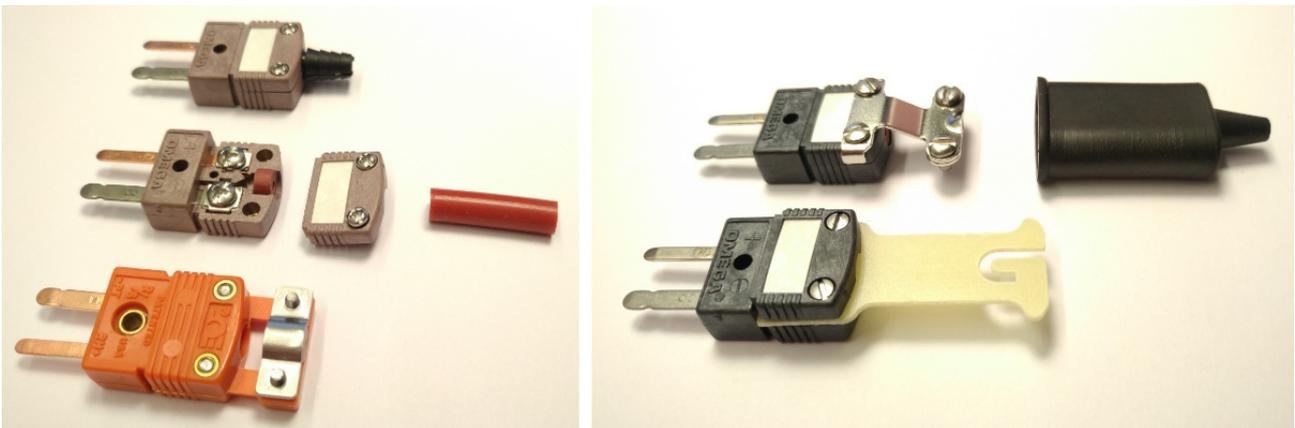


Abb. 341: Links: empfohlene Zugentlastungen/Dichtringe/Knickschutz, ohne Aufbauhöhe; rechts: nicht-zulässige Zugentlastungen, mit Aufbauhöhe

8.3 Hinweis zur Spannungsversorgung

WARNUNG

Spannungsversorgung aus SELV- / PELV-Netzteil!

Zur Versorgung dieses Geräts müssen SELV- / PELV-Stromkreise (Sicherheitskleinspannung, "safety extra-low voltage" / Schutzkleinspannung, „protective extra-low voltage“) nach IEC 61010-2-201 verwendet werden.

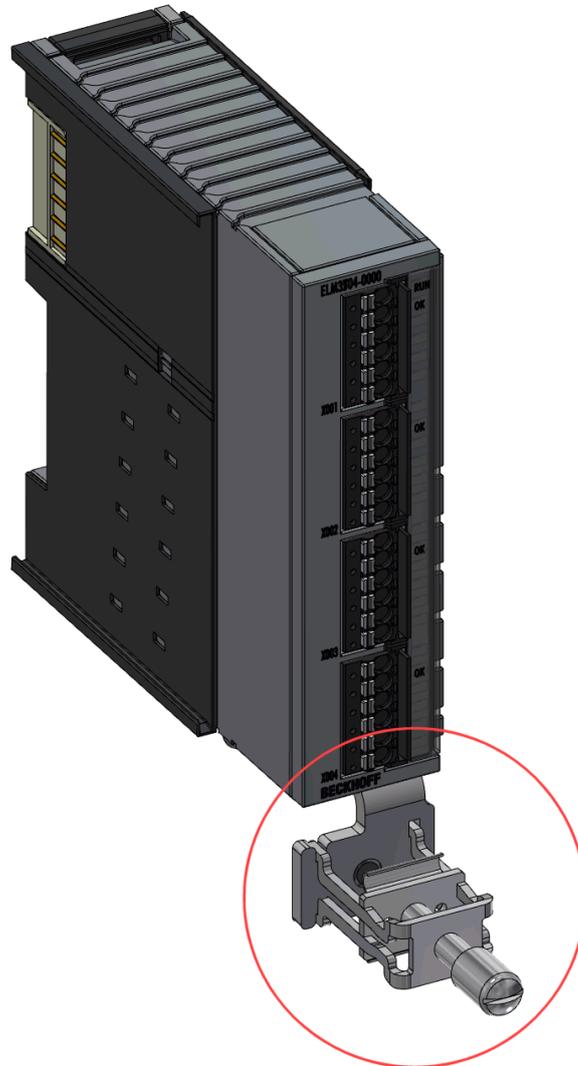
Hinweise:

- Durch SELV/PELV-Stromkreise entstehen eventuell weitere Vorgaben aus Normen wie IEC 60204-1 et al., zum Beispiel bezüglich Leitungsabstand und -isolierung.
- Eine SELV-Versorgung liefert sichere elektrische Trennung und Begrenzung der Spannung ohne Verbindung zum Schutzleiter, eine PELV-Versorgung benötigt zusätzlich eine sichere Verbindung zum Schutzleiter.

8.4 Zubehör

Für die analogen Eingangsklemmen der ELM3xxx-Serie ist derzeit folgendes Zubehör verfügbar

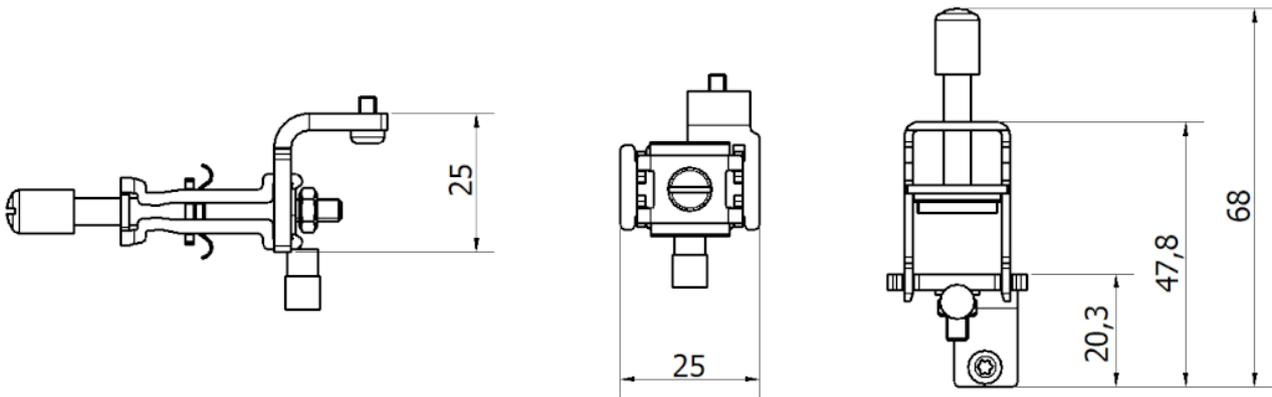
8.4.1 Schirmanschluss



Der Schirmanschluss ist ein optionales Bauteil, dass an der Unterseite des ELMxxxx Gehäuses montiert werden kann. Er ist gesondert zu bestellen.

Verfügbare Modelle

- ZS9100-0002: Schirmanschluss für ELM-Serie
 - Schraubklemmung, VPE=1 Stk



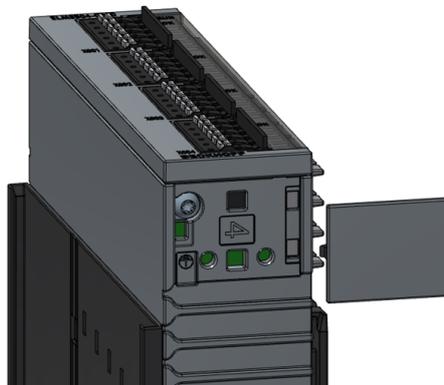
- ZS5300-0015: Schirmblech für EtherCAT-Anschluss der EtherCAT-Klemmen ELM721x/ELM722x
 - Klemmung, 2 Leitungen, VPE = 5 Stk
- ZS5300-0016: Schirmblech für EtherCAT-Anschluss der EtherCAT-Klemmen ELM723x
 - Klemmung, 1 Leitung, VPE = 5 Stk

Er dient dazu, elektrische Störsignale, die über den Kabelschirm ankommen, am Gehäuse niederohmig zu erden. Die Störungen fließen dann über das metallische ELM-Gehäuse und die integrierten Erdungsfedern an die Hutschiene ab. Damit das funktioniert, ist natürlich auch die Hutschiene/der Schaltschrank niederohmig anzubinden.

Hinweis: Elektrische Störungen sind meist hochfrequent, also ist nicht nur auf eine gute niederohmige Verbindung für DC-Signale zu achten (Durchgangstest mit dem Multimeter), sondern auch die Wirksamkeit für hochfrequente Signale ist von Bedeutung, also eine sog. niederimpedante Anbindung. Entweder wird dies mit speziellen Messgeräten getestet, oder die allgemeinen Installationsvorschriften bzgl. EMV-gerechtem Schaltschrankbau werden beachtet.

Die Verwendung des Schirmanschlusses ist wie folgt vorgesehen:

- die Kunststoffabdeckung am ELM-Gehäuse abhebeln, für spätere Wiederverwendung ggf. aufbewahren
- den Schirmanschluss mit der mitgelieferten Schraube befestigen, die Kontaktflächen sind ggf. zu reinigen. Das 2.Schraubloch bleibt frei für einen fallweise nötigen PE-Anschluss.
- das zugeführte Signalkabel entmanteln, unter der Schirmklammer durchführen und diese handfest zuschrauben (empfohlenes Anzugsmoment der Schraube: 0,5 Nm)
- die Adern des Signalkabels am Stecker auflegen
- Zur Demontage ist umgekehrt vorzugehen.



Hinweis: der Schirmanschluss ist keine Zugentlastung!

Alternative Methoden der Schirmanbindung analoger Signalleitungen:

- Beckhoff Schirmanschlusssystem ZB8500 <https://www.beckhoff.de/zb8500/>



- Separate Schirmauflage je nach Anforderung

8.4.2 Schirmhaube ZS9100-0003

Die Schirmhaube ist ein optionales Bauteil für die ELMxxxx-Gehäuseserie. Sie ist gesondert zu bestellen.

Sie beeinträchtigt die Sichtbarkeit der LED-Anzeigen der Klemme nicht.



Die Schirmhaube ist für zwei Einsatzzwecke vorgesehen

- Elektromagnetische Abschirmung von Störungen
Werden die Push-In Stecker verwendet, stellen diese ein Einfallstor für Störungen in die Klemme dar da sie aus Kunststoff bestehen. Deshalb kann (auch nachträglich) die Schirmhaube montiert werden um einen rundum geschlossenen metallischen Käfig um Klemme und Signalkabel zu gewährleisten. Alternativ können ELMxxxx-Klemmen mit geschirmten Steckern (z.B. LEMO, BNC) verwendet werden, dann wird die Schirmhaube nicht benötigt.
- Thermische Abschirmung bei Thermoelement-Messung
Wird die ELM3xxx Klemme zur Messung von Temperaturen per Thermoelement eingesetzt, trägt die **integrierte** Kaltstellenmessung erheblich zur Gesamtmessunsicherheit bei. Thermische Unruhe durch vorbeiströmende Luft und Strahlungswärme kann zu großen Temperaturgradienten im Steckerbereich

führen und damit zu schwankenden Temperaturmessungen. Bei Verwendung der Schirmhaube wird der Steckerbereich abgeschirmt und eine thermisch beruhigte Umgebung gefördert. Damit kann die erzielbare Messgenauigkeit gesteigert werden.

Es können 1..4 handelsübliche Signalleitungen bis ca. 7 mm Schirmdurchmesser (entspricht meist ca. 9 mm Außendurchmesser) zugeführt werden.

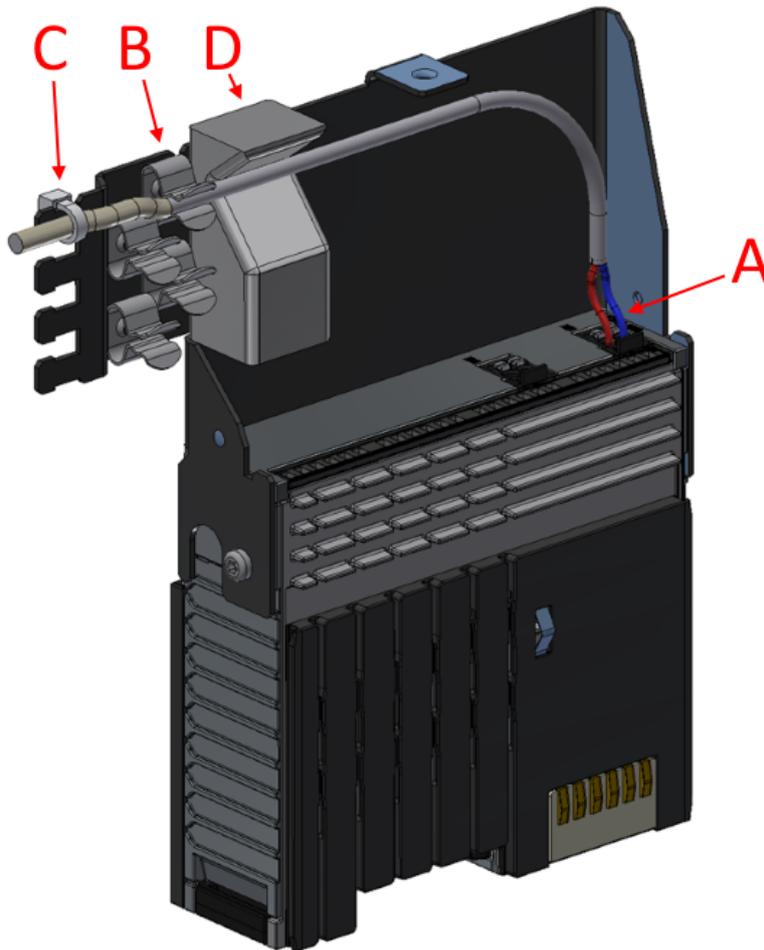
Technische Daten	ZS9100-0003
Gewicht	ca. 190 g
Abmessungen (B x H x T)	26 x 145 x 93 mm eff. aufbauende Tiefe nach Montage: 74 mm
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb und bei Lagerung	-40...+85 °C
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27 Verwendungseinschränkung s.u.
Schutzart	IP 20
Einbaulage	beliebig
Zulassung	CE

Die Verwendung der Schirmhaube ist wie folgt vorgesehen:

- die beiden lackierten Kunststoffabdeckungen am ELM-Gehäuse oben und unten mit einem Schraubendreher abhebeln, für spätere Wiederverwendung ggf. aufbewahren.
- die Schirmauflage aufschieben und mit den drei beigelegten Schrauben befestigen. Am 4. Schraubloch unten kann fallweise eine PE-Verbindung gesetzt werden.



- die Signalleitungen entmanteln, die Adern in die Stecker (A) einführen. Dann das Schirmgeflecht in den EMV-Bügel (B) drücken und das Kabel mit dem beigelegten Kabelbinder an der Zugentlastungsschelle (C) befestigen. Dabei Empfehlungen zum Biegeradius der Leitungshersteller beachten.



- im Weiteren soll das Schirmgeflecht auf dem leitfähigen Schaumstoffblock (D) aufliegen. Dieser Block sorgt für eine EMV-gerechte Abdichtung wenn die Haube geschlossen ist.
- Die Haube aufsetzen und mit der Rändelschraube handfest anziehen. Darauf achten dass die lackfreien Bereiche und der Schaumstoffblock gut kontaktieren.



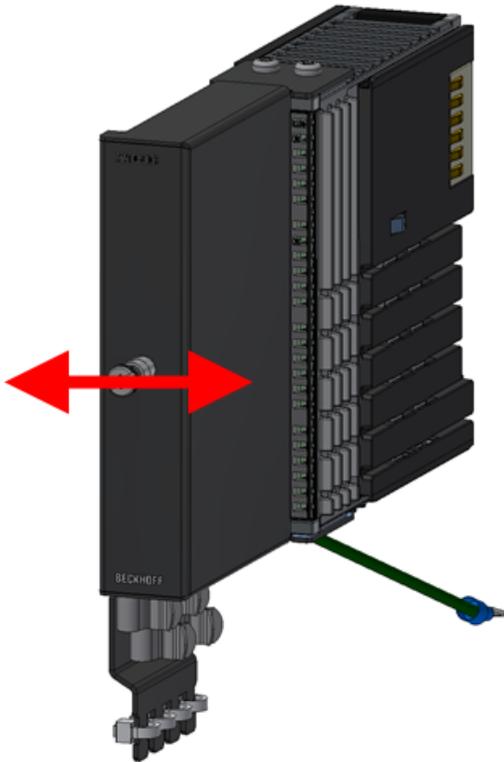
- Zur Demontage ist umgekehrt vorzugehen.

Eine Betriebsmittelkennzeichnung ist ggf. auf der Haube zu wiederholen.

HINWEIS

Hinweis zum Einsatz unter Schwingungsbelastung

Ein Einsatz der ELM-Klemmen mit montierter Schirmhaube ZS9100-0003 unter Schwingungs- und Schockeinwirkung in Richtung Hutschienenverlauf (roter Pfeil) ist, unabhängig von der Einbaulage, nicht zulässig.



Tritt in Betrieb Schwingungs-/Schockeinwirkung unvermeidlich auf, ist eine Einbaulage zu wählen das die ELM-Klemme bzw. die Schirmhaube nicht in der angegebenen Pfeilrichtung belastet. Grundsätzlich ist bei Schwingungs-/Schockeinwirkung eine zusätzliche mechanische Abstützung von Schirmhaube bzw. Kabeln empfehlenswert.

Sehen Sie dazu auch

Gehäuse [▶ 850]

8.4.3 Ersatzstecker Push-In ZS2001-000x

Die schwarzen Push-In Wartungsstecker für ELM/EKM-Klemmen können separat als Ersatzteil bezogen werden. Je VPE sind 10 Stück enthalten.

ZS2001-000x

Anzahl Pole	Bezeichnung
2	ZS2001-0006
4	ZS2001-0007
6	ZS2001-0008
10	ZS2001-0009



8.4.4 LEMO Stecker ZS3000-000x

Die Firma LEMO bietet eine umfangreiche Auswahl an Steckern. Über Beckhoff ist eine Auswahl, passend zu den entsprechenden ELM3xxx Klemmen mit LEMO Buchsen, erhältlich.

LEMO Stecker, 8 polig	Beschreibung	Für ELM3xxx-xxx1 Klemmen
ZS3000-0001	Push-Pull, Stecker, gerade, Stift, 8-polig, Crimpanschluss, IP50, Ø Kontakt 0,7 mm, Ø Spannzange (Kabelaussendurchmesser) 4,3 ... 5,2 mm, LEMO FGG.1B.308.CYCD52	ELM3704-0001, ELM3702-0101
ZS3000-0002	Push-Pull, Stecker, gerade, Stift, 8-polig, Crimpanschluss, IP50, Ø Kontakt 0,7 mm, Ø Spannzange (Kabelaussendurchmesser) 6,3 ... 7,2 mm, LEMO FGG.1B.308.CYCD72	ELM3704-0001, ELM3702-0101
ZS3000-0003	Push Pull, Stecker, gerade, Stift, 8-polig, Lötanschluss, IP50, Spannzange (Kabelaussendurchmesser) 6,3 ... 7,2 mm, LEMO FGG.1B.308.CLADD72	ELM3704-0001, ELM3702-0101

8.4.5 Mini-Thermoelement-Stecker ZS3000-010x

Für die entsprechenden ELM3xxx Thermoelementklemmen sind folgende Stecker erhältlich:

Mini TC Stecker	Beschreibung	Verwendung	Für ELM3xxx-xxx3 Klemmen
ZS3000-0101	Thermoelement-Stecker in Miniaturausführung, grün, Thermopaar: NiCr-Ni, Typ K gemäß DIN EN 60584, VPE = 10 Stück	Messungen mit TC Typ K	ELM3344-0003, ELM3348-0003

Mini TC Stecker	Beschreibung	Verwendung	Für ELM3xxx-xxx3 Klemmen
ZS3000-0102	Thermoelement-Stecker in Miniaturausführung, weiß, Kontakte: Cu-Cu, VPE = 10 Stück	Spannungsmessung an Kupferleitungen; bei TC Messung würde sich die Kaltstelle nachteilig weit weg von der Kaltstellenmessung verschieben, dieser Einsatz wird nicht empfohlen	ELM3344-0003, ELM3348-0003
ZS3000-0103	Thermoelement-Stecker in Miniaturausführung, grün, Thermopaar: NiCr-Ni, Typ K gemäß DIN EN 60584, Variante: Quick Wire, VPE = 10 Stück	Messungen mit TC Typ K	ELM3344-0003, ELM3348-0003

8.4.6 Konfektionierte LEMO Stecker ZK2003-8100

Über Beckhoff sind z.B. zu Inbetriebnahmezwecken folgende LEMO Stecker mit Anschlusskabel erhältlich:

Konfektionierte LEMO Stecker, 8 polig	Beschreibung	Für ELM3xxx-xxx1 Klemmen
ZK2003-8100-3050	Sensorleitung, PUR, geschirmt, schwarz, 8 x 0,25 mm ² , feste Verlegung, Push Pull, Stecker, gerade, Stift, 8-polig, Crimpanschluss, IP50, LEMO FGG.1B.308.CYCD72 – offenes Ende, 5,0 m	ELM3704-0001, ELM3702-0101
ZK2003-8100-3100	Sensorleitung, PUR, geschirmt, schwarz, 8 x 0,25 mm ² , feste Verlegung, Push Pull, Stecker, gerade, Stift, 8-polig, Crimpanschluss, IP50, LEMO FGG.1B.308.CYCD72 – offenes Ende, 10,0 m	ELM3704-0001, ELM3702-0101
ZK2003-8100-3200	Sensorleitung, PUR, geschirmt, schwarz, 8 x 0,25 mm ² , feste Verlegung, Push Pull, Stecker, gerade, Stift, 8-polig, Crimpanschluss, IP50, LEMO FGG.1B.308.CYCD72 – offenes Ende, 20,0 m	ELM3704-0001, ELM3702-0101

8.5 Allgemeine Hinweise zu den Power-Kontakten

Wenn die Klemme keine eigene Durchleitung oder Speisung der Powerkontakte aufweist, darf die Klemme rechts davon keine links herausstehenden Powerkontakte aufweisen. Diese wären offen zugänglich, falls die Klemme von der Hutschiene gezogen wird.

Sehen Sie dazu auch

 Hinweise Anschlusstechnik [[▶ 854](#)]

8.6 Einbaulagen

HINWEIS

Einschränkung von Einbaulage und Betriebstemperaturbereich

Entnehmen Sie den technischen Daten zu einer Klemme, ob sie Einschränkungen bei Einbaulage und/oder Betriebstemperaturbereich unterliegt. Sorgen Sie bei der Montage von Klemmen mit erhöhter thermischer Verlustleistung dafür, dass im Betrieb oberhalb und unterhalb der Klemmen ausreichend Abstand zu anderen Komponenten eingehalten wird, so dass die Klemmen ausreichend belüftet werden!

Optimale Einbaulage (Standard)

Für die optimale Einbaulage wird die Tragschiene waagrecht montiert und die Anschlussflächen der EL/KL-Klemmen weisen nach vorne (siehe Abb. „Empfohlene Abstände bei Standard Einbaulage“). Die Klemmen werden dabei von unten nach oben durchlüftet, was eine optimale Kühlung der Elektronik durch Konvektionslüftung ermöglicht. Bezugsrichtung "unten" ist hier die Erdbeschleunigung.

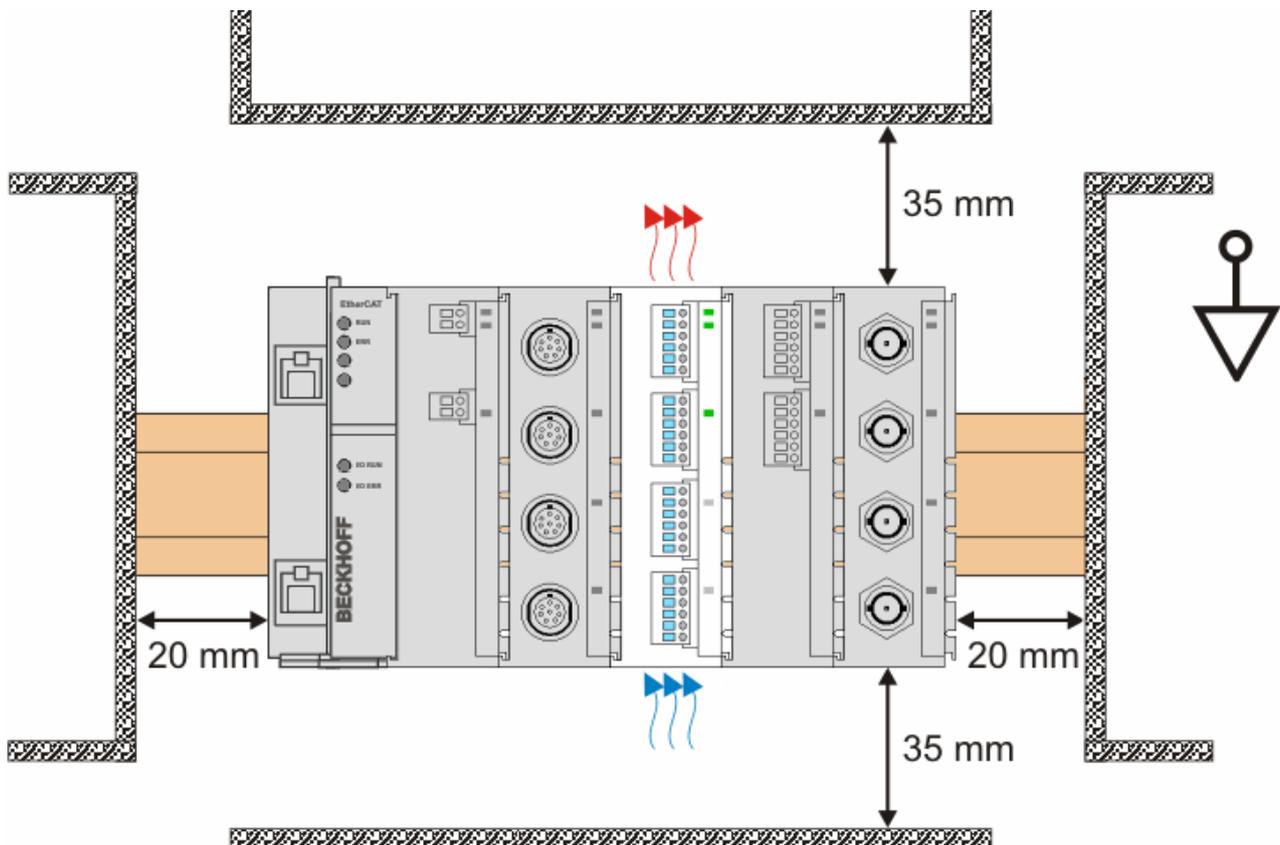


Abb. 342: *Empfohlene Abstände bei Standard Einbaulage*

Die Einhaltung der Abstände nach Abb. „Empfohlene Abstände bei Standard Einbaulage“ wird empfohlen.

Weitere Einbaulagen

Alle anderen Einbaulagen zeichnen sich durch davon abweichende räumliche Lage der Tragschiene aus, s. Abb. „Weitere Einbaulagen“.

Auch in diesen Einbaulagen empfiehlt sich die Anwendung der oben angegebenen Mindestabstände zur Umgebung.

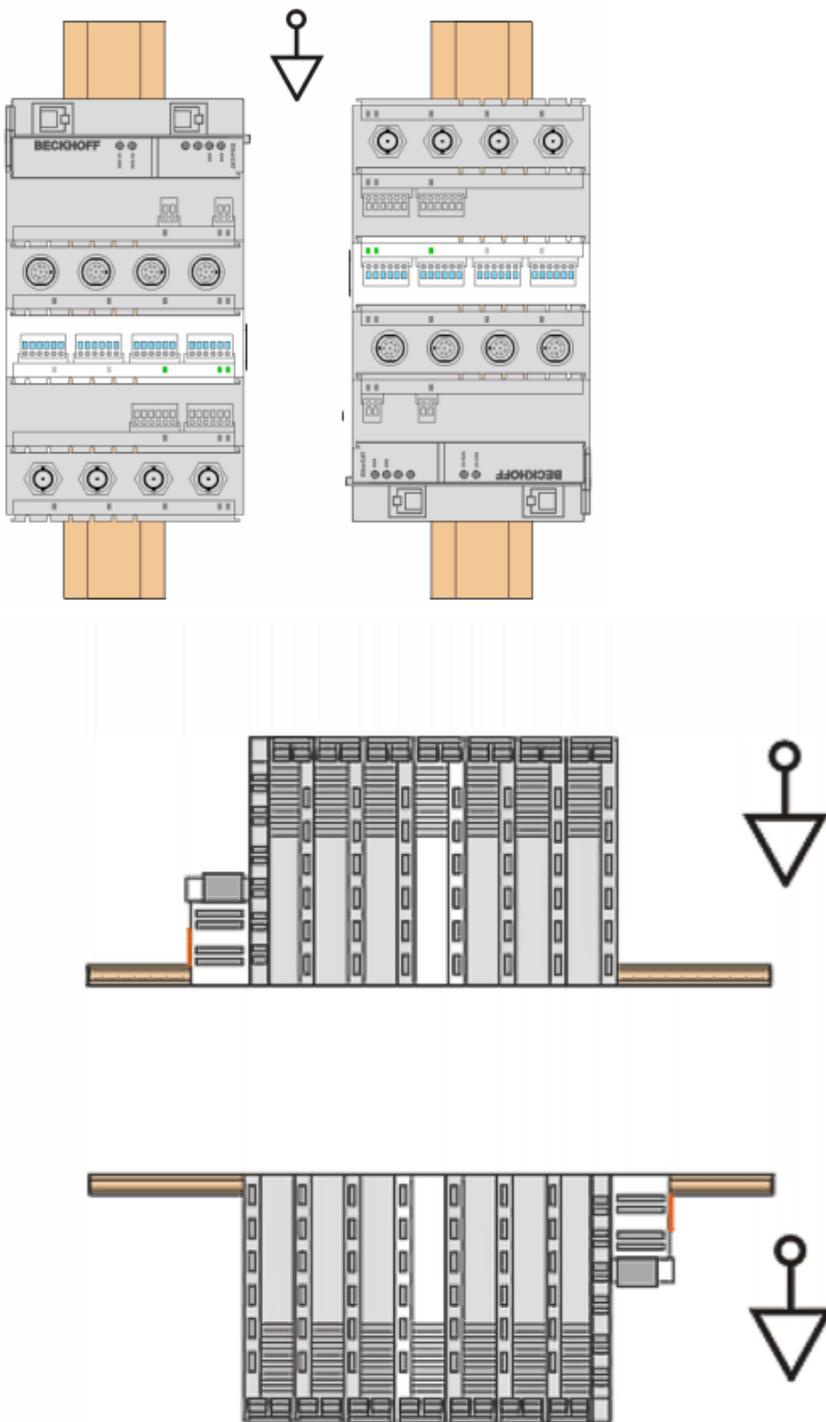


Abb. 343: Weitere Einbaulagen

8.7 Montage von passiven Klemmen

i Hinweis zur Montage von Passiven Klemmen

EtherCAT-Busklemmen (ELxxxx / ESxxxx), die nicht aktiv am Datenaustausch innerhalb des Busklemmenblocks teilnehmen, werden als passive Klemmen bezeichnet. Zu erkennen sind diese Klemmen an der nicht vorhandenen Stromaufnahme aus dem E-Bus. Um einen optimalen Datenaustausch zu gewährleisten, dürfen nicht mehr als 2 passive Klemmen direkt aneinander gereiht werden!

