

Kurzdokumentation | DE

# EL3751

1-Kanal-Multifunktionseingang für analoge Messtechnik, 24 Bit, 10 kSps





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort.....</b>	<b>7</b>
1.1	Hinweise zur Dokumentation .....	7
1.2	Sicherheitshinweise .....	8
1.3	Ausgabestände der Dokumentation .....	9
1.4	Wegweiser durch die Dokumentation .....	10
1.5	Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten .....	11
1.5.1	Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung .....	11
1.5.2	Versionsidentifikation von EL-Klemmen.....	11
1.5.3	Beckhoff Identification Code (BIC).....	12
1.5.4	Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC).....	14
1.5.5	BIC im CoE bei EL3751 .....	16
<b>2</b>	<b>Produktübersicht .....</b>	<b>17</b>
2.1	Beschreibung .....	17
2.2	Technische Daten .....	18
2.2.1	Allgemeine technische Daten.....	18
2.2.2	Prozessdaten Interpretation .....	20
2.2.3	Allgemeines zur Messgenauigkeit/Messunsicherheit.....	22
2.2.4	Messung $\pm 30$ V .....	26
2.2.5	Messung $\pm 10$ V .....	29
2.2.6	Messung $\pm 5$ V .....	31
2.2.7	Messung $\pm 2,5$ V .....	33
2.2.8	Messung $\pm 1,25$ V .....	35
2.2.9	Messung $\pm 640$ mV .....	37
2.2.10	Messung $\pm 320$ mV .....	39
2.2.11	Messung $\pm 160$ mV .....	41
2.2.12	Messung $\pm 80$ mV .....	43
2.2.13	Messung $\pm 40$ mV .....	45
2.2.14	Messung $\pm 20$ mV .....	47
2.2.15	Messung $\pm 10$ mV .....	49
2.2.16	Messung $\pm 5$ mV .....	51
2.2.17	Messung 0...5 V.....	53
2.2.18	Messung 0...10 V.....	55
2.2.19	Messung $\pm 20$ mA .....	57
2.2.20	Messung 0...20 mA.....	59
2.2.21	Messung 4...20 mA.....	61
2.2.22	Messung 3,6...21 mA (NAMUR NE43).....	64
2.2.23	Messung Widerstand 0...5 k $\Omega$ .....	66
2.2.24	Messung RTD .....	70
2.2.25	Messung Potentiometer .....	72
2.2.26	Messung SG 1/1-Bridge (Vollbrücke) 4/6-Leiter-Anschluss.....	74
2.2.27	Messung SG 1/2-Bridge (Halbbrücke) 3/5-Leiter-Anschluss .....	79
2.2.28	Messung SG 1/4-Bridge (Viertelbrücke) 120 $\Omega$ 2/3-Leiter-Anschluss.....	85
2.2.29	Messung SG 1/4-Bridge (Viertelbrücke) 350 $\Omega$ 2/3-Leiter-Anschluss.....	89
<b>3</b>	<b>Inbetriebnahme .....</b>	<b>92</b>

3.1	Hinweis zur Kurzdokumentation.....	92
3.2	CoE Übersicht.....	93
3.2.1	0x6000 PAI Status Ch.1.....	93
3.2.2	0x6001 PAI Samples Ch.1.....	93
3.2.3	0x6002 PAI Synchronous Oversampling Ch.1.....	93
3.2.4	0x7000 PAI Control Ch.1.....	93
3.2.5	0x8000 PAI Settings Ch.1.....	94
3.2.6	0x8001 PAI Filter 1 Settings Ch.1.....	96
3.2.7	0x8003 PAI Filter 2 Settings Ch.1.....	96
3.2.8	0x8005 Scaler Settings Ch.1.....	96
3.2.9	0x800E PAI User Calibration Data Ch.1.....	97
3.2.10	0x800F PAI Vendor Calibration Data Ch.1.....	97
3.2.11	0x9000 PAI Internal Data Ch.1.....	98
3.2.12	0x900F PAI Calibration Dates Ch.1.....	100
3.2.13	0xF000 Modular device profile.....	102
3.2.14	0xF008 Code word.....	102
3.2.15	0xF009 Password Protection.....	102
3.2.16	0xF010 Module list.....	102
3.2.17	0xF600 PAI Timestamp.....	103
3.2.18	0xF900 PAI Info Data.....	103
3.2.19	0xF912 Filter info.....	103
3.2.20	0xFB00 PAI Command.....	103
3.3	Beispielprogramme.....	104
3.3.1	Beispielprogramm 1 und 2 (Offset/Gain).....	106
3.3.2	Beispielprogramm 3 (LookUp-Tabelle schreiben).....	112
3.3.3	Beispielprogramm 4 (LookUp-Tabelle erzeugen).....	114
3.3.4	Beispielprogramm 5 (Filterkoeffizienten schreiben).....	115
3.3.5	Beispielprogramm 6 (Verschränken von Messwerten).....	118
3.3.6	Beispielprogramm 7 (Allgemeine Dezimierung in der PLC).....	122
3.3.7	Beispielprogramm 8 (FB zur Echtzeit Diagnose).....	128
3.3.8	Beispielprogramm 9 (R/W Signatur der Kalibrierung).....	131
<b>4</b>	<b>EL3751 Features.....</b>	<b>133</b>
<b>5</b>	<b>Inbetriebnahme am EtherCAT Master.....</b>	<b>134</b>
5.1	Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT-Slave.....	134
5.2	TwinCAT Quickstart.....	142
5.2.1	TwinCAT 2.....	144
5.2.2	TwinCAT 3.....	154
5.3	TwinCAT Entwicklungsumgebung.....	167
5.3.1	Installation der TwinCAT Realtime-Treiber.....	167
5.3.2	Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung.....	173
5.3.3	TwinCAT ESI Updater.....	177
5.3.4	Unterscheidung Online / Offline.....	177
5.3.5	OFFLINE Konfigurationserstellung.....	178
5.3.6	ONLINE Konfigurationserstellung.....	183
5.3.7	EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration.....	191

5.3.8	Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI .....	201
5.4	EtherCAT-Grundlagen .....	207
5.5	EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden .....	207
5.6	Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung .....	208
5.7	EtherCAT State Machine .....	210
5.8	CoE-Interface .....	212
5.9	Distributed Clock .....	217
<b>6</b>	<b>Montage und Verdrahtung.....</b>	<b>218</b>
6.1	Einbaulagen .....	218
6.2	Positionierung von passiven Klemmen .....	220
6.3	ATEX - Besondere Bedingungen (Standardtemperaturbereich).....	221
6.4	IECEX - Besondere Bedingungen .....	222
6.5	Hinweise zu Stecker und Verdrahtung .....	223
6.6	Schirmung, Erdung .....	224
6.7	Tragschienenmontage .....	224
6.8	Anschluss.....	227
6.8.1	Anschlusstechnik .....	227
6.8.2	Verdrahtung .....	230
6.8.3	Schirmung.....	231
6.9	Hinweis zur Spannungsversorgung .....	231
6.10	Bedeutung der LEDs.....	232
6.11	Anschlussbelegung .....	233
6.12	Entsorgung.....	234
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>235</b>
7.1	Diagnose - Grundlagen zu Diag Messages .....	235
7.2	TcEventLogger und IO .....	242
7.3	UL-Hinweise .....	246
7.4	Weiterführende Dokumentation zu ATEX und IECEX .....	248
7.5	EtherCAT AL Status Codes .....	248
7.6	Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx .....	248
7.6.1	Gerätebeschreibung ESI-File/XML .....	250
7.6.2	Erläuterungen zur Firmware.....	253
7.6.3	Update Controller-Firmware *.efw.....	253
7.6.4	FPGA-Firmware *.rbf.....	255
7.6.5	Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte.....	259
7.7	Firmware Kompatibilität.....	260
7.8	Firmware Kompatibilität - Passive Klemmen.....	260
7.9	Wiederherstellen des Auslieferungszustandes .....	260
7.10	Analogtechnische Hinweise zu EL3751/ ELM3xxx .....	262
7.11	Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen .....	263
7.12	Support und Service.....	264
7.13	Rücksendung und Retoure .....	264



# 1 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.

## 1.1 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.



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.

### Fremdmarken

In dieser Dokumentation können Marken Dritter verwendet werden. Die zugehörigen Markenvermerke finden Sie unter: <https://www.beckhoff.com/trademarks>

## 1.2 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.

## 1.3 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
4.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aktualisierungen im Vorwort:<ul style="list-style-type: none"><li>◦ „Hinweise zur Dokumentation“</li><li>◦ Unterkapitel „Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten“/ „Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC)“</li></ul></li><li>• Aktualisierung in Unterkapitel „Produktübersicht“/ „Technischen Daten“/ (Zulassungen/ Kennzeichnungen)</li><li>• Aktualisierungen im Kapitel „Inbetriebnahme am EtherCAT Master“:<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Unterkapitel „TwinCAT Entwicklungsumgebung“/ „EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration“</li><li>◦ Unterkapitel „Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung“, „EtherCAT State Machine“, „CoE-Interface“</li></ul></li><li>• Unterkapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Schirmung, Erdung“ aktualisiert (Unterkapitelbezeichnung zuvor: „Schirmkonzept“)</li><li>• Aktualisierungen im Anhang:<ul style="list-style-type: none"><li>◦ Unterkapitel „Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx“ (Anhang)</li><li>◦ Unterkapitel „Wiederherstellen des Auslieferungszustandes“</li></ul></li></ul>

## 1.4 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
<b>EtherCAT System-Dokumentation</b> ( <a href="#">PDF</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemübersicht</li> <li>• EtherCAT-Grundlagen</li> <li>• Kabel-Redundanz</li> <li>• Hot Connect</li> <li>• Konfiguration von EtherCAT-Geräten</li> </ul>
<b>I/O-Analog-Handbuch</b> ( <a href="#">PDF</a> )	Hinweise zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen
<b>Explosionsschutz für Klemmsysteme</b> ( <a href="#">PDF</a> )	Hinweise zum Einsatz der Beckhoff Klemmsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß ATEX und IECEx
<b>Infrastruktur für EtherCAT/Ethernet</b> ( <a href="#">PDF</a> )	Technische Empfehlungen und Hinweise zur Auslegung, Ausfertigung und Prüfung
<b>Software-Deklarationen I/O</b> ( <a href="#">PDF</a> )	Open-Source-Software-Deklarationen für Beckhoff-I/O-Komponenten

Die Dokumentationen können auf der Beckhoff-Homepage ([www.beckhoff.com](http://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](mailto:dokumentation@beckhoff.com)

## 1.5 Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten

### 1.5.1 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.

### 1.5.2 Versionsidentifikation von EL-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: EL2872 mit Revision 0022 und Seriennummer 01200815

### 1.5.3 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.

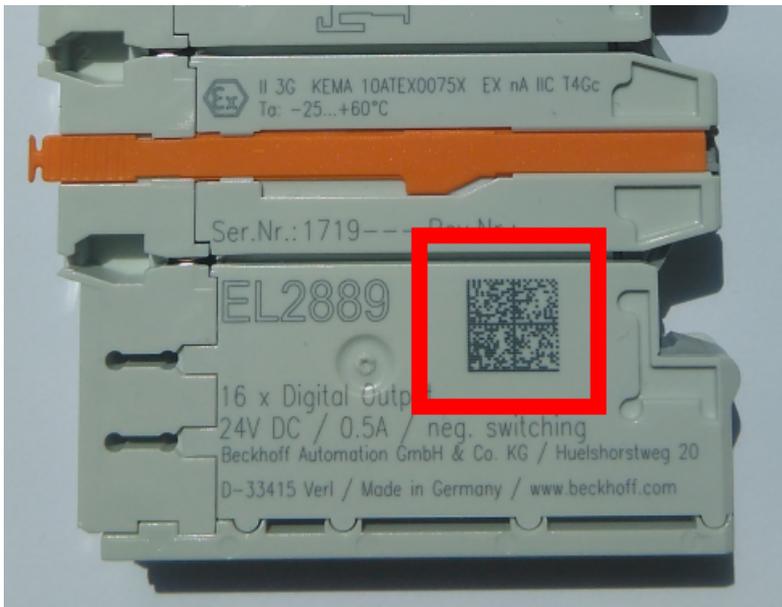


Abb. 2: BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200)

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	<b>Beckhoff - Artikelnummer</b>	1P	8	1P072222

Pos-Nr.	Art der Information	Erklärung	Datenidentifikator	Anzahl Stellen inkl. Datenidentifikator	Beispiel
2	Beckhoff Traceability Number (BTN)	<b>Eindeutige Seriennummer, Hinweis s. u.</b>	SBTN	12	<b>SBTN</b> k4p562d7
3	Artikelbezeichnung	<b>Beckhoff Artikelbezeichnung, z. B. EL1008</b>	1K	32	<b>1KEL</b> 1809
4	Menge	<b>Menge in Verpackungseinheit, z. B. 1, 10...</b>	Q	6	<b>Q1</b>
5	Chargennummer	Optional: Produktionsjahr und -woche	2P	14	<b>2P</b> 401503180016
6	ID-/Seriennummer	Optional: vorheriges Seriennummer-System, z. B. bei Safety-Produkten oder kalibrierten Klemmen	51S	12	<b>51S</b> 678294
7	Variante	Optional: Produktvarianten-Nummer auf Basis von Standardprodukten	30P	12	<b>30P</b> F971, 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:

**1P**072222**SBTN**k4p562d7**1KEL**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.

<b>HINWEIS</b>
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.

## 1.5.4 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.

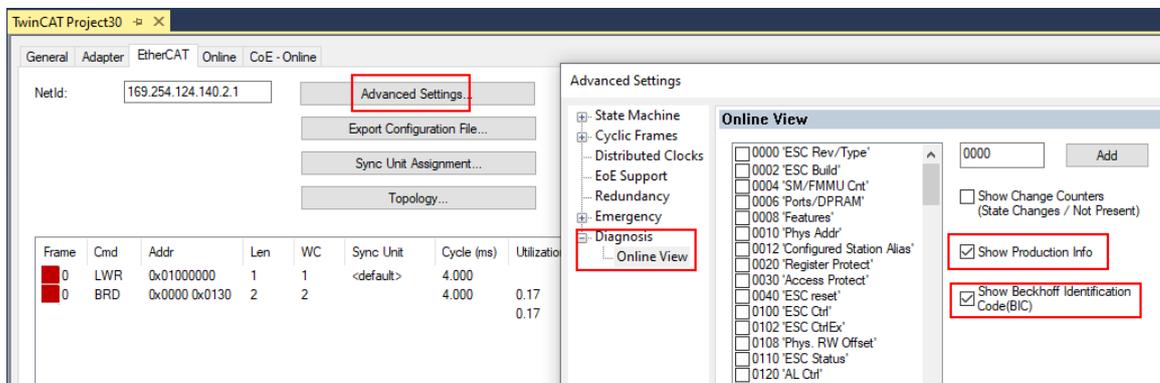
### EtherCAT-Geräte (IP20, IP67)

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	1P158442SBTN000@jekp1KELM3704 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 herstellerepezifische 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.

## **1.5.5 BIC im CoE bei EL3751**

Übersicht zur Unterstützung des BIC-Eintrags: CoE Objekt 0x10E2 (BIC) ist ab FW13 enthalten.

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

## 2 Produktübersicht

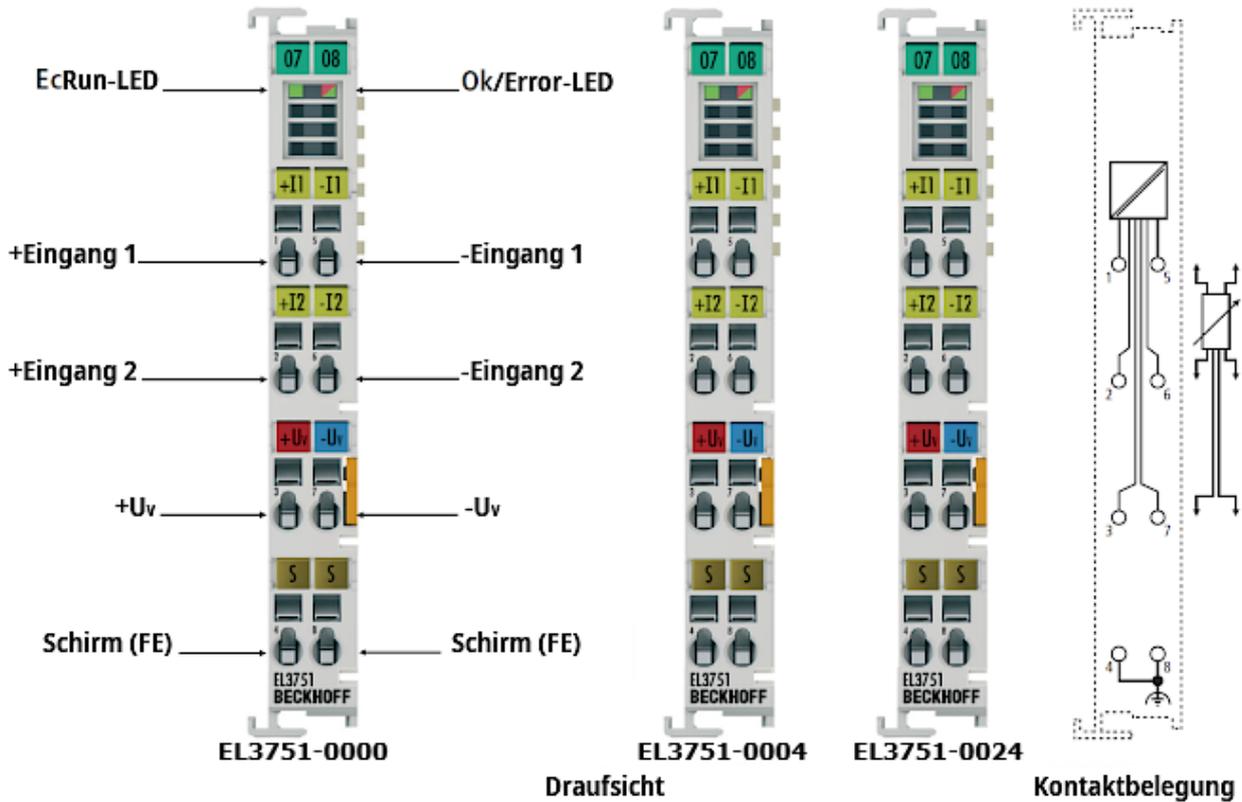


Abb. 4: EL3751, EL3751-0004, EL3751-0024; LEDs, Anschlüsse und Belegung

**1-Kanal-Multifunktionseingang für analoge Messtechnik, 24 Bit, 10 kSps, Differentialeingänge, Oversampling**

### 2.1 Beschreibung

Diese Dokumentation deckt folgende Klemmen ab

- EL3751-0000 Multifunktionsklemme
- EL3751-0020 wie EL3751-0000, zusätzlich mit Beckhoff Werkskalibrierzertifikat
- EL3751-0004 auf Widerstandsmessung reduzierte Variante der EL3751-0000 für Widerstandsmessung bis 5 k $\Omega$  und RTD-basierte (Temperatur) Messung, technische Eigenschaften dort wie EL3751-0000
- EL3751-0024 wie EL3751-0004, zusätzlich mit Beckhoff Werkskalibrierzertifikat

Die analoge Eingangsklemme EL3751-0000 als Multifunktionseingang für analoge Messtechnik kann zur Messung von elektrischen Größen in mehreren Messbereichen verwendet werden. Der Messbereich beträgt dabei jeweils nominell:

- Spannung von  $\pm 5$  mV bis  $\pm 30$  V, 0..10 V, 0..5 V
- Strom im Bereich von  $\pm 20$  mA , 4..20 mA, 0..20 mA, NAMUR NE43
- Widerstandsbrücke, Dehnungsmessstreifen (DMS): 1/4-Brücke (350  $\Omega$  + 120  $\Omega$ ), 1/2- Brücke ( $\pm 16$  mV/V) sowie 1/1- Brücke ( $\pm 32$  mV/V) im 2-6 Leiteranschluss
- elektr. Widerstand R / Temperatur mit RTD (PT100 etc.): 0...5 k $\Omega$  im 2-4 Leiteranschluss
- Potentiometer ab 1 k $\Omega$

Der genannte nominelle Messbereich ist jeweils Teil des insgesamt zur Verfügung stehenden und nutzbaren technischen Messbereichs, der bei der EL3751 je nach Messbereich bei ca.  $\pm 107\%$  liegt. Diese Eigenschaft „extended Range“ des erweiterten Messbereichs ist abschaltbar, somit ist auch das kompatible Verhalten zur EL30/31/36xx Serie als „legacy Range“ herstellbar.

Die Messung geschieht über einen differentiellen Eingangskanal und wird mit einer Auflösung von 24 Bit und 10 kSps digitalisiert, galvanisch getrennt zum Feldbus und wahlweise mit Oversampling zum übergeordneten Automatisierungsgerät transportiert. 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 oder Potentiometers möglich. Der Signalzustand der EtherCAT-Klemme wird durch Leuchtdioden angezeigt.

Falls eine niedrigere Abtastrate gewünscht ist, kann ausgehend von der festen analogen Abtastrate von 10 kSps intern eine Datenratenreduzierung (sog. Dezimieren) eingestellt werden. Die so erzielte effektive Abtastrate  $\leq 10$  kSps kann dann unter Einbeziehung der Taskzykluszeit über den entsprechenden Oversampling-Faktor über EtherCAT an die Steuerung übertragen werden.

Die Klemme verfügt über 2 einstellbare numerische Softwarefilter bis FIR 39.Ordnung (40 Taps) bzw. IIR 6.Ordnung. Der erste Filter arbeitet auf den 10 kSps Rohdaten, der zweite arbeitet nach dem frei einstellbaren Dezimierer und ist so zur Unterdrückung von Aliasing-Effekten anwenderseitig einzustellen. Beide Filter können entweder nach integrierter Liste (einige Tiefpass-, Hochpass-, Mittelwertfilter) oder nach freier Koeffiziententabelle gesetzt werden.

Nichtlineare Sensorkennlinien können durch eine integrierte Stützstellentabelle flexibel korrigiert werden; es sind auch einfache mathematische Operationen möglich.

Jede Klemme verfügt über eine eindeutige, aufgedruckte und elektronisch auslesbare ID-Nummer. Das optional verfügbare Werkskalibrierzertifikat (EL3751-0020, EL3751-0024) kann über diese ID-Nummer zugeordnet werden, eine Re-Kalibrierung ist möglich.

## 2.2 Technische Daten

### 2.2.1 Allgemeine technische Daten

Technische Daten	EL3751
Analoge Eingänge	1 Kanal
Anschlusstechnik	2 - 6 Leiter
Auflösung	24 Bit inkl. Vorz., Darstellung 32 Bit
Samplingart	simultan
Massebezug	differentiell
Auswahl Oversampling-Faktoren	1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 64
ADC Wandlungsmethode	deltaSigma $\Delta\Sigma$ , 1,28 MSps (interne Abtastrate);
Grenzfrequenz Eingangsfiler Hardware	Vor AD-Wandler: 30 kHz Hardware Filter Im ADC nach Wandlung: -3dB @ 3,2 kHz, Mittelwertfilter 5.Ordnung
Messfehler	typ. $\pm 0,01\%$ @23°C, Ausnahmen bei einzelnen Messbereichen, Details siehe Funktionstabellen und s.u. <sup>2)</sup>
Max. Samplingrate/min. Wandlungszeit	10 kSps / 100 $\mu$ s (fest, zusätzlich freies downsampling in Firmware durch Dezimierungsfaktor.
Unterstützte EtherCAT Zykluszeit (in Abhängigkeit von der Betriebsart)	DistributedClocks: min. 100 $\mu$ s, max. 25 ms (max. 10 ms empfohlen) FrameTriggered/Synchron: min. 200 $\mu$ s, max. 100 ms FreeRun: wird nicht unterstützt
Signalverzögerung (Sprungantwort)	tbd.
Signalverzögerung (linear)	tbd. Linearer Phasengang, Gruppenlaufzeit konstant
Erfassungsart	Simultan (1 Kanal, simultan bei DC-Synchronisierung mehrerer Klemmen)
Spannungsfestigkeit - Zerstörgrenze	max. zul. Kurzzeitig/dauerhaft anliegende Spannung

Technische Daten	EL3751
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spannung zwischen den Kontaktstellen <math>\pm I1</math>, <math>\pm I2</math>, <math>+Uv</math> und <math>-Uv</math>: Unversorgt <math>\pm 40</math> V, Versorgt <math>\pm 36</math> V</li> <li>Spannung zwischen jeder Kontaktstelle und SGND (Schirm, Montageschiene): siehe Angabe zur Potentialtrennung</li> </ul> <p>Hinweis: <math>-Uv</math> entspricht dem internen GND</p>
Distributed Clocks	Ja, mit Oversampling
Empfohlener Einsatzspannungsbereich zur Einhaltung der Spezifikation ( $U_{CM}$ , common mode)	<p>max. zul. Spannung während bestimmungsgemäßem Betrieb</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\pm I1</math> und <math>\pm I2</math>: typ. <math>\pm 10</math> V gegen <math>-Uv</math></li> </ul> <p>Hinweis: <math>-Uv</math> entspricht dem internen GND</p>
Potentialtrennung Bus/Kanal	500 V DC (1 min. Typ-Prüfspannung)
Potentialtrennung Kanal/Kanal	(nicht zutreffend da 1 Kanal)
Bitbreite im Prozessabbild (Standardeinstellung)	32 Bit / pro Wert
Unterstützt Funktion <a href="#">NoCoeStorage</a>   <a href="#">213</a> ]	Ja
Besondere Eigenschaften	<p>integrierte schaltbare <math>\frac{1}{4}</math> Brückenergänzung für 120 und 350 <math>\Omega</math></p> <p>Ableich höherer Ordnung, PeakHold Schleppzeiger, vordefinierte und frei einstellbare Software-Filter, TrueRMS, beliebiges Downsampling, 2stufiger Integrator/Differenzierer, freie Scaling-Funktion (auch nichtlinear), Endwertbegrenzer (Limiter), extended/legacy Range, Leitungskompensation</p> <p>Auf Anfrage auch mit Werkskalibrierzertifikat erhältlich</p>
Interner Überspannungsschutz der Eingänge bezogen auf $-Uv$ (interne Masse)	<p><math>+IN1</math>, <math>-IN1</math>: bei ca. <math>12 \pm 0,5</math> V (im 30 V-Modus bei ca. <math>37 \pm 1</math> V)</p> <p><math>+IN2</math>, <math>-IN2</math>: bei ca. <math>&lt; -0,3</math> V oder <math>&gt; +5,3</math> V</p>
Spannungsversorgung für Elektronik	über den E-Bus
Stromaufnahme aus dem E-Bus	typ. 260 mA
Thermische Verlustleistung	typ. 1,2 W
Stromaufnahme aus den Powerkontakten	keine
Zulässiger Einsatzhöhenbereich	0 bis 2000m (Derating bei größerer Höhe auf Anfrage)
Gewicht	ca. 65 g
Zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	<p>0...+55 °C (in waagerechter Einbaulage)</p> <p>0...+45°C (alle anderen Einbaulagen)</p>
Zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C
Einbaulage	Betrieb in allen Lagen möglich, Einhaltung der vollen Genauigkeit nur bei waagerechter/Standardlage möglich.
Zulässige relative Luftfeuchtigkeit	95%, keine Betauung
Max. Sensor-Leitungslänge	Die Leitungslänge von der EtherCAT Klemme bis zum Sensor/Geber darf ohne weitere Schutzmaßnahmen max. 30 m betragen. Bei größeren Kabellängen ist ein geeigneter Überspannungsschutz (Surge-Protection) vorzusehen.
Abmessungen (B x H x T)	ca. 15 mm x 100 mm x 70 mm (Breite angereicht: 12 mm)
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715

Technische Daten	EL3751
Vibrations- / Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Schutzart	IP20
Zulassungen/ Kennzeichnungen *)	CE, CCC, UKCA, EAC, <u>UL</u> [▶ 246], <u>ATEX</u> [▶ 221], <u>IECEX</u> [▶ 222]

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

2) Dominierender Anteil der Grundgenauigkeit ist die Offset-Spezifikation (siehe folgende Tabellen). Durch Offset-Korrektur gemäß Kapitel Offset Korrektur kann dieser Anteil eliminiert und die Messgenauigkeit erheblich gesteigert werden.