Beispiele für Montage von passiven Klemmen (hell eingefärbt)

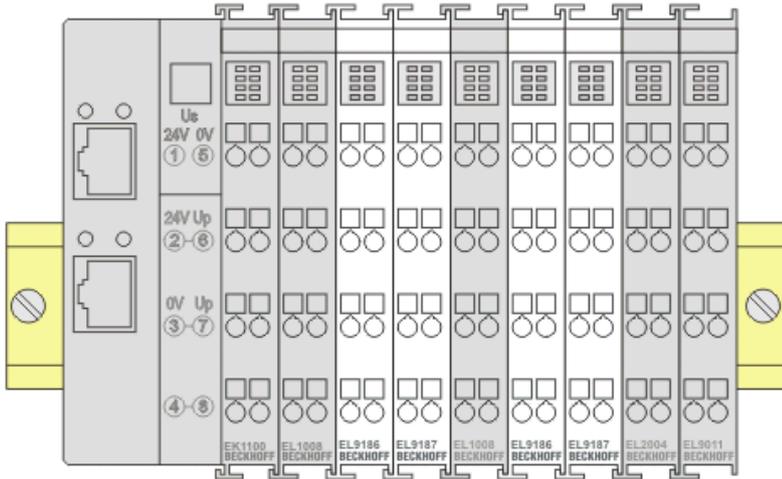


Abb. 344: Korrekte Konfiguration

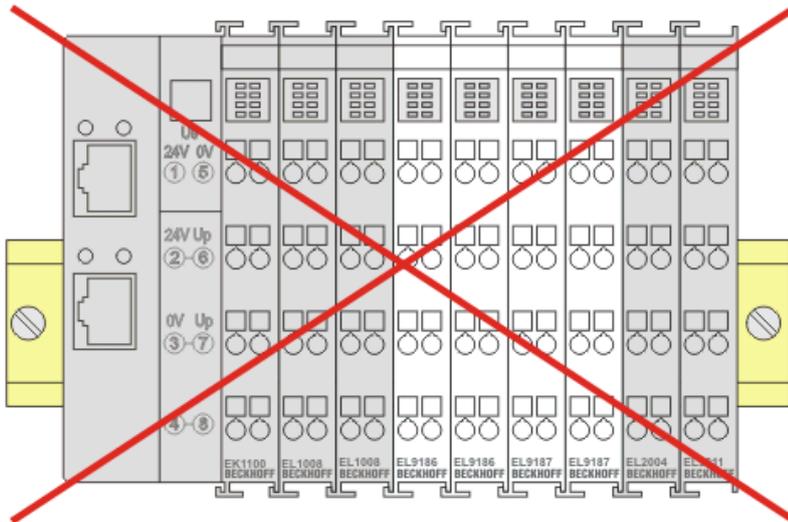


Abb. 345: Inkorrekte Konfiguration

8.8 Schirmkonzept

Die vorkonfektionierten Leitungen von Beckhoff Automation bieten zusammen mit der Schirmschiene einen optimalen Schutz gegen elektro-magnetische Störungen.

Es wird empfohlen, den Schirm möglichst nah an der Klemme aufzulegen, um Störungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Anschluss der Motorleitung an die Schirmschiene

Befestigen Sie die Schirmschienenenträger 1 auf der Hutschiene 2. Die Tragschiene 2 muss großflächig mit der metallischen Rückwand des Schaltschranks verbunden sein. Montieren Sie die Schirmschiene 3 wie in Abb. „Schirmschiene“ abgebildet.

Alternativ kann ein Schirmschienen-Bügel 3a direkt mit der metallischen Rückwand des Schaltschranks verschraubt werden (Abb. „Schirmschienen-Bügel“)

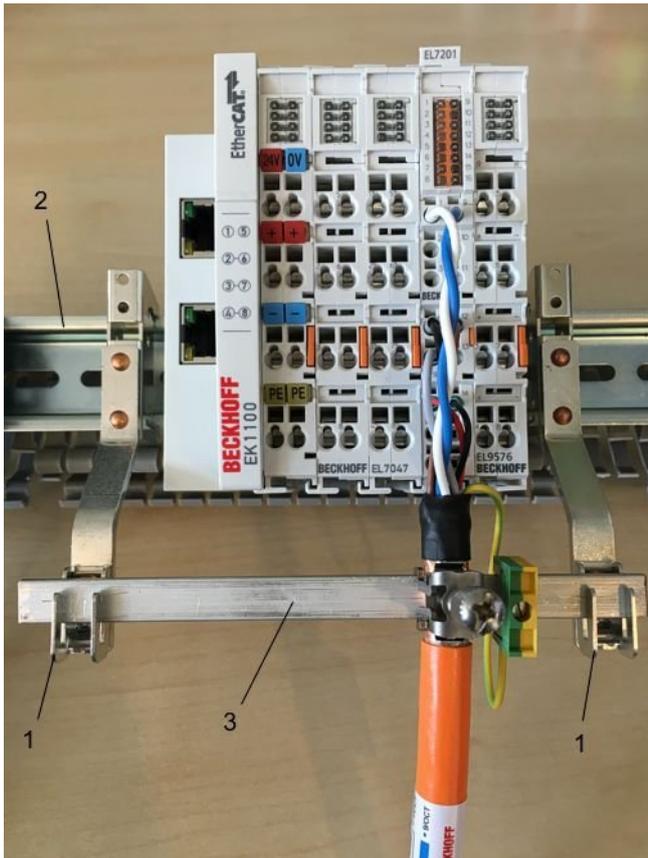


Abb. 346: Schirmschiene

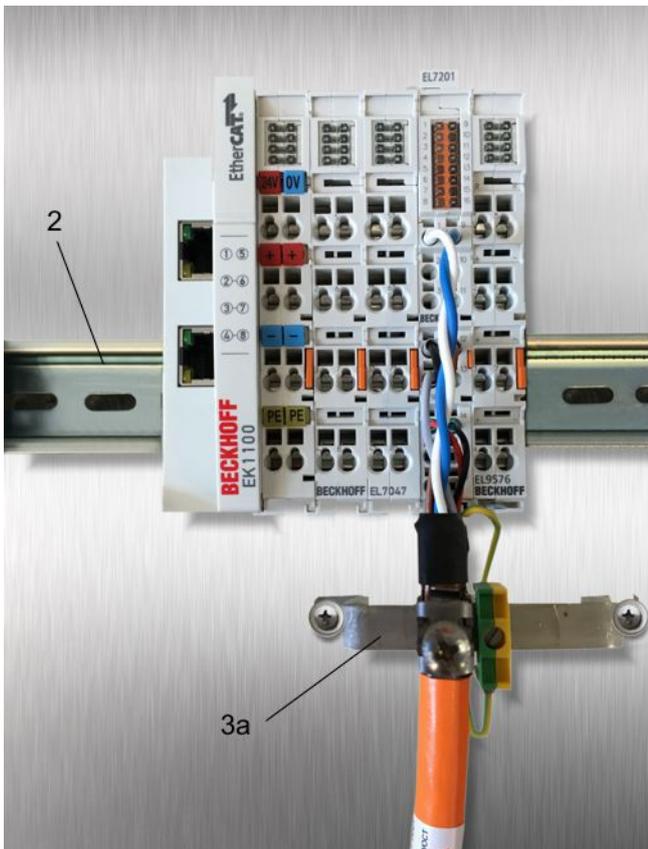


Abb. 347: Schirmschienen-Bügel

Verdrahten Sie die Adern 4 der Motorleitung 5 und befestigen Sie dann das kupferummantelte Ende 6 der Motorleitung 5 mit der Schirmschelle 7 an die Schirmschiene 3 bzw. Schirmschienen-Bügel 3a. Ziehen Sie die Schraube 8 bis zum Anschlag an. Befestigen Sie die PE-Schelle 9 an die Schirmschiene 3 bzw. Schirmschienen-Bügel 3a. Klemmen Sie die PE-Ader 10 der Motorleitung 5 unter die PE-Schelle 9.

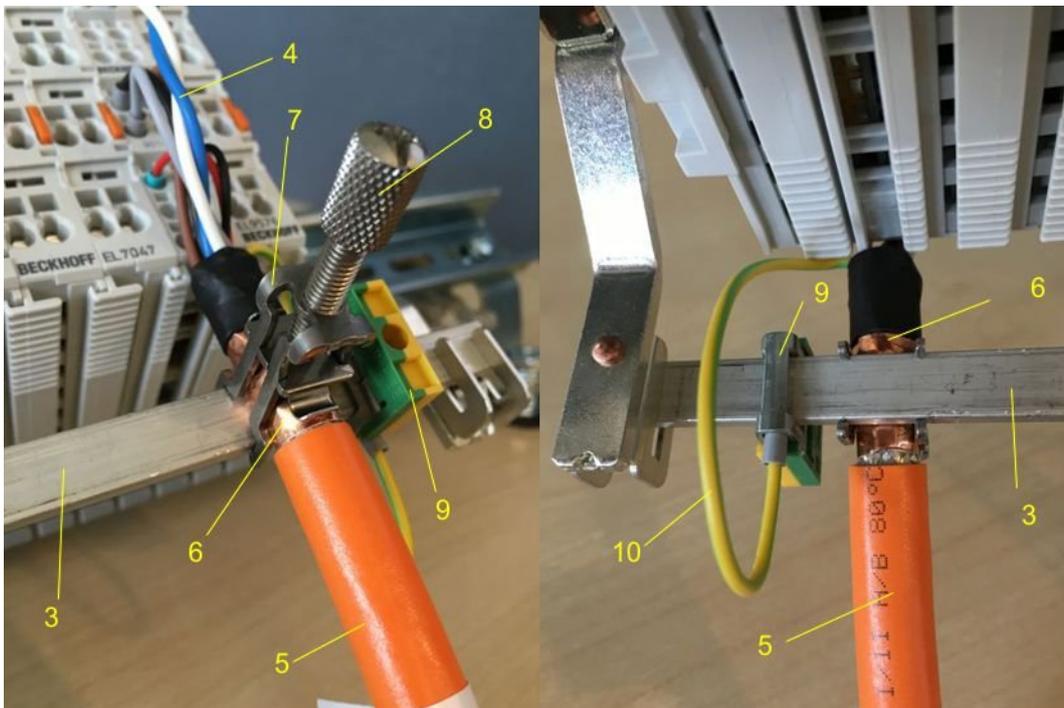


Abb. 348: Schirmanbindung

Anschluss der Feedbackleitung an den Motor

● **Verdrillen der Feedbackleitungen**



Die Feedbackleitungen sollten verdrillt werden, um Störeinflüsse zu minimieren.

Beim Anschrauben des Feedbacksteckers an den Motor wird der Schirmanschluss der Feedbackleitung über die metallische Steckerbefestigung hergestellt.

Auf der Klemmenseite kann der Schirm ebenfalls aufgelegt werden. Verdrahten Sie die Adern der Feedbackleitung und befestigen Sie das kupferummantelte Ende der Feedbackleitung mit der Schirmschelle 7 an der Schirmschiene 3 bzw. Schirmschienen-Bügel 3a. Motor- und Feedbackleitung können zusammen mit der Schraube 8 der Schirmschelle 7 aufgelegt werden.

8.9 Speisung, Potentialgruppen

Die Klemmen der Serie ELM3xxx sind je nach Funktion unterschiedlich aufgebaut.

Die Elektronik eines feldbusangebundenen IO-Geräts besteht im Allgemeinen aus zwei Potentialgruppen (Ausnahmen möglich, siehe jeweilige Gerätedokumentation):

- dem Kommunikationsteil, die sogenannte Bus-Seite. Diese wird üblicherweise von der Steuerspannung U_S versorgt.
Bei EtherCAT-Klemmen ist dieser Teil mit der internen 5 V-Versorgung vom E-Bus direkt verbunden und ist anwenderseitig nicht direkt zugänglich.
- dem Signalteil, zum Anschluss der Ein-/Ausgangssignale, die sogenannte Feld-Seite. Diese wird üblicherweise von der Peripheriespannung U_P versorgt. Sie besteht aus 1..n Funktionskanälen.
 - in der Regel sind alle Kanäle des Geräts zusammenhängend in dieser Insel, es gibt keine galvanische Trennung (getrenntes GND) der Kanäle.
 - in einigen Geräten können Kanäle oder Kanalgruppen wiederum als Unter-Inseln isoliert sein. Die Höhe der max. zul. Potentialtrennung ist dann angegeben. Dann besteht das Gerät aus mehreren Potentialgruppen: die Bus-Seite und die n Kanäle.
 - je nach Gerät kann die Feldseite auch versorgt werden
 - indirekt über U_S indem die nötige Energie über die galvanische Trennung von Bus- zur Feldseite transportiert wird; ein Anschluss von U_P (oder Powerkontakte) entfällt dann.
 - direkt über U_S
 - in besonderen Fällen (z.B. Dongleklemme EL6070 u.ä.) gibt es keine zugängliche Feldseite.

Beide Potentialgruppen sind i.d.R. galvanisch getrennt. Im Detail ist dann die „Belastbarkeit“ der Trennung zu beachten, also die Spannungsdifferenz/ der Potentialunterschied im Dauerbetrieb oder kurzzeitig, zwischen den beiden Bereichen.

Die Versorgung der internen Elektronik kann je nach Gerät über die Bus-Seite, Feld-Seite oder beides erfolgen. Siehe dazu die entsprechenden Erläuterungen in der jeweiligen Gerätespezifikation.

Ebenfalls einen Einfluss auf die Potentialgruppen kann der verwendete Stecker haben, ggf. ist sein Gehäuse leitend mit dem Gehäuse der Klemme verbunden.

Der externe Anlagen-GND (Hutschiene, SGND, FE) ist immer vorhanden und stellt die Bezugsmasse dar.

Im folgende wird der zulässige Potentialunterschied nur „Isolation“ genannt, die genaue Angabe (Wert, Typ, ggf. Isolationsfestigkeit) ist in der jeweiligen Spezifikation des Geräts zu finden.

HINWEIS

Trennung zwischen den Potentialgruppen in der Praxis

Die Potentialgruppen sind theoretisch galvanisch getrennt, d.h. es besteht nur parasitäre, durch die Elektronik unvermeidbare ohmsche Verbindungen im Bereich $M\Omega$ und höher.
Die Belastbarkeit der Trennung in Bezug auf Spannungshöhe und Zeitdauer ist angegeben. Sie resultiert u.a. aus internen Trennabständen und den verwendeten Gruppen-überspannenden Bauteilen z.B. Datenübertrager oder Transformatoren und wird in Ansehung der zu Grunde liegenden Normen formuliert, die Einsatzaspekte wie Alterung, Verschmutzung oder definierte Überspannungsereignisse beschreiben. Daraus ist zu erkennen, dass Potentialgruppen in der Praxis nicht beliebig getrennt vom Umfeld zu betreiben sind. Insbesondere wenn EMV Störungen in die Potentialgruppe eindringen, leitungsgeführt durch die externen Kabel oder gestrahlt, dann sucht sich diese Energie ihren Weg zu SGND und findet es auf jeden Fall undefiniert in den o.a. gruppenüberspannenden Elementen. Deshalb hat die Praxis gezeigt, dass Potentialgruppen aller Art zur Störableitung sinnvoll und absichtlich mit kleinen Kapazitäten im nF-Bereich untereinander und zu SGND verbunden werden sollten, damit die HF-Störungen (und das beginnt bereits bei 50 Hz) einen definierten Weg finden und die Betriebsfähigkeit nicht beeinträchtigen. Der ohmsche Effekt der Kondensatoren in Relation zu den parasitären ohmschen Effekten ist vernachlässigbar.

Für die ELM3xxx können folgende Potential-Schemata angegeben werden:

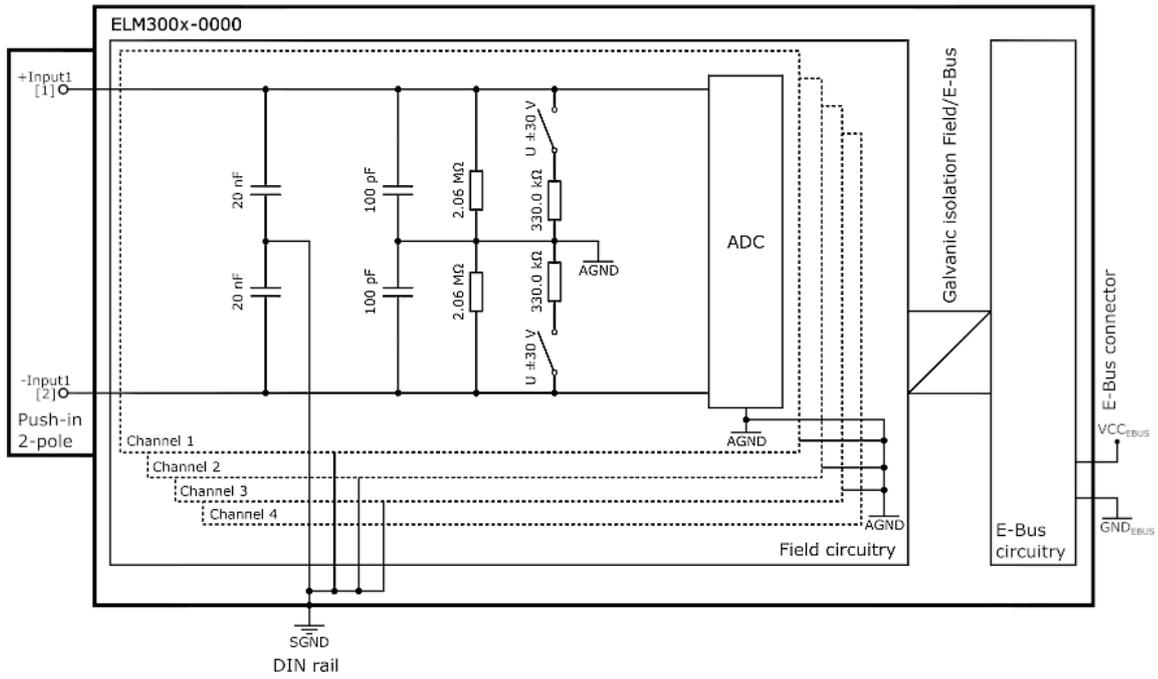


Abb. 349: Potential-Schemata ELM300x-0000

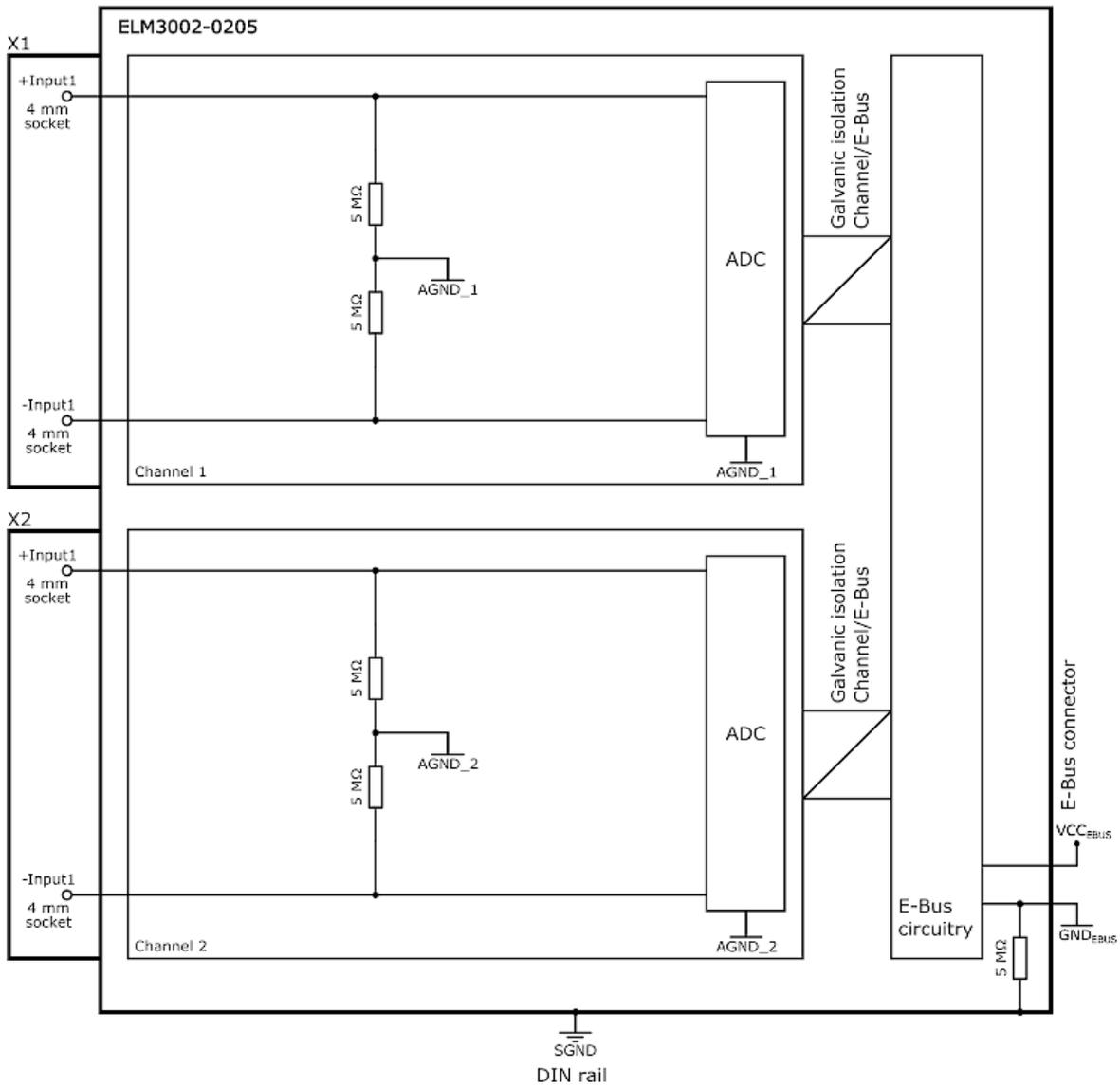


Abb. 350: Potential-Schemata ELM3002-0205

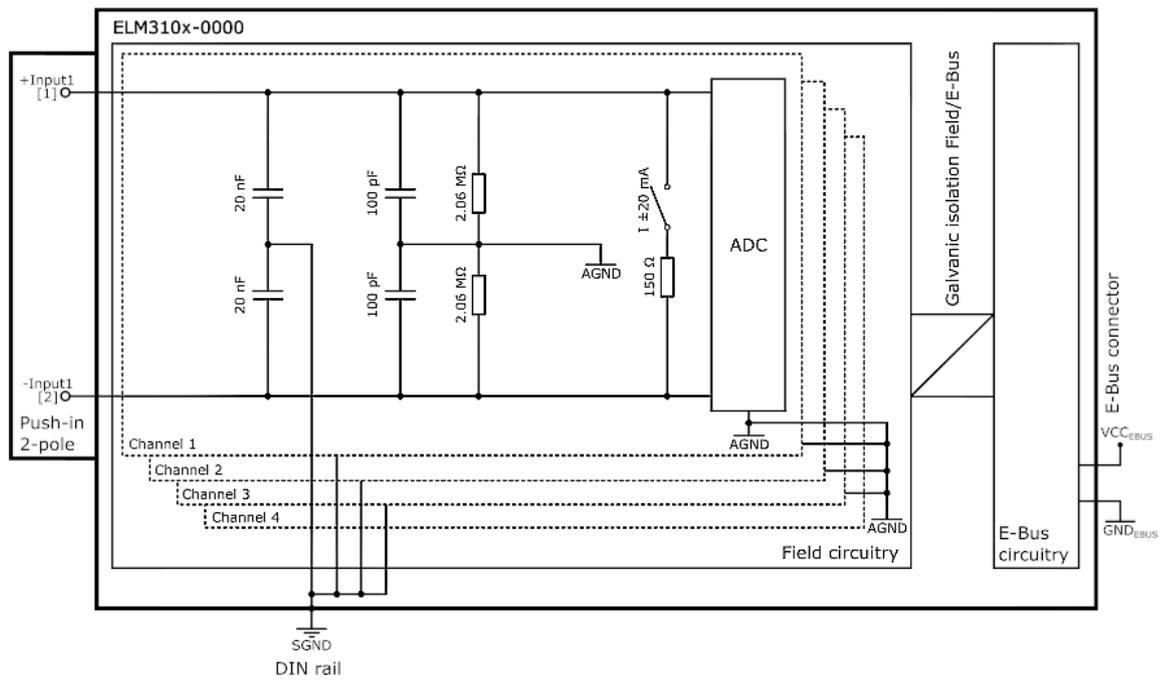


Abb. 351: Potential-Schemata ELM310x-0000

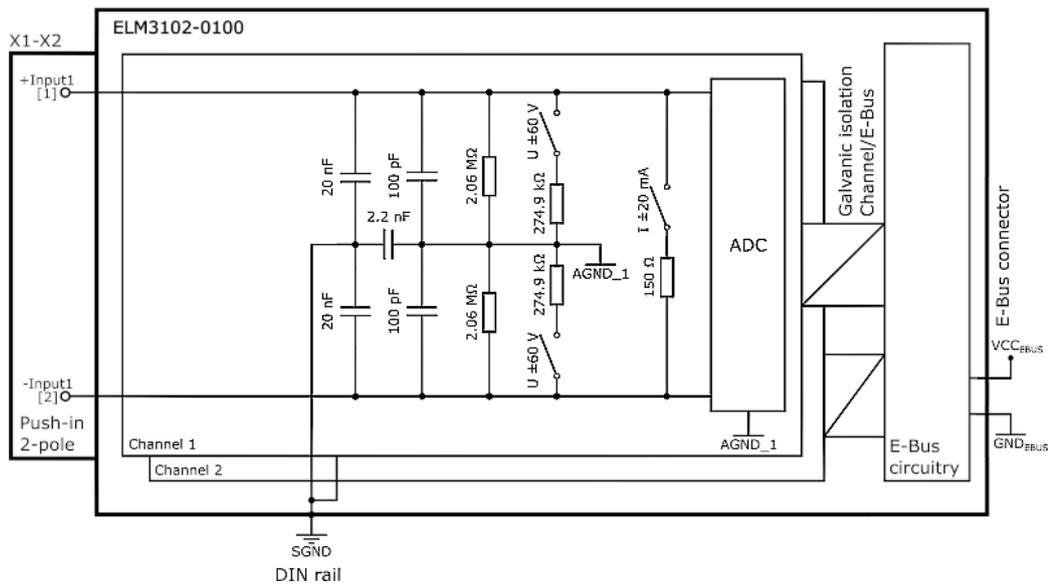


Abb. 352: Potential-Schemata ELM3102-0100

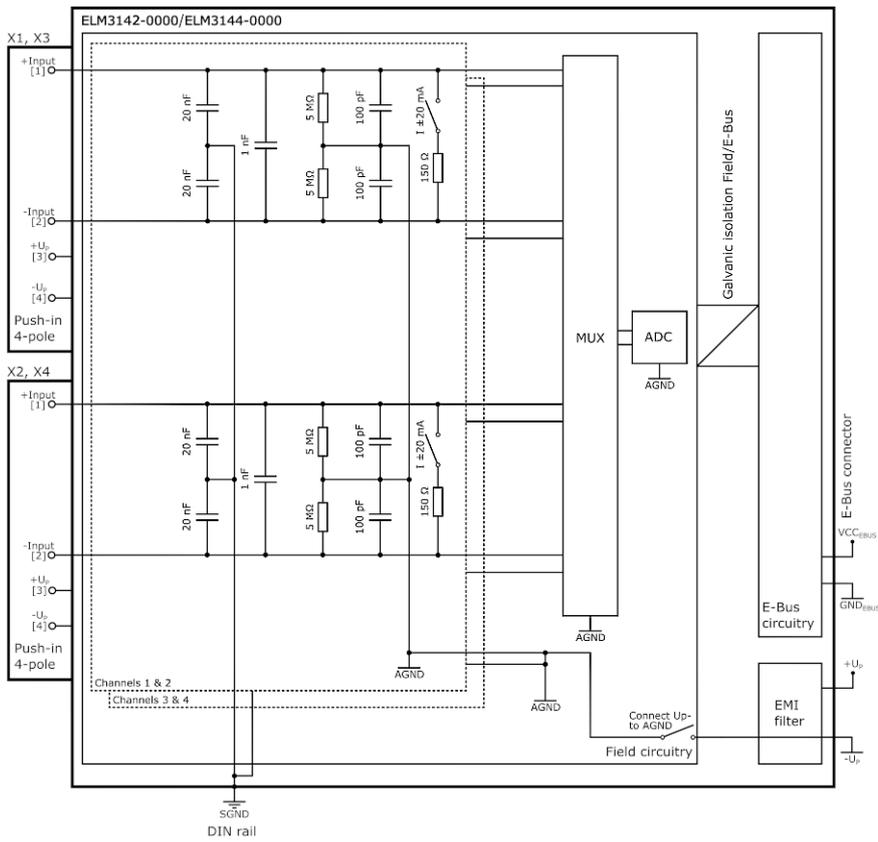


Abb. 353: Potential-Schemata ELM3142-0000/ ELM3144-0000

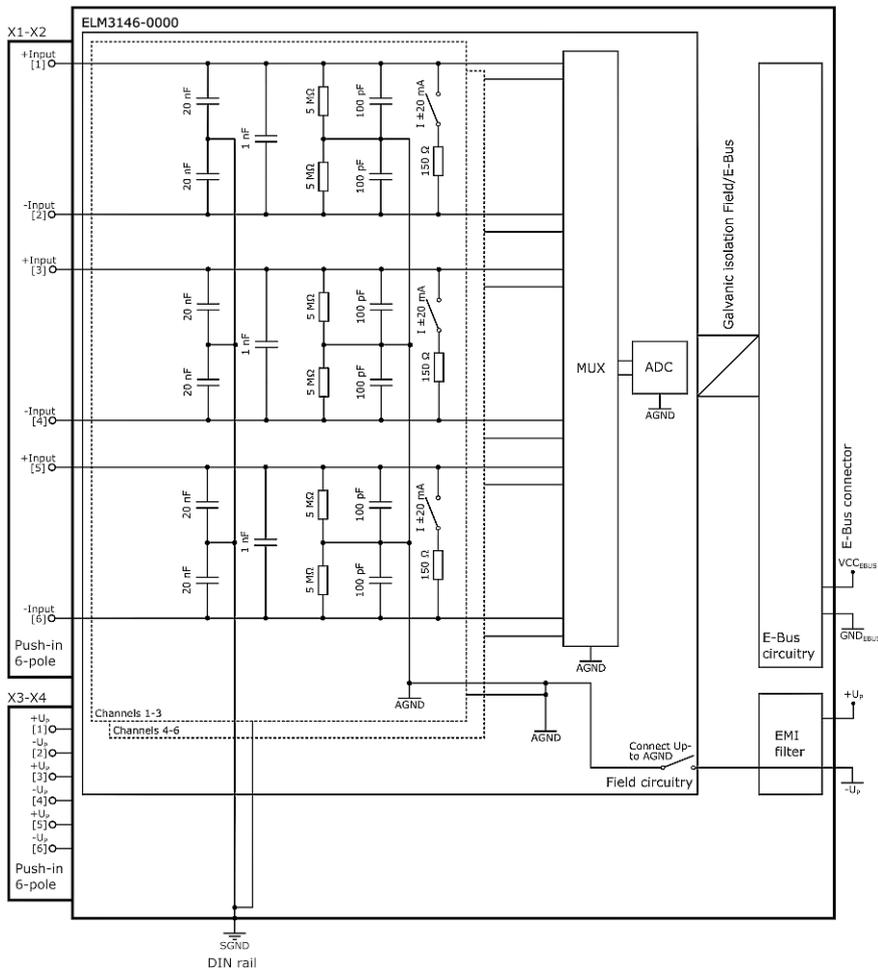


Abb. 354: Potential-Schemata ELM3146-0000

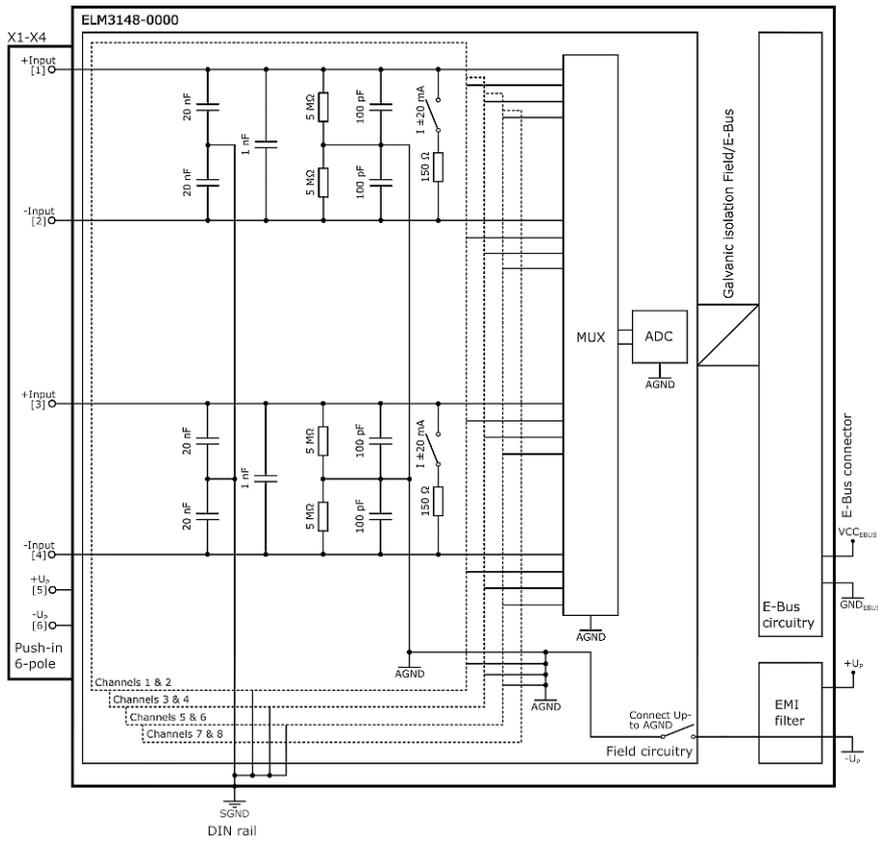


Abb. 355: Potential-Schemata ELM3148-0000

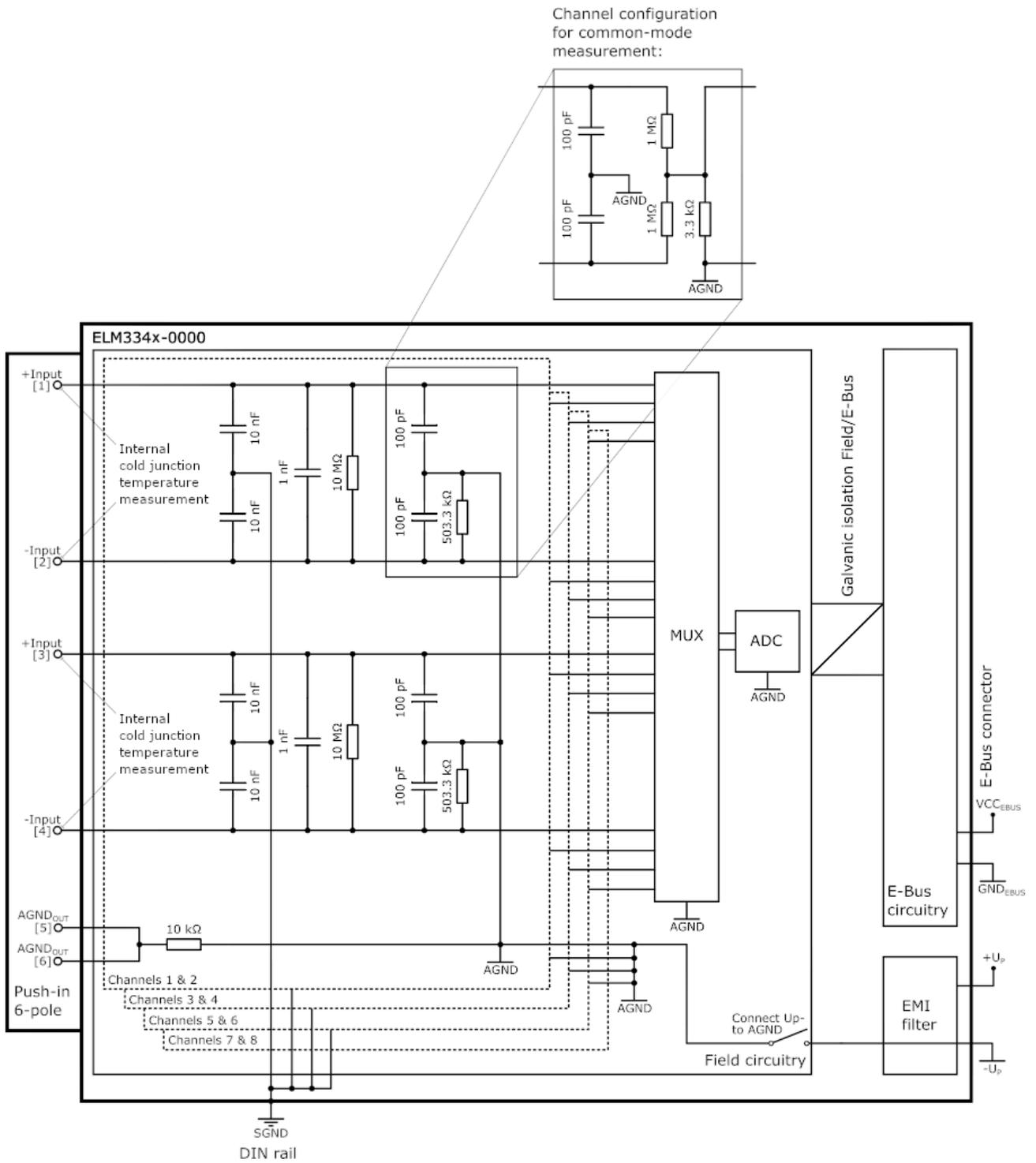


Abb. 356: Potential-Schemata ELM334x-0000

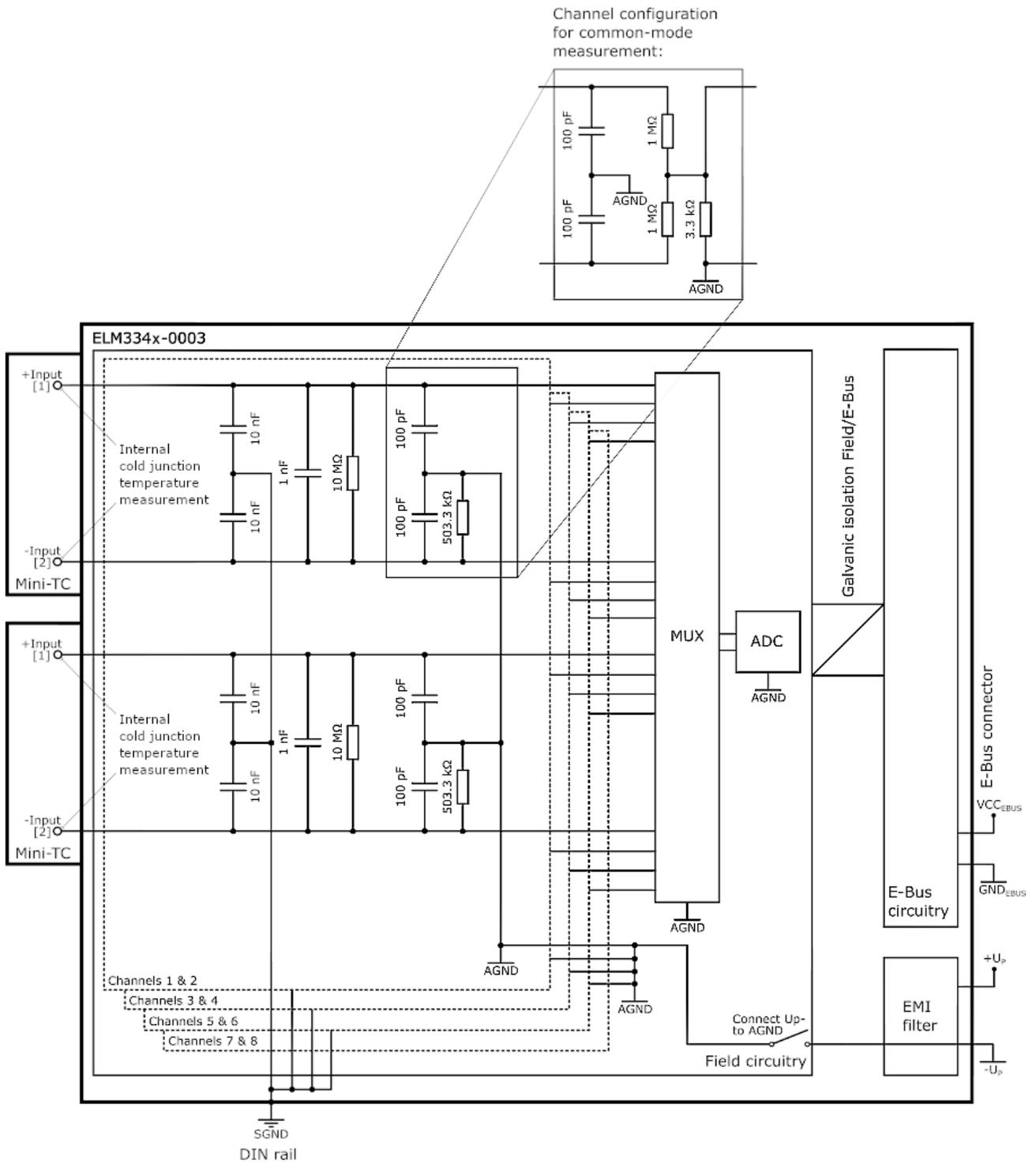


Abb. 357: Potential-Schemata ELM334x-0003

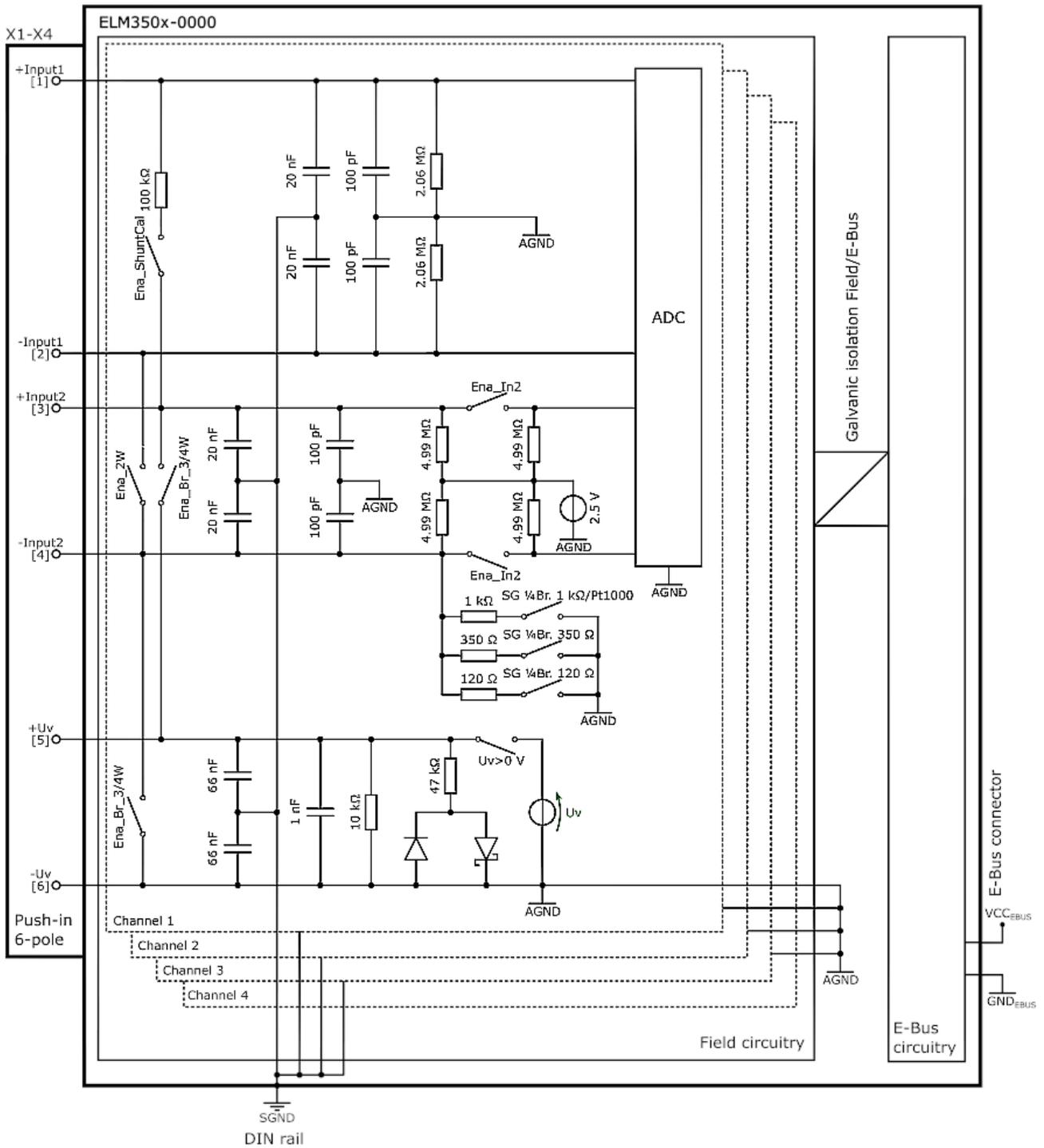


Abb. 358: Potential-Schemata ELM350x-0000

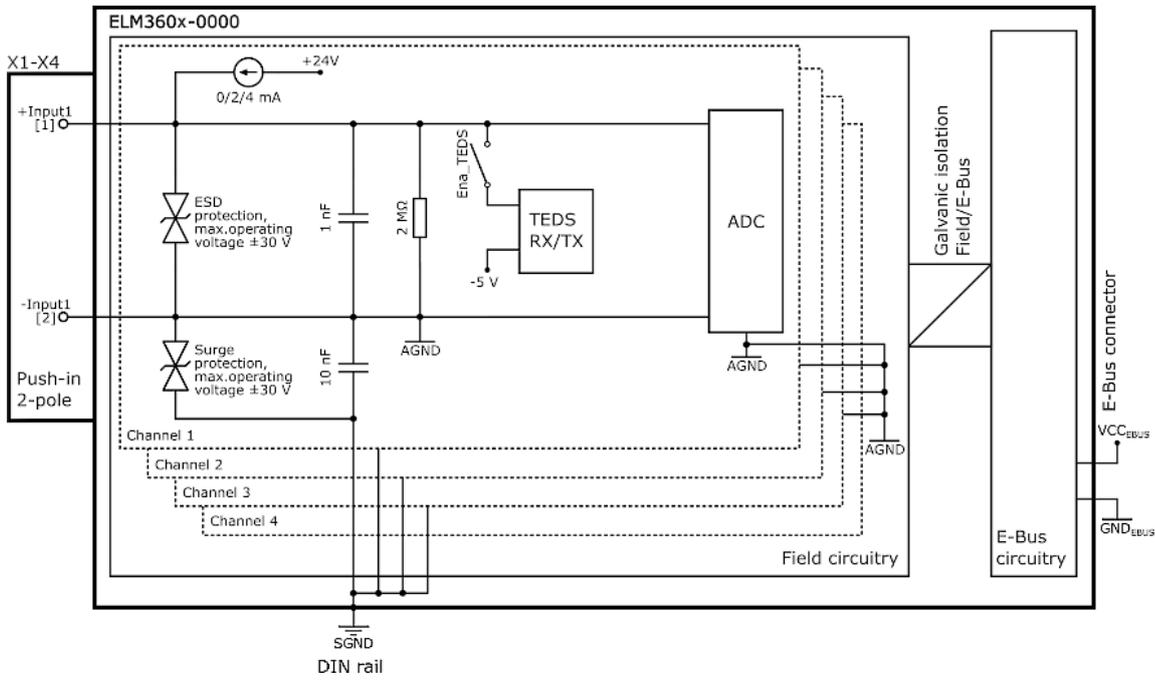


Abb. 359: Potential-Schemata ELM360x-0000

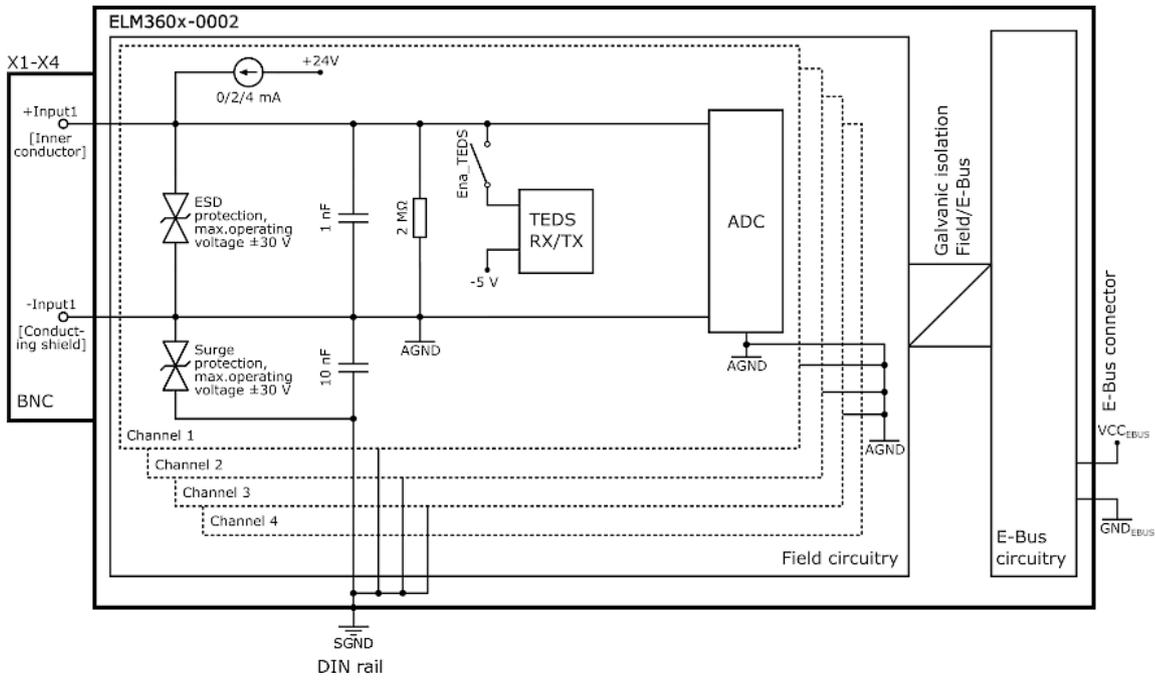


Abb. 360: Potential-Schemata ELM360x-0002

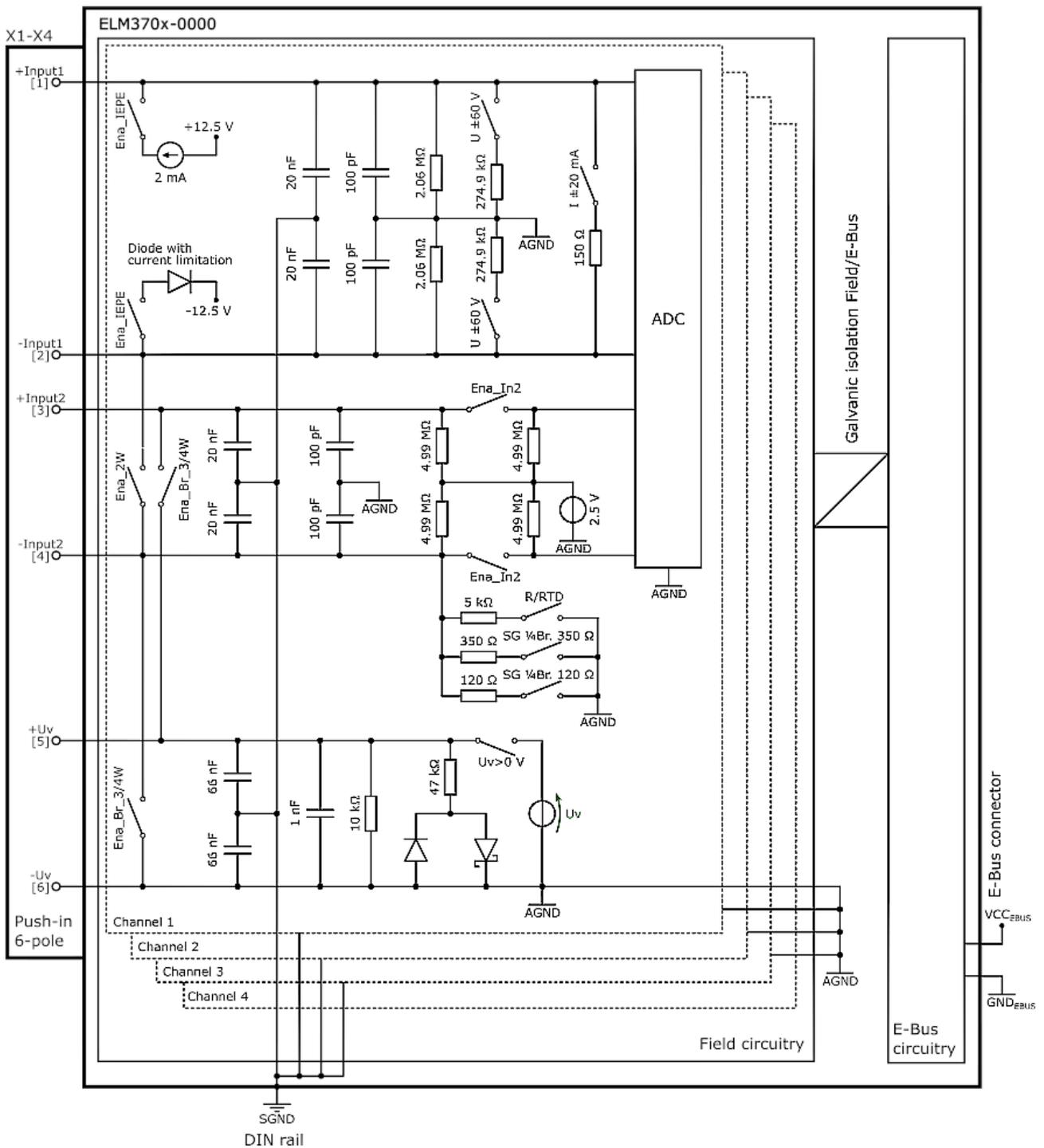


Abb. 361: Potential-Schemata ELM370x-0000

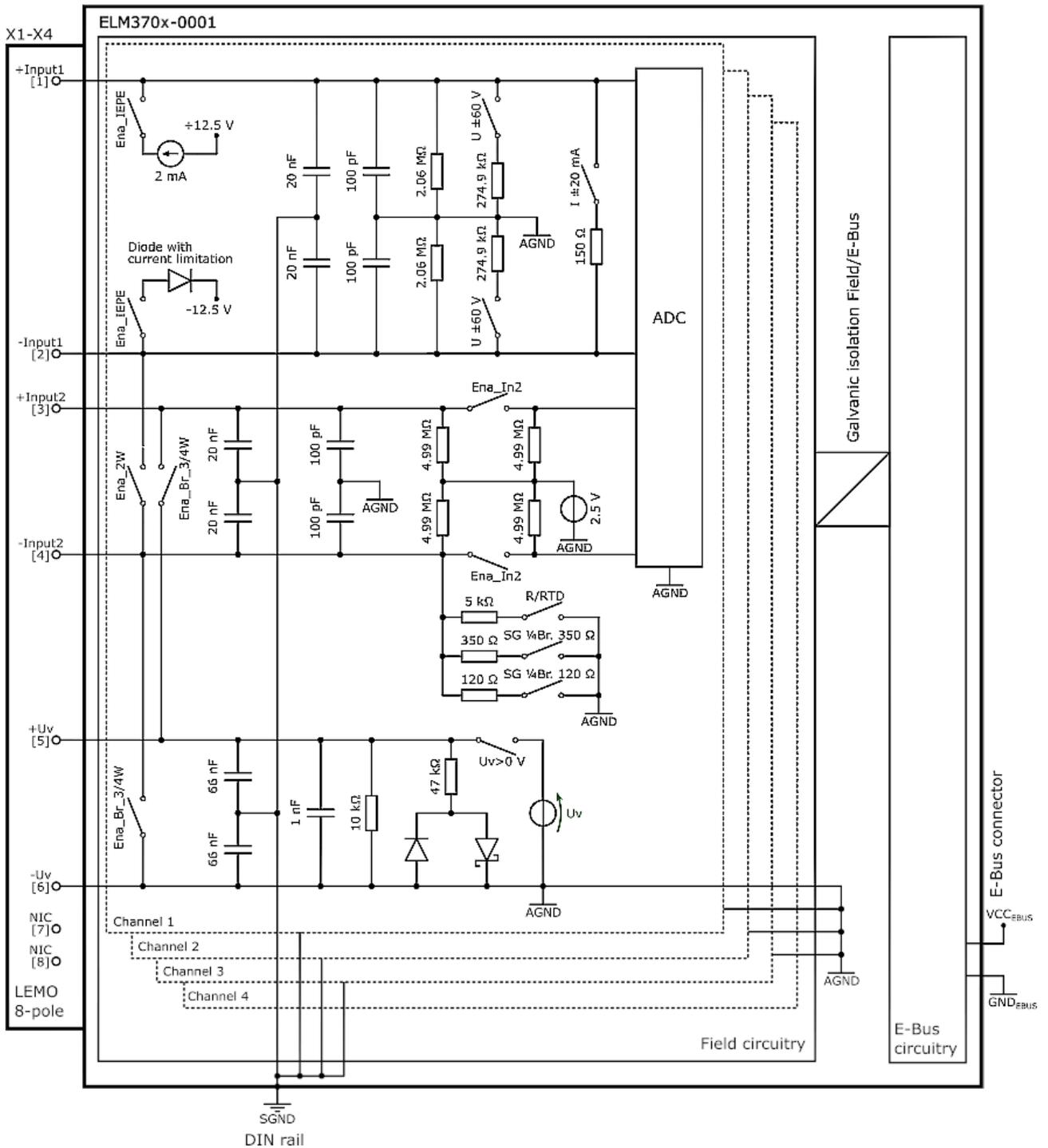


Abb. 362: Potential-Schemata ELM370x-0001

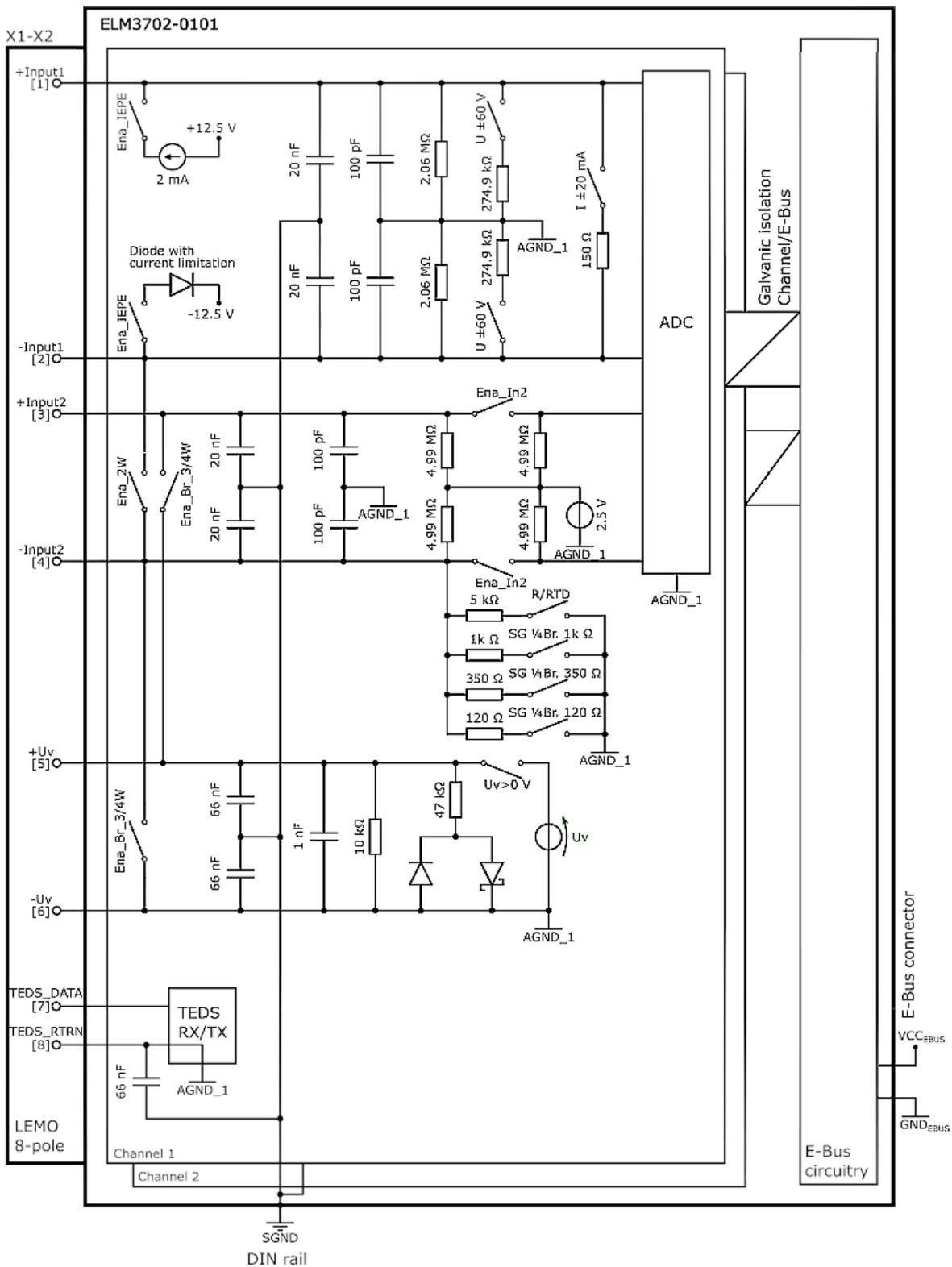


Abb. 363: Potential-Schemata ELM3702-0101

Schemata für weitere Klemmen in Vorbereitung.