**Ex-Kennzeichnungen**

Standard	Kennzeichnung
ATEX	II 3 G Ex nA IIC T4 Gc
IECEX	Ex nA IIC T4 Gc

**2.2.2 Prozessdaten Interpretation**

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

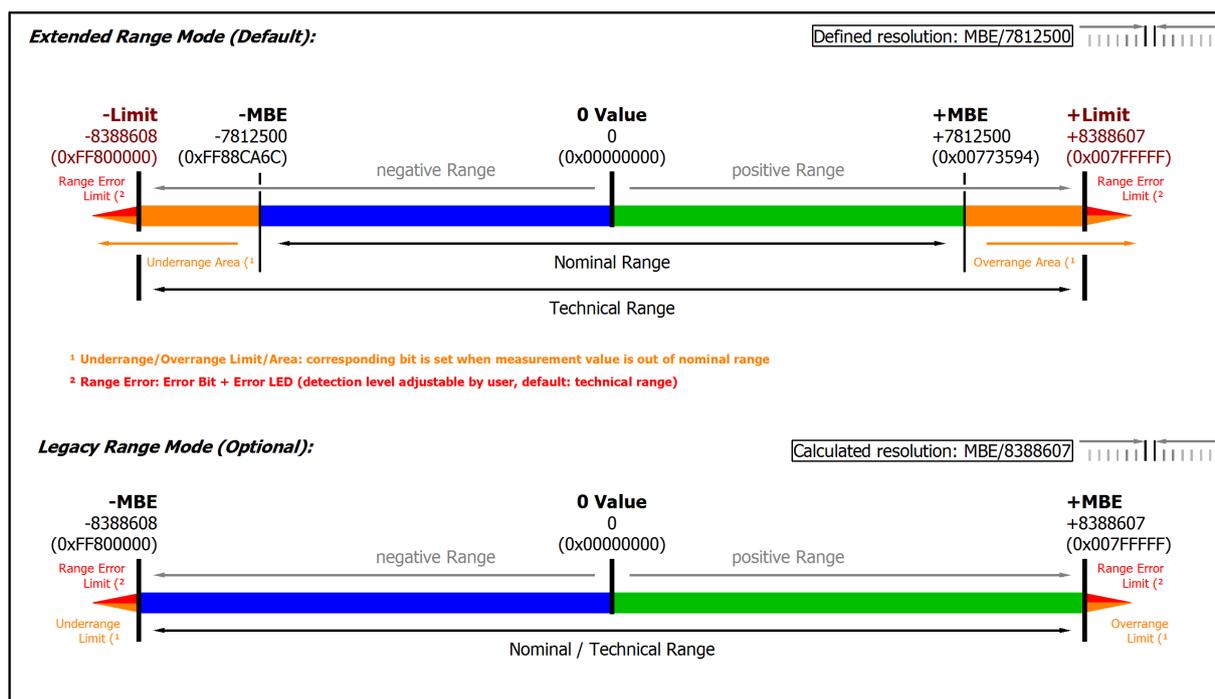


Abb. 5: Basis Bereich eines Prozessdatenwertes

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 0x007FFFFF.
  - 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.

## 2.2.3 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 [► 263] 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.

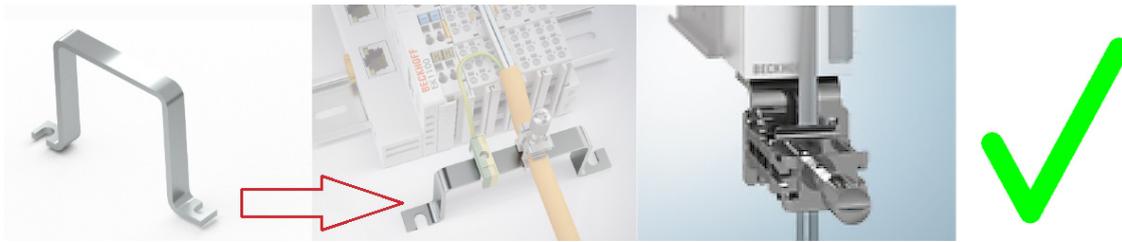
### Allgemeine Hinweise

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:



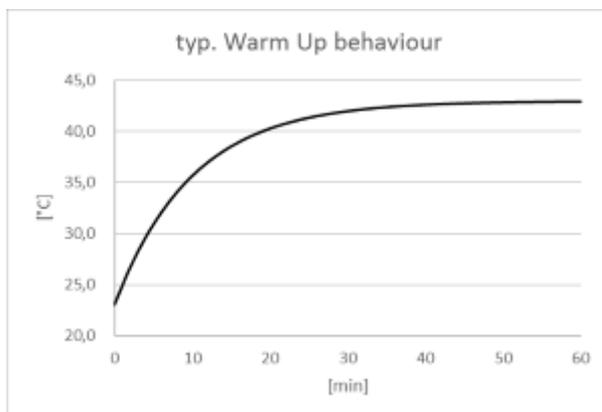
- Wenn nicht anders spezifiziert, werden Messfehler etc. im DC-Betrieb angegeben (keine Wechselgrößen). Bei Messung eines AC-Signals beeinflusst der Frequenzgang des Analogeingangs die Messung selbst.

**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 [[▶ 103](#)] an, dass sie innerlich thermisch stabilisiert sind und  $\Delta T$  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).

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

Für Messbereiche, bei denen der Temperaturkoeffizient nur als  $\text{Tk}_{\text{Terminal}}$  spezifiziert ist:

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

$F_{\text{Offset}}$	: Offset-Spezifikation (bei 23°C)
$F_{\text{Gain}}$	: 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
$F_{\text{Lin}}$	: Nichtlinearitätsfehler über den gesamten Messbereich (gültig für alle Temperaturen)
$F_{\text{Rep}}$	: Wiederholgenauigkeit (gültig für alle Temperaturen)
$\text{Tk}_{\text{Offset}}$	: Temperaturkoeffizient Offset
$\text{Tk}_{\text{Gain}}$	: Temperaturkoeffizient Gain
$\text{Tk}_{\text{Terminal}}$	: Temperaturkoeffizient der Klemme
$\Delta T$	: Differenz der Umgebungstemperatur zur spezifizierten Grundtemperatur (23°C wenn nicht anders angegeben)
$F_{\text{Age}}$	: Fehlerkoeffizient der Alterung
$N_{\text{Years}}$	: Anzahl Jahre
$F_{\text{Gesamt}}$	: Theoretisch berechneter Gesamtfehler

Beispielsweise seien bei einem ermittelten Messwert  $\text{MW} = 8,13 \text{ V}$  im  $10 \text{ V}$  Messbereich ( $\text{MBE} = 10 \text{ V}$ ) 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:
  - $\text{Tk}_{\text{Gain}} = 8 \text{ ppm/K}$
  - $\text{Tk}_{\text{Offset}} = 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K}$

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  $\pm 100$  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  $\pm 100$  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  $F_{\text{Noise}}$  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](#) [▶ 263](#)].

**● 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:

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

**2.2.4 Messung ±30 V**

Messung Modus	±30 V
Messbereich, nominell	-30...+30 V
Messbereich, Endwert (MBE)	30 V
Messbereich, technisch nutzbar	-32,212...+32,212 V
PDO Auflösung	24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)	3,84 µV
PDO LSB (Legacy Range)	3,576.. µV

Messung Modus		±30 V		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,01% <sub>MBE</sub> = ±100 ppm <sub>MBE</sub>		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 65 ppm <sub>MBE</sub>		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 65 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 45 ppm <sub>MBE</sub>		
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 20 ppm <sub>MBE</sub>		
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 100 ppm <sub>MBE</sub>	< 781 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 18 ppm <sub>MBE</sub>	< 141 [digits]	
	Max. SNR	> 94,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 7,64 \frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 10 ppm <sub>MBE</sub>	< 78 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 2,5 ppm <sub>MBE</sub>	< 20 [digits]	
	Max. SNR	> 112,0 dB		
	Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Gain</sub>	< 11 ppm/K typ.	
	Tk <sub>Offset</sub>	< 10 ppm <sub>MBE</sub> /K typ.		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: >68 dB typ.	50 Hz: >68 dB typ.	1 kHz: >52 dB typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: >68 dB typ.	50 Hz: >100 dB typ.	1 kHz: >100 dB typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,05% <sub>MBE</sub> = ±500 ppm <sub>MBE</sub> typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 570 kΩ    11 nF CommonMode typ. 140 kΩ    40 nF Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

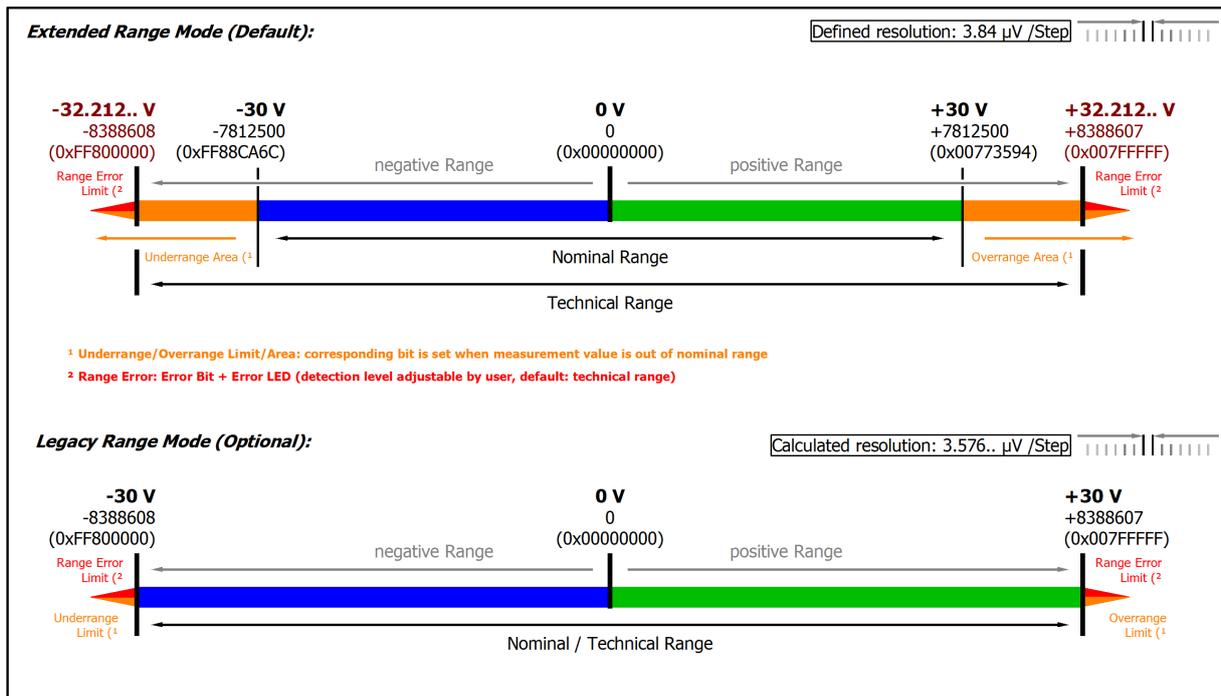


Abb. 6: Darstellung  $\pm 30\text{ V}$  Messbereich

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.

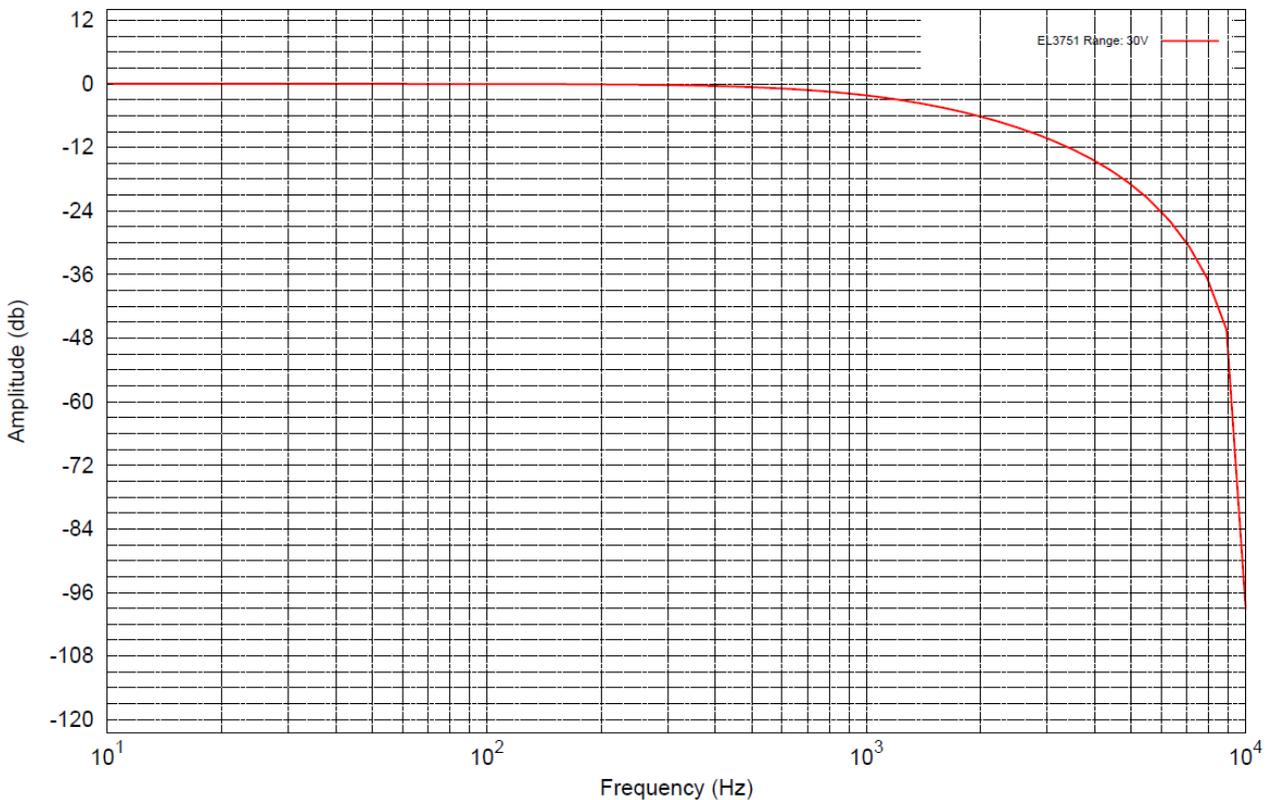


Abb. 7: Frequenzgang  $\pm 30\text{ V}$  Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10\text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.5 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	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	< ±0,01% <sub>MBE</sub> = ±100 ppm <sub>MBE</sub>		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 70 ppm <sub>MBE</sub>	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 60 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 25 ppm <sub>MBE</sub>	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 20 ppm <sub>MBE</sub>	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 100 ppm <sub>MBE</sub>	< 781 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 18 ppm <sub>MBE</sub>	< 141 [digits]
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	< 2,55 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 10 ppm <sub>MBE</sub>	< 78 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 2,0 ppm <sub>MBE</sub>	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Gain</sub>	< 8 ppm/K typ.	
	Tk <sub>Offset</sub>	< 5 ppm <sub>MBE</sub> /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% <sub>MBE</sub> = ±500 ppm <sub>MBE</sub> typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,1 MΩ    11 nF		
	CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF		
	Methodik: Widerstand gegen -U <sub>V</sub> , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

In Anlehnung an den Beckhoff „Messfehler“ kann wie in Kapitel „Allgemeines zur Messgenauigkeit/ Messunsicherheit“ [► 22] angegeben auch als Vergleichswert der „Gesamtmeßfehler über alles“ berechnet werden.

Für den Messbereich ±10V ergibt sich dieser damit aus den o.a. Daten und T<sub>Umgebung,max</sub> = 55°C zu ±321 ppm<sub>MBE</sub> (bzw. 0,032%<sub>MBE</sub>).

Siehe dazu auch Messfehler/Messabweichung/Messunsicherheit, Ausgabeunsicherheit unter Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen [► 263].

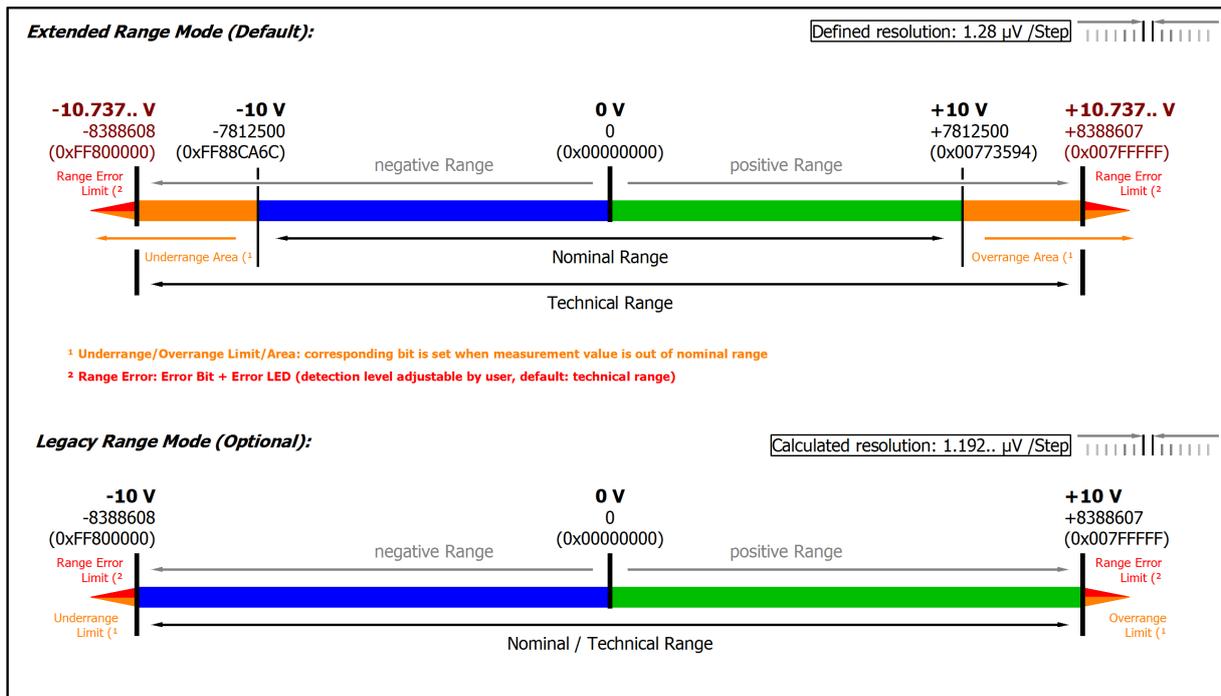


Abb. 8: Darstellung ±10 V Messbereich

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.

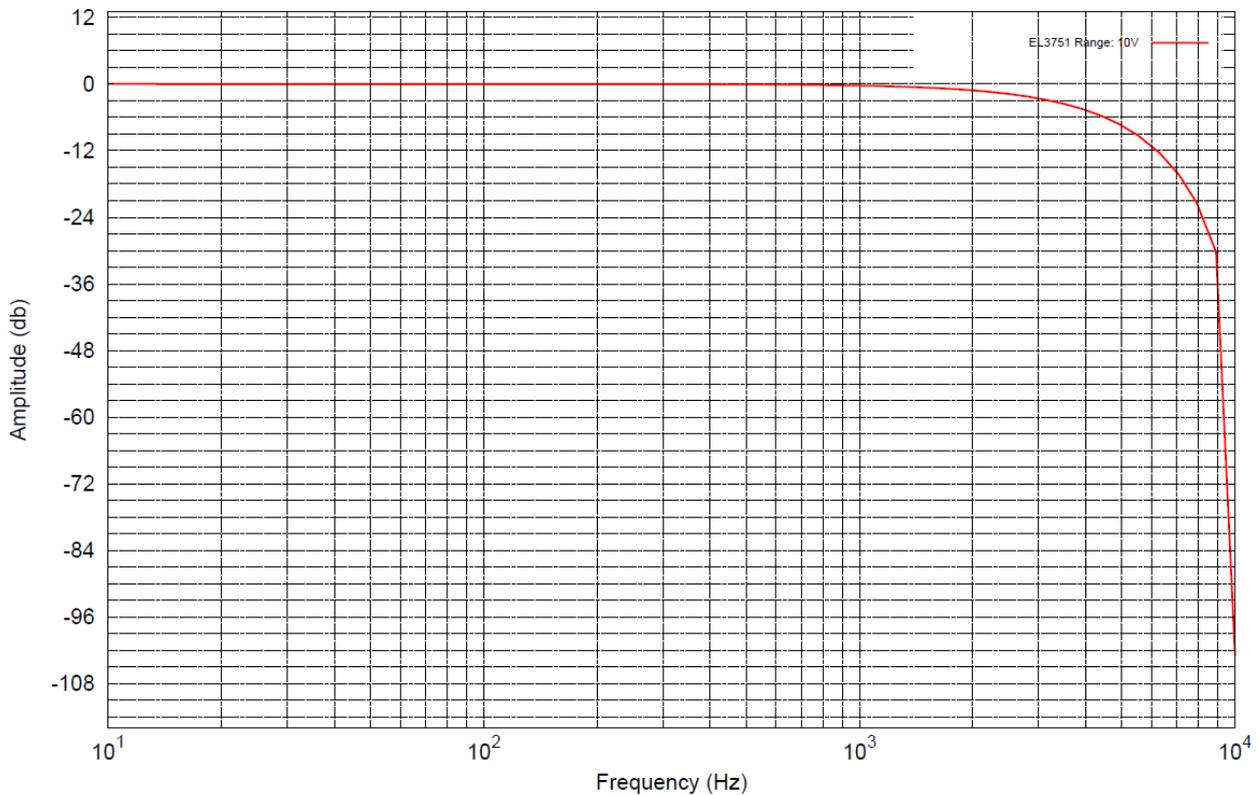


Abb. 9: Frequenzgang ±10 V Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.6 Messung ±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		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		640 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		596.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,01% <sub>MBE</sub> = ±100 ppm <sub>MBE</sub>		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 70 ppm <sub>MBE</sub>		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 55 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 25 ppm <sub>MBE</sub>		
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 20 ppm <sub>MBE</sub>		
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 100 ppm <sub>MBE</sub>	< 781 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 18 ppm <sub>MBE</sub>	< 141 [digits]	
	Max. SNR	> 94,9 dB		
	Rauschdichte@1kHz	< 1,27 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 10 ppm <sub>MBE</sub>	< 78 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 2,0 ppm <sub>MBE</sub>	< 16 [digits]	
	Max. SNR	> 114,0 dB		
Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Gain</sub>	< 8 ppm/K typ.		
	Tk <sub>Offset</sub>	< 5 ppm <sub>MBE</sub> /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% <sub>MBE</sub> = ±500 ppm <sub>MBE</sub> typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. 4,1 MΩ    11 nF		
		CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF		
		Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

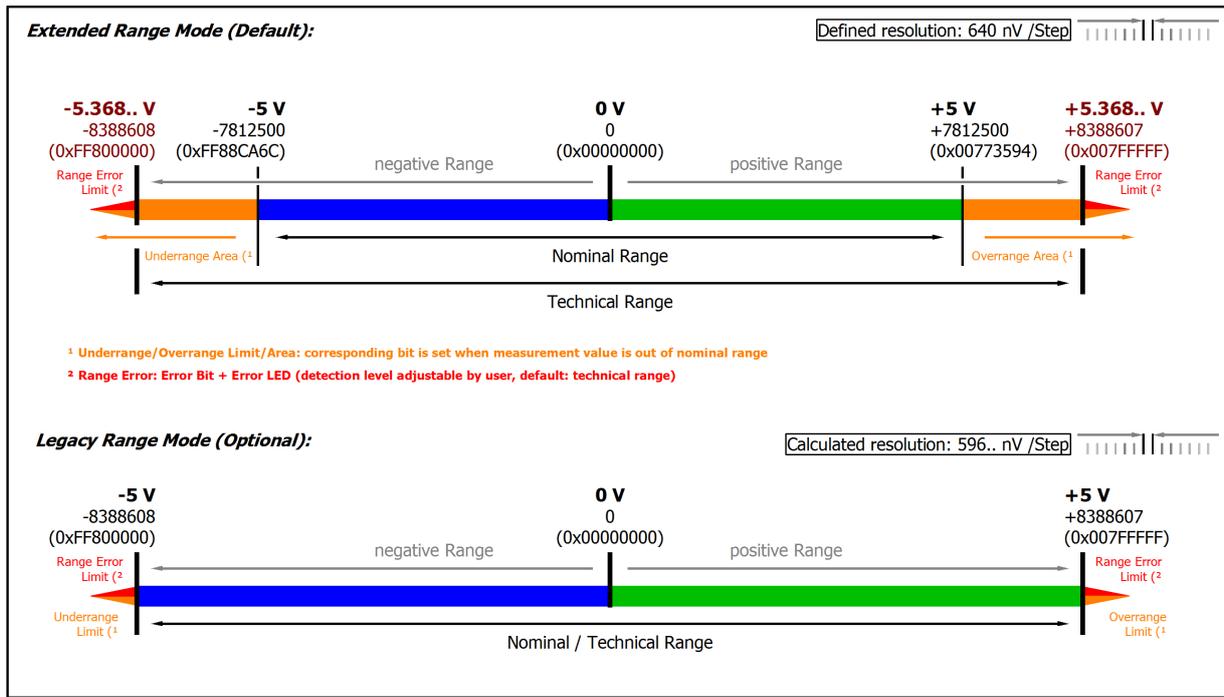


Abb. 10: Darstellung ±5 V Messbereich

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.