8.10 Tragschienenmontage für ELM/EKM-Klemmen

⚠️ WARNUNG

Verletzungsgefahr durch Stromschlag und Beschädigung des Gerätes möglich!

Setzen Sie das Busklemmen-System in einen sicheren, spannungslosen Zustand, bevor Sie mit der Montage, Demontage oder Verdrahtung der Busklemmen beginnen!

Montage

Die ELM-Klemmen werden auf handelsübliche 35 mm Tragschienen (Hutschienen nach EN 60715) wie folgt aufgerastet:

- Das ELM-Klemmen kann einfach auf die Tragschiene aufgerastet werden. Dazu müssen die Riegel an der Ober- und Unterseite der Klemme zuerst geöffnet werden:

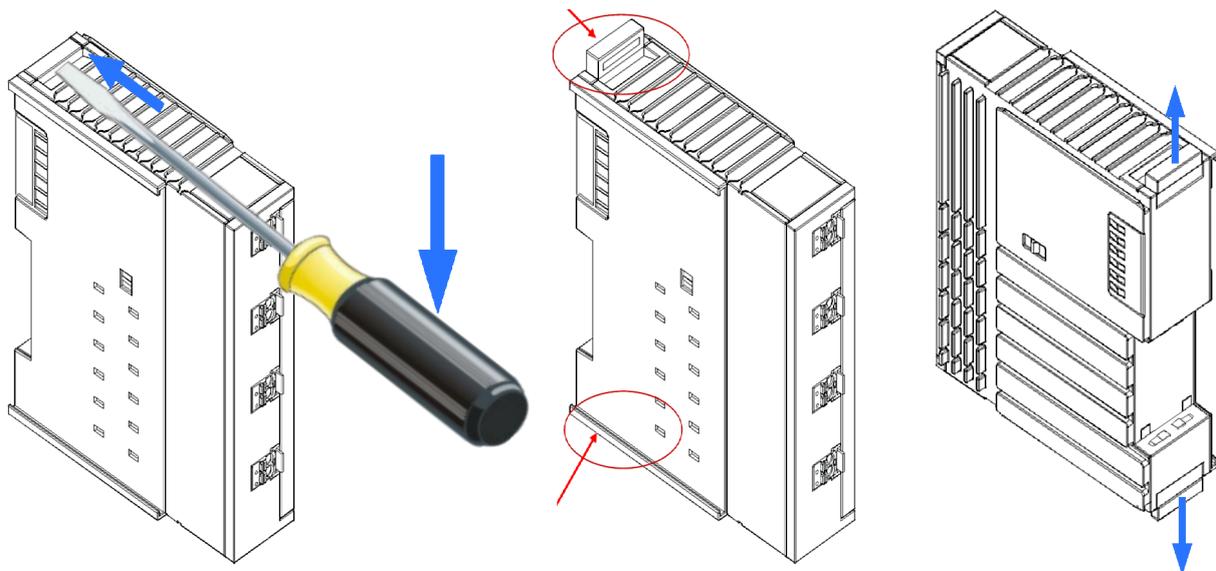


Abb. 364: Öffnen der Riegel durch Anheben an der Ober- und Unterseite z.B. mit einem Schraubendreher

- Stecken Sie die ELM-Klemme bei weiteren bereits auf der Tragschiene befindlichen Klemmen mit Nut und Feder zusammen und schieben Sie es so weit, bis es auf den Aufsetzpunkt der Tragschiene einrastet. Danach schließen Sie die beiden Riegel entsprechend an der Ober- und Unterseite der Klemme:

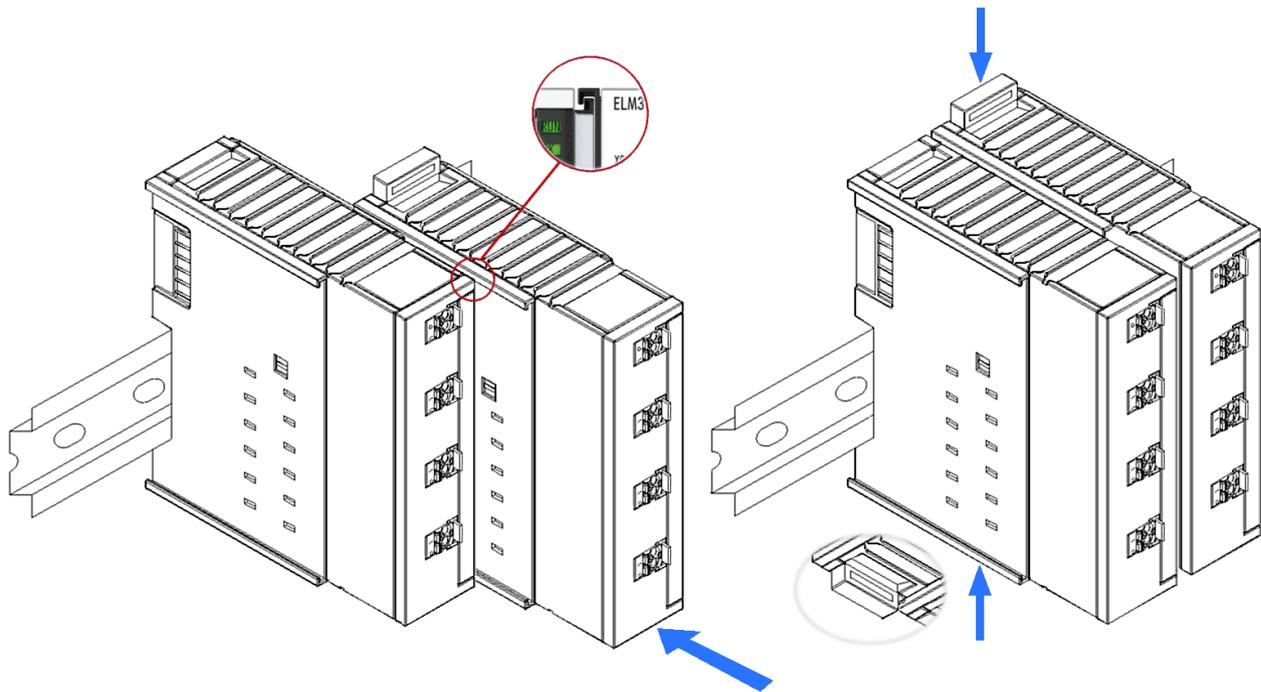
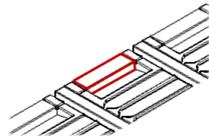


Abb. 365: Einschieben der ELM-Klemmen und schließen der Tragschienenriegel oben und unten

- Beim Schließen der beiden Riegel darf kein störender mechanischer Widerstand wahrnehmbar sein. Die Riegel müssen einschnappen, so dass sie plan mit dem Gehäuse abschließen:



Achtung: Wenn Sie die ELM-Klemmen erst auf die Tragschiene einrasten und dann nebeneinander schieben ohne das Nut und Feder ineinander greifen, wird keine funktionsfähige Verbindung hergestellt! Bei richtiger Montage darf kein nennenswerter Spalt zwischen den Gehäusen zu sehen sein.

Demontage

Jede Klemme wird durch eine Verriegelung auf der Tragschiene gesichert, die zur Demontage gelöst werden muss. Das Vorgehen zur Demontage ist in *umgekehrter* Abfolge vorzunehmen wie bei der [Montage](#) [▶ 889] beschrieben:

1. Entriegeln Sie die Tragschienenverriegelung der ELM-Klemme an der Ober- und Unterseite und Sie können die Klemme nun ohne großen Kraftaufwand aus dem Busklemmenblock herausziehen.
2. Greifen Sie dazu mit Daumen und Zeigefinger die entriegelte Klemme gleichzeitig oben und unten an den Gehäuseflächen und ziehen Sie sie aus dem Busklemmenblock heraus.

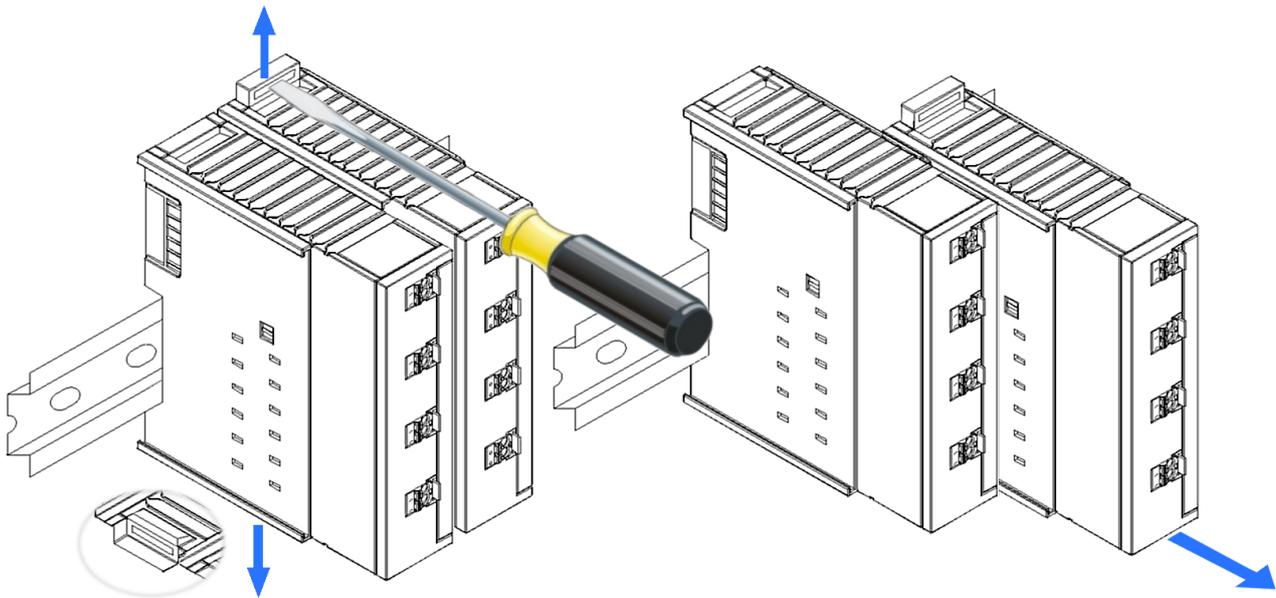


Abb. 366: Öffnen des oberen und unteren Tragschienenriegels und herausziehen der ELM-Klemme

Verbindungen innerhalb eines Busklemmenblocks

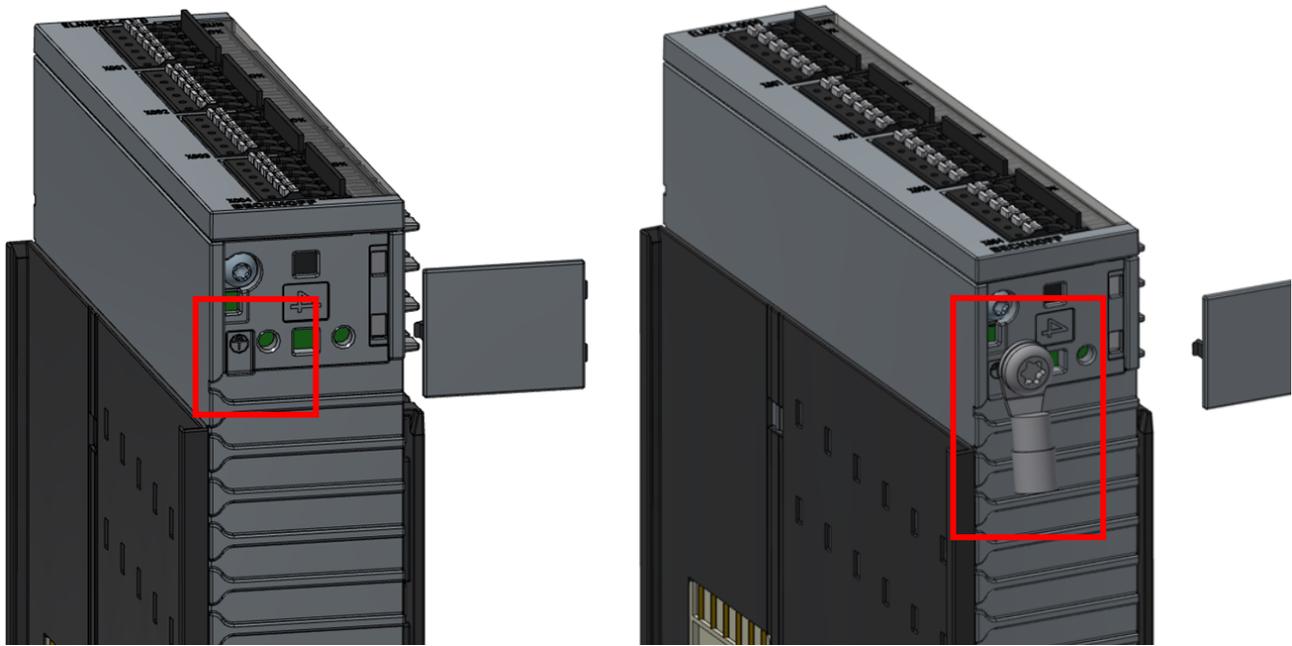
Die elektrischen Verbindungen zwischen Buskoppler und Busklemmen werden durch das Zusammenstecken der Komponenten automatisch realisiert: Die sechs Federkontakte des E-Bus übernehmen die Übertragung der Daten und die Versorgung der Busklemmenelektronik.

8.11 Schutzerde (PE – protection earth)

Die Gehäuse der ELM/EKM-Serie sind aus Zinkdruckguß hergestellt und somit metallisch. Dadurch ergibt sich Bedarf nach Klärung der Verwendung von Schutzerdung, um eine Gefährdung durch elektrischen Schlag zu verhindern.

Achtung: die einschlägigen Anwendungsnormen bezeichnen mit „Gehäuse“ den umgebenden Schaltschrank/Schaltkasten, während hier mit „Gehäuse“ die Beckhoff Klemme gemeint ist.

Vgl. dazu das Klärungskapitel „Analogtechnische Hinweise – Schirm und Erde“ in dieser Dokumentation.



Das Gehäuse bietet die Möglichkeit per Schraubverbindung M4 (bis ca. Baujahr 2022: M3) einen Ringkabelschuh zur PE-Anbindung anzuschließen.

Dazu ist wie folgt vorzugehen:

- die Kunststoffabdeckung am ELM-Gehäuse abhebeln, für spätere Wiederverwendung ggf. aufbewahren
- den vorbereiteten, an den Schutzleiter gecrimpten Ringkabelschuh per Schraube M4x8 (M3x8) befestigen, max. Drehmoment 0,5 Nm. Entsprechend passendes Werkzeug verwenden.
ACHTUNG: es darf keine längere Schraube verwendet werden da sie in den Innenraum ragt und dort dann zu Beschädigung führen kann. Diese ist im Servicefall erkennbar.
- Die PE-Zuleitung mit dem Schutzleitersystem verbinden.

Hinweise zur Entscheidung, ob ein PE-Anschluss im konkreten Anwendungsfall nötig ist

- ein PE-Anschluss wird benötigt, wenn von der Klemme eine Gefahr in Bezug auf elektrischen Schlag durch eine unzulässige Berührungsspannung ausgehen kann. Dazu sind zwei Ursachen zu unterscheiden:
 - Wenn die Klemme intern hohe Spannungen (nicht SELV/PELV) führt, kann sie im Fehlerfall ggf. selbst diese hohe Spannung auf das Gehäuse legen. Bei solchen Klemmen ist PE in jedem Fall anzuschließen, siehe dazu die entsprechenden mechanischen Möglichkeiten an der Klemme. Der normative Hintergrund dazu sind die Produkt- und Gerätenormen wie EN 61010.
- Hinweis:** die Klemmen ELM3004, ELM3002, ELM3104, ELM3102, ELM3504, ELM3502, ELM3604, ELM3602, ELM3704, ELM3702 arbeiten an SELV/PELV-Kleinspannung; daher liegt hierbei i.d.R. kein Gefährdungspotential vor.

- Wenn die Klemme zwar an SELV/PELV-Schutzkleinspannung betrieben wird, jedoch im Fehlerfall die Möglichkeit einer Kontaktierung z.B. eines spannungsführenden Leiters mit dem Gehäuse besteht und damit das Gehäuse unter unzulässige Berührungsspannung setzen kann, ist ebenfalls eine Verbindung mit dem Schutzleitersystem nötig. Dies geben Anwendungsnormen wie die EN60204-1 oder EN61439-1 aus dem Schaltschrankbau vor.
- Es ist deshalb im jeweiligen Anwendungsfall zu prüfen in welchem Normenumfeld die Applikation betrieben wird und ob der PE-Anschluss zu nutzen ist.

Hinweis zu Schutzerde/PE in Bezug auf analoge Messungen

Das Schutzleitersystem ist in seiner Art ausschließlich auf das Ableiten von Hochströmen ausgelegt. Deshalb können dort erhebliche hochfrequente Störungen vorliegend sein, die ein analoges Messgerät negativ beeinflussen könnten, wenn es an das Schutzleitersystem angeschlossen wird/werden muss. In solchen Fällen kann ein strikt sternförmiger Aufbau des FE- und PE-Systems sinnvoll sein, um möglichst wenig Störquellen auf dem PE-System in der Nähe des analogen Messsystems zu haben. Idealerweise ist auf den PE-Anschluss ganz zu verzichten – dann muss die Installation aber den o.a. zwei Bedingungen genügen und z.B. in einen Hochvolt- und eine Niederspannungsschaltschrank (ohne PE-Zwang) aufgeteilt werden.

8.12 Bedeutung der LEDs

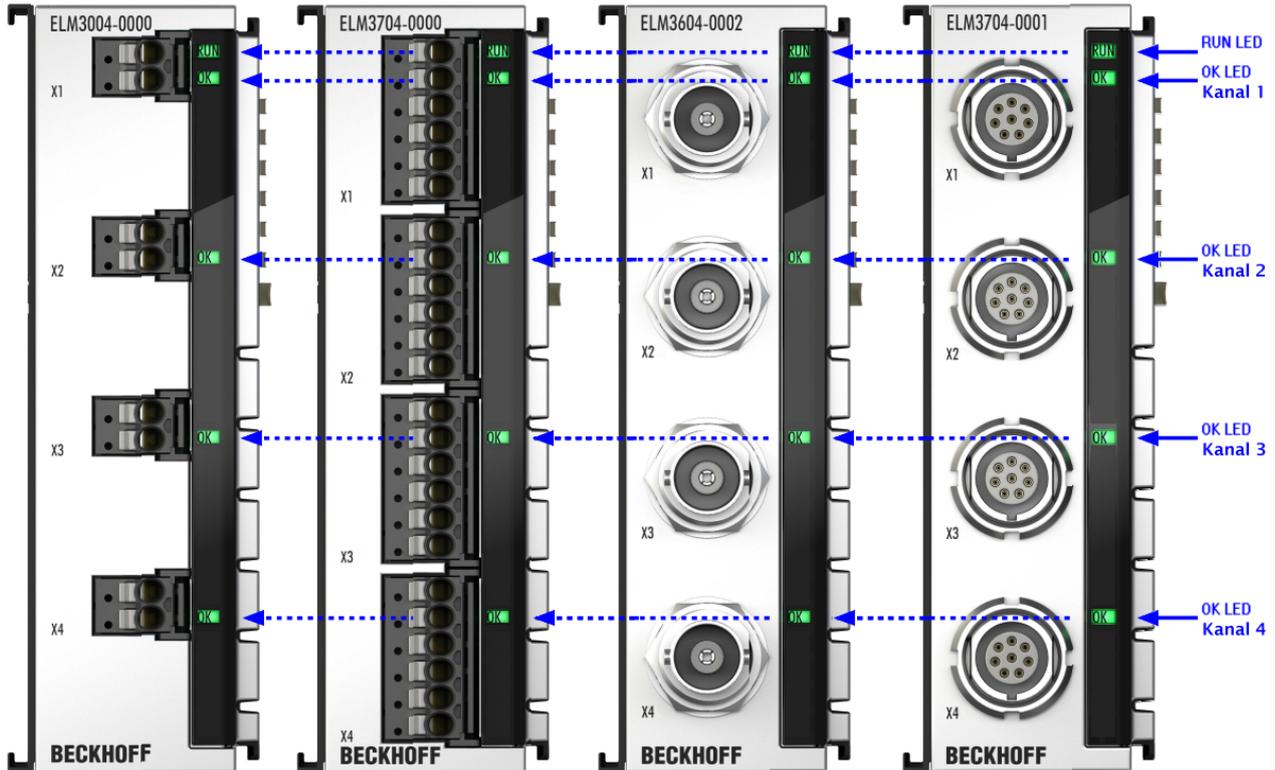


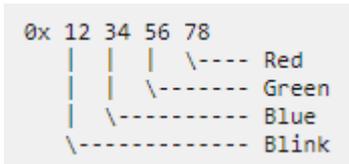
Abb. 367: LEDs der ELM Klemmen

LED	Farbe	Beschreibung	
RUN	grün	aus	Zustand der EtherCAT State Machine [► 842]: INIT = Initialisierung der Klemme
		blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: PREOP = Funktion für Mailbox-Kommunikation und abweichende Standard-Einstellungen gesetzt
		Einzelblitz	Zustand der EtherCAT State Machine: SAFEOP = Überprüfung der Kanäle des Sync-Managers [► 827] und der Distributed Clocks [► 849] (falls unterstützt)
		an	Zustand der EtherCAT State Machine: OP = normaler Betriebszustand; Mailbox- und Prozessdatenkommunikation ist möglich
		flimmernd	Zustand der EtherCAT State Machine: BOOTSTRAP = Funktion für Firmware-Updates [► 912] der Klemme

LED	Farbe	Bedeutung
OK (1..n)	grün	Kein Fehler
	rot	Fehleranzeige, zugleich mit Error Bit im Status, bei <ul style="list-style-type: none"> • Range Error des Messbereiches (nicht bei Underrange/Overrange!) • Messtyp eingestellt der nicht kalibriert ist (siehe CoE Objekt 0x80nF PAI Vendor Calibration Data [► 594]) • Prozessorüberlast (siehe CoE Objekt 0xF900 PAI Info Data [► 597]) • ADC in Sättigung „saturation“ • Analoge Schaltung überlastet „in overload“, Überspannung an Eingängen erkannt; siehe Kapitel „StartUp - Wie ist zu verfahren bei...“ [► 582], sowie Hinweise im Kapitel „Allgemeine technische Daten [► 29]“ • Oversampling Error im Synchron Mode
	blinkend	Aktiver Selbsttest der Klemme; siehe Kapitel ELM Features/ Selbsttest und Selbsttest-Bericht
	aus	Kein Betrieb

Die Status der im Gerät befindlichen optischen Anzeigen (LED) kann im CoE 0xF915 LED Status elektronisch ausgelesen werden, z.B. zur gleichzeitigen LED-Anzeige in der Visualisierung.

Es handelt sich um vier Bytes, die den RGB-Wert und den leuchtzustand beschreiben:



- Byte 1 (vlnr): Blink-/Leuchtcode
 - 0x00: Aus/ nicht vorhanden
 - 0x01...0x14: 1..20 Hz
 - 0x80: EtherCAT PreOp
 - 0x81: EtherCAT SafeOp
 - 0x82: EtherCAT Boot
 - 0xFF: An/ vorhanden
- Byte 2..4:
 - 0x00: Aus
 - 0xFF: An

Beispiele:

- 0x 00 00 00 00: LED nicht vorhanden
- 0x FF 00 00 00 : Led ist an, RGB =0, also nicht leuchtend, Bedeutung: LED ist vorhanden

```
0x 00 00 00 FF : LED off (Red)
0x 00 00 FF 00 : LED off (Green)
0x 00 FF 00 00 : LED off (Blue)
0x 00 00 FF FF : LED off (Yellow)
0x 00 FF FF FF : LED off (White)
```

```
0x FF 00 00 FF : LED on (Red)
0x FF 00 FF 00 : LED on (Green)
0x FF FF 00 00 : LED on (Blue)
0x FF 00 FF FF : LED on (Yellow)
0x FF FF FF FF : LED on (White)
```

Abb. 368: Beispiele LED Status

Umsetzung in den ELM3xxxx

- ELM3002-0205/0305/0405

Index	Name	Bedeutung
0xF915:01	RUN	RUN-LED
0xF915:02	LED Ch.1	LED Kanal 1 (AI)
0xF915:0E	LED Ch.2	LED Kanal 2 (AI)

8.13 Powerkontakte ELM314x

Die Powerkontakte (durchgeschleift, üblich 24V/ 0V) sind zur Sensorversorgung an den Klemmstellen der ELM314x wie folgt kontaktiert:

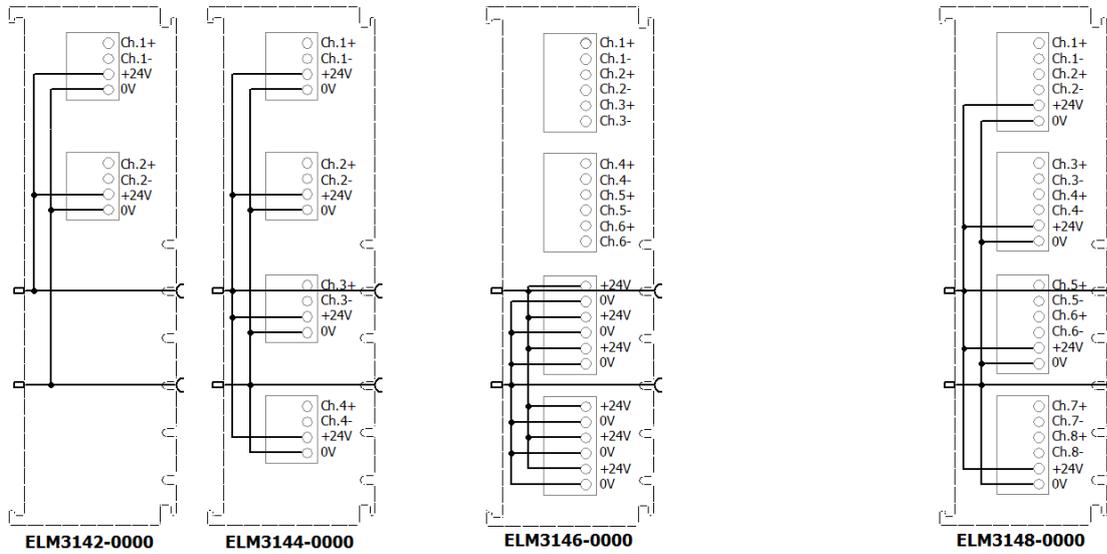


Abb. 369: Verbindungen der Powerkontakte bei der ELM314x

Tabellarisch:

Klemme	ELM3142-0000	ELM3144-0000	ELM3146-0000	ELM3148-0000
Stecker	X1, X2	X1..X4	X3, X4	X1..X4
24 V / U _P +	Klemmstelle 3	Klemmstelle 3	Klemmstellen 1, 3, 5	Klemmstelle 5
0 V / U _P -	Klemmstelle 4	Klemmstelle 4	Klemmstellen 2, 4, 6	Klemmstelle 6

HINWEIS

Welche elektrische Leistung den Klemmstellen zu entnehmen ist hängt vom geringsten Wert der folgenden Faktoren ab:

- Elektrische Dauerbelastbarkeit der Powerkontakte in der Klemmendurchleitung: 10 A
- Elektrische Dauerbelastbarkeit der Klemmstelle, siehe dazu Kapitel „Gehäuse/ Spezifikationen“ [► 851].
- Leistungsvermögen des einspeisenden Kopplers/Einspeiseklemme auf die Powerkontakte
- Zulässiger maximaler abgehender Summenstrom der Klemmkontakte je ELM314x: 2 A

HINWEIS

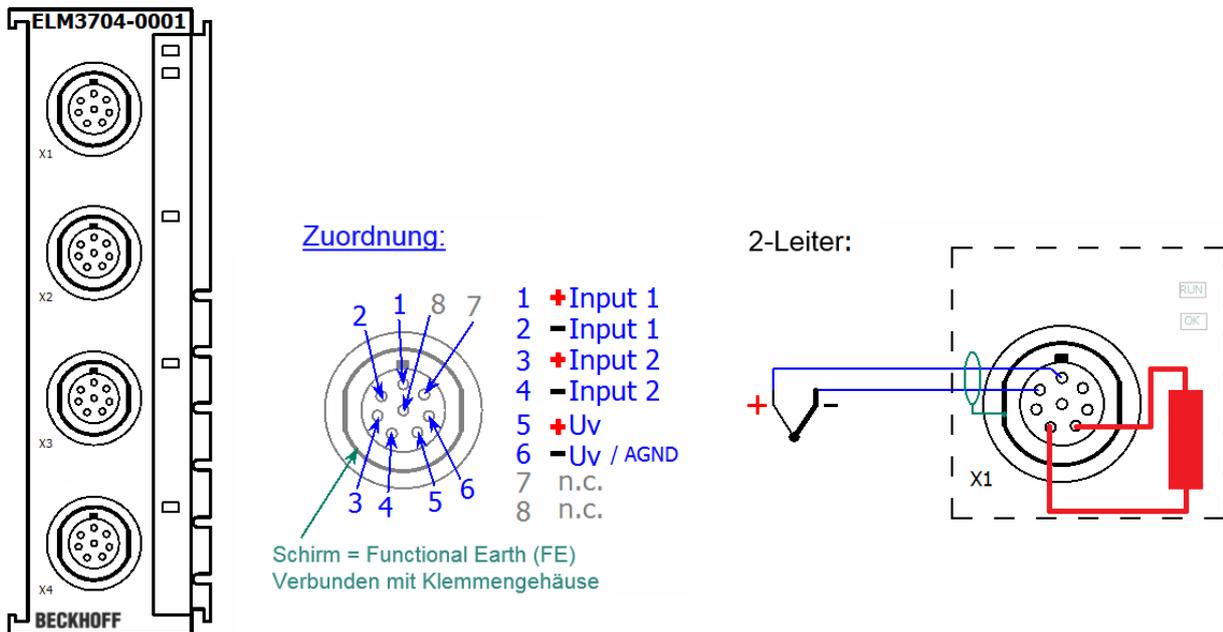
Schaltbare Verbindung AGND/U_P-

Die interne Signalmasse AGND kann per Firmware (über das CoE-Verzeichnis der Klemme) auf den negativen Powerkontakt U_P- geschaltet werden, siehe das Kapitel „Schaltbares AGND“.