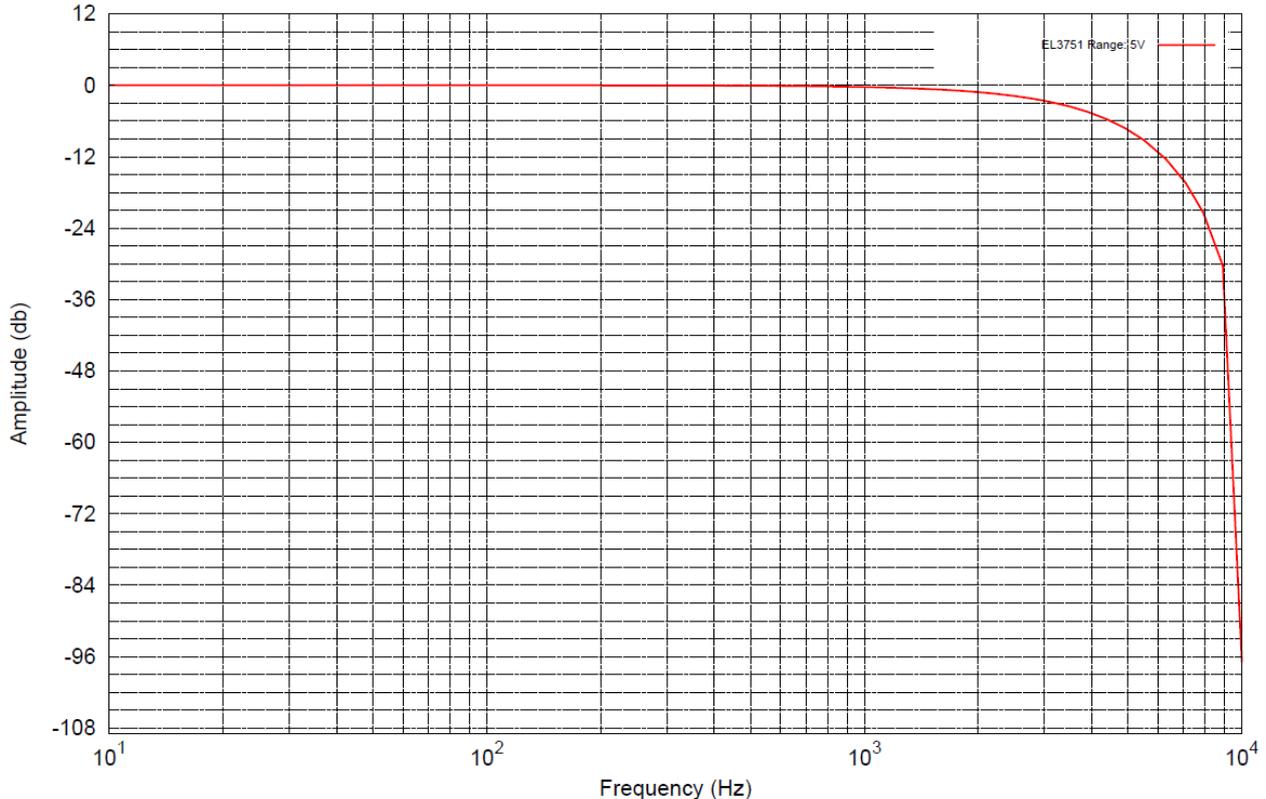


Abb. 11: Frequenzgang ±5 V Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.7 Messung $\pm 2,5$ V

Messung Modus		$\pm 2,5$ 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		$< \pm 0,01\%_{\text{MBE}} = \pm 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 70 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 55 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 25 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	$< 90 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 703$ [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 17 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 133$ [digits]	
	Max. SNR	$> 95,4 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 0,60 \frac{\mu\text{V/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PTP}}$	$< 9 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 70$ [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 2,0 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 16$ [digits]	
	Max. SNR	$> 114,0 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 8 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

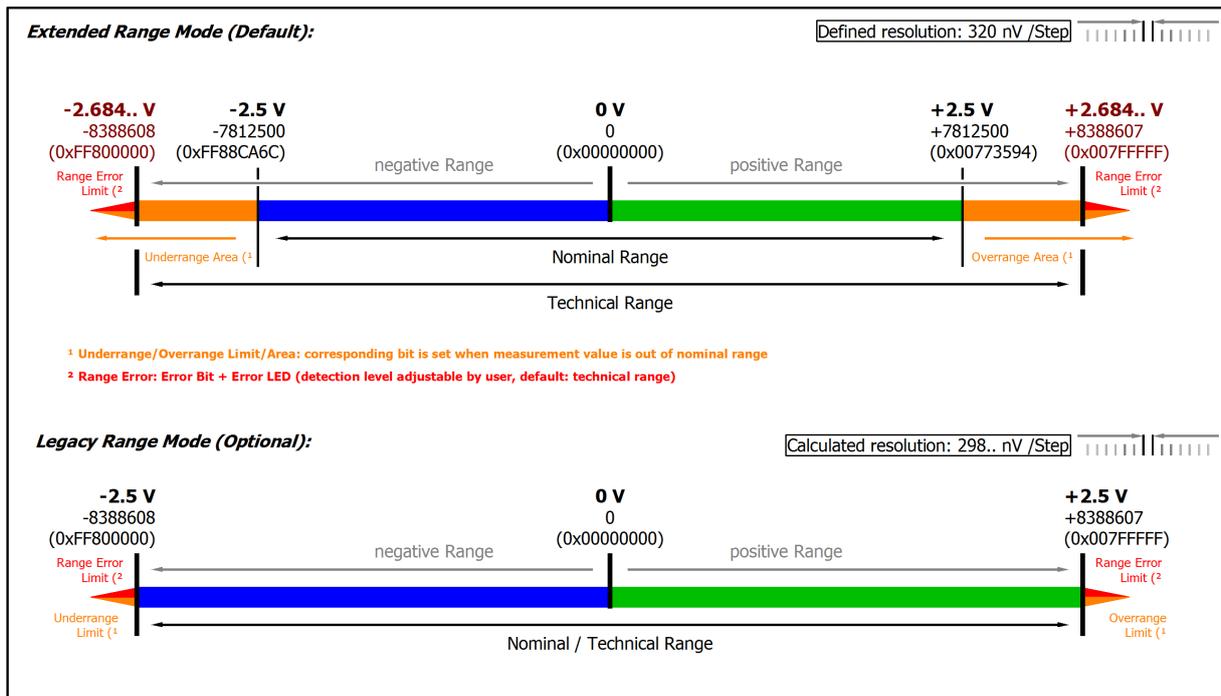


Abb. 12: Darstellung  $\pm 2,5$  V Messbereich

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.

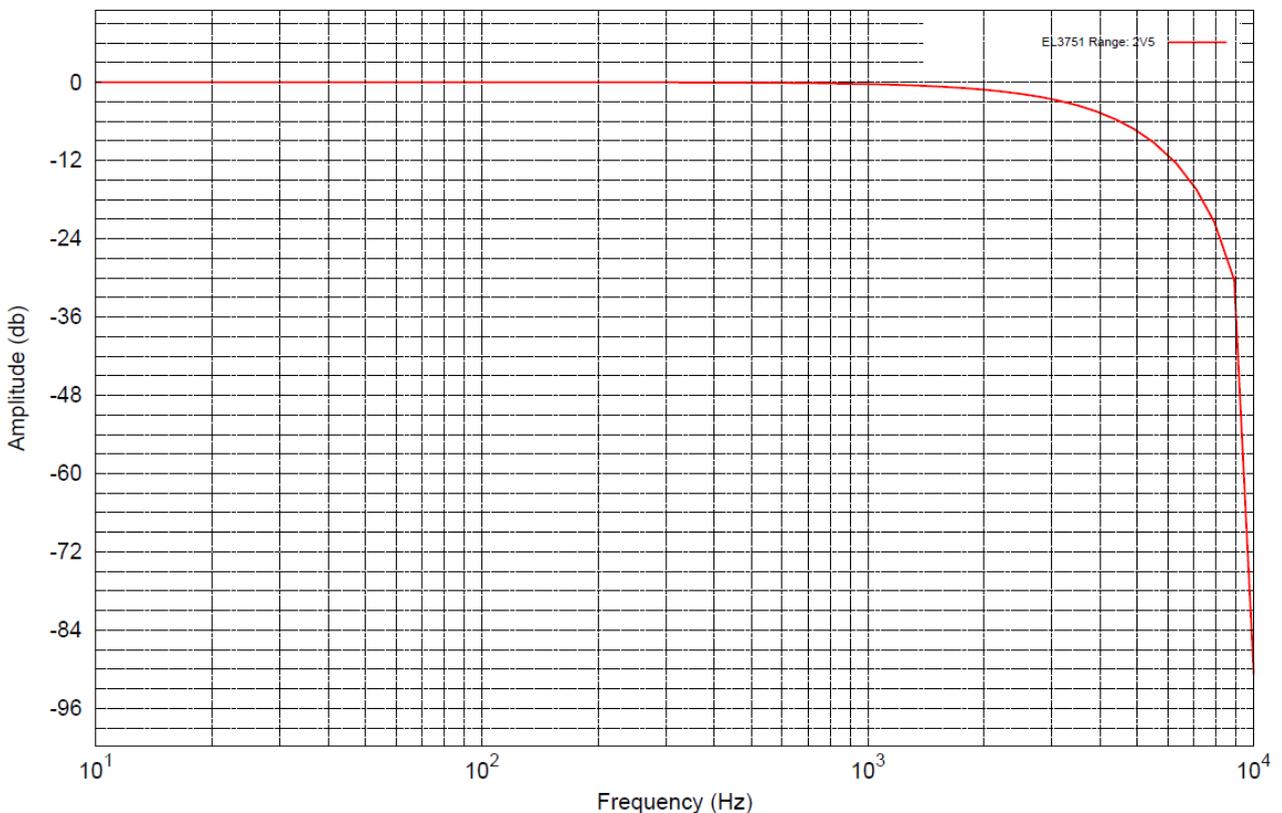


Abb. 13: Frequenzgang  $\pm 2,5$  V Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10$  kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.8 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	-1,490...+1,490 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	< ±0,01% <sub>MBE</sub> = ±100 ppm <sub>MBE</sub>		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 70 ppm <sub>MBE</sub>	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 55 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 25 ppm <sub>MBE</sub>	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 20 ppm <sub>MBE</sub>	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 90 ppm <sub>MBE</sub>	< 703 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 17 ppm <sub>MBE</sub>	< 133 [digits]
	Max. SNR	> 95,4 dB	
	Rauschdichte@1kHz	< 0,30 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 9 ppm <sub>MBE</sub>	< 70 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 2,0 ppm <sub>MBE</sub>	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Gain</sub>	< 8 ppm/K typ.	
	Tk <sub>Offset</sub>	< 5 ppm <sub>MBE</sub> /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% <sub>MBE</sub> = ±500 ppm <sub>MBE</sub> typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,1 MΩ    11 nF		
	CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF		
	Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

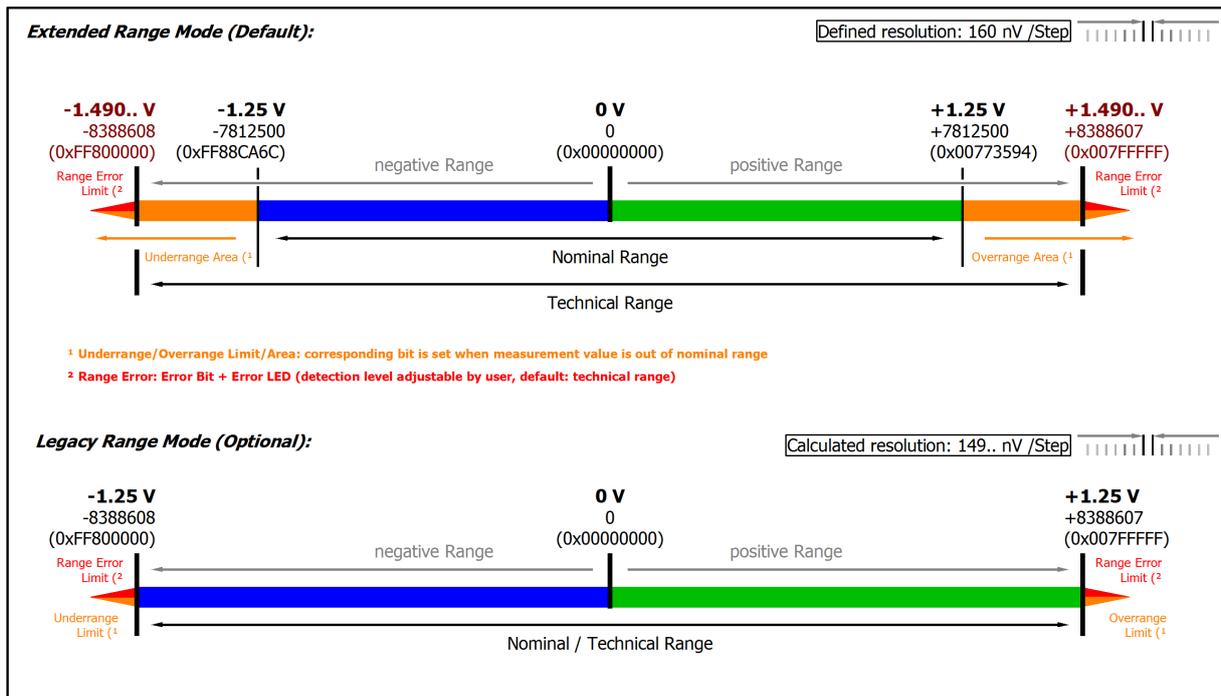


Abb. 14: Darstellung ±1,25 V Messbereich

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.

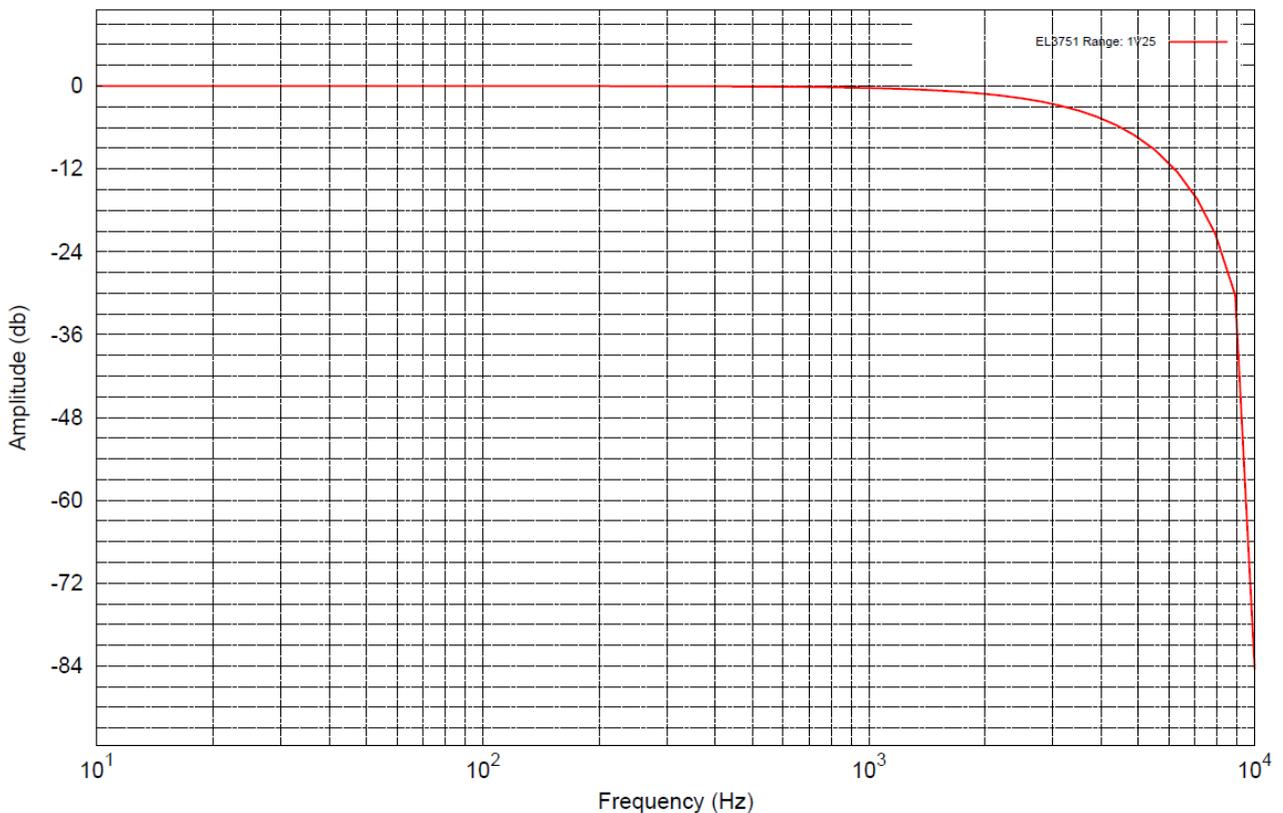


Abb. 15: Frequenzgang ±1,25 V Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.9 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	24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)	81,92 nV		
PDO LSB (Legacy Range)	76,29.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung	< ±0,01% <sub>MBE</sub> = ±100 ppm <sub>MBE</sub>		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 70 ppm <sub>MBE</sub>	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 55 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 25 ppm <sub>MBE</sub>	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 20 ppm <sub>MBE</sub>	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 90 ppm <sub>MBE</sub>	< 703 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 17 ppm <sub>MBE</sub>	< 133 [digits]
	Max. SNR	> 95,4 dB	
	Rauschdichte@1kHz	< 0,15 $\frac{\mu V/V}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 9 ppm <sub>MBE</sub>	< 70 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 2,0 ppm <sub>MBE</sub>	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Gain</sub>	< 8 ppm/K typ.	
	Tk <sub>Offset</sub>	< 5 ppm <sub>MBE</sub> /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% <sub>MBE</sub> = ±500 ppm <sub>MBE</sub> typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. 4,1 MΩ    11 nF		
	CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF		
	Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

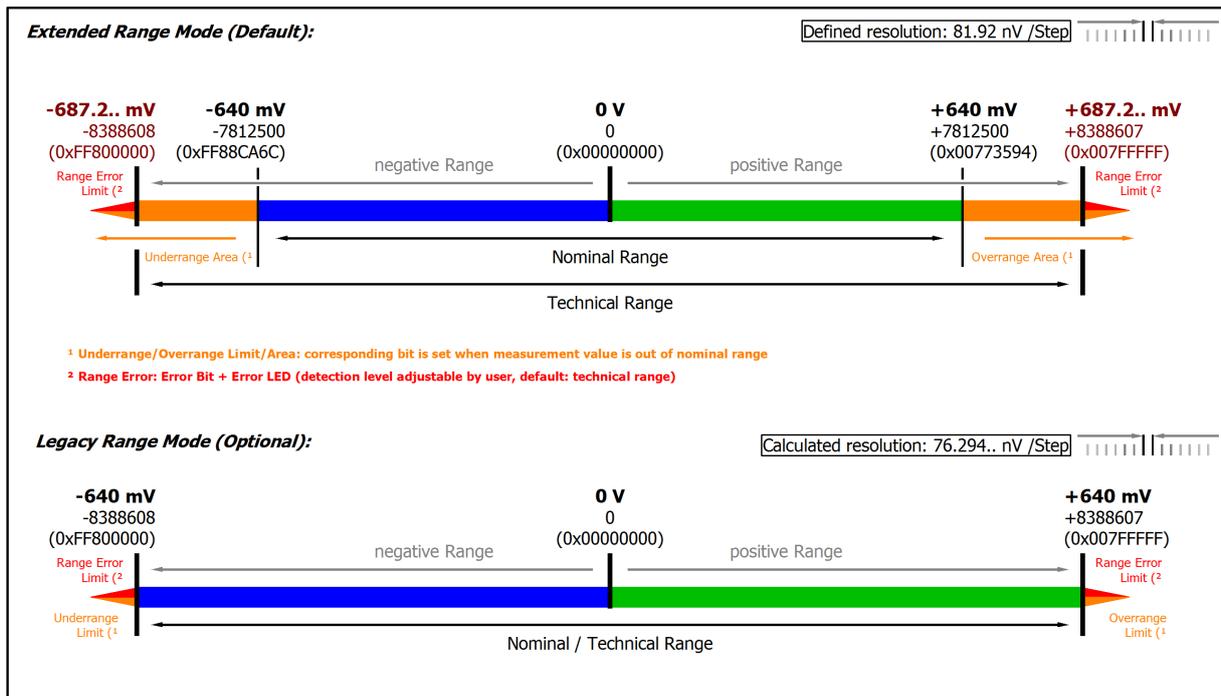


Abb. 16: Darstellung ±640 mV Messbereich

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.