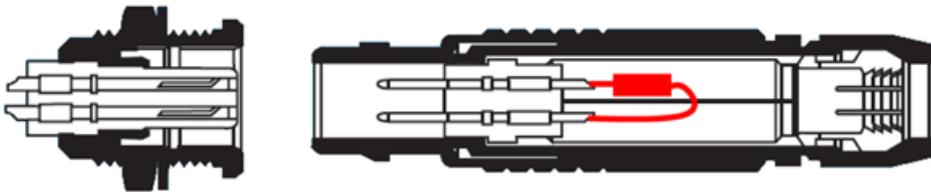
8.14 Montage LEMO-Stecker bei ELM3702-0101

Montierungsanleitung für Modus 2 „RTD im LEMO Stecker“

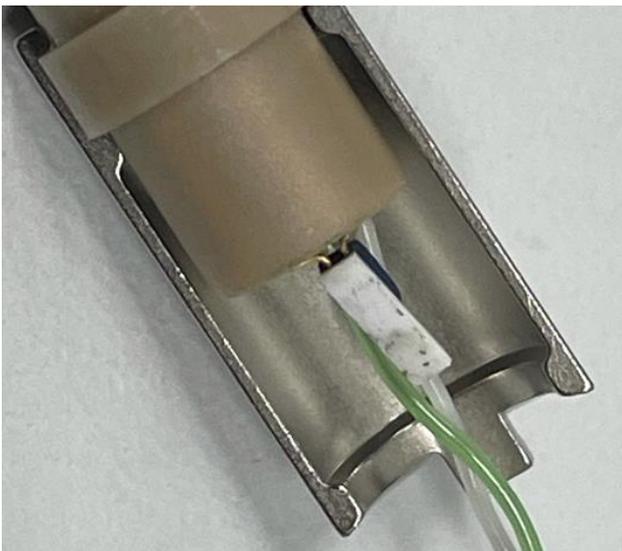
RTD: PT1000 F0.1 (1/3 DIN B), Abmessung 2,5 x 2 x 1,3 mm, JUMO PCA 1.2003.10M



Der PT1000 wird zwischen Pin 4 (-Input2) und Pin 5 (+Uv) angeschlossen.



Die Thermoelement-Leitung und der RTD werden mittels Krimp-Kontaktierung befestigt:



Nach dem Zusammenbau ist der Stecker mit 2K Epoxid Kleber zu versiegeln.

Eine Ausführlichere Anleitung „Verwendung der externen Kaltstelle in LEMO Steckern an ELM3xxx“ kann über den Beckhoff-Support angefragt werden.

8.15 Entsorgung



Die mit einer durchgestrichenen Abfalltonne gekennzeichneten Produkte dürfen nicht in den Hausmüll. Das Gerät gilt bei der Entsorgung als Elektro- und Elektronik-Altgerät. Die nationalen Vorgaben zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sind zu beachten.

9 Anhang

9.1 Diagnose - Grundlagen zu Diag Messages

Mit *DiagMessages* wird ein System der Nachrichtenübermittlung vom EtherCAT Slave an den EtherCAT Master/TwinCAT bezeichnet. Die Nachrichten werden vom Gerät im eigenen CoE unter 0x10F3 abgelegt und können von der Applikation oder dem System Manager ausgelesen werden. Für jedes im Gerät hinterlegtes Ereignis (Warnung, Fehler, Statusänderung) wird eine über einen Code referenzierte Fehlermeldung ausgegeben.

Definition

Das System *DiagMessages* ist in der ETG (EtherCAT Technology Group) in der Richtlinie ETG.1020, Kap. 13 "Diagnosis Handling" definiert. Es wird benutzt, damit vordefinierte oder flexible Diagnosemitteilungen vom EtherCAT-Slave an den Master übermittelt werden können. Das Verfahren kann also nach ETG herstellerübergreifend implementiert werden. Die Unterstützung ist optional. Die Firmware kann bis zu 250 *DiagMessages* im eigenen CoE ablegen.

Jede *DiagMessage* besteht aus

- Diag Code (4 Byte)
- Flags (2 Byte; Info, Warnung oder Fehler)
- Text-ID (2 Byte; Referenz zum erklärenden Text aus der ESI/XML)
- Zeitstempel (8 Byte, lokale Slave-Zeit oder 64-Bit Distributed-Clock-Zeit, wenn vorhanden)
- dynamische Parameter, die von der Firmware mitgegeben werden

In der zum EtherCAT-Gerät gehörigen ESI/XML-Datei werden die *DiagMessages* in Textform erklärt: Anhand der in der *DiagMessage* enthaltenen Text-ID kann die entsprechende Klartextmeldung in den Sprachen gefunden werden, die in der ESI/XML enthalten sind. Üblicherweise sind dies bei Beckhoff-Produkten deutsch und englisch.

Der Anwender erhält durch den Eintrag *NewMessagesAvailable* Information, dass neue Meldungen vorliegen.

DiagMessages können im Gerät bestätigt werden: die letzte/neueste unbestätigte Meldung kann vom Anwender bestätigt werden.

Im CoE finden sich sowohl die Steuereinträge wie die History selbst im CoE-Objekt 0x10F3:

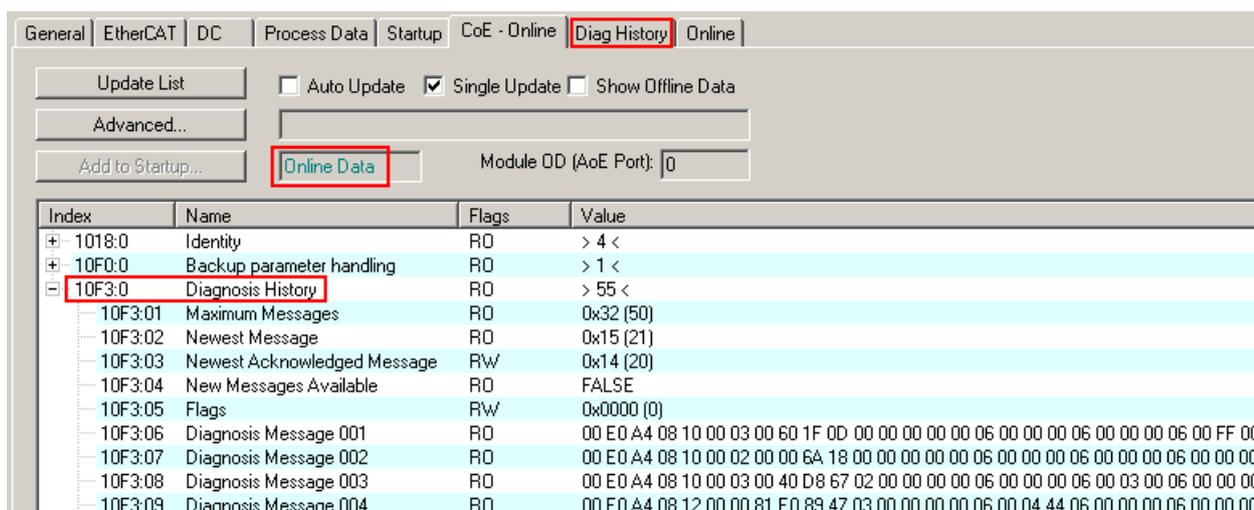


Abb. 370: *DiagMessages* im CoE

Unter 0x10F3:02 ist der Subindex der neuesten *DiagMessage* auslesbar.

i Unterstützung zur Inbetriebnahme

Das System der DiagMessages ist vor allem während der Anlageninbetriebnahme einzusetzen. Zur Online-Diagnose während des späteren Dauerbetriebs sind die Diagnosewerte z. B. im StatusWord des Gerätes (wenn verfügbar) hilfreich.

Implementierung TwinCAT System Manager

Ab TwinCAT 2.11 werden DiagMessages, wenn vorhanden, beim Gerät in einer eigenen Oberfläche angezeigt. Auch die Bedienung (Abholung, Bestätigung) erfolgt darüber.

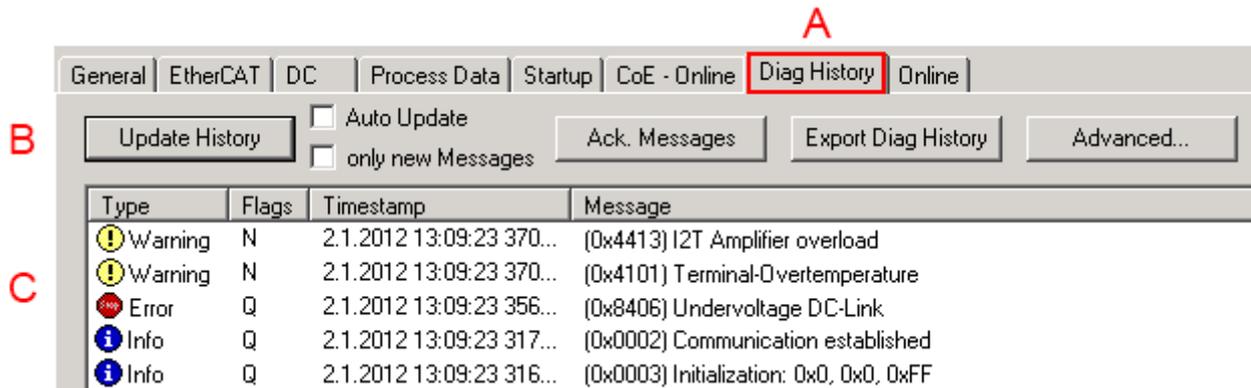


Abb. 371: Implementierung DiagMessage-System im TwinCAT System Manager

Im Reiter Diag History (A) sind die Betätigungsfelder (B) wie auch die ausgelesene History (C) zu sehen. Die Bestandteile der Message:

- Info/Warning/Error
- Acknowledge-Flag (N = unbestätigt, Q = bestätigt)
- Zeitstempel
- Text-ID
- Klartext-Meldung nach ESI/XML Angabe

Die Bedeutung der Buttons ist selbsterklärend.

DiagMessages im ADS Logger/Eventlogger

Ab TwinCAT 3.1 build 4022 werden von einer Klemme abgesetzte DiagMessages auch im TwinCAT ADS Logger gezeigt. Da nun IO-übergreifend DiagMessages an einem Ort dargestellt werden, vereinfacht dies die Inbetriebnahme. Außerdem kann die Logger-Ausgabe in eine Datei gespeichert werden – somit stehen die DiagMessages auch langfristig für Analysen zur Verfügung.

DiagMessages liegen eigentlich nur lokal im CoE 0x10F3 in der Klemme vor und können bei Bedarf manuell z. B. über die oben genannte DiagHistory ausgelesen werden.

Bei Neuentwicklungen sind die EtherCAT-Klemmen standardmäßig so eingestellt, dass sie das Vorliegen einer DiagMessage über EtherCAT als Emergency melden; der Eventlogger kann die DiagMessage dann abholen. Die Funktion wird in der Klemme über 0x10F3:05 aktiviert, deshalb haben solche Klemmen folgenden Eintrag standardmäßig in der StartUp-Liste:

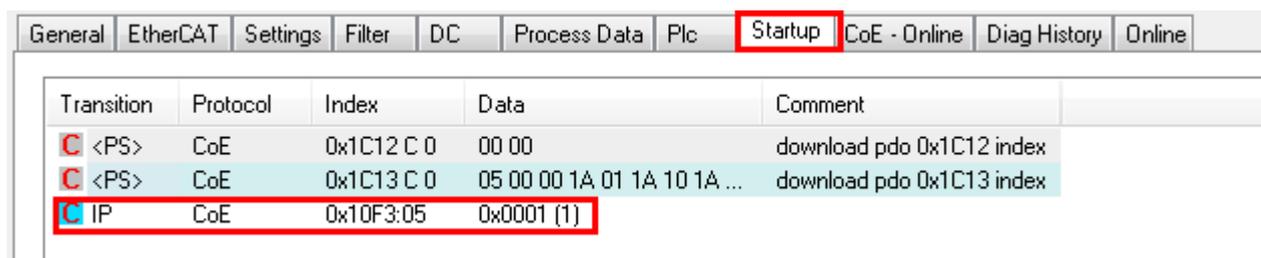


Abb. 372: StartUp-Liste

Soll die Funktion ab Gerätestart deaktiviert werden weil z. B. viele Meldungen kommen oder der EventLogger nicht genutzt wird, kann der StartUp-Eintrag gelöscht oder auf 0 gesetzt werden. Der Wert kann dann bei Bedarf später aus der PLC per CoE-Zugriff wieder auf 1 gesetzt werden.

Nachrichten in die PLC einlesen

- In Vorbereitung -

Interpretation

Zeitstempel

Der Zeitstempel wird aus der lokalen Uhr der Klemme zum Zeitpunkt des Ereignisses gewonnen. Die Zeit ist üblicherweise die Distributed-Clocks-Zeit (DC) aus Register x910.

Bitte beachten: die DC-Zeit wird in der Referenzuhr gleich der lokalen IPC/TwinCAT-Zeit gesetzt, wenn EtherCAT gestartet wird. Ab diesem Moment kann die DC-Zeit gegenüber der IPC-Zeit divergieren, da die IPC-Zeit nicht nachgeregelt wird. Es können sich so nach mehreren Wochen Betrieb ohne EtherCAT Neustart größere Zeitdifferenzen entwickeln. Als Abhilfe kann die sog. Externe Synchronisierung der DC-Zeit genutzt werden, oder es wird fallweise eine manuelle Korrekturrechnung vorgenommen: die aktuelle DC-Zeit kann über den EtherCAT Master oder durch Einsicht in das Register x901 eines DC-Slaves ermittelt werden.

Aufbau der Text-ID

Der Aufbau der MessageID unterliegt keiner Standardisierung und kann herstellerspezifisch definiert werden. Bei Beckhoff EtherCAT-Geräten (EL, EP) lautet er nach **xyzz** üblicherweise:

x	y	zz
0: Systeminfo 1: Info 2: reserved 4: Warning 8: Error	0: System 1: General 2: Communication 3: Encoder 4: Drive 5: Inputs 6: I/O allgemein 7: reserved	Fehlernummer

Beispiel: Meldung 0x4413 --> Drive Warning Nummer 0x13

Übersicht Text-IDs

Spezifische Text-IDs sind in der Gerätedokumentation aufgeführt.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x0001	Information	System	No error	Kein Fehler
0x0002	Information	System	Communication established	Verbindung aufgebaut
0x0003	Information	System	Initialisation: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Information, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x1000	Information	System	Information: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Information, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x1012	Information	System	EtherCAT state change Init - PreOp	
0x1021	Information	System	EtherCAT state change PreOp - Init	
0x1024	Information	System	EtherCAT state change PreOp - Safe-Op	
0x1042	Information	System	EtherCAT state change SafeOp - PreOp	
0x1048	Information	System	EtherCAT state change SafeOp - Op	
0x1084	Information	System	EtherCAT state change Op - SafeOp	
0x1100	Information	Allgemein	Detection of operation mode completed: 0x%X, %d	Erkennung der Betriebsart beendet
0x1135	Information	Allgemein	Cycle time o.k.: %d	Zykluszeit o.k.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x1157	Information	Allgemein	Data manually saved (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten manuell gespeichert
0x1158	Information	Allgemein	Data automatically saved (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten automatisch gespeichert
0x1159	Information	Allgemein	Data deleted (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten gelöscht
0x117F	Information	Allgemein	Information: 0x%X, 0x%X, 0x%X	Information
0x1201	Information	Kommunikation	Communication re-established	Kommunikation zur Feldseite wiederhergestellt Die Meldung tritt auf, wenn z. B. im Betrieb die Spannung der Powerkontakte entfernt und wieder angelegt wurde.
0x1300	Information	Encoder	Position set: %d, %d	Position gesetzt - StartInputhandler
0x1303	Information	Encoder	Encoder Supply ok	Encoder Netzteil OK
0x1304	Information	Encoder	Encoder initialization successfully, channel: %X	Encoder Initialisierung erfolgreich abgeschlossen
0x1305	Information	Encoder	Sent command encoder reset, channel: %X	Sende Kommando Encoder Reset
0x1400	Information	Drive	Drive is calibrated: %d, %d	Antrieb ist kalibriert
0x1401	Information	Drive	Actual drive state: 0x%X, %d	Aktueller Status des Antriebs
0x1705	Information		CPU usage returns in normal range (< 85%)	Prozessorauslastung ist wieder im normalen Bereich
0x1706	Information		Channel is not in saturation anymore	Kanal ist nicht mehr in Sättigung
0x1707	Information		Channel is not in overload anymore	Kanal ist nicht mehr überlastet
0x170A	Information		No channel range error anymore	Es liegt kein Messbereichsfehler mehr vor
0x170C	Information		Calibration data saved	Abgleichdaten wurden gespeichert
0x170D	Information		Calibration data will be applied and saved after sending the command "0x5AFE"	Abgleichdaten werden erst nach dem Senden des Kommandos „0x5AFE“ übernommen und gespeichert

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x2000	Information	System	%s: %s	
0x2001	Information	System	%s: Network link lost	Netzwerk Verbindung verloren
0x2002	Information	System	%s: Network link detected	Netzwerk Verbindung gefunden
0x2003	Information	System	%s: no valid IP Configuration - Dhcp client started	Ungültige IP Konfiguration
0x2004	Information	System	%s: valid IP Configuration (IP: %d.%d.%d.%d) assigned by Dhcp server %d.%d.%d.%d	Gültige, vom DHCP-Server zugewiesene IP-Konfiguration
0x2005	Information	System	%s: Dhcp client timed out	Zeitüberschreitung DHCP-Client
0x2006	Information	System	%s: Duplicate IP Address detected (%d.%d.%d.%d)	Doppelte IP-Adresse gefunden
0x2007	Information	System	%s: UDP handler initialized	UDP-Handler initialisiert
0x2008	Information	System	%s: TCP handler initialized	TCP-Handler initialisiert
0x2009	Information	System	%s: No more free TCP sockets available	Keine freien TCP Sockets verfügbar

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x4000	Warnung		Warning: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Warnung, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x4001	Warnung	System	Warning: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x4002	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d API:%dms) from %d. %d.%d.%d successful	
0x4003	Warnung	System	%s: %s Connection Close (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d successful	
0x4004	Warnung	System	%s: %s Connection (IN:%d OUT:%d) with %d.%d.%d.%d timed out	
0x4005	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Error: %u)	

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x4006	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Input Data Size expected: %d Byte(s) received: %d Byte(s))	
0x4007	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Output Data Size expected: %d Byte(s) received: %d Byte(s))	
0x4008	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (RPI:%dms not supported -> API:%dms)	
0x4101	Warnung	Allgemein	Terminal-Overtemperature	Übertemperatur. Die Innentemperatur der Klemme überschreitet die parametrisierte Warnschwelle.
0x4102	Warnung	Allgemein	Discrepancy in the PDO-Configuration	Die ausgewählten PDOs passen nicht zur eingestellten Betriebsart. Beispiel: Antrieb arbeitet im Velocity-Mode. Das Velocity-PDO ist jedoch nicht in die PDOs gemapped.
0x417F	Warnung	Allgemein	Warnung: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x428D	Warnung	Allgemein	Challenge is not Random	
0x4300	Warnung	Encoder	Subincrements deactivated: %d, %d	Subinkremente deaktiviert (trotz aktivierter Konfiguration)
0x4301	Warnung	Encoder	Encoder-Warning	Allgemeiner Encoderfehler
0x4302	Warnung	Encoder	Maximum frequency of the input signal is nearly reached (channel %d)	Maximale Frequenz des Eingangssignals ist bald erreicht
0x4303	Warnung	Encoder	Limit counter value was reduced because of the PDO configuration (channel %d)	Limit-Zählergrenze wurde aufgrund der PDO-Konfiguration reduziert (Kanal %d)
0x4304	Warnung	Encoder	Reset counter value was reduced because of the PDO configuration (channel %d)	Reset-Zählergrenze wurde aufgrund der PDO-Konfiguration reduziert (Kanal %d)
0x4400	Warnung	Drive	Drive is not calibrated: %d, %d	Antrieb ist nicht kalibriert
0x4401	Warnung	Drive	Starttype not supported: 0x%X, %d	Starttyp wird nicht unterstützt
0x4402	Warnung	Drive	Command rejected: %d, %d	Kommando abgewiesen
0x4405	Warnung	Drive	Invalid modulo subtype: %d, %d	Modulo-Subtyp ungültig
0x4410	Warnung	Drive	Target overrun: %d, %d	Zielposition wird überfahren
0x4411	Warnung	Drive	DC-Link undervoltage (Warning)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme unterschreitet die parametrisierte Mindestspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x4412	Warnung	Drive	DC-Link overvoltage (Warning)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme überschreitet die parametrisierte Maximalspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x4413	Warnung	Drive	I2T-Model Amplifier overload (Warning)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Verstärker wird außerhalb der Spezifikation betrieben • Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametrisiert
0x4414	Warnung	Drive	I2T-Model Motor overload (Warning)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Motor wird außerhalb der parametrisierten Nennwerte betrieben. • Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametrisiert.
0x4415	Warnung	Drive	Speed limitation active	Die maximale Drehzahl wird durch die parametrisierten Objekte (z. B. velocity limitation, motor speed limitation) begrenzt. Die Warnung wird ausgegeben, wenn die Sollgeschwindigkeit größer ist, als eines der parametrisierten Begrenzungen.
0x4416	Warnung	Drive	Step lost detected at position: 0x%X%X	Schrittverlust erkannt
0x4417	Warnung	Drive	Motor-Overtemperature	Die Innentemperatur des Motors übersteigt die parametrisierte Warnschwelle.
0x4418	Warnung	Drive	Limit: Current	Limit: Strom wird limitiert
0x4419	Warnung	Drive	Limit: Amplifier I2T-model exceeds 100%	Die Schwellwerte für den maximalen Strom wurden überschritten.
0x441A	Warnung	Drive	Limit: Motor I2T-model exceeds 100%	Limit: Motor I2T-Modell übersteigt 100%

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x441B	Warnung	Drive	Limit: Velocity limitation	Die Schwellwerte für die maximale Drehzahl wurden überschritten.
0x441C	Warnung	Drive	STO while the axis was enabled	Es wurde versucht die Achse zu aktivieren, obwohl die Spannung am STO-Eingang nicht anliegt.
0x4600	Warnung	Allgemein IO	Wrong supply voltage range	Versorgungsspannung im falschen Bereich
0x4610	Warnung	Allgemein IO	Wrong output voltage range	Ausgangsspannung im falschen Bereich
0x4705	Warnung		Processor usage at %d %	Prozessorauslastung bei %d %
0x470A	Warnung		EtherCAT Frame missed (change Settings or DC Operation Mode or Sync0 Shift Time)	EtherCAT Frame verpasst (Einstellungen, DC Operation Mode oder Sync0 Shift Time ändern)

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8000	Fehler	System	%s: %s	
0x8001	Fehler	System	Error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeiner Fehler, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x8002	Fehler	System	Communication aborted	Kommunikation abgebrochen
0x8003	Fehler	System	Configuration error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x8004	Fehler	System	%s: Unsuccessful FwdOpen-Response received from %d.%d.%d (%s) (Error: %u)	
0x8005	Fehler	System	%s: FwdClose-Request sent to %d.%d.%d.%d (%s)	
0x8006	Fehler	System	%s: Unsuccessful FwdClose-Response received from %d.%d.%d.%d (%s) (Error: %u)	
0x8007	Fehler	System	%s: Connection with %d.%d.%d.%d (%s) closed	
0x8100	Fehler	Allgemein	Status word set: 0x%X, %d	Fehlerbit im Statuswort gesetzt
0x8101	Fehler	Allgemein	Operation mode incompatible to PDO interface: 0x%X, %d	Betriebsart inkompatibel zum PDO-Interface
0x8102	Fehler	Allgemein	Invalid combination of Inputs and Outputs PDOs	Ungültige Kombination von In- und Output PDOs
0x8103	Fehler	Allgemein	No variable linkage	Keine Variablen verknüpft
0x8104	Fehler	Allgemein	Terminal-Overtemperature	Die Innentemperatur der Klemme überschreitet die parametrisierte Fehlerschwelle. Das Aktivieren der Klemme wird unterbunden.
0x8105	Fehler	Allgemein	PD-Watchdog	Die Kommunikation zwischen Feldbus und Endstufe wird durch einen Watchdog abgesichert. Sollte die Feldbuskommunikation abbrechen, wird die Achse automatisch gestoppt. <ul style="list-style-type: none"> Die EtherCAT-Verbindung wurde im Betrieb unterbrochen Der Master wurde im Betrieb in den Config-Mode geschaltet
0x8135	Fehler	Allgemein	Cycletime has to be a multiple of 125 µs	Die IO- oder NC-Zykluszeit ist nicht ganzzahlig durch 125µs teilbar.
0x8136	Fehler	Allgemein	Configuration error: invalid sampling rate	Konfigurationsfehler: Ungültige Samplingrate
0x8137	Fehler	Allgemein	Elektronisches Typenschild: CRC-Fehler	Inhalt des Speicher des externen Typenschildes nicht gültig.
0x8140	Fehler	Allgemein	Sync Error	Echtzeitverletzung
0x8141	Fehler	Allgemein	Sync%X Interrupt lost	Sync%X Interrupt fehlt
0x8142	Fehler	Allgemein	Sync Interrupt asynchronous	Sync Interrupt asynchron
0x8143	Fehler	Allgemein	Jitter too big	Jitter Grenzwertüberschreitung
0x817F	Fehler	Allgemein	Error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x8200	Fehler	Kommunikation	Write access error: %d, %d	Fehler beim Schreiben
0x8201	Fehler	Kommunikation	No communication to field-side (Auxiliary voltage missing)	<ul style="list-style-type: none"> Es ist keine Spannung an den Powerkontakten angelegt Ein Firmware Update ist fehlgeschlagen
0x8281	Fehler	Kommunikation	Ownership failed: %X	
0x8282	Fehler	Kommunikation	To many Keys founded	
0x8283	Fehler	Kommunikation	Key Creation failed: %X	