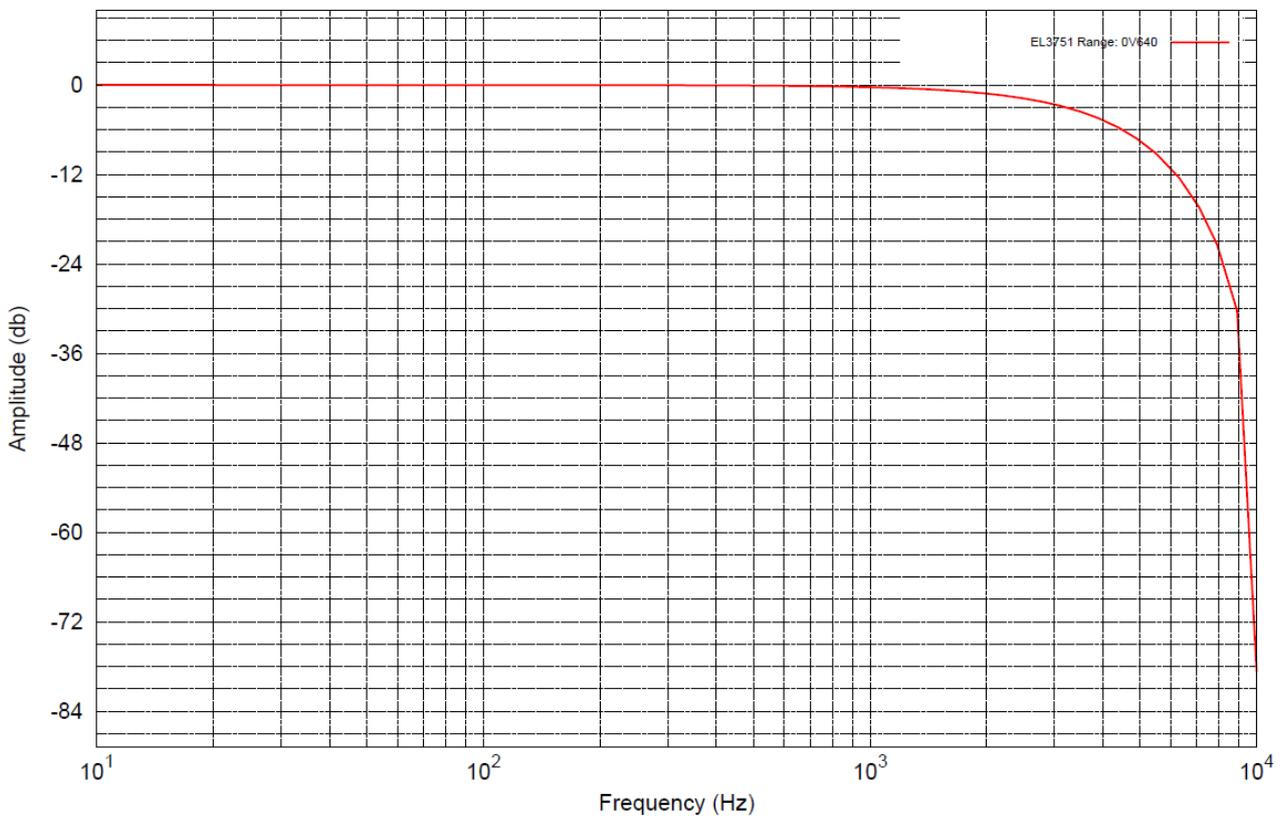


Abb. 17: Frequenzgang ±640 mV Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.10 Messung $\pm 320$ mV

Messung Modus		$\pm 320$ mV		
Messbereich, nominell		-320...+320 mV		
Messbereich, Endwert (MBE)		320 mV		
Messbereich, technisch nutzbar		-343,6...+343,6 mV		
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		40,96 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		38,14.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,01\%_{\text{MBE}} = \pm 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 70 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 55 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 25 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 90 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 703$ [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 17 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 133$ [digits]	
	Max. SNR	$> 95,4 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$76,93 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 9 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 70$ [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 2,0 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 16$ [digits]	
	Max. SNR	$> 114,0 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 8 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

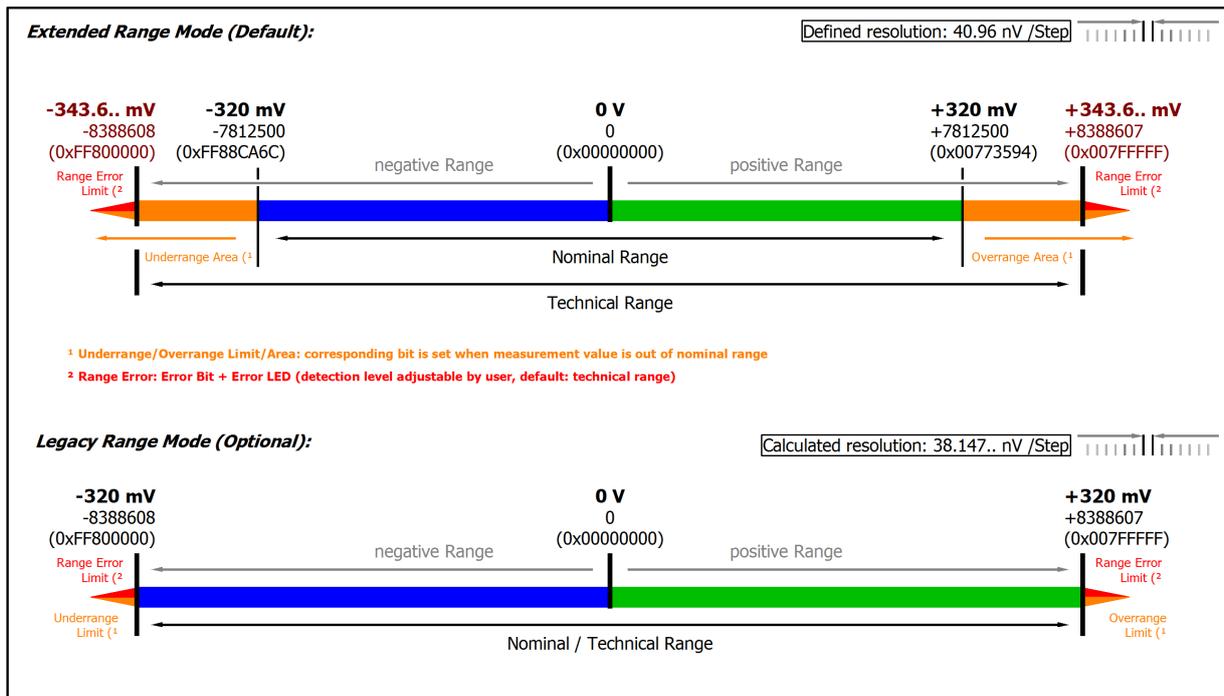


Abb. 18: Darstellung ±320 mV Messbereich

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.

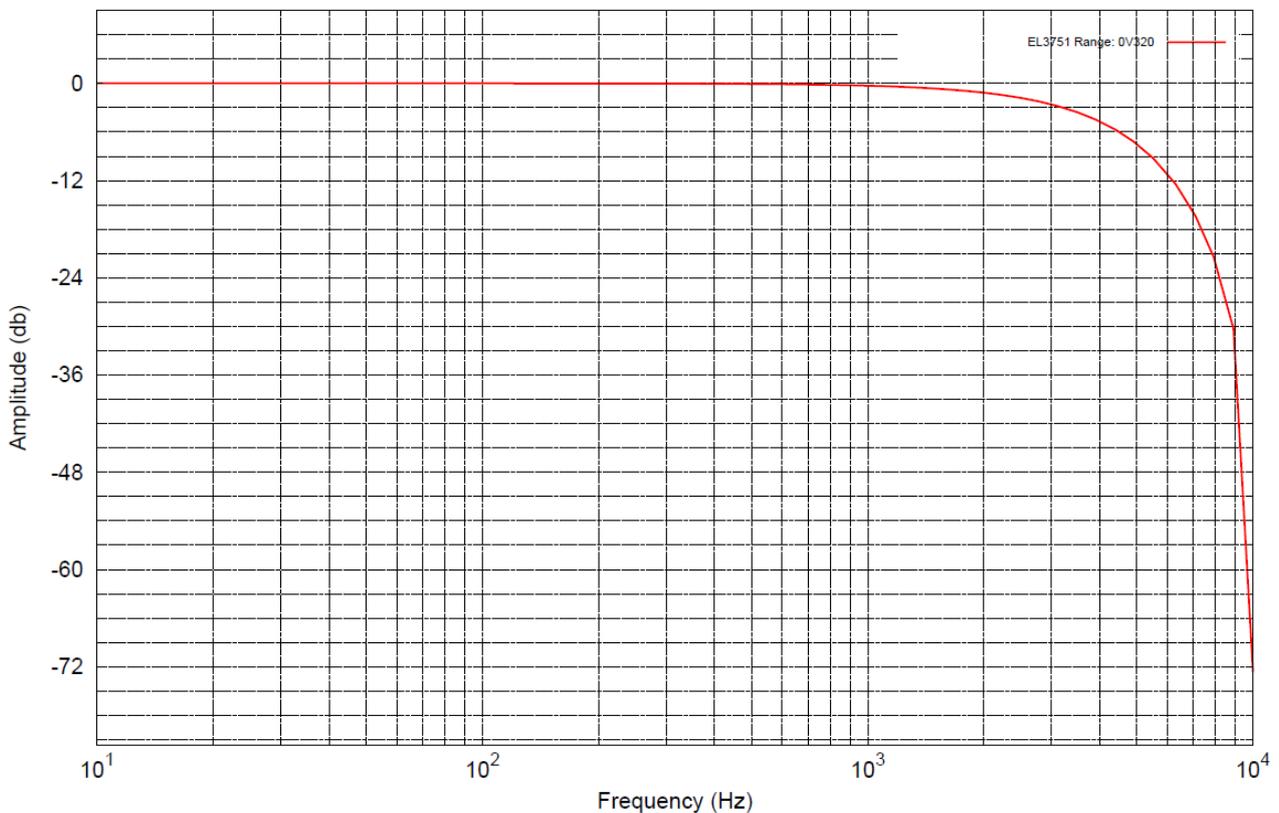


Abb. 19: Frequenzgang ±320 mV Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.11 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		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		20,48 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		19,07.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,01\%_{\text{MBE}} = \pm 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 70 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 55 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 25 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 120 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 938 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 22 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 172 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 93,2 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 49,78 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 13 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 102 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 2,5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 20 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 112,0 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 8 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

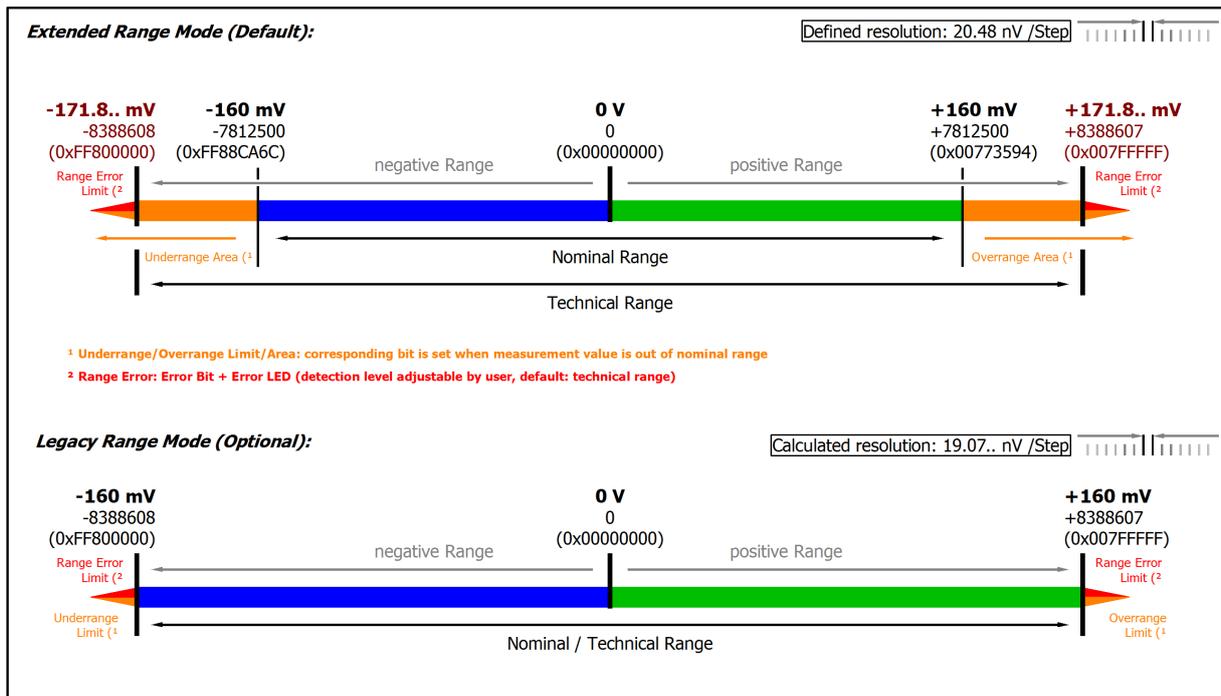


Abb. 20: Darstellung ±160 mV Messbereich

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.

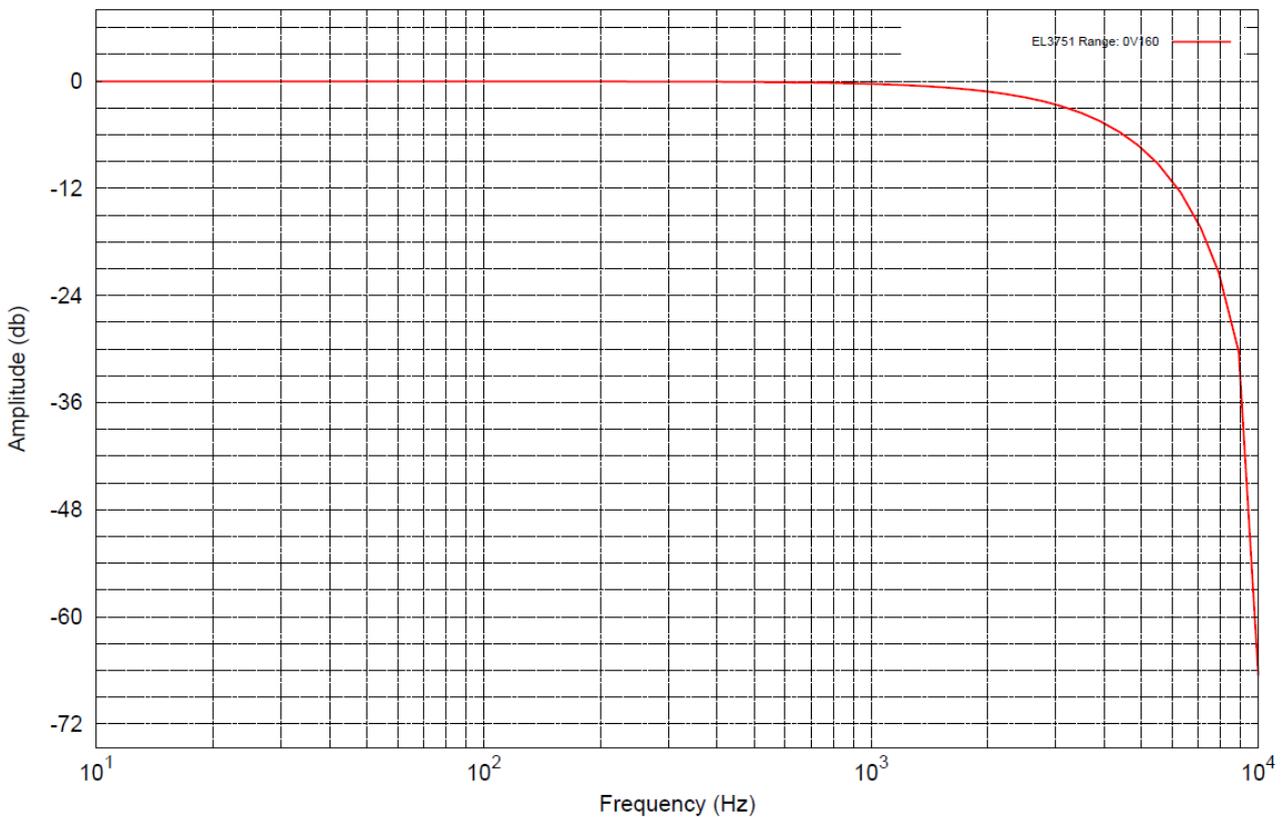


Abb. 21: Frequenzgang ±160 mV Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.12 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		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		10,24 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		9,536.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,01\%_{\text{MBE}} = \pm 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 70 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 55 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 25 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 160 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 1250 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 37 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 289 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 88,6 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 41,86 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 18 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 141 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 3,5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 27 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 109,1 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 8 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

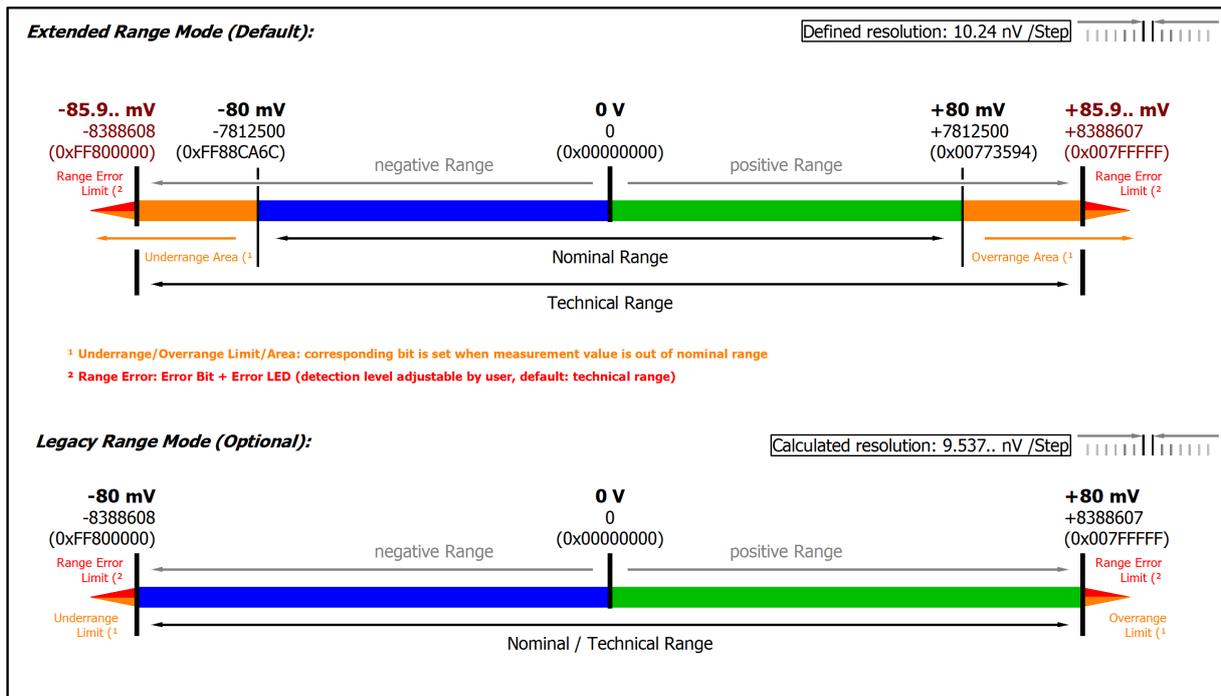


Abb. 22: Darstellung ±80 mV Messbereich

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.

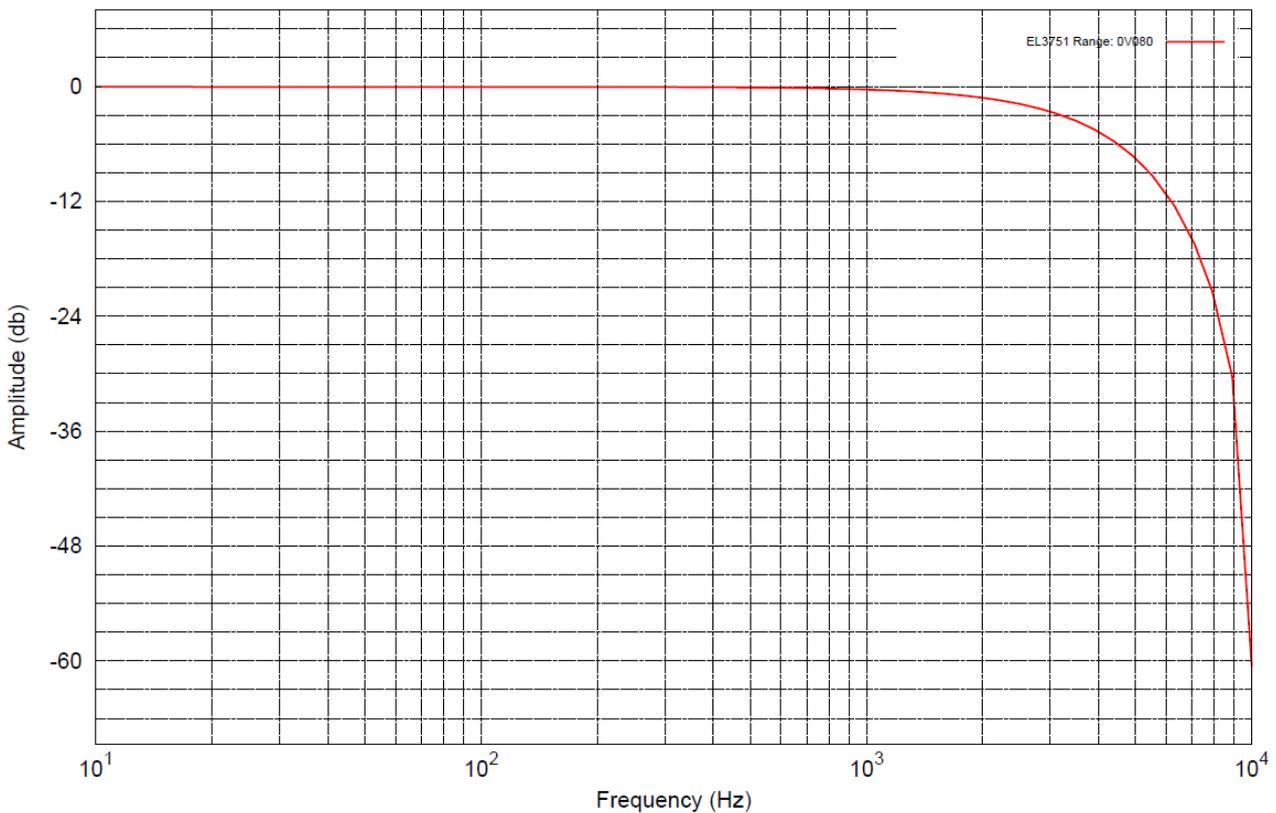


Abb. 23: Frequenzgang ±80 mV Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.13 Messung $\pm 40$ mV

Messung Modus		$\pm 40$ mV		
Messbereich, nominell		-40...+40 mV		
Messbereich, Endwert (MBE)		40 mV		
Messbereich, technisch nutzbar		-42,95...+42,95 V		
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		5,12 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		4,768.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,02\%_{\text{MBE}} = \pm 200 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 175 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 65 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 45 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 30 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 375 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 2930$ [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 75 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 586$ [digits]	
	Max. SNR	$> 82,5 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 42,43 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 40 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 313$ [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 5,5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 43$ [digits]	
	Max. SNR	$> 105,2 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$\text{TK}_{\text{Gain}}$	$< 8 \text{ ppm/K typ.}$		
	$\text{TK}_{\text{Offset}}$	$< 6 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,1\%_{\text{MBE}} = \pm 1000 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

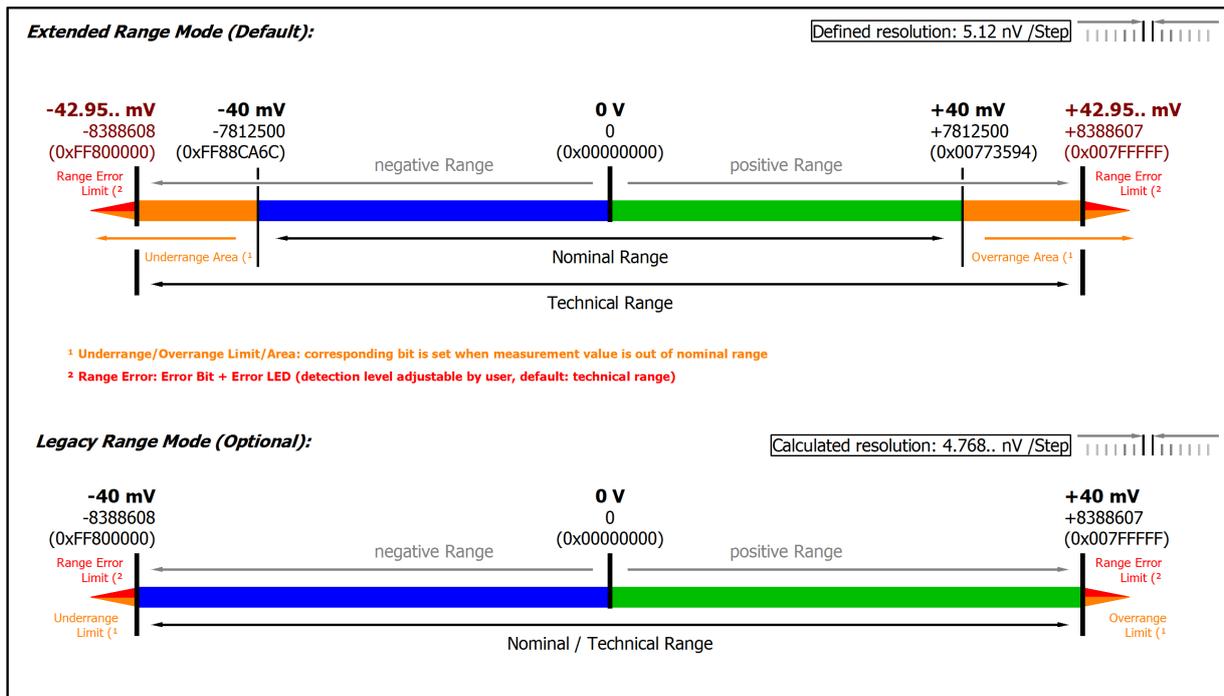


Abb. 24: Darstellung ±40 mV Messbereich

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.

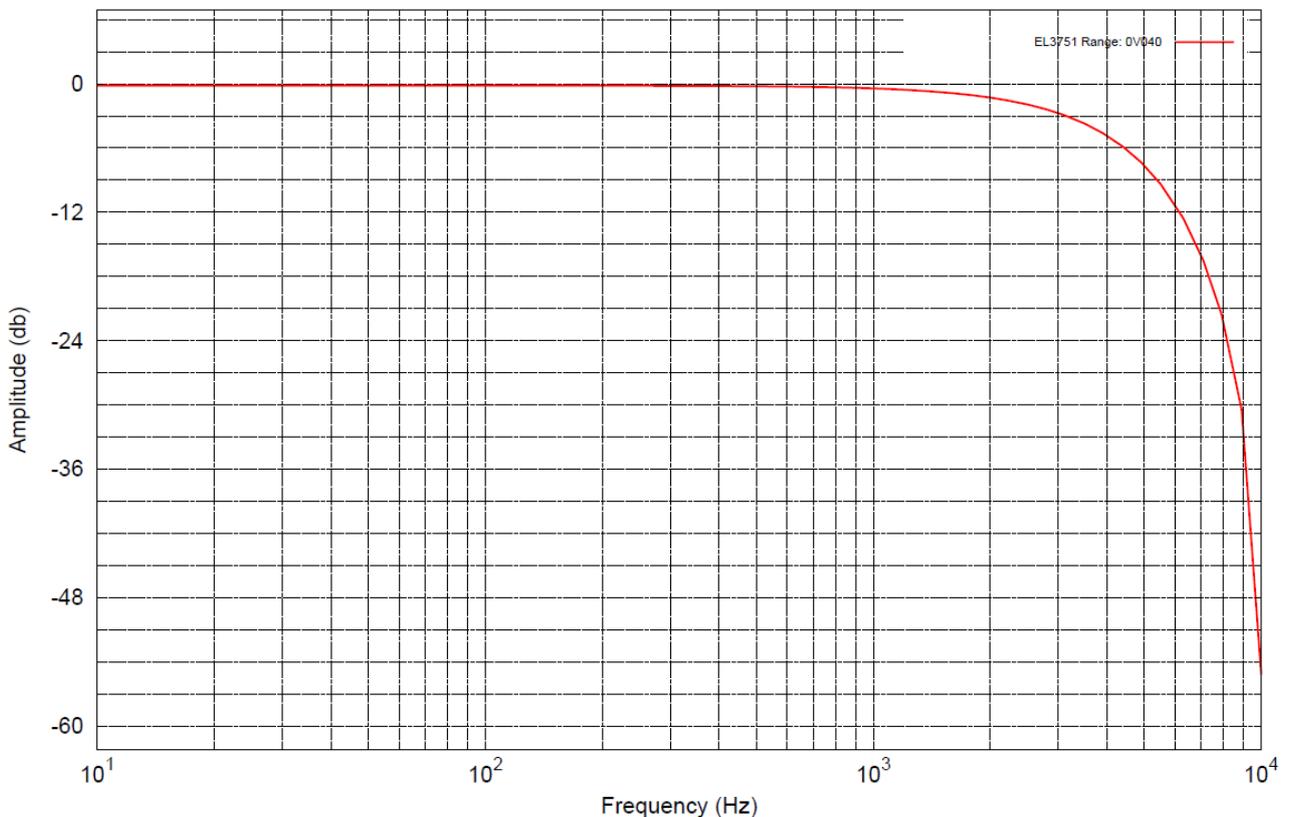


Abb. 25: Frequenzgang ±40 mV Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.14 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		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		2,56 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		2,384.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,03\%_{\text{MBE}} = \pm 300 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 260 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 100 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 90 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 35 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 750 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 5859 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 150 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 1172 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 76,5 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 42,43 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 75 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 586 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 11,5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 90 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 98,8 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 12 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 12 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,1\%_{\text{MBE}} = \pm 1000 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

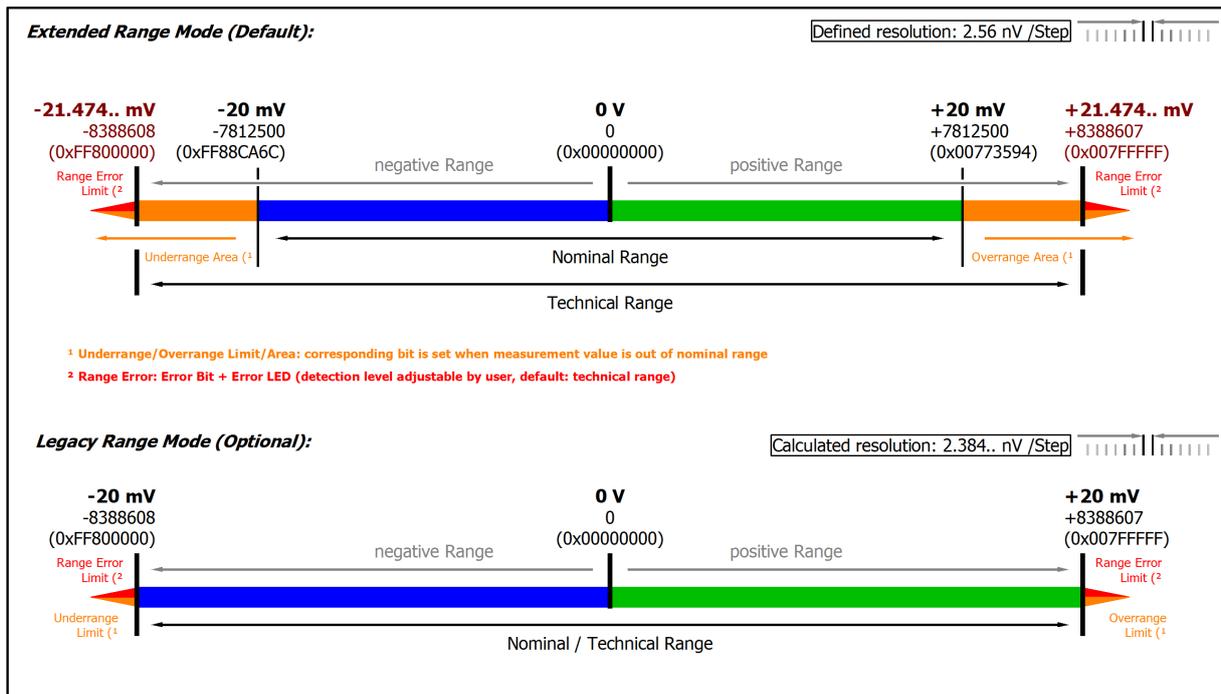


Abb. 26: Darstellung ±20 mV Messbereich

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.

## 2.2.15 Messung ±10 mV

Messung Modus		±10 mV		
Messbereich, nominell		-10...+10 mV		
Messbereich, Endwert (MBE)		10 mV		
Messbereich, technisch nutzbar		-10,737...+10,737 mV		
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		1,28 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		1,192.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,06\%_{\text{MBE}} = \pm 600 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 550 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 150 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 160 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 50 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 1200 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 9375 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 200 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 1563 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 74,0 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 28,28 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 120 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 938 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 21,0 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 164 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 93,6 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 22 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,2\%_{\text{MBE}} = \pm 2000 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

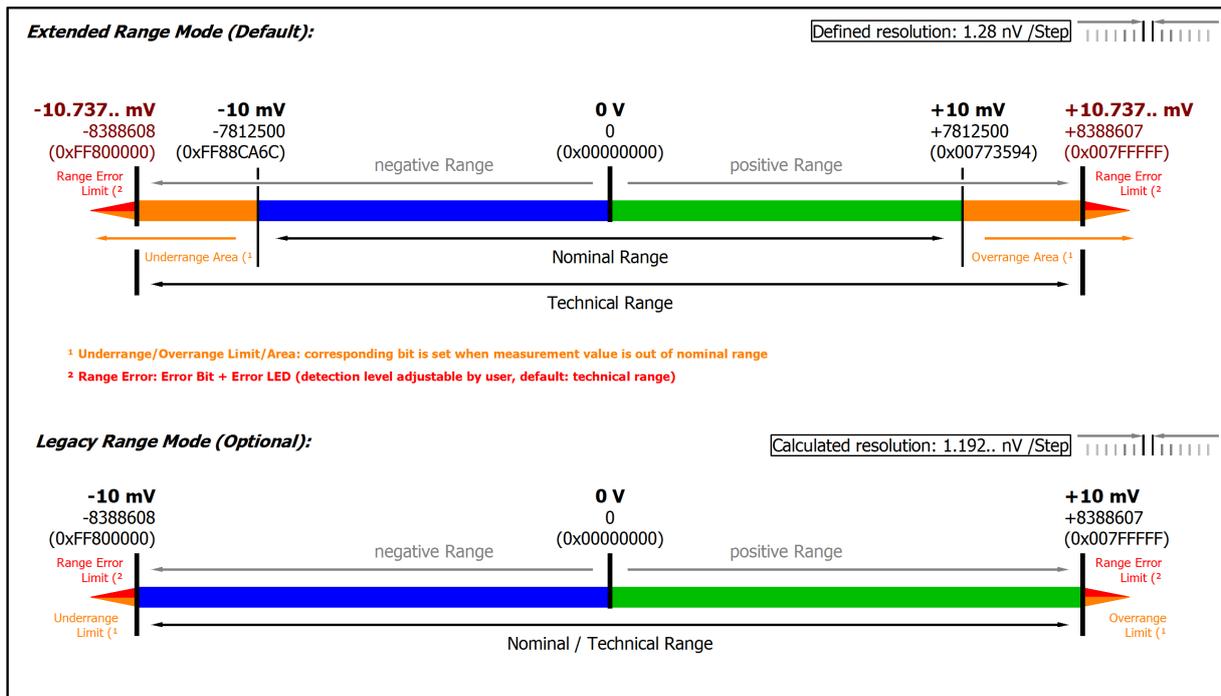


Abb. 27: Darstellung ±10 mV Messbereich

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.

## 2.2.16 Messung ±5 mV

Messung Modus		±5 mV		
Messbereich, nominell		-5...+5 mV		
Messbereich, Endwert (MBE)		5 mV		
Messbereich, technisch nutzbar		-5,368...+5,368 mV		
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)		
PDO LSB (Extended Range)		0,64 nV		
PDO LSB (Legacy Range)		0,596.. nV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,12\%_{\text{MBE}} = \pm 1200 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 1120 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 290 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 290 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 90 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 2400 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 18750 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 380 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 2969 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 68,4 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 26,87 \frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PIP}}$	$< 240 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 1875 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 42,0 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 328 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 87,5 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 35 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 35 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,2\%_{\text{MBE}} = \pm 2000 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differenziell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

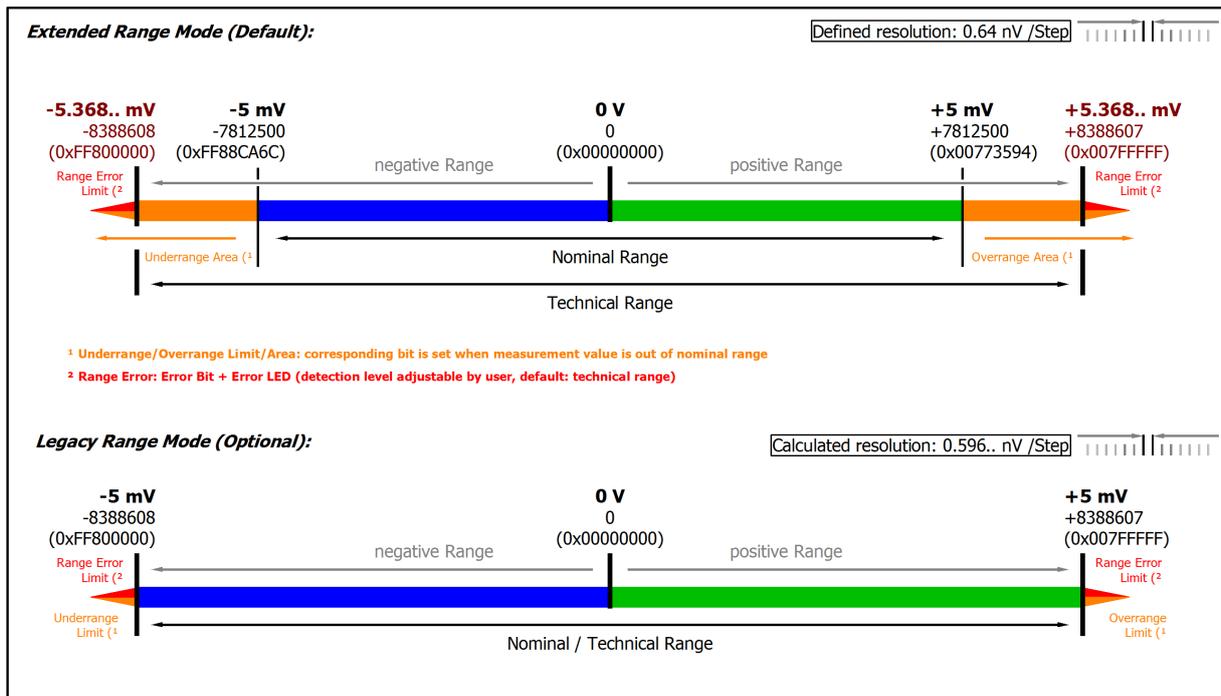


Abb. 28: Darstellung ±5 mV Messbereich

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.

**2.2.17 Messung 0...5 V**

<b>Messung Modus</b>		<b>0...5 V</b>		
Messbereich, nominell		0...5 V		
Messbereich, Endwert (MBE)		5 V		
Messbereich, technisch nutzbar		0...5,368 V		
PDO Auflösung		23 Bit (vorzeichenlos)		
PDO LSB (Extended Range)		0,64 µV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,01\%_{\text{MBE}} = \pm 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 70 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 55 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 25 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 781 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 18 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 141 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 94,9 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 1,27 \frac{\mu\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 78 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 2,0 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 16 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 114,0 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 8 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$		
		CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

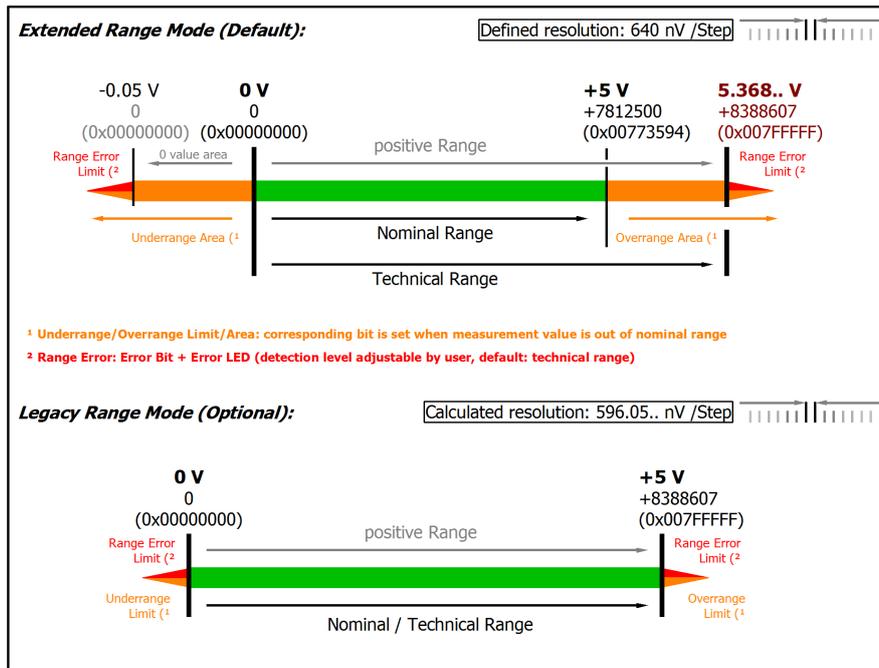


Abb. 29: Darstellung 0...5 V Messbereich

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 [► 94] 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.

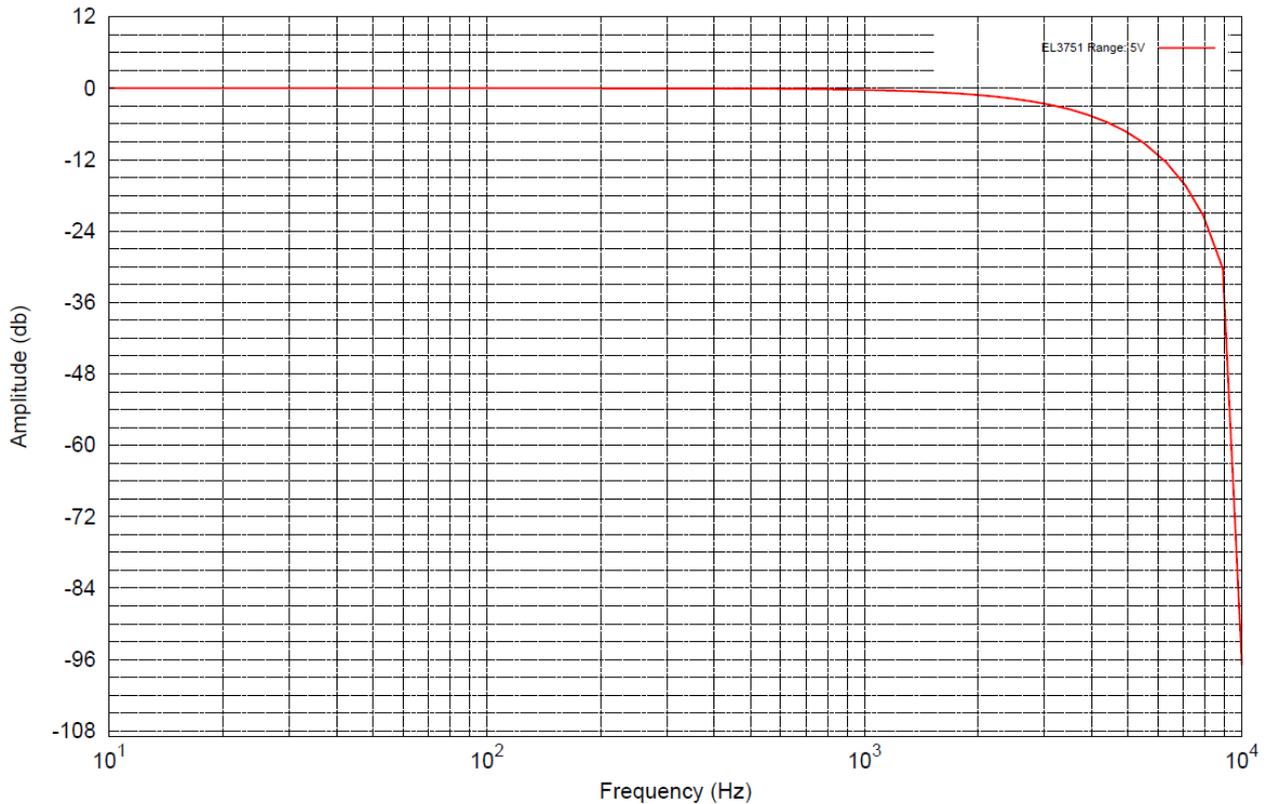


Abb. 30: Frequenzgang 0...5 V Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.18 Messung 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		23 Bit (vorzeichenlos)		
PDO LSB (Extended Range)		1,28 µV		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,01\%_{\text{MBE}} = \pm 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 70 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 60 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 25 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 20 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 100 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 781 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 18 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 141 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 94,9 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 2,55 \frac{\mu\text{V}}{\text{V} \sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 10 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 78 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 2,0 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$	$< 16 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 114,0 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{\text{Gain}}$	$< 8 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{\text{Offset}}$	$< 5 \text{ ppm}_{\text{MBE}}/\text{K typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $>115 \text{ dB typ.}$	50 Hz: $>105 \text{ dB typ.}$	1 kHz: $>80 \text{ dB typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (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		$\pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. $4,1 \text{ M}\Omega \parallel 11 \text{ nF}$			
	CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND			
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

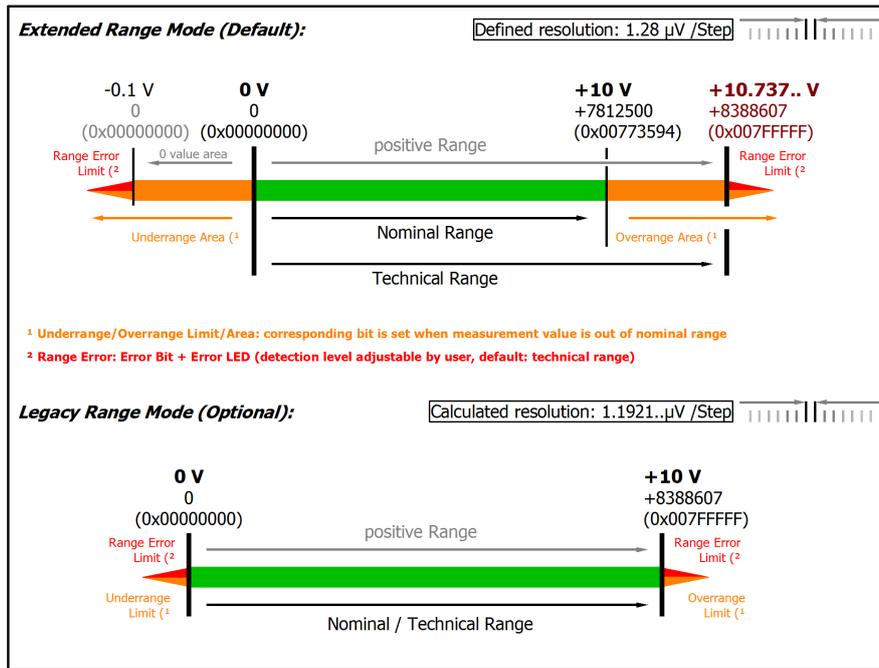


Abb. 31: Darstellung 0...10 V Messbereich

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 [► 94] 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.

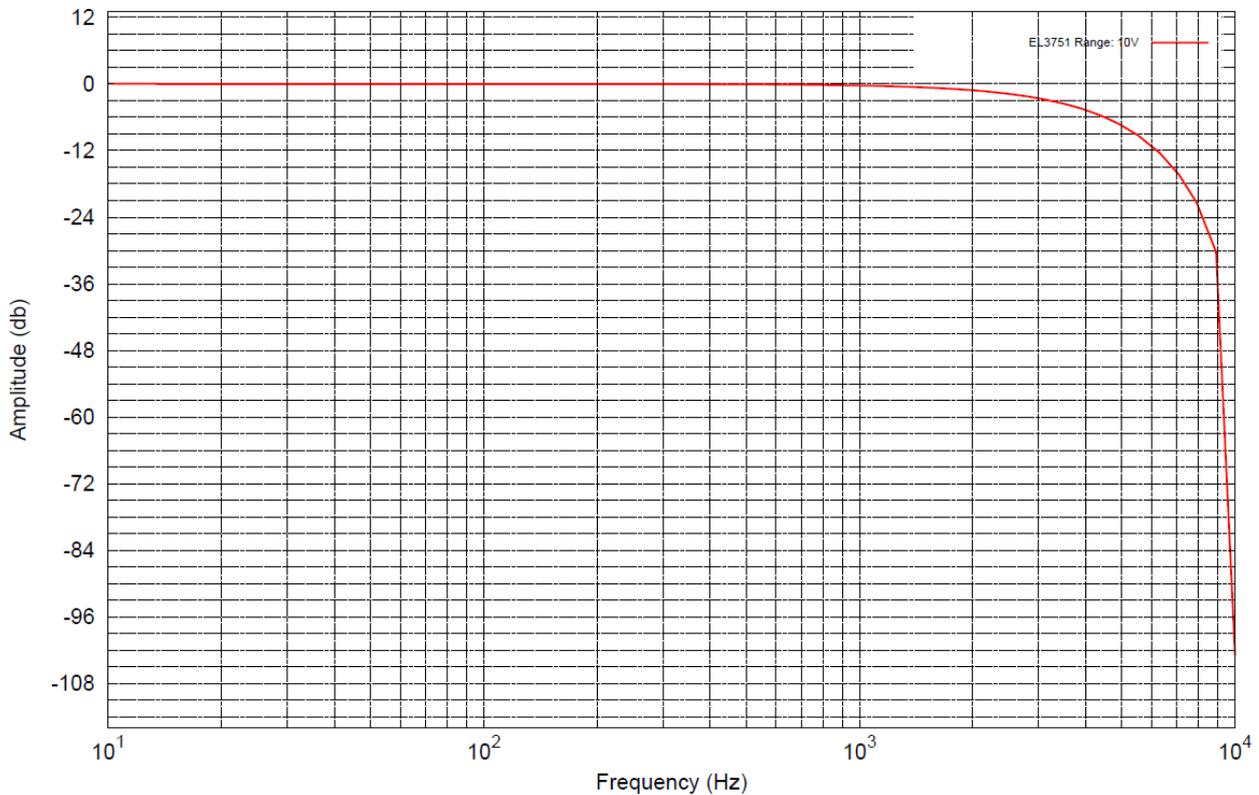


Abb. 32: Frequenzgang 0...10 V Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.19 Messung ±20 mA

Messung Modus		±20 mA	
Messbereich, nominell		-20...+20 mA	
Messbereich, Endwert (MBE)		20 mA	
Messbereich, technisch nutzbar		-21,474...+21,474 mA, überstromgeschützt	
Absicherung		Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest	
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)	
PDO LSB (Extended Range)		2,56 nA	
PDO LSB (Legacy Range)		2,384.. nA	
Gleichtaktspannung $U_{cm}$		max. +/- 10V bezogen auf $-U_v$ (interne Masse)	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< ±0,01% <sub>MBE</sub> = ±100 ppm <sub>MBE</sub>	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Offset}$	< 65 ppm <sub>MBE</sub>	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Gain}$	< 50 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{Lin}$	< 40 ppm <sub>MBE</sub>	
Wiederholgenauigkeit	$F_{Rep}$	< 40 ppm <sub>MBE</sub>	
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PtP}$	< 100 ppm <sub>MBE</sub>	< 781 [digits]
	$F_{Noise, RMS}$	< 18 ppm <sub>MBE</sub>	< 141 [digits]
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$< 5,09 \frac{nA}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PtP}$	< 10 ppm <sub>MBE</sub>	< 78 [digits]
	$F_{Noise, RMS}$	< 2,0 ppm <sub>MBE</sub>	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	$Tk_{Gain}$	< 15 ppm/K typ.	
	$Tk_{Offset}$	< 5 ppm <sub>MBE</sub> /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	±0,05% <sub>MBE</sub> = ±500 ppm <sub>MBE</sub> typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)	Differentiell typ. 200 Ω    11 nF		
	CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2	Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

Strommessbereich ±20 mA

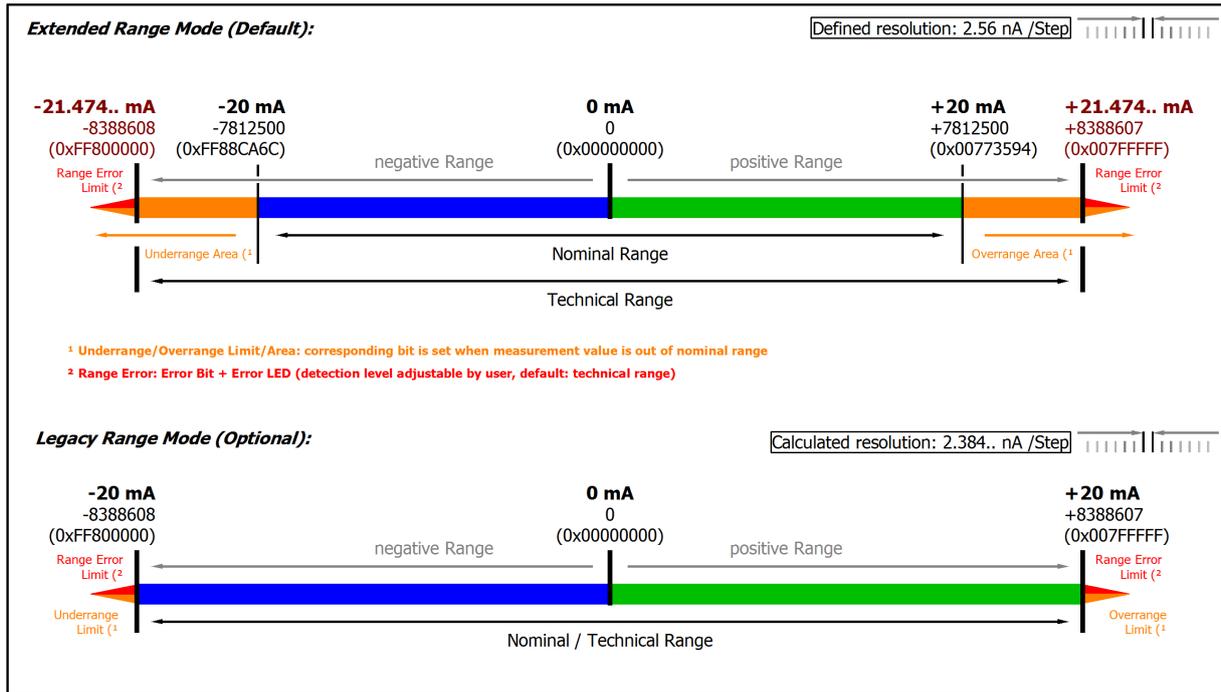


Abb. 33: Darstellung Strommessbereich ±20 mA

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.