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8284	Fehler	Kommunikation	Key loading failed	
0x8285	Fehler	Kommunikation	Reading Public Key failed: %X	
0x8286	Fehler	Kommunikation	Reading Public EK failed: %X	
0x8287	Fehler	Kommunikation	Reading PCR Value failed: %X	
0x8288	Fehler	Kommunikation	Reading Certificate EK failed: %X	
0x8289	Fehler	Kommunikation	Challenge could not be hashed: %X	
0x828A	Fehler	Kommunikation	Tickstamp Process failed	
0x828B	Fehler	Kommunikation	PCR Process failed: %X	
0x828C	Fehler	Kommunikation	Quote Process failed: %X	
0x82FF	Fehler	Kommunikation	Bootmode not activated	Bootmode nicht aktiviert
0x8300	Fehler	Encoder	Set position error: 0x%X, %d	Fehler beim Setzen der Position
0x8301	Fehler	Encoder	Encoder increments not configured: 0x%X, %d	Enkoderinkremente nicht konfiguriert
0x8302	Fehler	Encoder	Encoder-Error	Die Amplitude des Resolvers ist zu klein.
0x8303	Fehler	Encoder	Encoder power missing (channel %d)	Encoderspannung nicht vorhanden (Kanal %d)
0x8304	Fehler	Encoder	Encoder communication error, channel: %X	Encoder Kommunikationsfehler
0x8305	Fehler	Encoder	EnDat2.2 is not supported, channel: %X	EnDat2.2 wird nicht unterstützt
0x8306	Fehler	Encoder	Delay time, tolerance limit exceeded, 0x%X, channel: %X	Laufzeitmessung, Toleranz überschritten
0x8307	Fehler	Encoder	Delay time, maximum value exceeded, 0x%X, channel: %X	Laufzeitmessung, Maximalwert überschritten
0x8308	Fehler	Encoder	Unsupported ordering designation, 0x%X, channel: %X (only 02 and 22 is supported)	Falsche EnDat Bestellbezeichnung
0x8309	Fehler	Encoder	Encoder CRC error, channel: %X	Encoder CRC Fehler
0x830A	Fehler	Encoder	Temperature %X could not be read, channel: %X	Temperatur kann nicht gelesen werden
0x830C	Fehler	Encoder	Encoder Single-Cycle-Data Error, channel: %X	CRC Fehler festgestellt. Überprüfen Sie den Übertragungsweg und das CRC Polynom
0x830D	Fehler	Encoder	Encoder Watchdog Error, channel: %X	Der Sensor hat nicht innerhalb einer vordefinierten Zeitspanne geantwortet
0x8310	Fehler	Encoder	Initialisation error	Initialisierungsfehler
0x8311	Fehler	Encoder	Maximum frequency of the input signal is exceeded (channel %d)	Maximale Frequenz des Eingangssignals ist überschritten (Kanal %d)
0x8312	Fehler	Encoder	Encoder plausibility error (channel %d)	Encoder Plausibilitätsfehler (Kanal %d)
0x8313	Fehler	Encoder	Configuration error (channel %d)	Konfigurationsfehler (Kanal %d)
0x8314	Fehler	Encoder	Synchronisation error	Synchronisierungsfehler
0x8315	Fehler	Encoder	Error status input (channel %d)	Fehler Status-Eingang (Kanal %d)
0x8400	Fehler	Drive	Incorrect drive configuration: 0x%X, %d	Antrieb fehlerhaft konfiguriert
0x8401	Fehler	Drive	Limiting of calibration velocity: %d, %d	Begrenzung der Kalibrier-Geschwindigkeit
0x8402	Fehler	Drive	Emergency stop activated: 0x%X, %d	Emergency-Stop aktiviert
0x8403	Fehler	Drive	ADC Error	Fehler bei Strommessung im ADC
0x8404	Fehler	Drive	Overcurrent	Überstrom Phase U, V, oder W
0x8405	Fehler	Drive	Invalid modulo position: %d	Modulo-Position ungültig
0x8406	Fehler	Drive	DC-Link undervoltage (Error)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme unterschreitet die parametrisierte Mindestspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8407	Fehler	Drive	DC-Link overvoltage (Error)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme überschreitet die parametrisierte Maximalspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8408	Fehler	Drive	I2T-Model Amplifier overload (Error)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Verstärker wird außerhalb der Spezifikation betrieben • Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametrisiert
0x8409	Fehler	Drive	I2T-Model motor overload (Error)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Motor wird außerhalb der parametrisierten Nennwerte betrieben.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
				• Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametrier.
0x840A	Fehler	Drive	Overall current threshold exceeded	Summenstrom überschritten
0x8415	Fehler	Drive	Invalid modulo factor: %d	Modulo-Faktor ungültig
0x8416	Fehler	Drive	Motor-Overtemperature	Die Innentemperatur des Motors übersteigt die parametrierete Fehlerschwelle. Der Motor bleibt sofort stehen. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8417	Fehler	Drive	Maximum rotating field velocity exceeded	Drehfeldgeschwindigkeit übersteigt den von Dual Use (EU 1382/2014) vorgeschriebenen Wert.
0x841C	Fehler	Drive	STO while the axis was enabled	Es wurde versucht die Achse zu aktivieren, obwohl die Spannung am STO-Eingang nicht anliegt.
0x8550	Fehler	Inputs	Zero crossing phase %X missing	Nulldurchgang Phase %X fehlt
0x8551	Fehler	Inputs	Phase sequence Error	Drehrichtung Falsch
0x8552	Fehler	Inputs	Overcurrent phase %X	Überstrom Phase %X
0x8553	Fehler	Inputs	Overcurrent neutral wire	Überstrom Neutralleiter
0x8581	Fehler	Inputs	Wire broken Ch %D	Leitungsbruch Ch %d
0x8600	Fehler	Allgemein IO	Wrong supply voltage range	Versorgungsspannung im falschen Bereich
0x8601	Fehler	Allgemein IO	Supply voltage to low	Versorgungsspannung zu klein
0x8602	Fehler	Allgemein IO	Supply voltage to high	Versorgungsspannung zu groß
0x8603	Fehler	Allgemein IO	Over current of supply voltage	Überstrom der Versorgungsspannung
0x8610	Fehler	Allgemein IO	Wrong output voltage range	Ausgangsspannung im falschen Bereich
0x8611	Fehler	Allgemein IO	Output voltage to low	Ausgangsspannung zu klein
0x8612	Fehler	Allgemein IO	Output voltage to high	Ausgangsspannung zu groß
0x8613	Fehler	Allgemein IO	Over current of output voltage	Überstrom der Ausgangsspannung
0x8700	Fehler		Channel/Interface not calibrated	Kanal/Interface nicht abgeglichen
0x8701	Fehler		Operating time was manipulated	Betriebslaufzeit wurde manipuliert
0x8702	Fehler		Oversampling setting is not possible	Oversampling Einstellung nicht möglich
0x8703	Fehler		No slave controller found	Kein Slave Controller gefunden
0x8704	Fehler		Slave controller is not in Bootstrap	Slave Controller ist nicht im Bootstrap
0x8705	Fehler		Processor usage to high (>= 100%)	Prozessorauslastung zu hoch (>= 100%)
0x8706	Fehler		Channel in saturation	Kanal in Sättigung
0x8707	Fehler		Channel overload	Kanalüberlastung
0x8708	Fehler		Overloadtime was manipulated	Überlastzeit wurde manipuliert
0x8709	Fehler		Saturationtime was manipulated	Sättigungszeit wurde manipuliert
0x870A	Fehler		Channel range error	Messbereichsfehler des Kanals
0x870B	Fehler		no ADC clock	Kein ADC Takt vorhanden
0xFFFF	Information		Debug: 0x%X, 0x%X, 0x%X	Debug: 0x%X, 0x%X, 0x%X

9.2 TcEventLogger und IO

Der TwinCAT 3 EventLogger stellt eine Schnittstelle zum Austausch von Nachrichten zwischen verschiedenen TwinCAT- und Nicht-TwinCAT-Komponenten bereit.

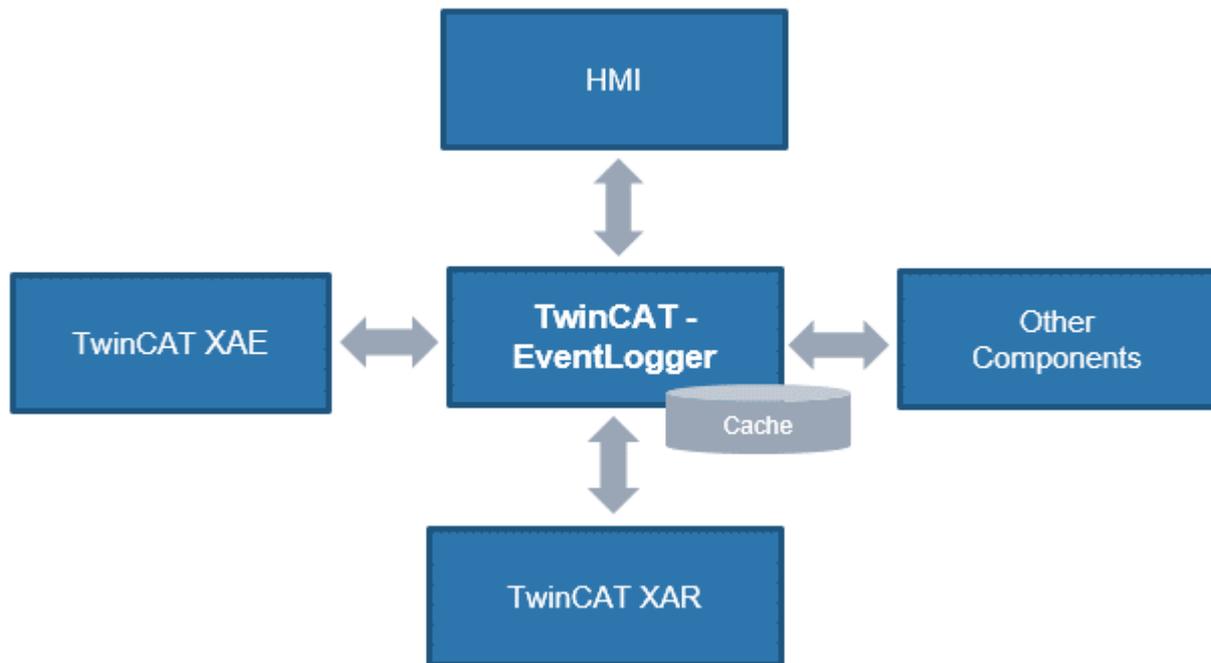


Abb. 373: Schematische Darstellung TCEventLogger

Siehe dazu die Erläuterungen in der TwinCAT EventLogger Dokumentation z. B. im Beckhoff InfoSys <https://infosys.beckhoff.com/> → TwinCAT 3 → TE1000 XAE → Technologien → EventLogger .

Der EventLogger speichert in eine lokale Datenbank unter `..\TwinCAT\3.1\Boot\LoggedEvents.db` und ist im Gegensatz zum VisualStudio Error Window für dauerhafte Aufzeichnung konzipiert.

Auch IO-Geräte können eine Quelle von Nachrichten sein. Werden im IO-Gerät sogenannte DiagMessages erzeugt, können diese bei entsprechender Geräteeinstellung von TwinCAT über EtherCAT abgeholt und im TcEventLogger angezeigt werden. Das erleichtert die zentrale Verwaltung von betriebsbehindernden Ereignissen, da nun nicht mehr in der Applikation für jedes IO-Gerät einzeln eine textuelle Diagnose ausprogrammiert werden muss. Die Nachrichten/Events können z. B. direkt in der TwinCAT HMI angezeigt werden und erleichtern so die Diagnose.

Hinweise:

- dieses Feature wird ab TwinCAT 3.1 build 4022.16 unterstützt.
- TwinCAT kann sich im RUN- oder CONFIG-Mode befinden
- das betrachtete IO-Gerät muss herstellerseitig 1. lokale DiagMessages erstellen und 2. grundsätzlich fähig sein, diese als Event über EtherCAT abzusetzen. Dies ist nicht für alle EtherCAT-IO Geräte/ Klemmen/Box-Module von Beckhoff der Fall.

Die vom EventLogger verwalteten Nachrichten können ausgegeben werden in bzw. ausgelesen werden von

- der HMI → EventGrid
- C#
- der PLC
- TwinCAT Engineering → Logged Events

Im Folgenden Erläuterungen zur Verwendung des EventLoggers mit EtherCAT IO mit TwinCAT 3.1 build 4022.22 während der Inbetriebnahme.

- Im TwinCAT Engineering ist ggf. das EventLogger Window anzuzeigen

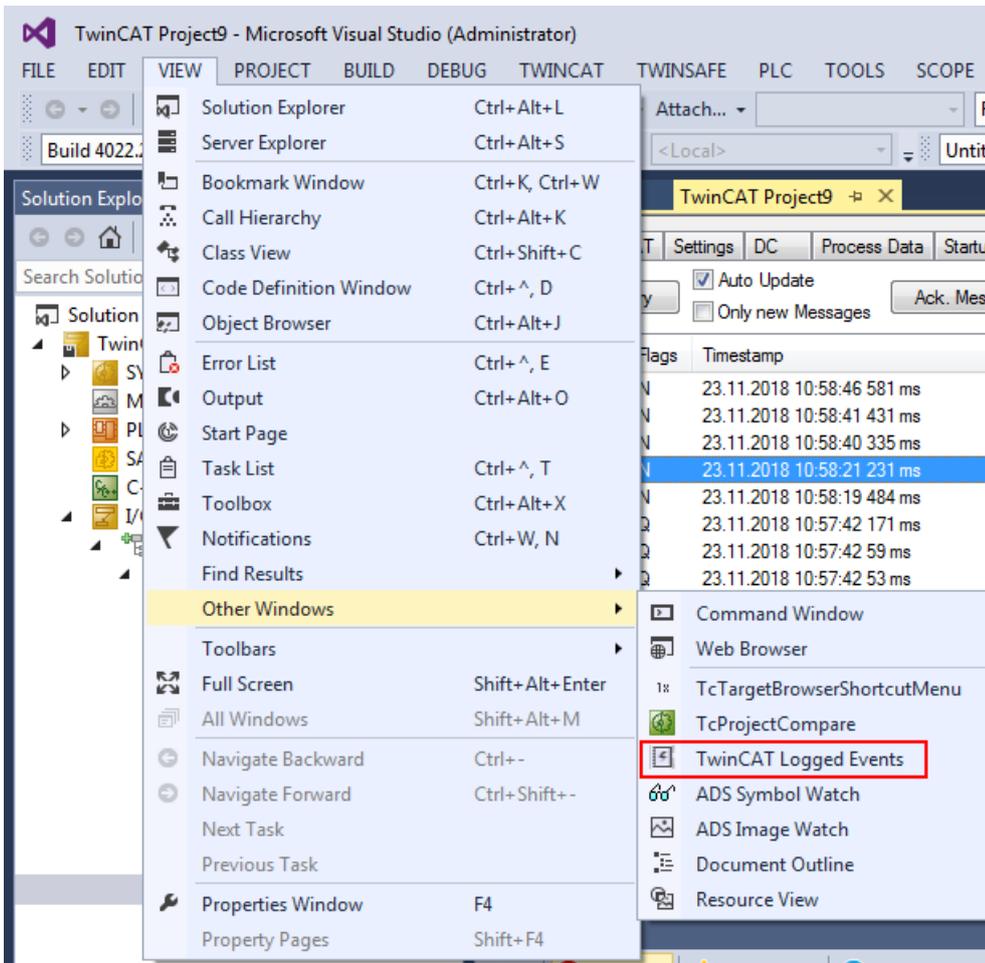


Abb. 374: Anzeige EventLogger Window

- Im Folgenden sind am Beispiel einer ELM3602-0002 einige DiagMessages und daraus resultierend die Logged Events zu sehen

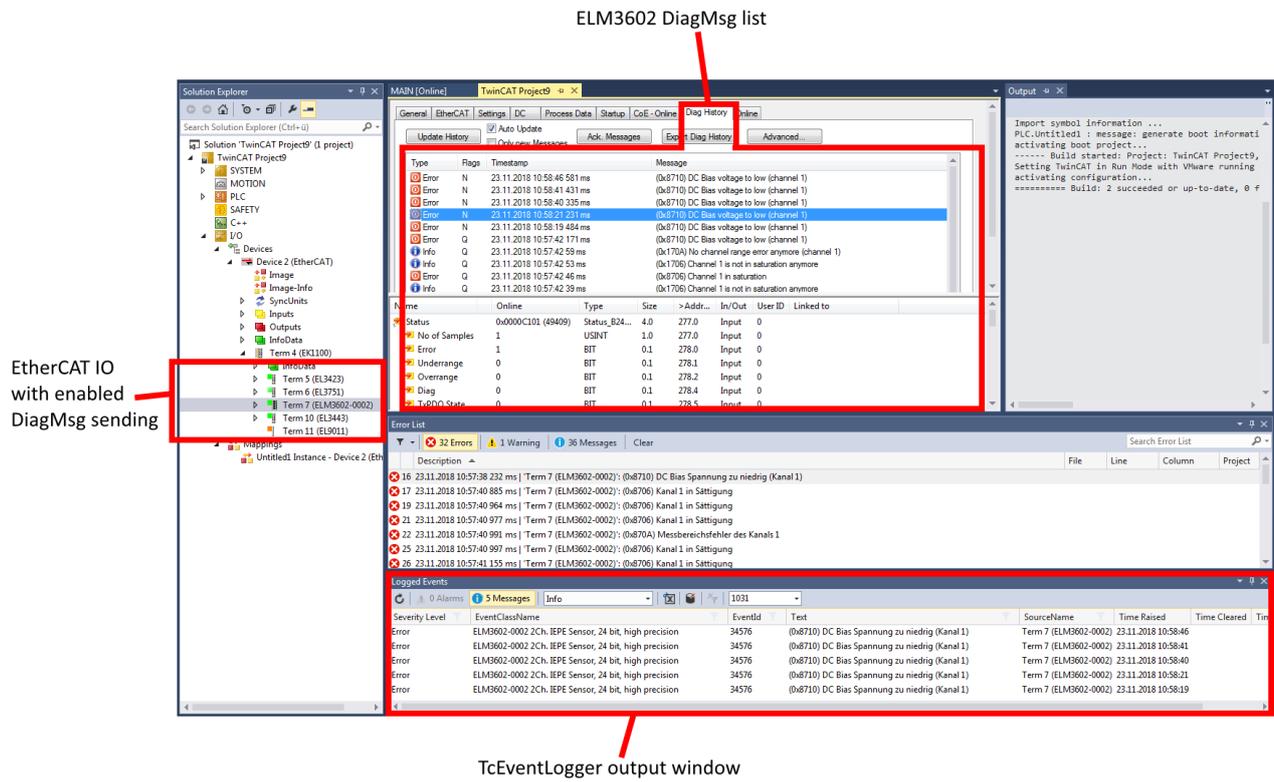


Abb. 375: Anzeige DiagMessages und Logged Events

- Im Logger Window kann nach Einträgen und Sprache gefiltert werden.
Deutsch: 1031
Englisch: 1033

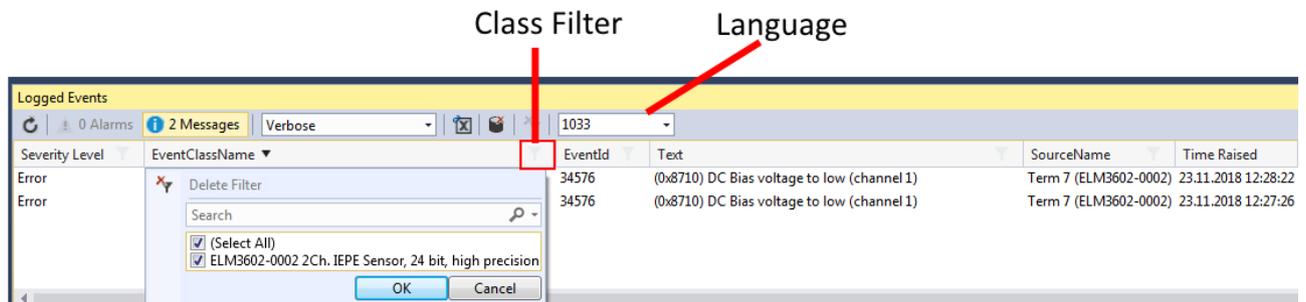


Abb. 376: Einstellung Filter Sprache

- Ist ein EtherCAT Slave default befähigt, DiagMessages als Event über EtherCAT abzusetzen, kann dies für jeden Slave einzeln im CoE 0x10F3:05 aktiviert/deaktiviert werden. TRUE bedeutet, dass der Slave Events zur Abholung über EtherCAT bereitstellt, FALSE deaktiviert die Funktion.

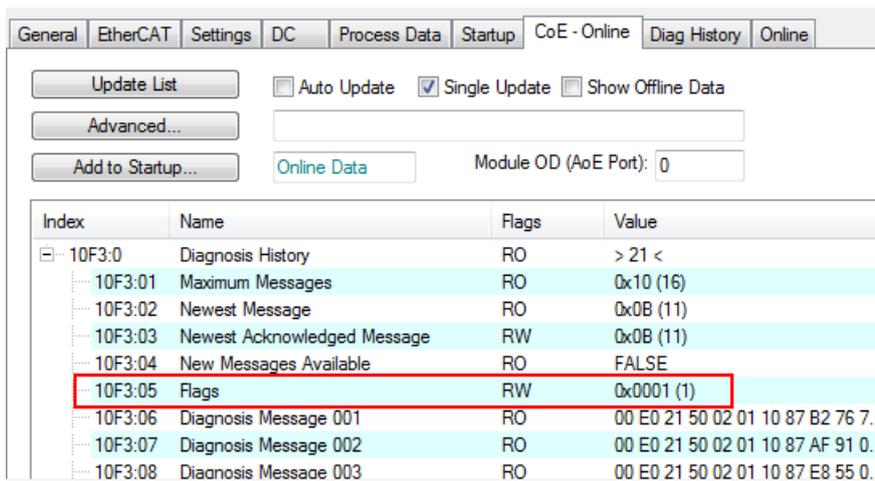


Abb. 377: Aktivierung/Deaktivierung Event-Absetzung

- Im jeweiligen EtherCAT Slave können verschiedene „Ursachen“ dazu führen, ob und dass er DiagMessages bzw. Events absetzt. Soll nur eine Teilmenge davon erzeugt werden, ist in der Gerätedokumentation nachzulesen, ob und wie z. B. durch CoE Settings einzelne Ursachen deaktiviert werden können.
- Einstellungen zum TwinCAT EventLogger sind unter Tools/Options zu finden.

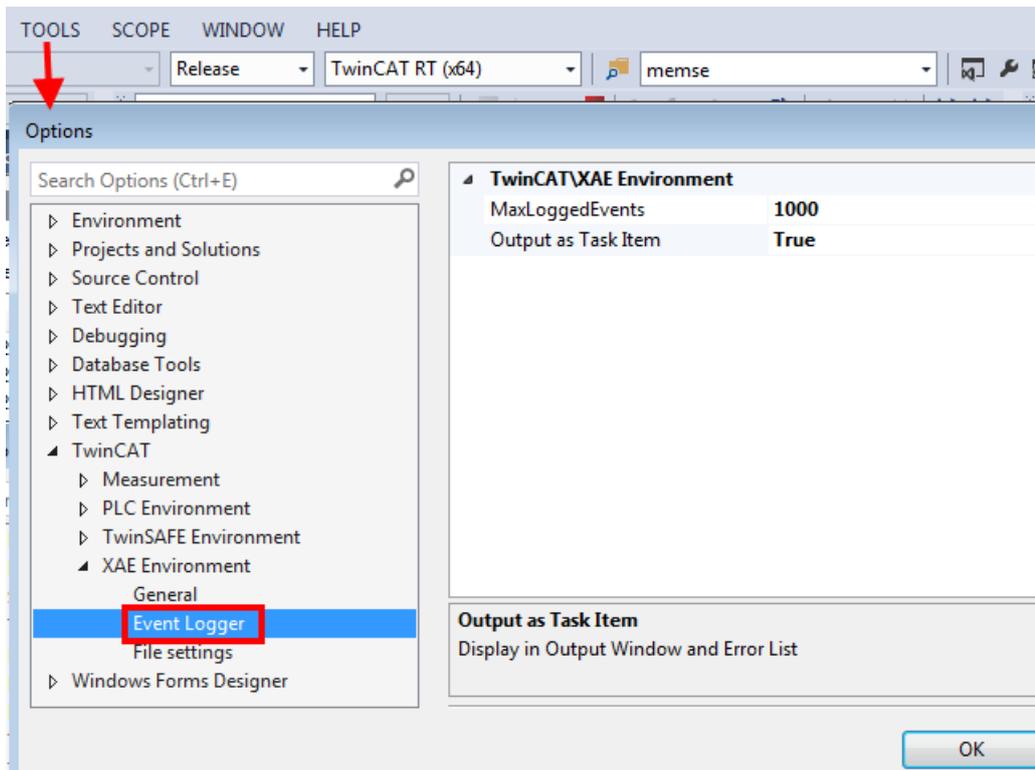


Abb. 378: Einstellungen TwinCAT EventLogger

9.3 UL-Hinweise

⚠ VORSICHT



Application

The modules are intended for use with Beckhoff's UL Listed EtherCAT System only.

⚠ VORSICHT	
	<p>Examination</p> <p>For cULus examination, the Beckhoff I/O System has only been investigated for risk of fire and electrical shock (in accordance with UL508 and CSA C22.2 No. 142).</p>

⚠ VORSICHT	
	<p>For devices with Ethernet connectors</p> <p>Not for connection to telecommunication circuits.</p>

Grundlagen

UL-Zertifizierung nach UL508. Solcherart zertifizierte Geräte sind gekennzeichnet durch das Zeichen:



9.4 Weiterführende Dokumentation zu ATEX und IECEx

HINWEIS



Weiterführende Dokumentation zum Explosionsschutz gemäß ATEX und IECEx

Beachten Sie auch die weiterführende Dokumentation

Explosionsschutz für Klemmsysteme

Hinweise zum Einsatz der Beckhoff Klemmsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß ATEX und IECEx,

die Ihnen auf der Beckhoff-Homepage www.beckhoff.de im Download-Bereich Ihres Produktes zum [Download](#) zur Verfügung steht!

9.5 EtherCAT AL Status Codes

Detaillierte Informationen hierzu entnehmen Sie bitte der vollständigen [EtherCAT-Systembeschreibung](#).

9.6 Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx

Dieses Kapitel beschreibt das Geräte-Update für Beckhoff EtherCAT-Slaves der Serien EL/ES, ELM, EM, EK, EP, EPP und ERP. Ein FW-Update sollte nur nach Rücksprache mit dem Beckhoff Support durchgeführt werden.

HINWEIS

Nur TwinCAT 3 Software verwenden!

Ein Firmware-Update von Beckhoff IO Geräten ist ausschließlich mit einer TwinCAT3-Installation durchzuführen. Es empfiehlt sich ein möglichst aktuelles Build, kostenlos zum Download verfügbar auf der [Beckhoff-Website](#).

Zum Firmware-Update kann TwinCAT im sog. FreeRun-Modus betrieben werden, eine kostenpflichtige Lizenz ist dazu nicht nötig.

Das für das Update vorgesehene Gerät kann in der Regel am Einbauort verbleiben; TwinCAT ist jedoch im FreeRun zu betreiben. Zudem ist auf eine störungsfreie EtherCAT Kommunikation zu achten (keine „LostFrames“ etc.).

Andere EtherCAT-Master-Software wie z. B. der EtherCAT-Konfigurator sind nicht zu verwenden, da sie unter Umständen nicht die komplexen Zusammenhänge beim Update von Firmware, EEPROM und ggf. weiteren Gerätebestandteilen unterstützen.

Speicherorte

In einem EtherCAT-Slave werden an bis zu drei Orten Daten für den Betrieb vorgehalten:

- Jeder EtherCAT-Slave hat eine Gerätebeschreibung, bestehend aus Identität (Name, Productcode), Timing-Vorgaben, Kommunikationseinstellungen u. a.
Diese Gerätebeschreibung (ESI; EtherCAT-Slave Information) kann von der Beckhoff Website im Downloadbereich als [Zip-Datei](#) heruntergeladen werden und in EtherCAT-Mastern zur Offline-Konfiguration verwendet werden, z. B. in TwinCAT.
Vor allem aber trägt jeder EtherCAT-Slave seine Gerätebeschreibung (ESI) elektronisch auslesbar in einem lokalen Speicherchip, dem einem sog. **ESI-EEPROM**. Beim Einschalten wird diese Beschreibung einerseits im Slave lokal geladen und teilt ihm seine Kommunikationskonfiguration mit, andererseits kann der EtherCAT-Master den Slave so identifizieren und u. a. die EtherCAT Kommunikation entsprechend einrichten.

HINWEIS**Applikationsspezifisches Beschreiben des ESI-EEPROM**

Die ESI wird vom Gerätehersteller nach ETG-Standard entwickelt und für das entsprechende Produkt freigegeben.

- Bedeutung für die ESI-Datei: Eine applikationsseitige Veränderung (also durch den Anwender) ist nicht zulässig.
- Bedeutung für das ESI-EEPROM: Auch wenn technisch eine Beschreibbarkeit gegeben ist, dürfen die ESI-Teile im EEPROM und ggf. noch vorhandene freie Speicherbereiche über den normalen Update-Vorgang hinaus nicht verändert werden. Insbesondere für zyklische Speichervorgänge (Betriebsstundenzähler u. ä.) sind dezidierte Speicherprodukte wie EL6080 oder IPC-eigener NOVRAM zu verwenden.

- Je nach Funktionsumfang und Performance besitzen EtherCAT-Slaves einen oder mehrere lokale Controller zur Verarbeitung von IO-Daten. Das darauf laufende Programm ist die so genannte **Firmware** im Format *.efw.
- In bestimmten EtherCAT-Slaves kann auch die EtherCAT Kommunikation in diesen Controller integriert sein. Dann ist der Controller meist ein so genannter **FPGA**-Chip mit der *.rbf-Firmware.

Kundenseitig zugänglich sind diese Daten nur über den Feldbus EtherCAT und seine Kommunikationsmechanismen. Beim Update oder Auslesen dieser Daten ist insbesondere die azyklische Mailbox-Kommunikation oder der Registerzugriff auf den ESC in Benutzung.

Der TwinCAT System Manager bietet Mechanismen, um alle drei Teile mit neuen Daten programmieren zu können, wenn der Slave dafür vorgesehen ist. Es findet üblicherweise keine Kontrolle durch den Slave statt, ob die neuen Daten für ihn geeignet sind, ggf. ist ein Weiterbetrieb nicht mehr möglich.