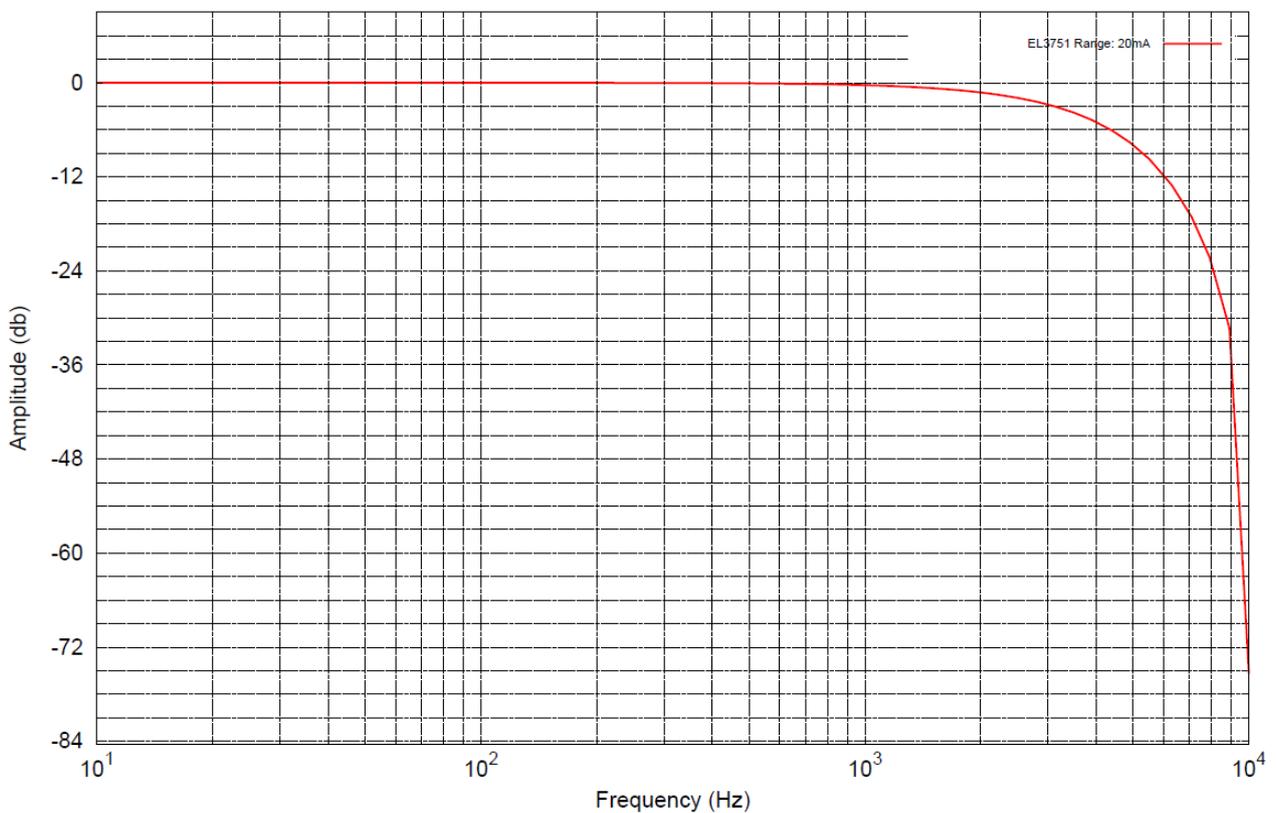


Abb. 34: Frequenzgang ±20 mA Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

**2.2.20 Messung 0...20 mA**

<b>Messung Modus</b>		<b>0-20 mA</b>	
Messbereich, nominell		0...20 mA	
Messbereich, Endwert (MBE)		20 mA	
Messbereich, technisch nutzbar		0 ...21,474 mA	
Absicherung		Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest	
PDO Auflösung		23 Bit (vorzeichenlos)	
PDO LSB (Extended Range)		2,56 nA	
PDO LSB (Legacy Range)		2,384.. nA	
Gleichtaktspannung $U_{cm}$		max. +/- 10V bezogen auf $-U_v$ (interne Masse)	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< $\pm 0,01\%_{MBE} = \pm 100 \text{ ppm}_{MBE}$	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Offset}$	< 65 $\text{ppm}_{MBE}$	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Gain}$	< 50 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{Lin}$	< 40 $\text{ppm}_{MBE}$	
Wiederholgenauigkeit	$F_{Rep}$	< 40 $\text{ppm}_{MBE}$	
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PTP}$	< 100 $\text{ppm}_{MBE}$	< 781 [digits]
	$F_{Noise, RMS}$	< 18 $\text{ppm}_{MBE}$	< 141 [digits]
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	< $5,09 \frac{nA}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PTP}$	< 10 $\text{ppm}_{MBE}$	< 78 [digits]
	$F_{Noise, RMS}$	< 2,0 $\text{ppm}_{MBE}$	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	$Tk_{Gain}$	< 15 ppm/K typ.	
	$Tk_{Offset}$	< 5 $\text{ppm}_{MBE}/K$ 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		$\pm 0,05\%_{MBE} = \pm 500 \text{ ppm}_{MBE}$ typ.	
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 200 $\Omega$    11 nF CommonMode typ. 1 M $\Omega$    40 nF Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND	
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt	

**Strommessbereich 0...20 mA**

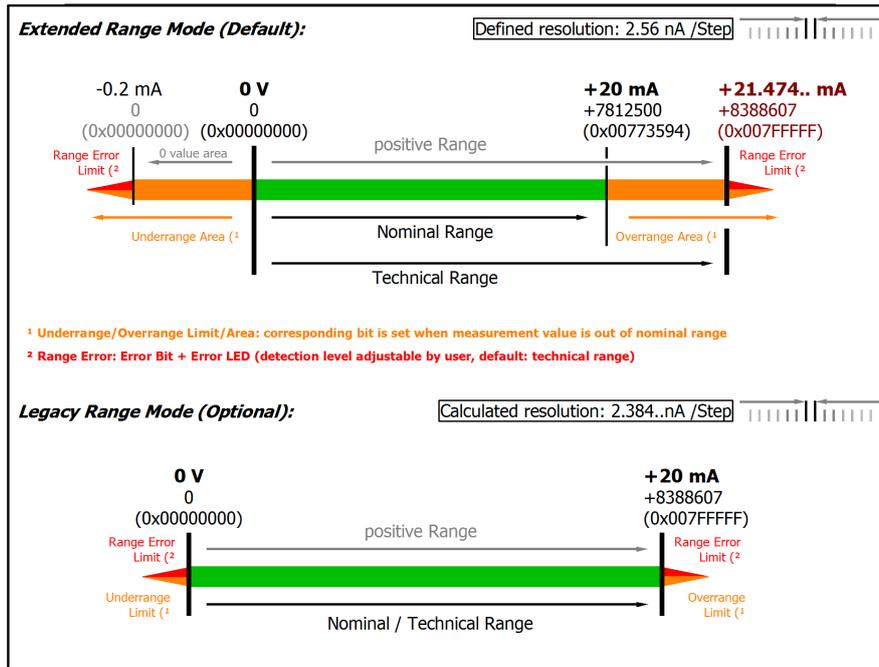


Abb. 35: Darstellung Strommessbereich 0...20 mA

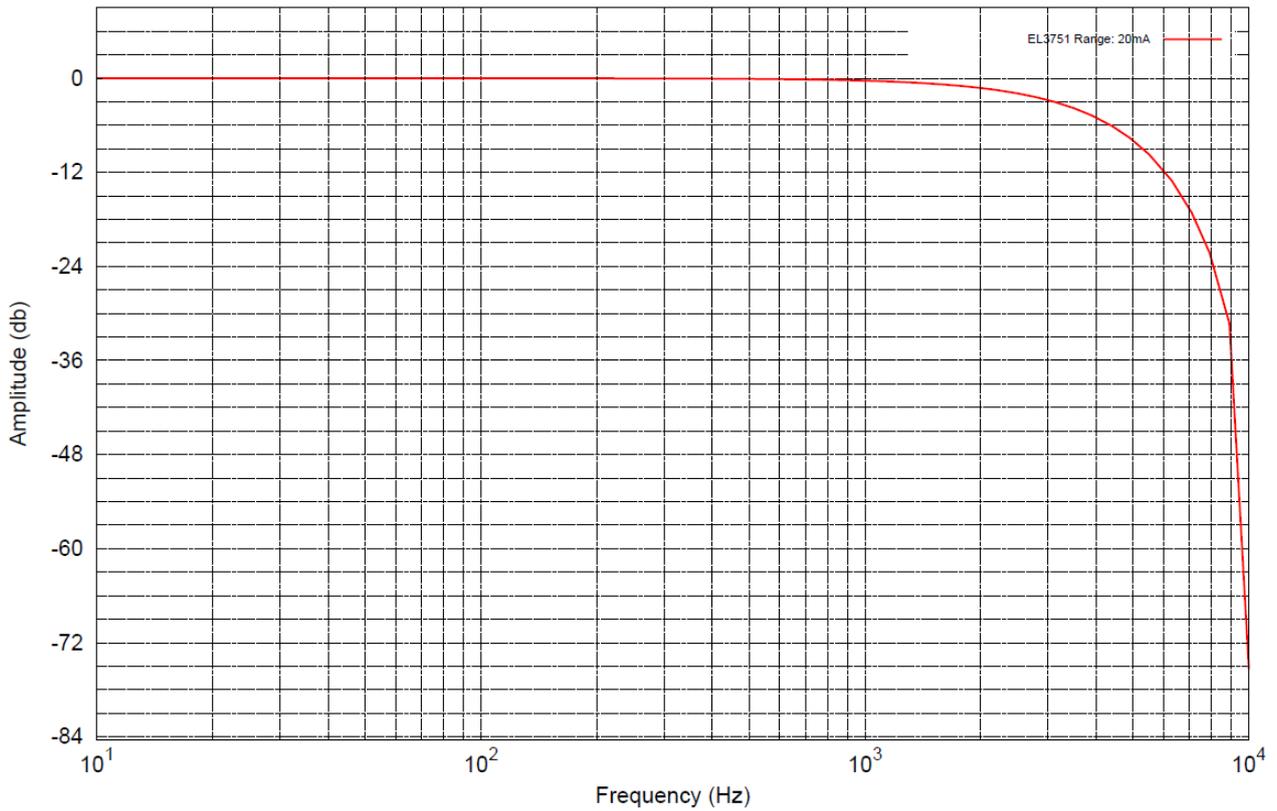


Abb. 36: Frequenzgang 0...20 mA Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.21 Messung 4...20 mA

Messung Modus		4...20 mA	
Messbereich, nominell		4...20 mA	
Messbereich, Endwert (MBE)		20 mA	
Messbereich, technisch nutzbar		0...21,179 mA	
Absicherung		Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest	
PDO Auflösung		24 Bit	
PDO LSB (Extended Range)		2,048 nA	
PDO LSB (Legacy Range)		1,907.. nA	
Gleichtaktspannung $U_{cm}$		max. +/- 10V bezogen auf $-U_v$ (interne Masse)	
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		< $\pm 0,01\%_{MBE} = \pm 100 \text{ ppm}_{MBE}$	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Offset}$	< 65 $\text{ppm}_{MBE}$	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Gain}$	< 50 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{Lin}$	< 40 $\text{ppm}_{MBE}$	
Wiederholgenauigkeit	$F_{Rep}$	< 40 $\text{ppm}_{MBE}$	
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PTP}$	< 100 $\text{ppm}_{MBE}$	< 781 [digits]
	$F_{Noise, RMS}$	< 18 $\text{ppm}_{MBE}$	< 141 [digits]
	Max. SNR	> 94,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	< $5,09 \frac{nA}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PTP}$	< 10 $\text{ppm}_{MBE}$	< 78 [digits]
	$F_{Noise, RMS}$	< 2,0 $\text{ppm}_{MBE}$	< 16 [digits]
	Max. SNR	> 114,0 dB	
Temperaturkoeffizient	$Tk_{Gain}$	< 15 ppm/K typ.	
	$Tk_{Offset}$	< 5 $\text{ppm}_{MBE}/K$ typ.	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 5 nA/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: < 3 nA/V typ.	50 Hz: < 3 nA/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,05\%_{MBE} = \pm 500 \text{ ppm}_{MBE}$ typ.	
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 200 $\Omega$    11 nF CommonMode typ. 1 M $\Omega$    40 nF Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND	
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt	

**Strommessbereich 4...20 mA**

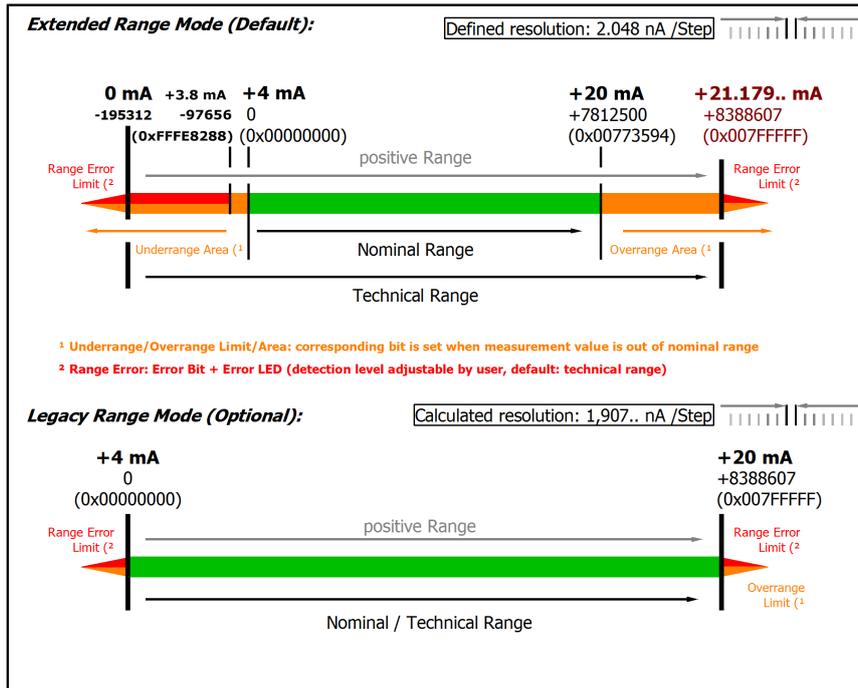


Abb. 37: Darstellung Strommessbereich 4...20 mA

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](#) [► 94] 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.

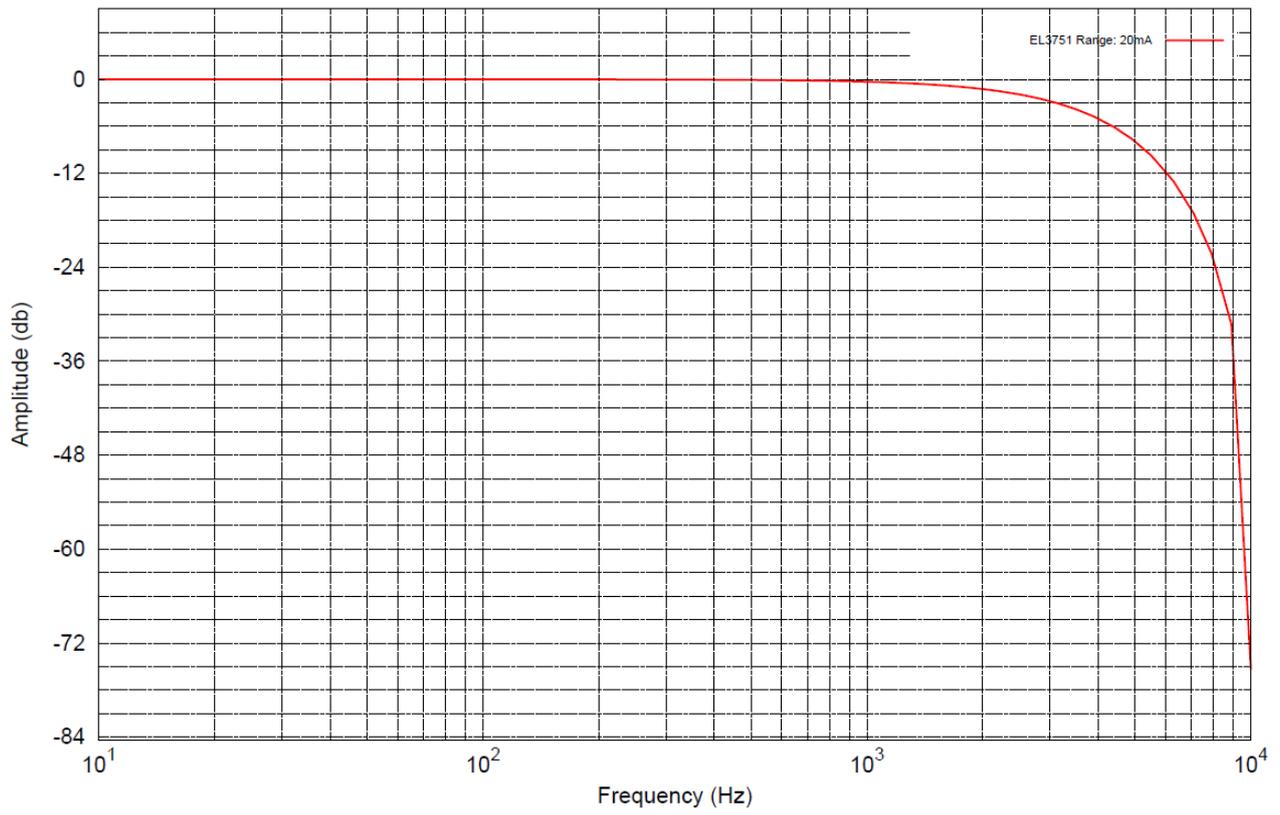


Abb. 38: Frequenzgang 4...20 mA Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.22 Messung 3,6...21 mA (NAMUR NE43)

Messung Modus		3,6...21 mA (NAMUR NE43)		
Messbereich, nominell		4...20 mA		
Messbereich, Endwert (MBE)		20 mA		
Messbereich, technisch nutzbar		3,6...21 mA		
Absicherung		Interne Überlastbegrenzung, dauerstromfest		
PDO Auflösung		24 Bit		
PDO LSB (Extended Range)		2,048 nA		
PDO LSB (Legacy Range)		n.a.		
Gleichtaktspannung $U_{cm}$		max. +/- 10V bezogen auf $-U_v$ (interne Masse)		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,01\%_{MBE} = \pm 100 \text{ ppm}_{MBE}$		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Offset}$	$< 65 \text{ ppm}_{MBE}$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{Gain}$	$< 50 \text{ ppm}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{Lin}$	$< 40 \text{ ppm}_{MBE}$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{Rep}$	$< 40 \text{ ppm}_{MBE}$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{Noise, PTP}$	$< 100 \text{ ppm}_{MBE}$	$< 781 \text{ [digits]}$	
	$F_{Noise, RMS}$	$< 18 \text{ ppm}_{MBE}$	$< 141 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 94,9 \text{ dB}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 5,09 \frac{\text{nA}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{Noise, PTP}$	$< 10 \text{ ppm}_{MBE}$	$< 78 \text{ [digits]}$	
	$F_{Noise, RMS}$	$< 2,0 \text{ ppm}_{MBE}$	$< 16 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 114,0 \text{ dB}$		
Temperaturkoeffizient	$Tk_{Gain}$	$< 15 \text{ ppm/K typ.}$		
	$Tk_{Offset}$	$< 5 \text{ ppm}_{MBE}/K \text{ typ.}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter)		DC: $< 3 \text{ nA/V typ.}$	50 Hz: $< 5 \text{ nA/V typ.}$	1 kHz: $< 80 \text{ nA/V typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter)		DC: $< 3 \text{ nA/V typ.}$	50 Hz: $< 3 \text{ nA/V typ.}$	1 kHz: $< 3 \text{ nA/V typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,05\%_{MBE} = \pm 500 \text{ ppm}_{MBE} \text{ typ.}$		
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. $200 \Omega \parallel 11 \text{ nF}$ CommonMode typ. $1 \text{ M}\Omega \parallel 40 \text{ nF}$ Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

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

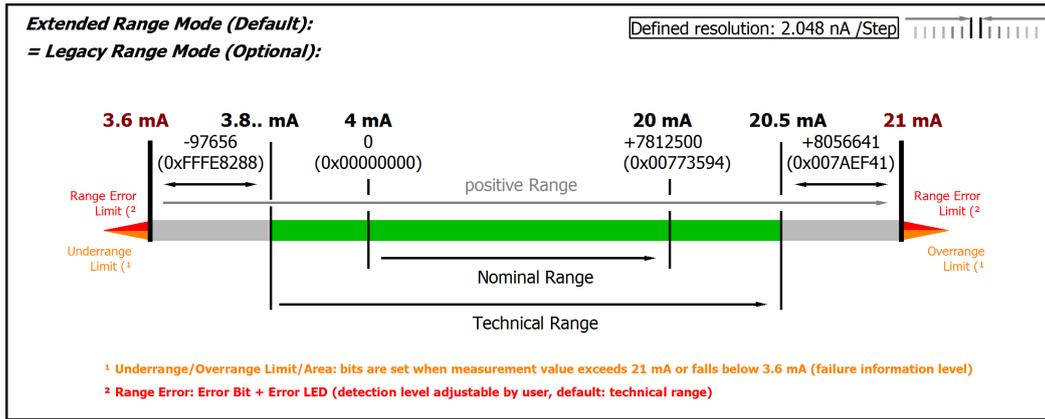


Abb. 39: Darstellung Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR)

**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)` [▶ 94] wird zwar nicht abgelehnt, führt aber zu keiner Änderung des Parameters.

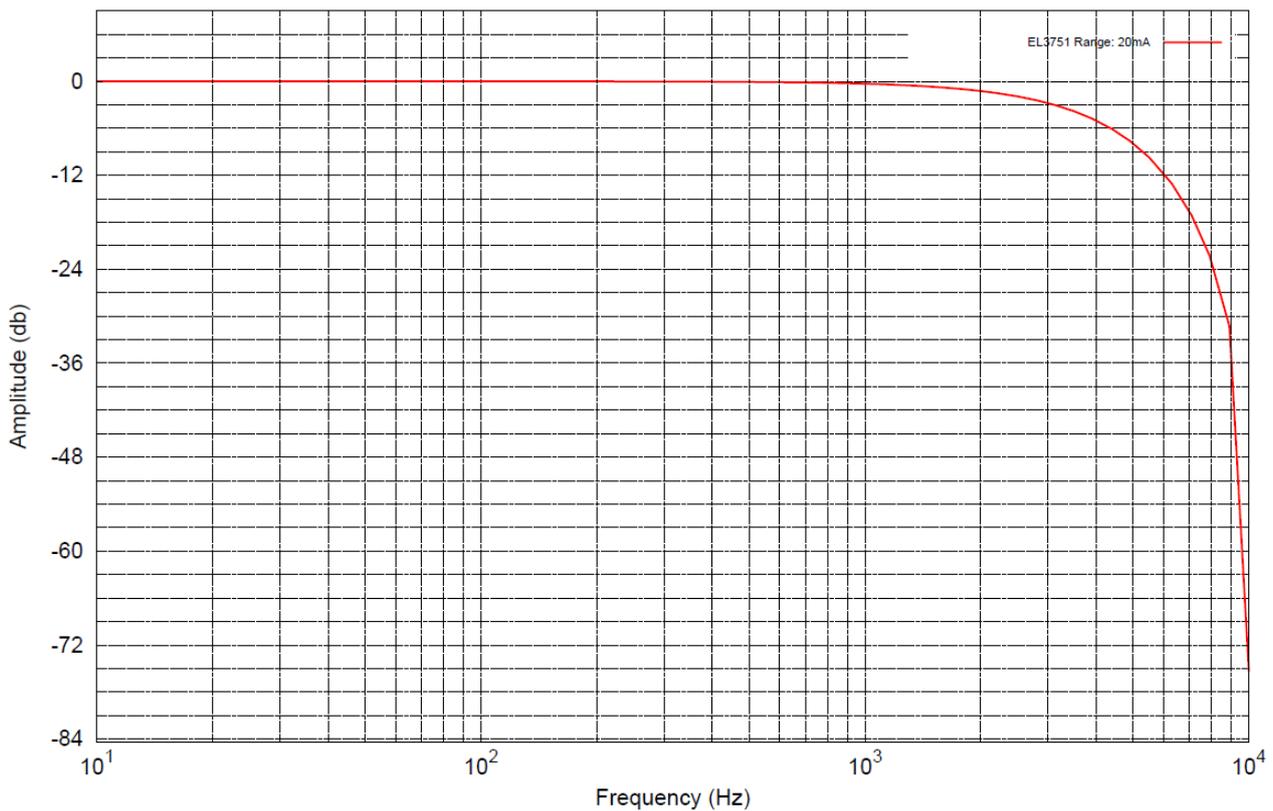


Abb. 40: Frequenzgang 20 mA Messbereich,  $f_{\text{sampling}} = 10 \text{ kHz}$ , integrierte Filter 1/2 deaktiviert

## 2.2.23 Messung Widerstand 0...5 kΩ

### 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 \[► 94\]](#) und bei ELM350x/ ELM370x über das CoE-Objekt [0x80n0:13 \[► 94\]](#).

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 Ω 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

Messung Modus	Elektr. Widerstand
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

Messung Modus		Elektr. Widerstand
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		2-Leiter-Anschluss: ±0,05% typ. (MBE) 3-Leiter-Anschluss: ±0,03% typ. (MBE) 4-Leiter-Anschluss: ±0,01% typ. (MBE)
Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Terminal</sub>	< 10 ppm/K typ.

Messung Modus		Widerstand (2-Leiter)	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 475 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 150 [ppm]	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 25 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 20 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 220 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1719 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 45 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 352 [digits]
	Max. SNR	> 86,9 [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$< 3,18 \frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 12 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 94 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 3,0 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 23 [digits]
	Max. SNR	> 110,5 [dB]	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: < 150 Ω/V typ.	50 Hz: < 0,6 kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>		DC: < 150 Ω/V typ.	50 Hz: < 20 Ω/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±0,1% <sub>MBE</sub> = ±1000 ppm <sub>MBE</sub> typ.	

<sup>3</sup>) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

Messung Modus		Widerstand (3-Leiter)	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 280 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 100 [ppm]	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 25 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 20 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 185 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1445 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 35 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 273 [digits]
	Max. SNR	> 89,1 [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$< 2,47 \frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 11 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 86 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 3,0 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 23 [digits]
	Max. SNR	> 110,5 [dB]	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: < 150 Ω/V typ.	50 Hz: < 0,6 kΩ/V typ.
			1 kHz: < 3,5 kΩ/V typ.

Messung Modus	Widerstand (3-Leiter)		
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>	DC: < 150 Ω/V typ.	50 Hz: < 20 Ω/V typ.	1 kHz: < 0,1 Ω/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,1% <sub>MBE</sub> = ±1000 ppm <sub>MBE</sub> typ.		

<sup>3</sup>) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

Messung Modus	Widerstand (4-Leiter)		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 70 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Gain/Scale/Verstärkungs- Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 70 [ppm]	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 15 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 10 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PTP</sub>	< 155 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1211 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 30 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 234 [digits]
	Max. SNR	> 90,5 [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$< 2,12 \frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PTP</sub>	< 9 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 70 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 3,0 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 23 [digits]
	Max. SNR	> 110,5 [dB]	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>	DC: < 150 Ω/V typ.	50 Hz: < 0,6 kΩ/V typ.	1 kHz: < 3,5 kΩ/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>	DC: < 150 Ω/V typ.	50 Hz: < 20 Ω/V typ.	1 kHz: < 0,1 Ω/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±0,1% <sub>MBE</sub> = ±1000 ppm <sub>MBE</sub> typ.		

<sup>3</sup>) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

Widerstandsmessbereich 5 kΩ

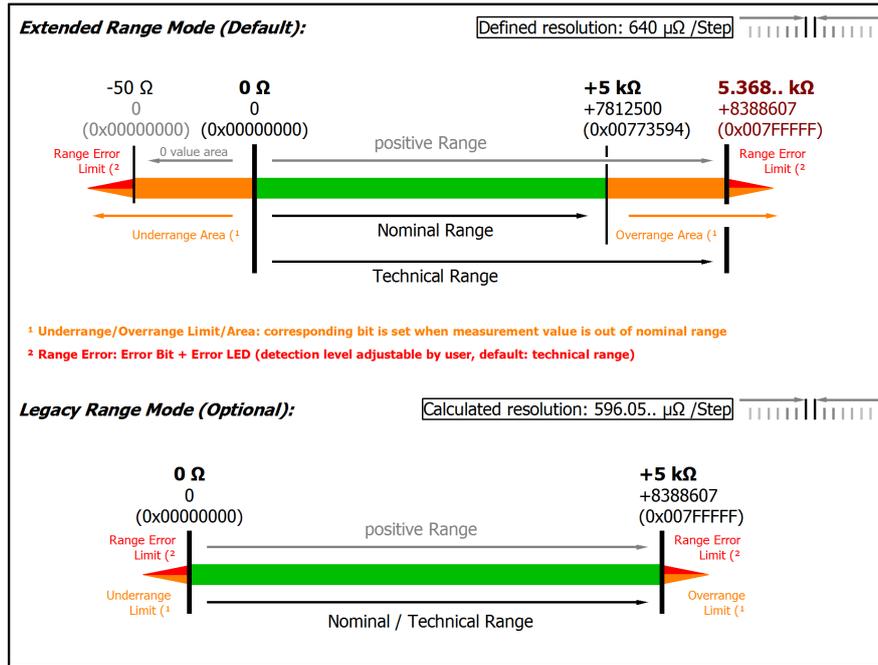


Abb. 41: Darstellung Widerstandsmessbereich 5 kΩ

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 0x80n0:32 [► 94] 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.

## 2.2.24 Messung RTD

Im Messbereich RTD wird der gemessene Widerstand intern nach eingestellter Transformation in eine Temperatur umgerechnet. Da der Kanal intern auf 5 kΩ misst, ist der entsprechende Messfehler in diesem Messbereich zugrunde zu legen.

In Teilbereichen wird allerdings eine (relativ) höhere Messgenauigkeit erzielt, deshalb können in u.a. Tabelle bei einzelnen Sensortypen entsprechend bessere Temperaturgenauigkeiten angegeben werden als aus der 5kΩ-Genauigkeit zu berechnen sind<sup>1)</sup>.

Der Hinweis zur 2/3/4-Leiter-Messung im voranstehenden Kapitel „Widerstand“ ist zu beachten!

Messung Modus	RTD
Betriebsart	2,5 V Speisespannung fest eingestellt n +Uv 5 kΩ Referenzwiderstand an -I2 Speisestrom ergibt sich aus: $2,5 \text{ V} / (5 \text{ k}\Omega + R_{\text{Messung}}) \rightarrow \text{max. } 0,5 \text{ mA}$
PDO Auflösung	0,01°C/digit

Die Übergangswiderstände der Klemmkontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann der Messfehler weiter reduziert werden.

Der Temperaturendwert entspricht dem nominellen Messbereichsendwert.

### RTD-Messbereich

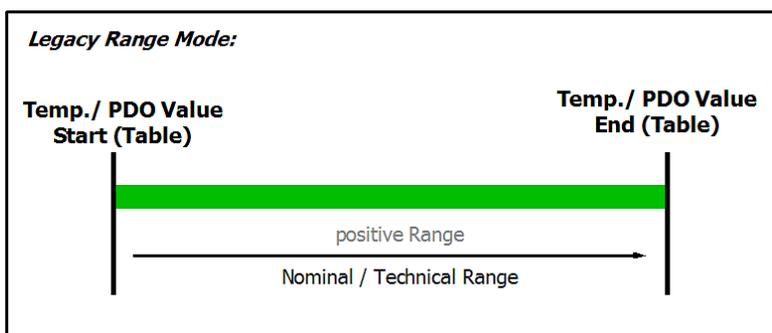


Abb. 42: Darstellung RTD-Messbereich

### ● 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.

CoE Enum RTD Element	RTD Type	Temperatur Startwert [°C]	Temperatur Endwert [°C]	Erzielbare Genauigkeit @ Sensortemperatur (MBE), 3-Leiter-Anschluss <sup>2)</sup>	Erzielbare Genauigkeit @ Sensortemperatur (MBE), 4-Leiter-Anschluss <sup>2)</sup>	Temperaturkoeffizient (Klemmenspezifischer Drift)	Messwert Startwert [Ω]	Messwert Endwert [Ω]
0	None	-	-	-	-	-	-	-
1	PT100	-200	850	±1K (-200...+850°C) Siehe 1)	±0,5K (-200...+850°C) Siehe 1)	ca. 0,13 K/K	18,52	390,48
2	NI100	-60	250	ca. ±2,68K @ 0°C	ca. ±0,83K @ 0°C	ca. 0,083 K/K	69,52	289,2
3	PT1000	-200	850	ca. ±0,38K @ 0°C	ca. ±0,13K @ 0°C	ca. 0,013 K/K	185,2	3904,8
4	PT500	-200	850	ca. ±1,03K @ 0°C	ca. ±0,34K @ 0°C	ca. 0,034 K/K	92,6	1952,4
5	PT200	-200	850	ca. ±1,96K @ 0°C	ca. ±0,65K @ 0°C	ca. 0,065 K/K	37,04	780,96
6	NI1000	-60	250	ca. ±0,34K @ 0°C	ca. ±0,11K @ 0°C	ca. 0,011 K/K	695,2	2892,6
7	NI1000 (TK5000, 100°C: 1500 Ω)	-30	160	ca. ±0,27K @ 100°C	ca. ±0,089K @ 100°C	ca. 0,009 K/K	871,7	1863,6
8	NI120	-60	320	-	-	-	80,94	461,04

CoE Enum RTD Element	RTD Type	Temperatur Startwert [°C]	Temperatur Endwert [°C]	Erzielbare Genauigkeit @ Sensortemperatur (MBE), 3-Leiter-Anschluss <sup>2)</sup>	Erzielbare Genauigkeit @ Sensortemperatur (MBE), 4-Leiter-Anschluss <sup>2)</sup>	Temperaturkoeffizient (Klemmenspezifischer Drift)	Messwert Startwert [Ω]	Messwert Endwert [Ω]
9	KT100/110/130/210/230 KTY10/11/13/16/19	-50	150	ca. ±0,109K @ 0°C	ca. ±0,036K @ 0°C	ca. 0,0036 K/K	1036	4470
10	KTY81/82-110,120,150	-50	150	ca. ±0,216K @ 0°C	ca. ±0,072K @ 0°C	ca. 0,0072 K/K	515	2211
11	KTY81-121	-50	150	ca. ±0,219K @ 0°C	ca. ±0,073K @ 0°C	ca. 0,0073 K/K	510	2189
12	KTY81-122	-50	150	ca. ±0,214K @ 0°C	ca. ±0,071K @ 0°C	ca. 0,0071 K/K	520	2233
13	KTY81-151	-50	150	ca. ±0,222K @ 0°C	ca. ±0,074K @ 0°C	ca. 0,0074 K/K	502	2156
14	KTY81-152	-50	150	ca. ±0,211K @ 0°C	ca. ±0,070K @ 0°C	ca. 0,0070 K/K	528	2266
15	KTY81/82-210,220,250	-50	150	ca. ±0,108K @ 0°C	ca. ±0,036K @ 0°C	ca. 0,0036 K/K	1030	4280
16	KTY81-221	-50	150	ca. ±0,109K @ 0°C			1019	4237
17	KTY81-222	-50	150	ca. ±0,107K @ 0°C	ca. ±0,036K @ 0°C	ca. 0,0036 K/K	1040	4323
18	KTY81-251	-50	150	ca. ±0,111K @ 0°C	ca. ±0,037K @ 0°C	ca. 0,0037 K/K	1004	4173
19	KTY81-252	-50	150	ca. ±0,105K @ 0°C	ca. ±0,035K @ 0°C	ca. 0,0035 K/K	1055	4387
20	KTY83-110,120,150	-50	175	ca. ±0,222K @ 0°C	ca. ±0,074K @ 0°C	ca. 0,0074 K/K	525	2535
21	KTY83-121	-50	175	ca. ±0,224K @ 0°C	ca. ±0,075K @ 0°C	ca. 0,0075 K/K	519	2509
22	KTY83-122	-50	175	ca. ±0,221K @ 0°C	ca. ±0,074K @ 0°C	ca. 0,0074 K/K	530	2560
23	KTY83-151	-50	175	ca. ±0,225K @ 0°C	ca. ±0,075K @ 0°C	ca. 0,0075 K/K	512	2471
24	KTY83-152	-50	175	ca. ±0,216K @ 0°C	ca. ±0,072K @ 0°C	ca. 0,0072 K/K	538	2598
25	KTY84-130,150	-40	300	ca. ±0,384K @ 0°C	ca. ±0,128K @ 0°C	ca. 0,013 K/K	359	2624
26	KTY84-151	-40	300	ca. ±0,396K @ 0°C	ca. ±0,132K @ 0°C	ca. 0,013 K/K	350	2558
27	KTY21/23-6	-50	150	ca. ±0,22K @ 0°C	ca. ±0,072K @ 0°C	ca. 0,0072 K/K	518	2235
28	KTY1x-5	-50	150	ca. ±0,110K @ 0°C	ca. ±0,037K @ 0°C	ca. 0,0037 K/K	1020	4403
29	KTY1x-7	-50	150	ca. ±0,107K @ 0°C	ca. ±0,036K @ 0°C	ca. 0,0036 K/K	1052	4537
30	KTY21/23-5	-50	150	ca. ±0,220K @ 0°C	ca. ±0,073K @ 0°C	ca. 0,0073 K/K	510	2202
31	KTY21/23-7	-50	150	ca. ±0,214K @ 0°C	ca. ±0,071K @ 0°C	ca. 0,0071 K/K	526	2268

1) Erzielbar bei vernachlässigbarem Offset-Anteil, z.B. durch Offset Korrektur (ELM3xxx: Zero-Offset-Funktion).

Höhere Messgenauigkeit bei einzelnen Sensortypen deren Widerstandswert nur im kleineren Teilbereich von 0...5 kΩ liegt.

2) Relativer Fehler bezogen auf die Steigung der entsprechenden RTD-Kennlinie bei 23°C Umgebung der Klemme (Angaben ohne Temperaturfehler des Sensors)!

**HINWEIS**

**Extended Range Modus nicht verfügbar**

Der „Extended Range Modus“ ist für RTD-Messung nicht verfügbar.

- bis FW07: Das Objekt 0x8000:2E (Scaler) [► 94] wird in dieser Einstellung ignoriert. Im Hintergrund wird der „Legacy Range Modus“ angewandt.
- ab FW08: Das Objekt 0x8000:2E (Scaler) [► 94] wird dann automatisch in den „Legacy Range Modus“ versetzt. Eine Umstellung ist nicht möglich solange dieser Messbereich ausgewählt ist.

## 2.2.25 Messung Potentiometer

Das Potentiometer ist mit dem integrierten Netzteil (max. 5V, einstellbar) zu versorgen. Die Schleiferspannung 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.

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		
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung		$< \pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$		
Temperaturkoeffizient	$T_{\text{Terminal}}$	$< 15 \text{ ppm/K typ.}$		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. 4,1 MΩ    11 nF		
		CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. 5 MΩ    10 nF		
		CommonMode typ. 1,25 MΩ    40 nF Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> (+2,5V), Kapazität gegen SGND		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	$< 480 \text{ [ppm}_{\text{MBE}}]$		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	$< 100 \text{ [ppm]}$		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	$< 75 \text{ [ppm}_{\text{MBE}}]$		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	$< 50 \text{ [ppm}_{\text{MBE}}]$		
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 150 \text{ [ppm}_{\text{MBE}}]$	$< 1172 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 22 \text{ [ppm}_{\text{MBE}}]$	$< 172 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 93,2 \text{ [dB]}$		
	Rauschdichte@1kHz	$< 0,31 \frac{\text{ppm}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	$< 14 \text{ [ppm}_{\text{MBE}}]$	$< 109 \text{ [digits]}$	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	$< 2,5 \text{ [ppm}_{\text{MBE}}]$	$< 20 \text{ [digits]}$	
	Max. SNR	$> 112 \text{ [dB]}$		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 3 \frac{\text{mV/V}}{\text{V}} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 9 \frac{\text{mV/V}}{\text{V}} \text{ typ.}$	1 kHz: $< 140 \frac{\text{mV/V}}{\text{V}} \text{ typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 3 \frac{\text{mV/V}}{\text{V}} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 0,2 \frac{\text{mV/V}}{\text{V}} \text{ typ.}$	1 kHz: $< 5 \frac{\mu\text{V/V}}{\text{V}} \text{ typ.}$

Messung Modus	Potentiometer (3/ 5-Leiter)
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	$\pm 0,2\%_{\text{MBE}} = \pm 2000 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$

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

Potentiometer-Messbereich

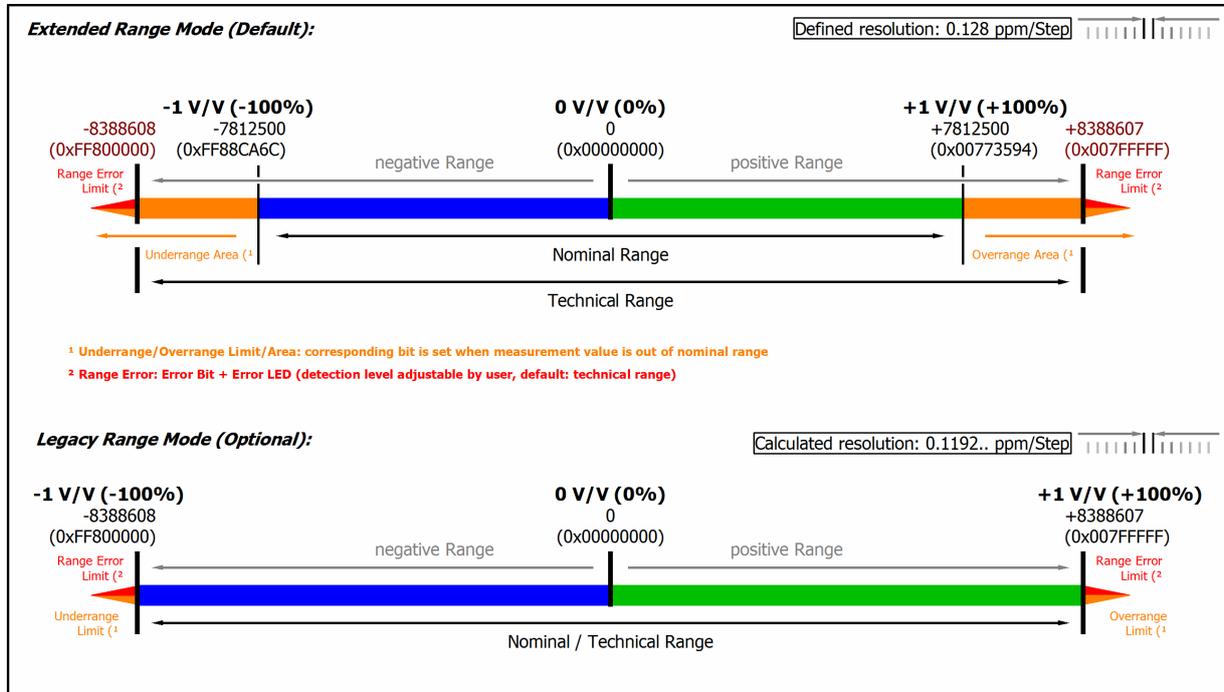


Abb. 43: Darstellung Potentiometer-Messbereich

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.

## 2.2.26 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.

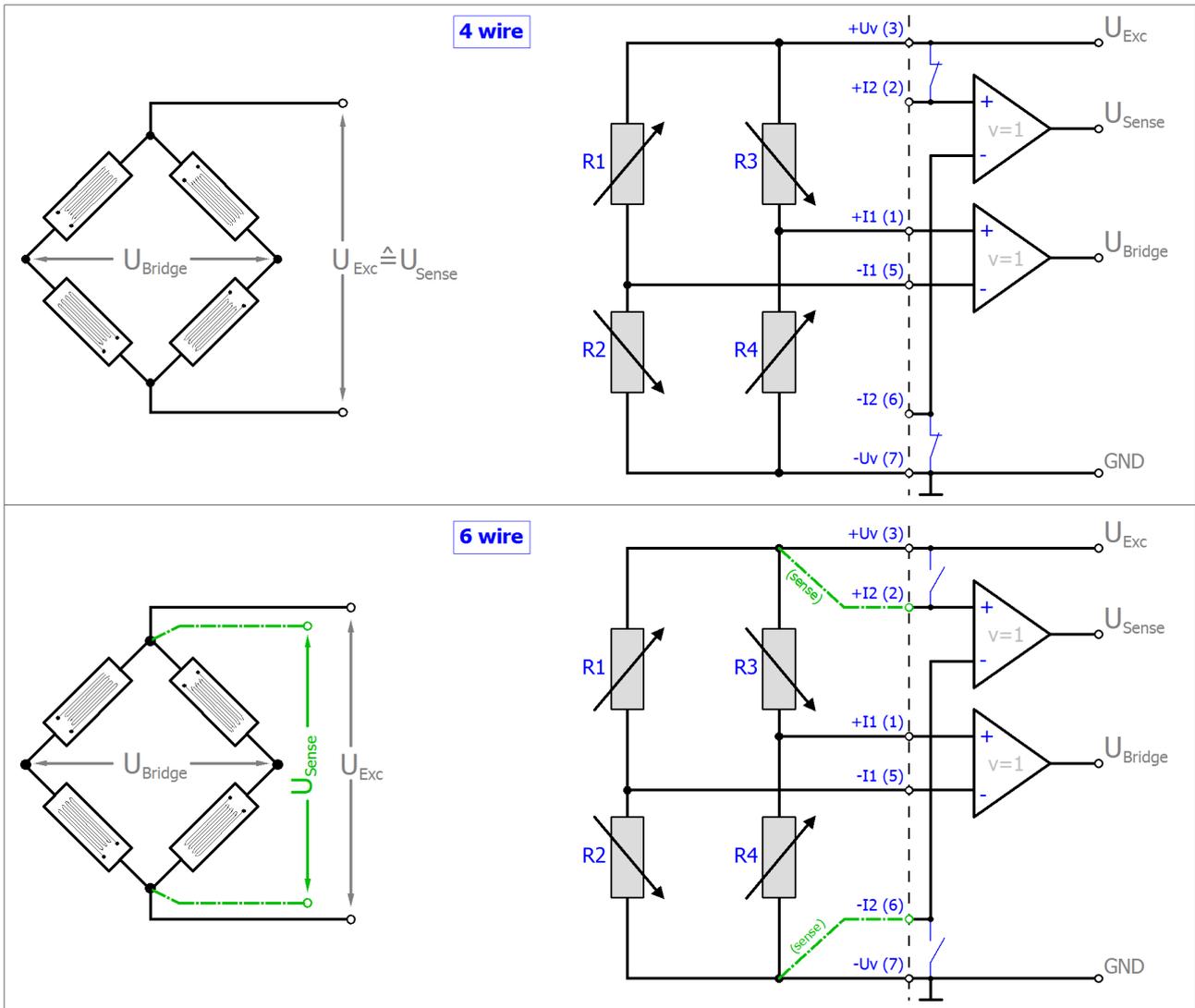
Maximal ist also für die Brückenspannung ein nomineller Messbereich von  $\pm 32 \text{ mV/V} \cdot 5 \text{ V} = \pm 160 \text{ mV}$  nutzbar, entsprechend sind die internen Schaltungen ausgelegt.