Vereinfachtes Update per Bundle-Firmware

Bequemer ist der Update per sog. **Bundle-Firmware**: hier sind die Controller-Firmware und die ESI-Beschreibung in einer *.efw-Datei zusammengefasst, beim Update wird in der Klemme sowohl die Firmware, als auch die ESI verändert. Dazu ist erforderlich

- dass die Firmware in dem gepackten Format vorliegt: erkenntlich an dem Dateinamen der auch die Revisionsnummer enthält, z. B. ELxxxx-xxxx_REV0016_SW01.efw
- dass im Download-Dialog das Passwort=1 angegeben wird. Bei Passwort=0 (default Einstellung) wird nur das Firmware-Update durchgeführt, ohne ESI-Update.
- dass das Gerät diese Funktion unterstützt. Die Funktion kann in der Regel nicht nachgerüstet werden, sie wird Bestandteil vieler Neuentwicklungen ab Baujahr 2016.

Nach dem Update sollte eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden

- ESI/Revision: z. B. durch einen Online-Scan im TwinCAT ConfigMode/FreeRun – dadurch wird die Revision bequem ermittelt
- Firmware: z. B. durch einen Blick ins Online-CoE des Gerätes

HINWEIS**Beschädigung des Gerätes möglich!**

- ✓ Beim Herunterladen von neuen Gerätedateien ist zu beachten
 - a) Das Herunterladen der Firmware auf ein EtherCAT-Gerät darf nicht unterbrochen werden.
 - b) Eine einwandfreie EtherCAT-Kommunikation muss sichergestellt sein, CRC-Fehler oder LostFrames dürfen nicht auftreten.
 - c) Die Spannungsversorgung muss ausreichend dimensioniert, die Pegel entsprechend der Vorgabe sein.
- ⇒ Bei Störungen während des Updatevorgangs kann das EtherCAT-Gerät ggf. nur vom Hersteller wieder in Betrieb genommen werden!

9.6.1 Gerätebeschreibung ESI-File/XML

HINWEIS

ACHTUNG bei Update der ESI-Beschreibung/EEPROM

Manche Slaves haben Abgleich- und Konfigurationsdaten aus der Produktion im EEPROM abgelegt. Diese werden bei einem Update unwiederbringlich überschrieben.

Die Gerätebeschreibung ESI wird auf dem Slave lokal gespeichert und beim Start geladen. Jede Gerätebeschreibung hat eine eindeutige Kennung aus Slave-Name (9-stellig) und Revision-Nummer (4-stellig). Jeder im System Manager konfigurierte Slave zeigt seine Kennung im EtherCAT-Reiter:

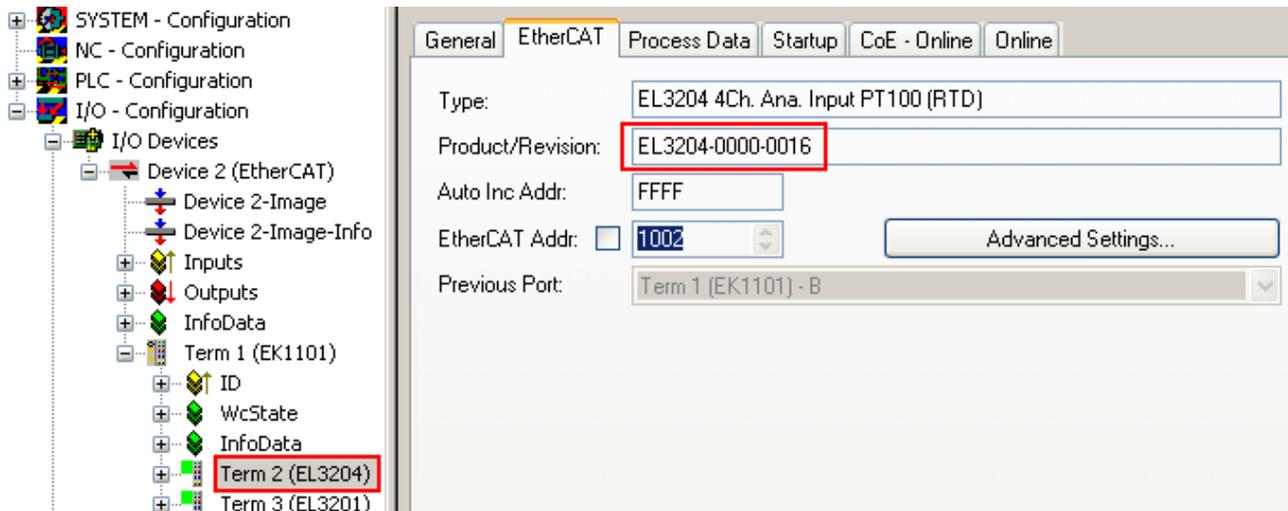


Abb. 379: Geräteerkennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016

Die konfigurierte Kennung muss kompatibel sein mit der tatsächlich als Hardware eingesetzten Gerätebeschreibung, d. h. der Beschreibung die der Slave (hier: EL3204) beim Start geladen hat. Üblicherweise muss dazu die konfigurierte Revision gleich oder niedriger der tatsächlich im Klemmenverbund befindlichen sein.

Weitere Hinweise hierzu entnehmen Sie bitte der [EtherCAT System-Dokumentation](#).

i Update von XML/ESI-Beschreibung

Die Geräteversion steht in engem Zusammenhang mit der verwendeten Firmware bzw. Hardware. Nicht kompatible Kombinationen führen mindestens zu Fehlfunktionen oder sogar zur endgültigen Außerbetriebsetzung des Gerätes. Ein entsprechendes Update sollte nur in Rücksprache mit dem Beckhoff Support ausgeführt werden.

Anzeige der Slave-Kennung ESI

Der einfachste Weg die Übereinstimmung von konfigurierter und tatsächlicher Gerätebeschreibung festzustellen, ist im TwinCAT-Modus Config/FreeRun das Scannen der EtherCAT-Boxen auszuführen:

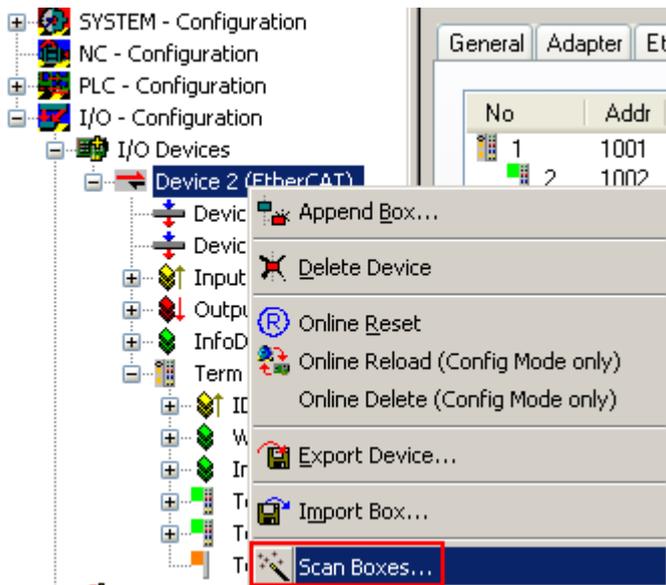


Abb. 380: Rechtsklick auf das EtherCAT-Gerät bewirkt das Scannen des unterlegerten Feldes

Wenn das gefundene Feld mit dem konfigurierten übereinstimmt, erscheint



Abb. 381: Konfiguration identisch

ansonsten erscheint ein Änderungsdialog, um die realen Angaben in die Konfiguration zu übernehmen.

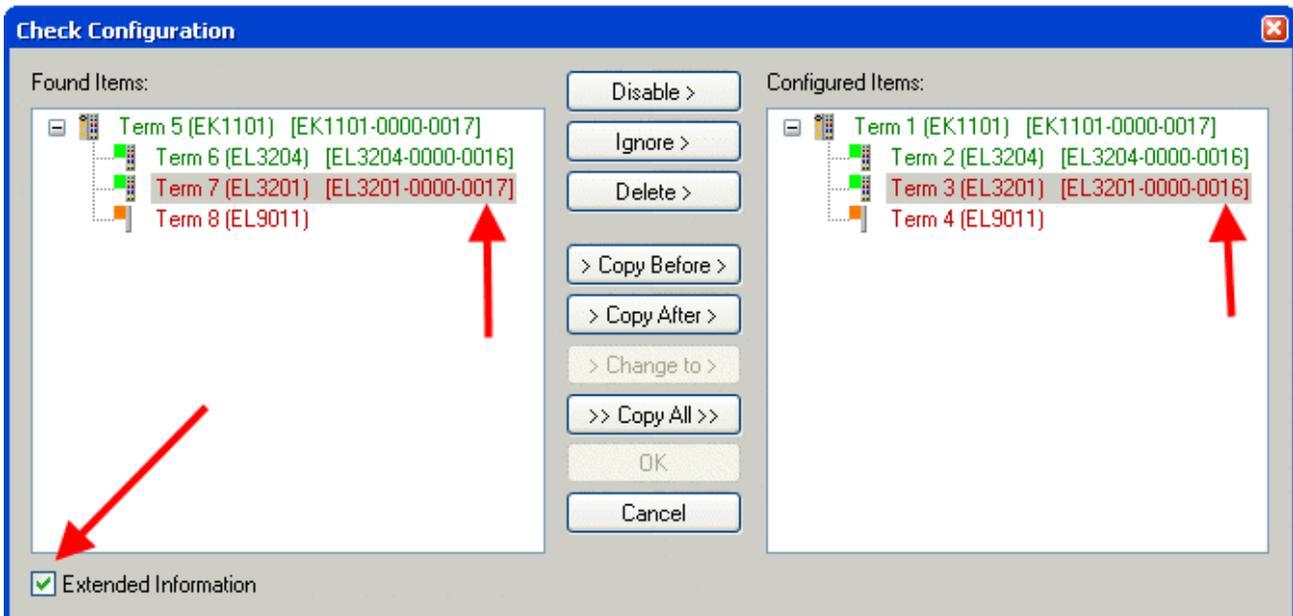


Abb. 382: Änderungsdialog

In diesem Beispiel in Abb. *Änderungsdialog*. wurde eine EL3201-0000-0017 vorgefunden, während eine EL3201-0000-0016 konfiguriert wurde. In diesem Fall bietet es sich an, mit dem *Copy Before*-Button die Konfiguration anzupassen. Die Checkbox *Extended Information* muss gesetzt werden, um die Revision angezeigt zu bekommen.

Änderung der Slave-Kennung ESI

Die ESI/EEPROM-Kennung kann unter TwinCAT wie folgt aktualisiert werden:

- Es muss eine einwandfreie EtherCAT-Kommunikation zum Slave hergestellt werden
- Der State des Slave ist unerheblich
- Rechtsklick auf den Slave in der Online-Anzeige führt zum Dialog *EEPROM Update*, Abb. *EEPROM Update*

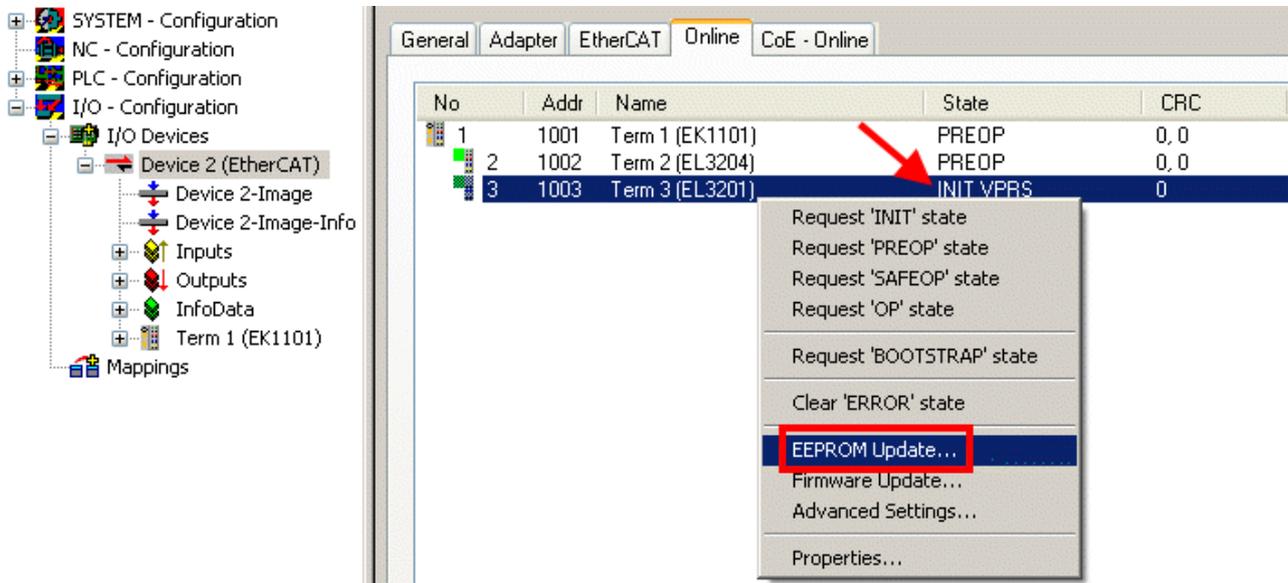


Abb. 383: EEPROM Update

Im folgenden Dialog wird die neue ESI-Beschreibung ausgewählt, s. Abb. *Auswahl des neuen ESI*. Die CheckBox *Show Hidden Devices* zeigt auch ältere, normalerweise ausgeblendete Ausgaben eines Slave.

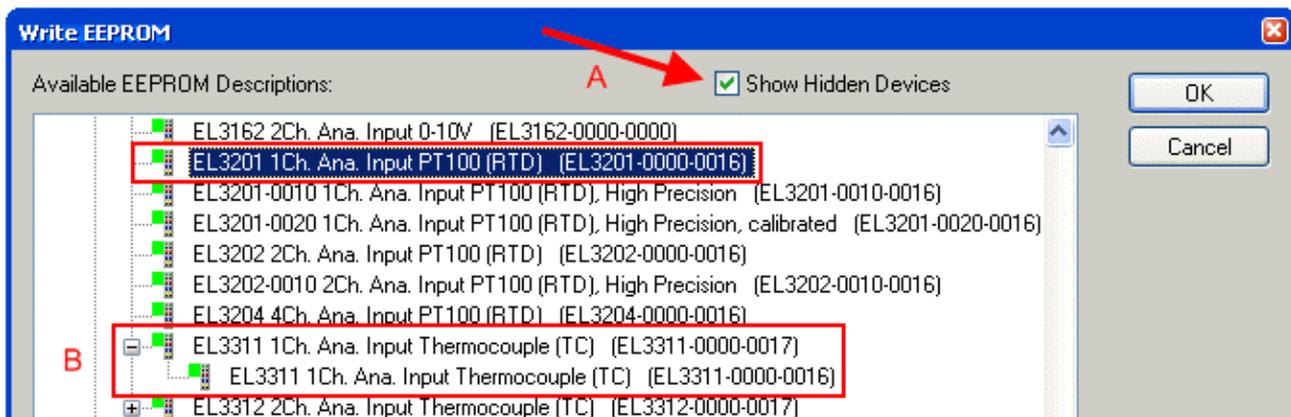


Abb. 384: Auswahl des neuen ESI

Ein Laufbalken im System Manager zeigt den Fortschritt - erst erfolgt das Schreiben, dann das Verifying.

● Änderung erst nach Neustart wirksam

i Die meisten EtherCAT-Geräte lesen eine geänderte ESI-Beschreibung umgehend bzw. nach dem Aufstarten aus dem INIT ein. Einige Kommunikationseinstellungen wie z. B. Distributed Clocks werden jedoch erst bei PowerOn gelesen. Deshalb ist ein kurzes Abschalten des EtherCAT-Slave nötig, damit die Änderung wirksam wird.

9.6.2 Erläuterungen zur Firmware

Versionsbestimmung der Firmware

Versionsbestimmung mit dem TwinCAT System Manager

Der TwinCAT System Manager zeigt die Version der Controller-Firmware an, wenn der Slave online für den Master zugänglich ist. Klicken Sie hierzu auf die E-Bus-Klemme deren Controller-Firmware Sie überprüfen möchten (im Beispiel Klemme 2 (EL3204) und wählen Sie den Karteireiter *CoE-Online* (CAN over EtherCAT).

i CoE-Online und Offline-CoE

Es existieren zwei CoE-Verzeichnisse:

- **online:** es wird im EtherCAT-Slave vom Controller angeboten, wenn der EtherCAT-Slave dies unterstützt. Dieses CoE-Verzeichnis kann nur bei angeschlossenem und betriebsbereitem Slave angezeigt werden.
- **offline:** in der EtherCAT Slave Information ESI/XML kann der Default-Inhalt des CoE enthalten sein. Dieses CoE-Verzeichnis kann nur angezeigt werden, wenn es in der ESI (z. B. „Beckhoff EL5xxx.xml“) enthalten ist.

Die Umschaltung zwischen beiden Ansichten kann über den Button *Advanced* vorgenommen werden.

In Abb. *Anzeige FW-Stand EL3204* wird der FW-Stand der markierten EL3204 in CoE-Eintrag 0x100A mit 03 angezeigt.

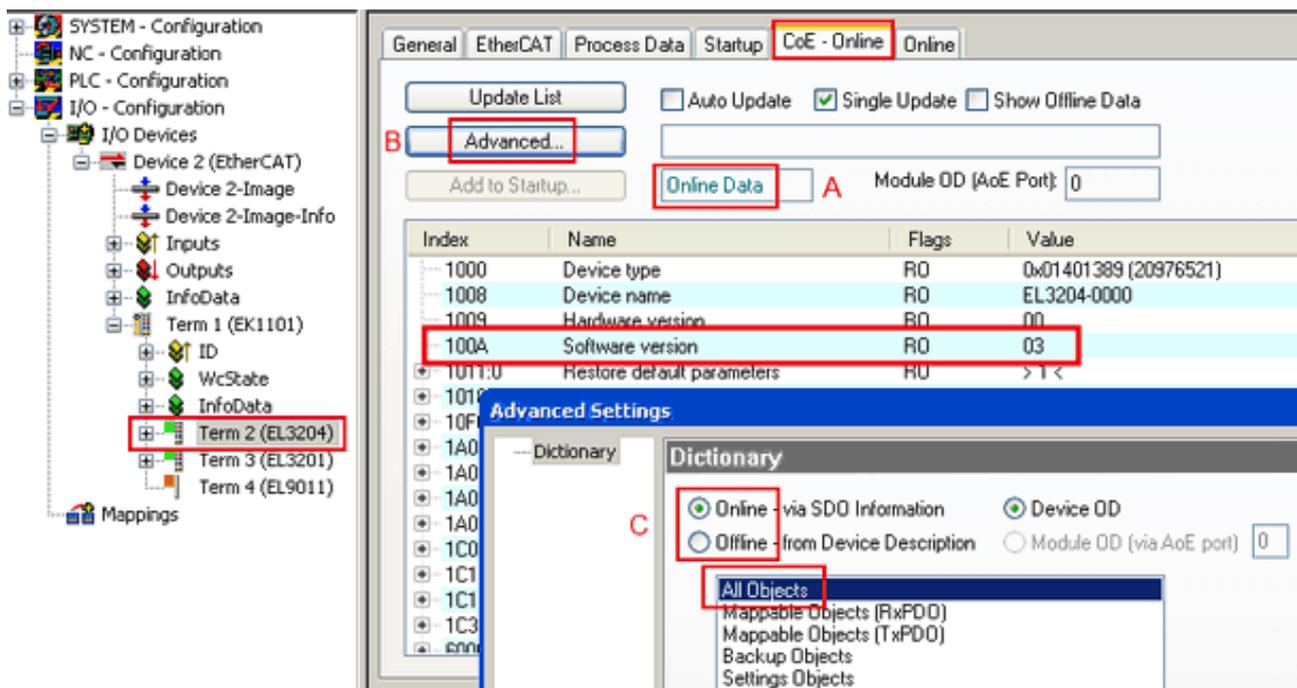


Abb. 385: Anzeige FW-Stand EL3204

TwinCAT 2.11 zeigt in (A) an, dass aktuell das Online-CoE-Verzeichnis angezeigt wird. Ist dies nicht der Fall, kann durch die erweiterten Einstellungen (B) durch *Online* und Doppelklick auf *All Objects* das Online-Verzeichnis geladen werden.

9.6.3 Update Controller-Firmware *.efw

i CoE-Verzeichnis

Das Online-CoE-Verzeichnis wird vom Controller verwaltet und in einem eigenen EEPROM gespeichert. Es wird durch ein FW-Update im Allgemeinen nicht verändert.

Um die Controller-Firmware eines Slave zu aktualisieren, wechseln Sie zum Karteireiter *Online*, s. Abb. *Firmware Update*.

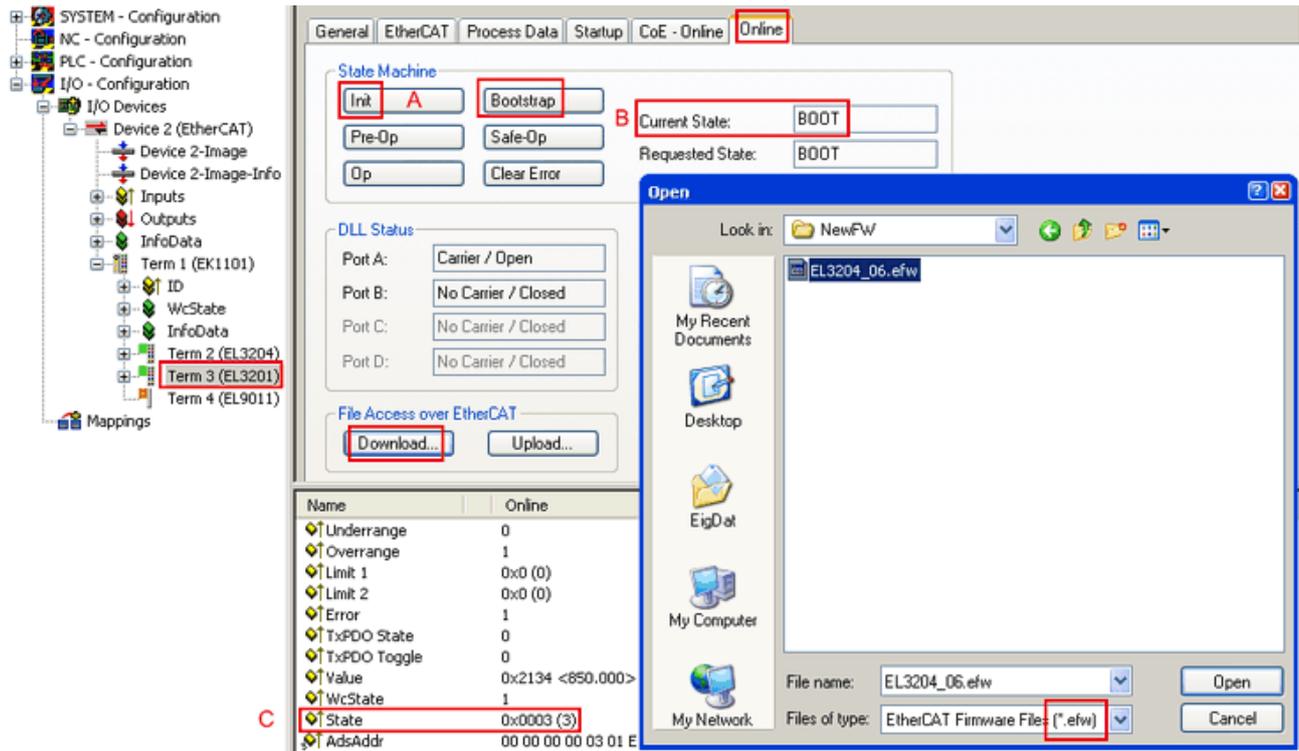
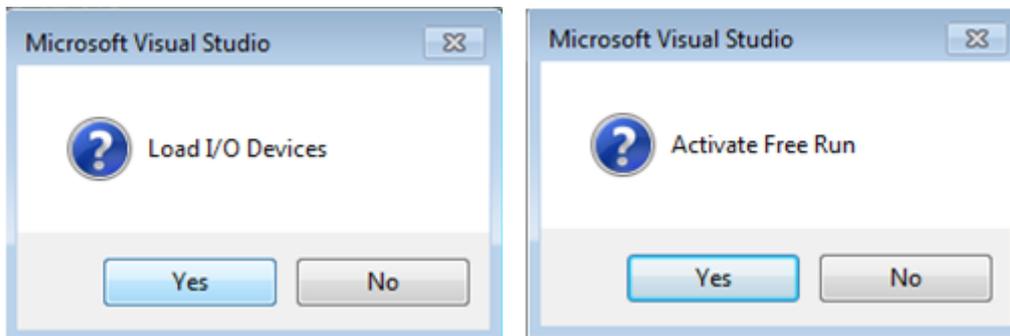


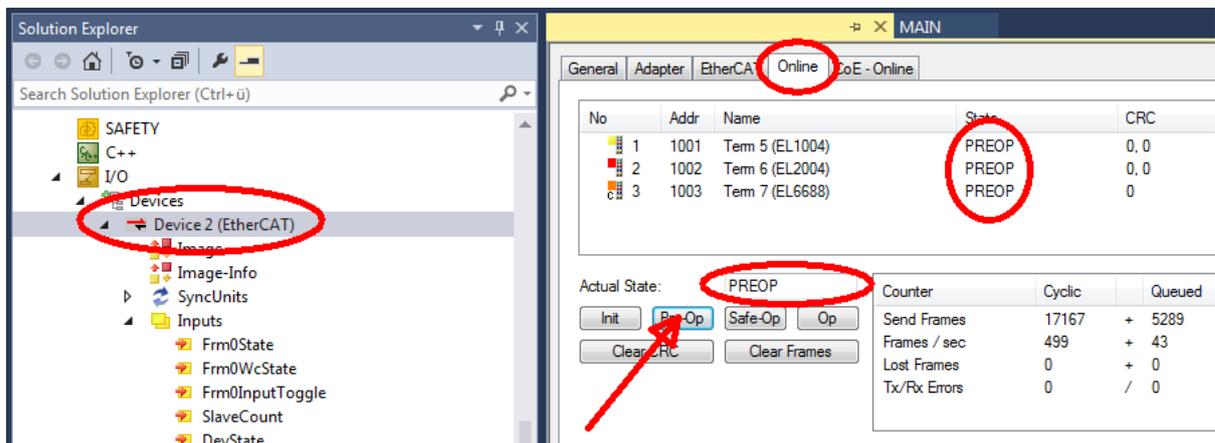
Abb. 386: Firmware Update

Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen. Gültig für TwinCAT 2 und 3 als EtherCAT-Master.

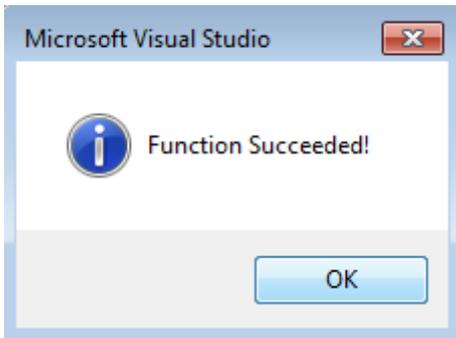
- TwinCAT System in ConfigMode/FreeRun mit Zykluszeit ≥ 1 ms schalten (default sind im ConfigMode 4 ms). Ein FW-Update während Echtzeitbetrieb ist nicht zu empfehlen.



- EtherCAT-Master in PreOP schalten



- Slave in INIT schalten (A)
- Slave in BOOTSTRAP schalten
- Kontrolle des aktuellen Status (B, C)
- Download der neuen *efw-Datei, abwarten bis beendet. Ein Passwort wird in der Regel nicht benötigt.



- Nach Beendigung des Download in INIT schalten, dann in PreOP
- Slave kurz stromlos schalten (nicht unter Spannung ziehen!)
- Im CoE 0x100A kontrollieren ob der FW-Stand korrekt übernommen wurde.

9.6.4 FPGA-Firmware *.rbf

Falls ein FPGA-Chip die EtherCAT-Kommunikation übernimmt, kann ggf. mit einer *.rbf-Datei ein Update durchgeführt werden.

- Controller-Firmware für die Aufbereitung der E/A-Signale
- FPGA-Firmware für die EtherCAT-Kommunikation (nur für Klemmen mit FPGA)

Die in der Seriennummer der Klemme enthaltene Firmware-Versionsnummer beinhaltet beide Firmware-Teile. Wenn auch nur eine dieser Firmware-Komponenten verändert wird, dann wird diese Versionsnummer fortgeschrieben.

Versionsbestimmung mit dem TwinCAT System-Manager

Der TwinCAT System Manager zeigt die Version der FPGA-Firmware an. Klicken Sie hierzu auf die Ethernet-Karte Ihres EtherCAT-Stranges (im Beispiel Gerät 2) und wählen Sie den Karteireiter *Online*.

Die Spalte *Reg:0002* zeigt die Firmware-Version der einzelnen EtherCAT-Geräte in hexadezimaler und dezimaler Darstellung an.

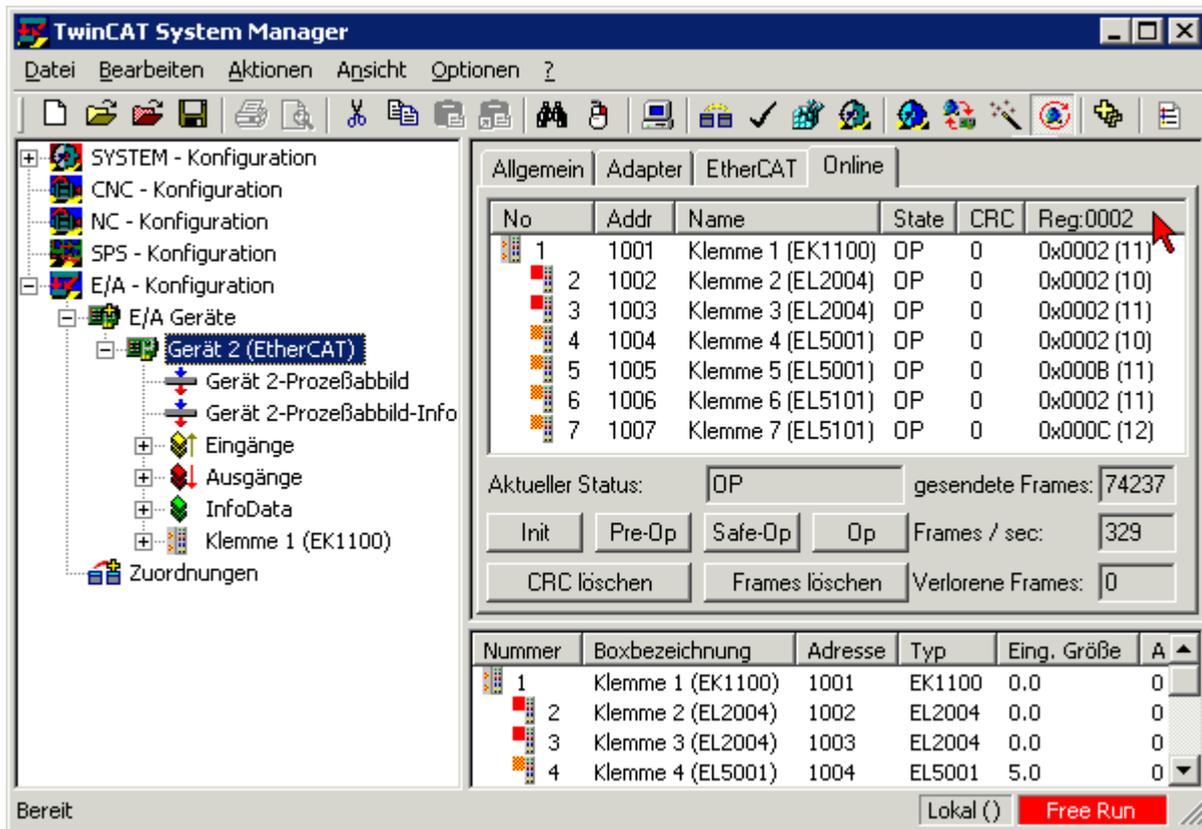
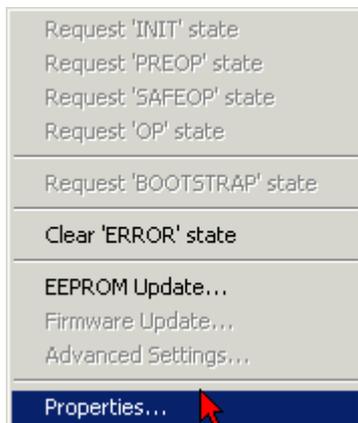


Abb. 387: Versionsbestimmung FPGA-Firmware

Falls die Spalte *Reg:0002* nicht angezeigt wird, klicken sie mit der rechten Maustaste auf den Tabellenkopf und wählen im erscheinenden Kontextmenü, den Menüpunkt *Properties*.

Abb. 388: Kontextmenu *Eigenschaften (Properties)*

In dem folgenden Dialog *Advanced Settings* können Sie festlegen, welche Spalten angezeigt werden sollen. Markieren Sie dort unter *Diagnose/Online Anzeige* das Kontrollkästchen vor *'0002 ETxxxx Build'* um die Anzeige der FPGA-Firmware-Version zu aktivieren.

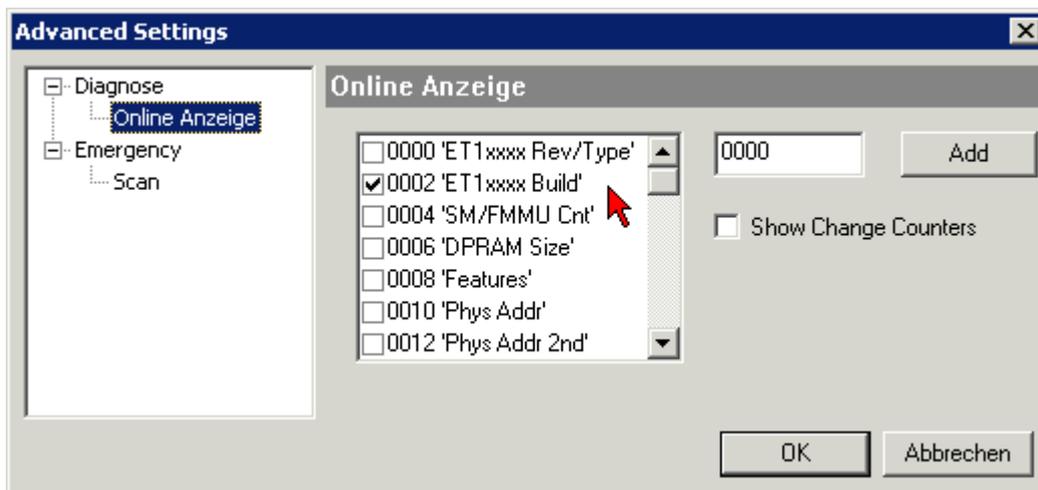


Abb. 389: Dialog *Advanced settings*

Update

Für das Update der FPGA-Firmware

- eines EtherCAT-Kopplers, muss auf diesem Koppler mindestens die FPGA-Firmware-Version 11 vorhanden sein.
- einer E-Bus-Klemme, muss auf dieser Klemme mindestens die FPGA-Firmware-Version 10 vorhanden sein.

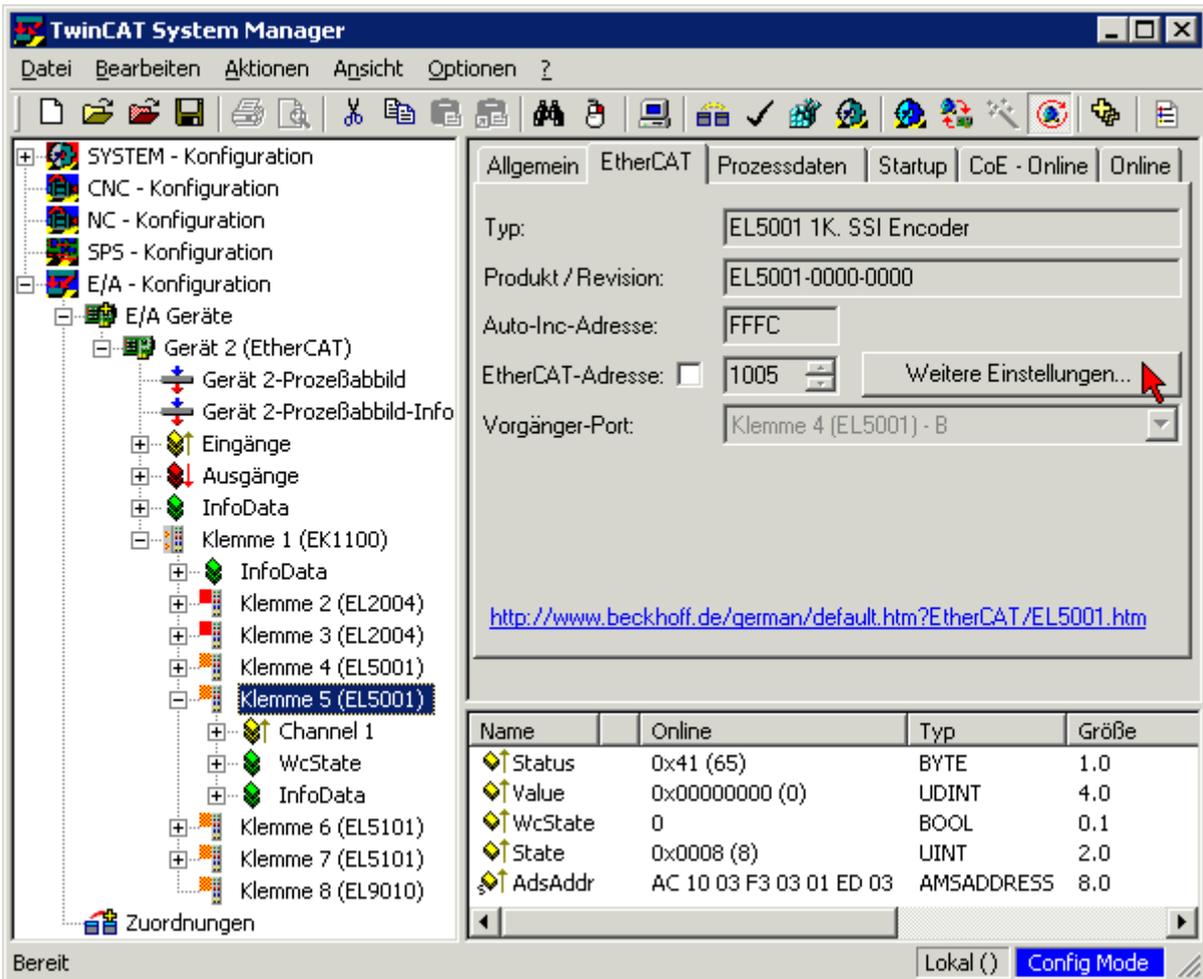
Ältere Firmware-Stände können nur vom Hersteller aktualisiert werden!

Update eines EtherCAT-Geräts

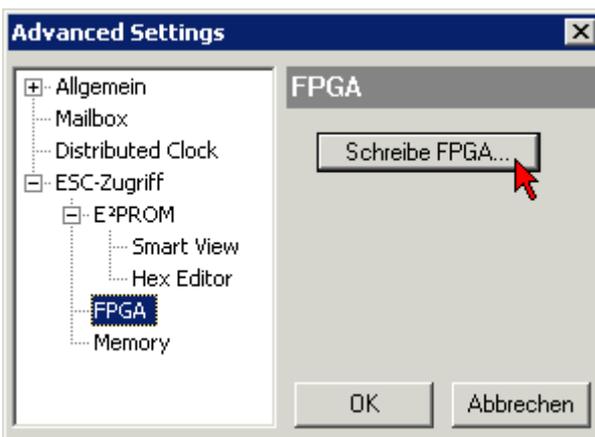
Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen:

- TwinCAT System in ConfigMode/FreeRun mit Zykluszeit ≥ 1 ms schalten (default sind im ConfigMode 4 ms). Ein FW-Update während Echtzeitbetrieb ist nicht zu empfehlen.

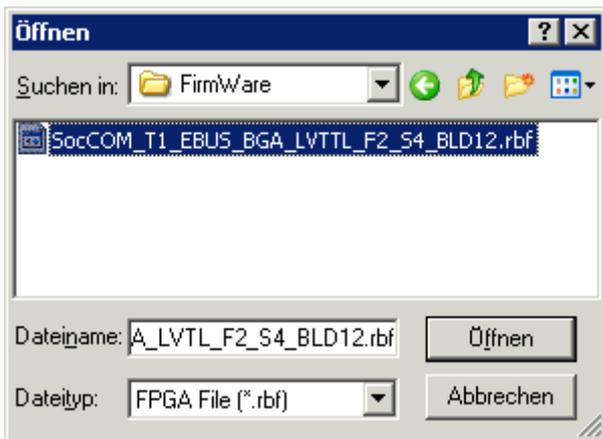
- Wählen Sie im TwinCAT System Manager die Klemme an, deren FPGA-Firmware Sie aktualisieren möchten (im Beispiel: Klemme 5: EL5001) und klicken Sie auf dem Karteireiter *EtherCAT* auf die Schaltfläche *Weitere Einstellungen*:



- Im folgenden Dialog *Advanced Settings* klicken Sie im Menüpunkt *ESC-Zugriff/E²PROM/FPGA* auf die Schaltfläche *Schreibe FPGA*:



- Wählen Sie die Datei (*.rbf) mit der neuen FPGA-Firmware aus und übertragen Sie diese zum EtherCAT-Gerät:



- Abwarten bis zum Ende des Downloads
- Slave kurz stromlos schalten (nicht unter Spannung ziehen!). Um die neue FPGA-Firmware zu aktivieren ist ein Neustart (Aus- und Wiedereinschalten der Spannungsversorgung) des EtherCAT-Geräts erforderlich
- Kontrolle des neuen FPGA-Standes

HINWEIS

Beschädigung des Gerätes möglich!

Das Herunterladen der Firmware auf ein EtherCAT-Gerät dürfen Sie auf keinen Fall unterbrechen! Wenn Sie diesen Vorgang abbrechen, dabei die Versorgungsspannung ausschalten oder die Ethernet-Verbindung unterbrechen, kann das EtherCAT-Gerät nur vom Hersteller wieder in Betrieb genommen werden!

9.6.5 Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte

Die Firmware von mehreren Geräten kann gleichzeitig aktualisiert werden, ebenso wie die ESI-Beschreibung. Voraussetzung hierfür ist, dass für diese Geräte die gleiche Firmware-Datei/ESI gilt.

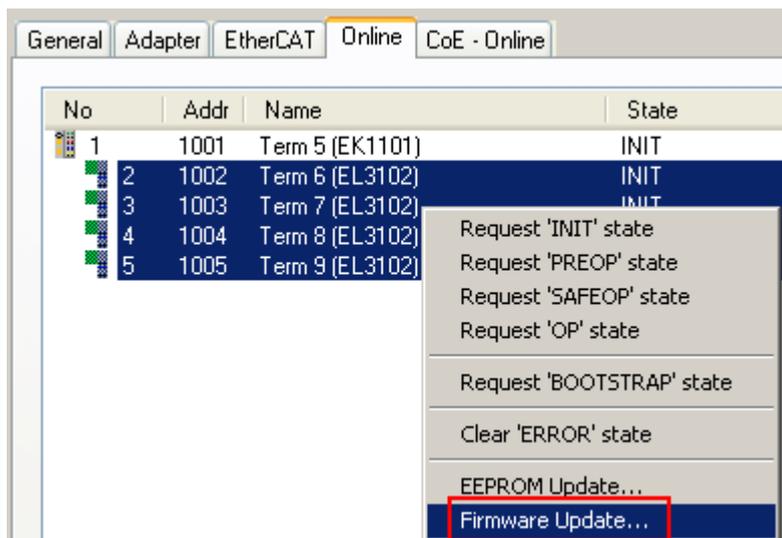


Abb. 390: Mehrfache Selektion und FW-Update

Wählen Sie dazu die betreffenden Slaves aus und führen Sie das Firmware-Update im BOOTSTRAP Modus wie o. a. aus.

9.7 Firmware Kompatibilität

Beckhoff EtherCAT Geräte werden mit dem aktuell verfügbaren letzten Firmware-Stand ausgeliefert. Dabei bestehen zwingende Abhängigkeiten zwischen Firmware und Hardware; eine Kompatibilität ist nicht in jeder Kombination gegeben. Die unten angegebene Übersicht zeigt auf welchem Hardware-Stand eine Firmware betrieben werden kann.

Anmerkung

- Es wird empfohlen, die für die jeweilige Hardware letztmögliche Firmware einzusetzen.
- Ein Anspruch auf ein kostenfreies Firmware-Update bei ausgelieferten Produkten durch Beckhoff gegenüber dem Kunden besteht nicht.

HINWEIS

Beschädigung des Gerätes möglich!

Beachten Sie die Hinweise zum Firmware Update auf der [gesonderten Seite \[► 912\]](#). Wird ein Gerät in den BOOTSTRAP-Mode zum Firmware-Update versetzt, prüft es u.U. beim Download nicht, ob die neue Firmware geeignet ist. Dadurch kann es zur Beschädigung des Gerätes kommen! Vergewissern Sie sich daher immer, ob die Firmware für den Hardware-Stand des Gerätes geeignet ist!

ELM3002/ ELM3002-0030			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 03 ¹⁾	01	0016	2017/09
	02	0017	2018/04
	03	0017	2018/10
	04	0018	2020/06
	05	0019	2022/02
	06	0019	2022/09
	07 ¹⁾	0020	2023/12

ELM3002-0205			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2023/07
	02	0017	2024/04

ELM3004/ ELM3004-0020/ ELM3004-0030			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 04 ¹⁾	01	0016	2017/06
	02	0017	2017/10
	03	0017	2018/03
	04	0018	2018/08
	05	0018	2018/10
	06	0019	2020/06
	07	0020	2022/02
	08	0020	2022/09
	09 ¹⁾	0021	2023/12

ELM3102/ ELM3102-0030			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 03 ¹⁾	01	0016	2017/09
	02	0017	2018/04
	03	0017	2018/10
	04	0017	2019/08
	05	0018	2020/09
	06	0019	2022/01
	07	0019	2022/09
	08 ¹⁾	0020	2023/12

ELM3104/ ELM3104-0020, ELM3104-0030			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 04 ¹⁾	01	0016	2017/07
	02	0017	2018/04
	03	0017	2018/10
	04	0017	2019/08
	05	0018	2020/07
	06	0019	2022/01
	07	0019	2022/09
	08 ¹⁾	0020	2023/12

ELM3102-0100, ELM3102-0130			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2022/01
	02	0016	2022/09
	03 ¹⁾	0017	2023/12

ELM3142			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2019/09
	02	0016	2020/02
	03 ¹⁾	0017	2021/07

ELM3144			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2019/09
	02	0016	2020/02
	03 ¹⁾	0017	2021/07

ELM3146			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2019/07
	02	0017	2019/09
	03	0017	2020/02
	04 ¹⁾	0018	2021/07

ELM3148			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00	01	0016	2019/03
01 ¹⁾	02	0017	2019/06
	03	0018	2019/09
	04	0018	2020/02
	05 ¹⁾	0019	2021/07

ELM3344			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01 ¹⁾	0016	2022/12

ELM3348			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01 ¹⁾	0016	2022/12

ELM3502			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 02	01	0016	2018/07
	02	0017	2018/10
00-03 ¹⁾	03	0018	2019/05
	04	0018	2019/07
	05	0019	2019/12
	06	0019	2020/03
	07 ¹⁾	0020	2022/06

ELM3504			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 03	01	0016	2018/07
	02	0017	2018/10
00 – 04 ¹⁾	03	0018	2019/07
	04	0019	2019/12
	05	0019	2020/03
	06 ¹⁾	0020	2022/06

ELM354x			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
¹⁾	01 ¹⁾	0016	2023

ELM3602			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 03 ¹⁾	01	0016	2018/01
	02	0016	2018/02
	03	0017	2018/04
	04	0017	2018/09
	05	0017	2019/01
	06	0018	2020/04
	07 ¹⁾	0019	2023/05

ELM3604			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 – 03 ¹⁾	01	0016	2018/01
	02	0016	2018/03
	03	0017	2018/04
	04	0017	2018/09
	05	0017	2019/01
	06	0018	2020/02
	07 ¹⁾	0019	2023/05

ELM3702-0000			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2020/09
	02 ¹⁾	0017	2021/08

ELM3702-0101			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2020/07
	02 ¹⁾	0016	2021/08

ELM3704-0000			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2020/07
	02 ¹⁾	0017	2021/08

ELM3704-0001			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2020/07
	02 ¹⁾	0017	2021/08

ELM3704-1001			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 ¹⁾	01	0016	2020/07
	02 ¹⁾	0017	2021/08

¹⁾ Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Dokumentation ist dies der aktuelle kompatible Firmware/Hardware-Stand. Überprüfen Sie auf der Beckhoff Webseite, ob eine aktuellere Dokumentation vorliegt.

9.8 Firmware Kompatibilität - Passive Klemmen

Die Passiven Klemmen der ELxxxx Serie verfügen über keine Firmware.

9.9 Wiederherstellen des Auslieferungszustandes

Um bei EtherCAT-Geräten („Slaves“) den Auslieferungszustand (Werkseinstellungen) der CoE-Objekte wiederherzustellen, kann per EtherCAT-Master (z. B. TwinCAT) das CoE-Objekt *Restore default parameters*, Subindex 001 verwendet werden (s. Abb. *Auswahl des PDO, Restore default parameters*)

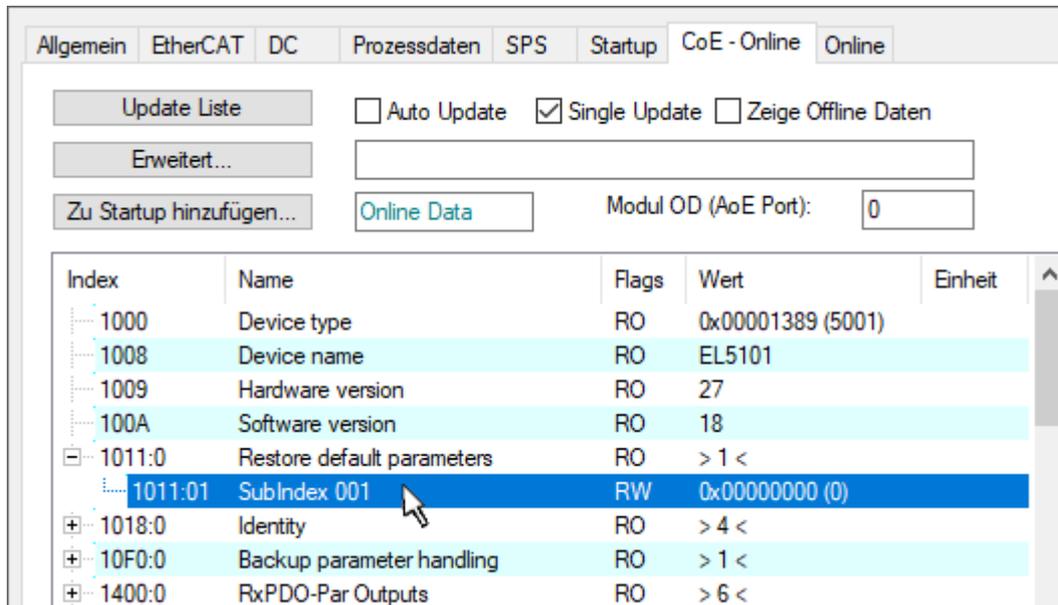


Abb. 391: Auswahl des PDO *Restore default parameters*

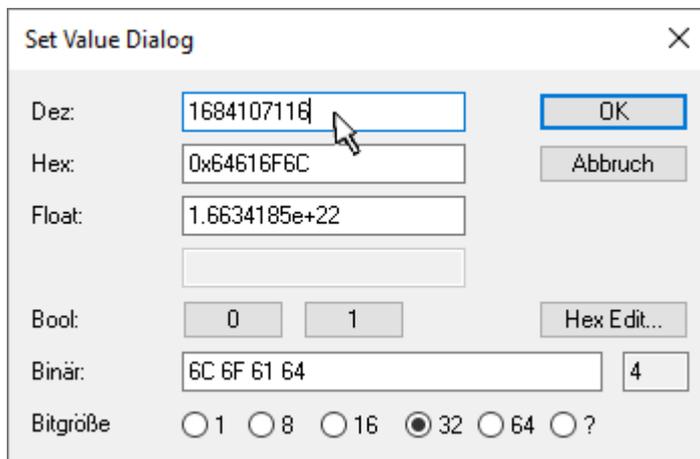


Abb. 392: Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog

Durch Doppelklick auf *SubIndex 001* gelangen Sie in den Set Value -Dialog. Tragen Sie im Feld *Dec* den Reset-Wert **1684107116** oder alternativ im Feld *Hex* den Wert **0x64616F6C** ein (ASCII: „load“) und bestätigen Sie mit OK (Abb. *Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog*).

- Alle veränderbaren CoE-Einträge werden auf die Default-Werte zurückgesetzt.
- Die Werte können nur erfolgreich zurückgesetzt werden, wenn der Reset auf das Online-CoE, d. h. auf dem Slave direkt angewendet wird. Im Offline-CoE können keine Werte verändert werden.
- TwinCAT muss dazu im Zustand RUN oder CONFIG/FreeRun befinden, d. h. EtherCAT Datenaustausch findet statt. Auf fehlerfreie EtherCAT-Übertragung ist zu achten.
- Es findet keine gesonderte Bestätigung durch den Reset statt. Zur Kontrolle kann zuvor ein veränderbares Objekt umgestellt werden.

- Dieser Reset-Vorgang kann auch als erster Eintrag in die StartUp-Liste des Slaves mit aufgenommen werden, z. B. im Statusübergang PREOP->SAFEOP oder, wie in Abb. *CoE-Reset als StartUp-Eintrag*, bei SAFEOP->OP

Alle Backup-Objekte werden so in den Auslieferungszustand zurückgesetzt.

● Alternativer Restore-Wert

i Bei einigen Klemmen älterer Bauart (FW Erstellung ca. vor 2007) lassen sich die Backup-Objekte mit einem alternativen Restore-Wert umstellen: Dezimalwert: 1819238756, Hexadezimalwert: 0x6C6F6164.

Eine falsche Eingabe des Restore-Wertes zeigt keine Wirkung!

9.10 ELM3xxx Betriebshinweise

EMV Festigkeit nach EN 61000-6-2

Um die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen gemäß EN 61000-6-2 zu erreichen, ist ein digitales Tiefpassfilter zu verwenden, mit dem das Peak-to-Peak- (PtP-) Rauschen auf höchstens 1/3 der spezifizierten Grundgenauigkeit heruntergedrückt wird. Solche Filterung ist auch aus messtechnischer Sicht sinnvoll, da die bei der jeweiligen Klemme angegebene Grundgenauigkeit „mit Mittelwertbildung“, also ohne Einfluss des weißen Rauschens spezifiziert ist. Wenn das ungefilterte PtP-Rauschen bereits unterhalb der 1/3-Grenze liegt, ist keine Filterung notwendig. Auch wenn schnelle Antwortzeiten erforderlich sind, kann es sinnvoll sein, auf die Filterung zu verzichten. Dann ist es jedoch möglich, dass die volle spezifizierte Grundgenauigkeit nicht in allen Fällen erreichbar ist.

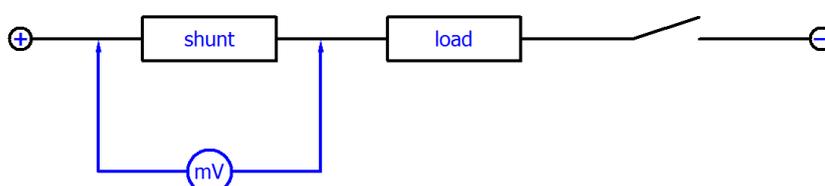
Dazu zwei Beispiele mit fiktiven Zahlen:

- Beispiel 1:
ELM3004-0000, ± 10 V Messbereich:
 - Rauschen ohne Filterung $F_{\text{Noise,PtP}} < 60 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$, Grundgenauigkeit $\pm 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$.
 - Weil $60 < (1/3 \cdot 200)$, ist keine Filterung erforderlich.
- Beispiel 2:
ELM3004-0000, ± 20 mV Messbereich:
 - Rauschen ohne Filterung $F_{\text{Noise,PtP}} < 560 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$, Grundgenauigkeit $\pm 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$.
 - Jetzt ist $560 > (1/3 \cdot 600)$, und ein Tiefpassfilter ist erforderlich, falls die volle Grundgenauigkeit erreicht werden soll.

9.11 Analogtechnische Hinweise zu EL3751/ ELM3xxx

Über die allgemeinen analogtechnischen Hinweise hinaus gelten für die EL3751 bzw. der ELM3xxx (soweit zutreffend) folgende Hinweise:

- Das interne GND der Analogklemme ist mit dem Anschlusspunkt $-U_v$ verbunden. Bei der Beschaltung mehrerer Klemmen ist somit zu bedenken, dass diese die zulässige CommonMode Spannung untereinander nicht überschreiten dürfen.
- Der „ $-U_v$ “-Punkt muss nicht untereinander oder mit anderem Potential verbunden werden, es ist aber hilfreich ihn zur Behebung von anlagenspezifischen negativen Einflüssen heranzuziehen.
- Spannungsmessung an HighSide-Shunt
Ein HighSide-Shunt ist ein Shunt der mit einem Anschluss am positiven/oberen Potential liegt, in der Regel wird dann der negative Anschluss geschaltet, „negativ schaltend“.



Grundsätzlich ist die mV-Messung an einem Shunt zur Strombestimmung mit den differentiellen U-Eingängen der Beckhoff Messgeräte möglich. Dabei sind jedoch zwei wesentliche Einschränkungen zu beachten:

- Gleichtaktspannung U_{cm} zwischen den Kanälen (CommonMode): Bei mehrkanaligen Klemmen darf $U_{cm, max}$ (siehe die [technischen Daten](#) [► 29] in dieser Dokumentation) zwischen den Kanälen nicht überschritten werden. Es ist also nicht möglich, bei einer 24 V Versorgung der Lasten, auf einen Kanal einen HighSide-Shunt auf 24 V-Potential einzusetzen, und auf einen anderen Kanal einen LowSide-Shunt auf 0 V-Potential. Die interne Bezugsmasse $-U_v$ würde sich so mittig einstellen, dass U_{cm} überschritten wird.
→ Es sind also nur HighSide- oder nur LowSide-Shunts je Klemme einzusetzen.
- Dynamische Vorgänge durch getakteten Strom: in der Regel wird der Strom durch eine Taktung/ PWM gesteuert. Je nach Induktivität im Lastkreis führt dies zu sprunghaften Strom- und damit Spannungsänderungen über den Shunt. Entsprechend ändert sich die anliegende U_{cm} an den differentiellen Eingängen. Der Kanal (dies gilt somit auch für die einkanalige EL3751) ist LC-gekoppelt an die interne Bezugsmasse $-U_v$ – der sprunghafte U_{cm} Anstieg an den Eingängen zieht also $-U_v$ nach, während der Zeit dieser Transiente (einige ms) kann es bei Überschreitung von $U_{cm, max}$ zu Fehlmessung kommen.
→ eine PWM-Strommessung mit HighSide-Shunt im 24 V-Netz ist nur im 30 V Messbereich möglich.

9.12 Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen

HINWEIS



Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen

Beachten Sie auch die weiterführende Dokumentation:

I/O-Analog-Handbuch

Hinweise zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen,

die Ihnen im Beckhoff [Information-System](#) und auf der Beckhoff-Webseite

www.beckhoff.com auf den jeweiligen Produktseiten zum [Download](#) zur Verfügung steht.

Die Inhalte umfassen Grundlagen der Sensortechnik sowie Hinweise zu analogen Messwerten.

9.13 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

Wenden Sie sich bitte an Ihre Beckhoff Niederlassung oder Ihre Vertretung für den lokalen Support und Service zu Beckhoff Produkten!

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unseren Internetseiten: www.beckhoff.com

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Support

Der Beckhoff Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49 5246 963 157
E-Mail: support@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com/support

Service

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49 5246 963 460
E-Mail: service@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com/service

Unternehmenszentrale Deutschland

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

Telefon: +49 5246 963 0
E-Mail: info@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com

9.14 Rücksendung und Retoure

Dieses Produkt ist einzeln verpackt und versiegelt. Wenn nicht anders vereinbart, ist eine Rücknahme durch Beckhoff nur in ungeöffneter Originalverpackung mit intaktem Siegel möglich.

Mehr Informationen:
www.beckhoff.com/ELMxxxx

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland
Telefon: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