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.

Die Übergangswiderstände der Klemmkontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann der Messfehler weiter reduziert werden.

Zur Berechnung der Vollbrücke:



Der Zusammenhang zur Dehnung ( $\mu\text{Strain}$ ,  $\mu\epsilon$ ) ist wie folgt:

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

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

Hinweis: Angaben gelten für 2,5 V DMS Erregung.

Messung Modus		SG 1/1-Bridge
Messbereich, nominell		-32...+32 mV/V
Messbereich, Endwert (MBE)		32 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar		-34,359...+34,359 mV/V
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)		4,096 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)		3,814.. nV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung <sup>2)</sup>		4-Leiter-Anschluss: $\pm 0,09\%_{\text{MBE}} = \pm 900 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ typ. 6-Leiter-Anschluss: $\pm 0,05\%_{\text{MBE}} = \pm 500 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ typ.
Integrierte Speisung		0,5...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit <ul style="list-style-type: none"> <li>• 120R DMS: bis 2,5 V</li> <li>• 350R DMS: bis 5,0 V</li> </ul>
Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Terminal</sub>	< 20 ppm/K typ.

<sup>2)</sup> Dominierender Anteil der Grundgenauigkeit ist die Offset-Spezifikation (siehe folgende Tabellen). Durch Offset-Korrektur gemäß Kapitel Offset Korrektur kann dieser Anteil eliminiert und die Messgenauigkeit erheblich gesteigert werden.

Messung Modus		SG 1/1-Bridge (4-Leiter)		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 850 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 200 [ppm]		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 120 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 15 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 320 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 2500 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 56 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 438 [digits]	
	Max. SNR	> 85 [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$< 25,34 \frac{\text{nV/V}}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 18 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 141 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 3,5 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 27 [digits]	
	Max. SNR	> 109,1 [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3)</sup>		DC: $< 0,15 \frac{\mu\text{V/V}}{\text{V}}$ typ.	50 Hz: $< 0,5 \frac{\mu\text{V/V}}{\text{V}}$ typ.	1 kHz: $< 10 \frac{\mu\text{V/V}}{\text{V}}$ typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3)</sup>		DC: $< 100 \frac{\text{nV/V}}{\text{V}}$ typ.	50 Hz: $< 10 \frac{\text{nV/V}}{\text{V}}$ typ.	1 kHz: $< 1 \frac{\text{nV/V}}{\text{V}}$ typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,1\%_{\text{MBE}} = \pm 1000 \text{ ppm}_{\text{MBE}}$ typ.		
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 MΩ    11 nF CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> , Kapazität gegen SGND		
Eingangsimpedanz ±Input 2		Eingang wird in diesem Modus nicht benutzt		

<sup>3)</sup> Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

Messung Modus		SG 1/1-Bridge (6-Leiter)	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 470 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 120 [ppm]	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 120 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 15 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Rauschen (ohne Filterung) <sup>4</sup>	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 230 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1797 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 38 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 297 [digits]
	Max. SNR	> 88,4 [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$< 17,2 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>4</sup>	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 18 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 141 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 3,5 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 27 [digits]
	Max. SNR	> 109,1 [dB]	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 0,15 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 0,5 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 100 \frac{nV/V}{V} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 10 \frac{nV/V}{V} \text{ typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,1\%_{MBE} = \pm 1000 \text{ ppm}_{MBE} \text{ typ.}$	
Eingangsimpedanz ±Input 1 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. 4,1 MΩ    11 nF CommonMode typ. 1 MΩ    40 nF Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> , Kapazität gegen SGND	
Eingangsimpedanz ±Input 2 (Innenwiderstand)		Differenziell typ. 5 MΩ    10 nF CommonMode typ. 1,25 MΩ    40 nF Methodik: Widerstand gegen -U <sub>v</sub> (+2,5V), Kapazität gegen SGND	

<sup>3)</sup> Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

<sup>4)</sup> Angaben gelten nur für HW-Stand ≥ 10! Folgende Angaben gelten bis HW-Stand 10:

Messung Modus		SG 1/1-Bridge (6-Leiter), < HW10	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 960 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 7500 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 170 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1328 [digits]
	Max. SNR	> 75,4 [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$< 76,93 \frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 77 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 602 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 15 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 117 [digits]
	Max. SNR	> 96,5 [dB]	

Die Interpretation des Kanalwerts (PDO) ist direkt [mV/V]:

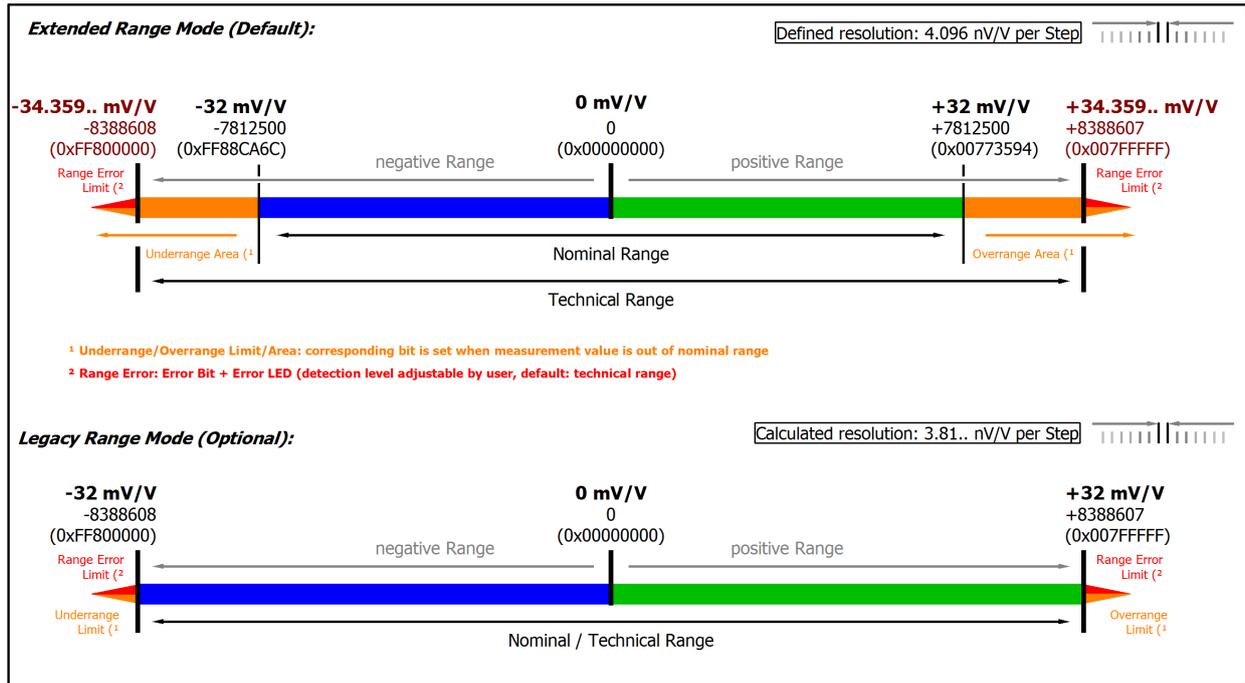


Abb. 44: Darstellung Messbereich SG 1/1-Bridge

## 2.2.27 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.

Die Übergangswiderstände der Klemmkontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann der Messfehler weiter reduziert werden.

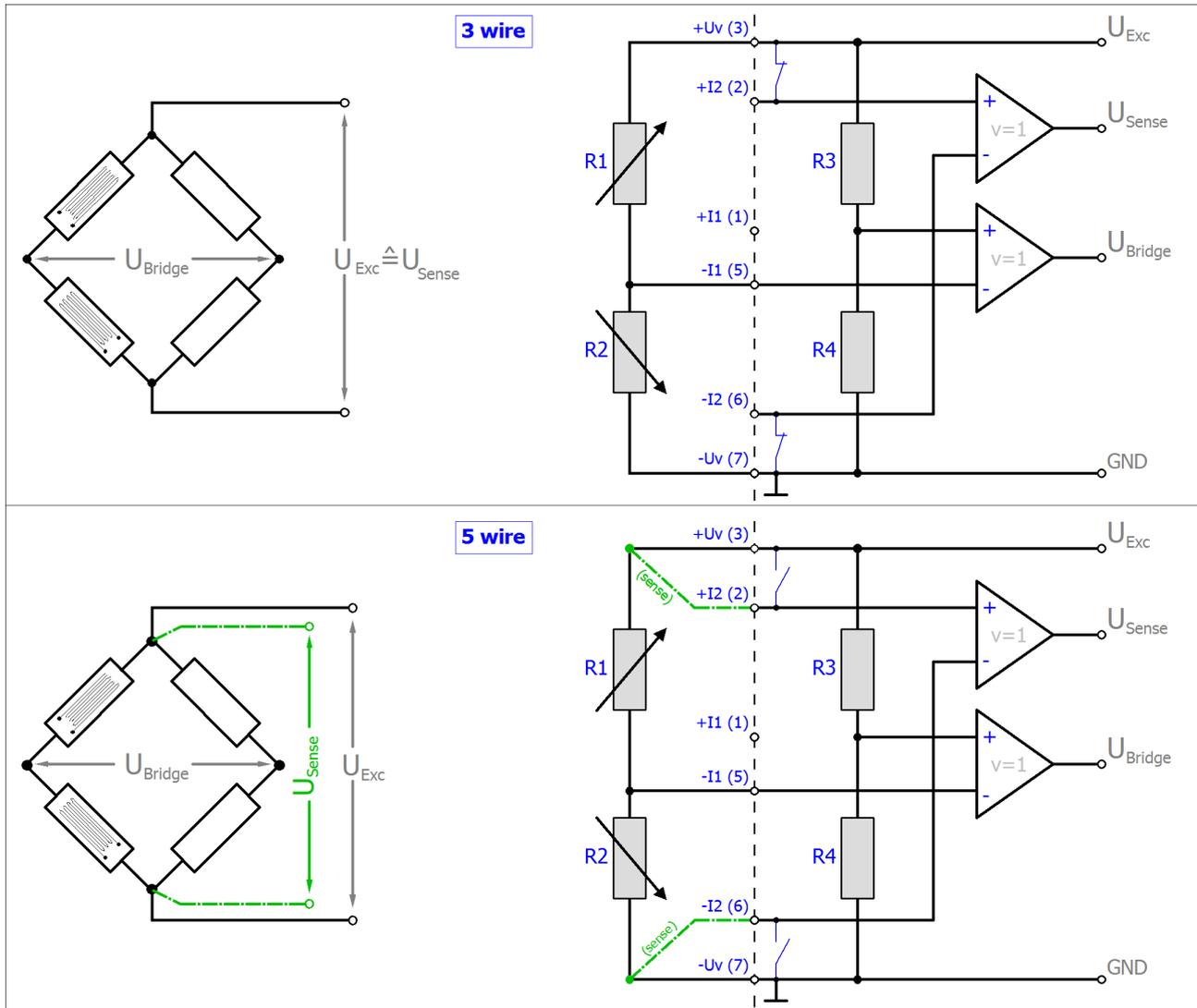
---

### ● 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  $\Omega$ , die o.a. Werte sind deshalb direkt nur für eine 350  $\Omega$ -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  $\Omega$ -Brücke entspricht der beim Werksabgleich kompensierte Einfluss des Eingangswiderstandes (2 M $\Omega$ ) 0,26545 %MBE (16 mV/V), das entspricht 20738 Digits.
-

Zur Berechnung der  $R_{1/2}$ -Halbbrücke:



$R_{3/4}$  sind die klemmeninternen schaltbaren Ergänzungswiderstände. Andere Halbbrückenkonfigurationen (z.B.  $R_{1/4}$  oder  $R_{1/3}$  veränderlich) sind nicht anschließbar.

Der Zusammenhang zur Dehnung ( $\mu\text{Strain}$ ,  $\mu\epsilon$ ) ist wie folgt:

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

$$N = 1, 2, 4, 1 - \nu, 1 + \nu$$

Die Wahl von N ist nach der mechanischen Anordnung der variablen Widerstände zu wählen (Poisson, 2 aktive uniaxial, ...).

Hinweis: Angaben gelten für 2,5 V DMS Erregung.

Messung Modus		SG 1/2-Bridge
Messbereich, nominell		-16...+16 mV/V [entspricht $\pm 16.000 \mu\epsilon$ bei $K=2, N=2$ ]
Messbereich, Endwert (MBE)		16 mV/V
Messbereich, technisch nutzbar		-17,179...+17,179 mV/V
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)		2,048 nV/V
PDO LSB (Legacy Range)		1,907.. nV/V
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung <sup>2</sup>		3-Leiter-Anschluss: $\pm 0,27\%$ typ. (bez. auf MBE, siehe auch <a href="#">Hinweis [► 79]</a> ) 5-Leiter-Anschluss: $\pm 0,09\%$ typ. (bez. auf MBE, siehe auch <a href="#">Hinweis [► 79]</a> )
Integrierte Speisung		0,5...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung) somit • 120R DMS: bis 2,5V • 350R DMS: bis 5,0V
Temperaturkoeffizient	Tk <sub>Terminal</sub>	<75 ppm/K typ. (bez. auf MBE, ab Produktion 2016 KW10; vgl. Seriennummer) <250 ppm/K typ. (bez. auf MBE, bis Produktion 2016 KW09; vgl. Seriennummer)
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 1 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 4,1 M $\Omega$    11 nF CommonMode typ. 1 M $\Omega$    40 nF Methodik: Widerstand gegen $-U_v$ , Kapazität gegen SGND
Eingangsimpedanz $\pm$ Input 2 (Innenwiderstand)		Differentiell typ. 5 M $\Omega$    10 nF CommonMode typ. 1,25 M $\Omega$    40 nF Methodik: Widerstand gegen $-U_v (+2,5V)$ , Kapazität gegen SGND

<sup>2)</sup> Dominierender Anteil der Grundgenauigkeit ist die Offset-Spezifikation (siehe folgende Tabellen). Durch Offset-Korrektur gemäß Kapitel Offset Korrektur kann dieser Anteil eliminiert und die Messgenauigkeit erheblich gesteigert werden.

Messung Modus		SG 1/2-Bridge (3-Leiter)	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 2650 ppm <sub>MBE</sub> (gilt ab KW01/2018, Wert vor KW01/2018: < 3600 ppm <sub>MBE</sub> )	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 290 ppm	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 390 ppm <sub>MBE</sub>	
Wiederholgenauigkeit	F <sub>Rep</sub>	< 50 ppm <sub>MBE</sub>	
Rauschen (ohne Filterung) <sup>4</sup>	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 950 ppm <sub>MBE</sub>	< 7422 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 145 ppm <sub>MBE</sub>	< 1133 [digits]
	Max. SNR	> 76,8 dB	
	Rauschdichte@1kHz	< 32,81 $\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>4</sup>	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 70 ppm <sub>MBE</sub>	< 547 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 15 ppm <sub>MBE</sub>	< 117 [digits]

Messung Modus		SG 1/2-Bridge (3-Leiter)		
	Max. SNR	> 96,5 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 150 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 600 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	1 kHz: $< 10 \frac{mV/V}{V} \text{ typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 100 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 20 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	1 kHz: $< 0,1 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,2\%_{\text{MBE}} = \pm 2000 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		

<sup>3)</sup> Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

<sup>4)</sup> Angaben gelten nur für HW-Stand  $\geq 10$ ! Folgende Angaben gelten bis HW-Stand 10:

Messung Modus		SG 1/2-Bridge (3-Leiter), < HW10	
Rauschen (ohne Filterung)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 1100 ppm <sub>MBE</sub>	< 8594 [digits]
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 160 ppm <sub>MBE</sub>	< 1250 [digits]
	Max. SNR	> 75,9 dB	
	Rauschdichte@1kHz	$< 36,2 \frac{nV/V}{\sqrt{\text{Hz}}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 120 ppm <sub>MBE</sub>	< 938 [digits]
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 19 ppm <sub>MBE</sub>	< 148 [digits]
	Max. SNR	> 94,4 dB	

Messung Modus		SG 1/2-Bridge (5-Leiter)		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Offset}}$	< 750 ppm <sub>MBE</sub> (gilt ab KW01/2018, Wert vor KW01/2018: < 1100 ppm <sub>MBE</sub> )		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	$F_{\text{Gain}}$	< 290 ppm		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	$F_{\text{Lin}}$	< 390 ppm <sub>MBE</sub>		
Wiederholgenauigkeit	$F_{\text{Rep}}$	< 50 ppm <sub>MBE</sub>		
Rauschen (ohne Filterung) <sup>4</sup>	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 1200 ppm <sub>MBE</sub>	< 9375 [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 175 ppm <sub>MBE</sub>	< 1367 [digits]	
	Max. SNR	> 75,1 dB		
	Rauschdichte@1kHz	$< 39,6 \frac{nV/V}{\sqrt{\text{Hz}}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>4</sup>	$F_{\text{Noise, PtP}}$	< 70 ppm <sub>MBE</sub>	< 547 [digits]	
	$F_{\text{Noise, RMS}}$	< 14 ppm <sub>MBE</sub>	< 109 [digits]	
	Max. SNR	> 97,1 dB		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 150 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 600 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	1 kHz: $< 10 \frac{mV/V}{V} \text{ typ.}$
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>		DC: $< 100 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	50 Hz: $< 20 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$	1 kHz: $< 0,1 \frac{\mu V/V}{V} \text{ typ.}$
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		$\pm 0,2\%_{\text{MBE}} = \pm 2000 \text{ ppm}_{\text{MBE}} \text{ typ.}$		

<sup>3)</sup> Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

<sup>4)</sup> Angaben gelten nur für HW-Stand  $\geq 10$ ! Folgende Angaben gelten bis HW-Stand 10:

Messung Modus		SG 1/2-Bridge (5-Leiter ), < HW10	
Rauschen (ohne Filterung)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 1600 ppm <sub>MBE</sub>	< 12500 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 240 ppm <sub>MBE</sub>	< 1875 [digits]
	Max. SNR	> 72,4 dB	
	Rauschdichte@1kHz	< 54,31 $\frac{nV/V}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 96 ppm <sub>MBE</sub>	< 750 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 16 ppm <sub>MBE</sub>	< 125 [digits]
	Max. SNR	> 95,9 dB	

Die Interpretation des Kanalwerts (PDO) ist direkt [mV/V].

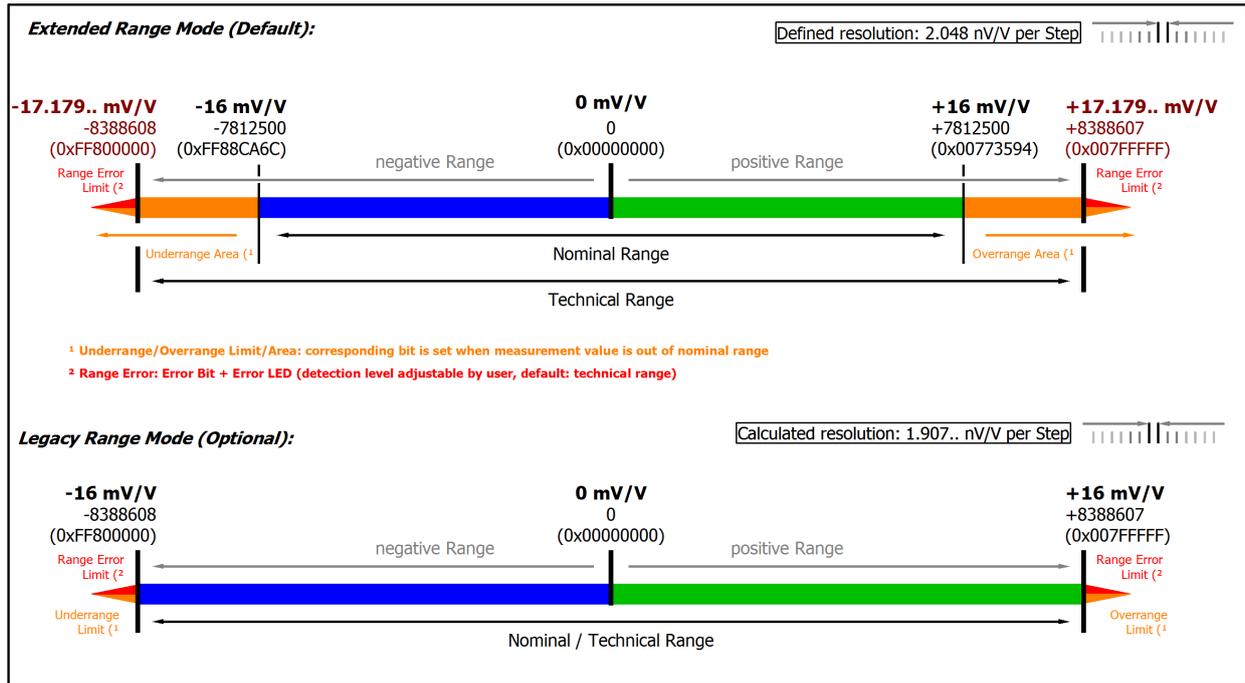


Abb. 45: Darstellung Messbereich SG 1/2-Bridge

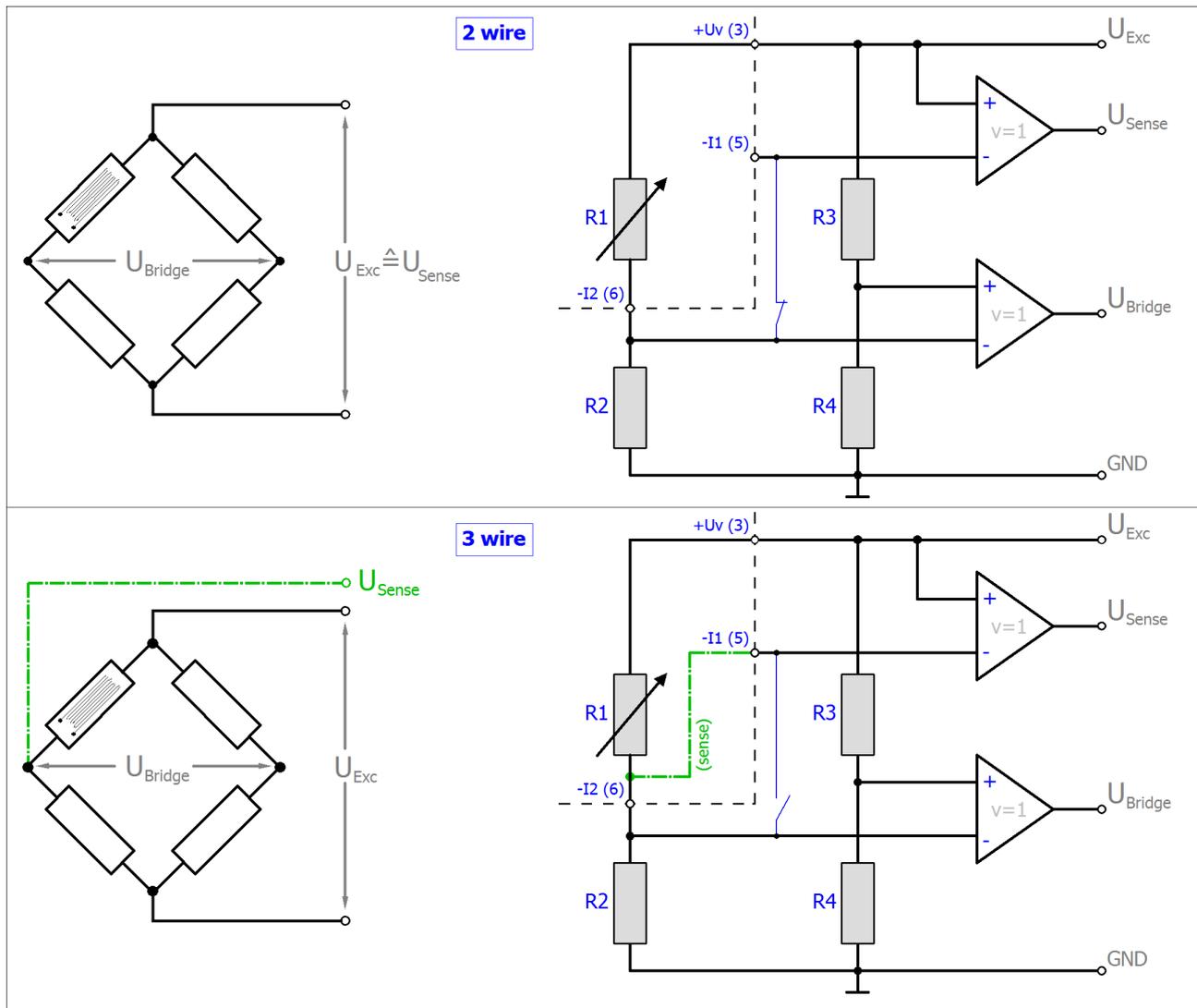
## 2.2.28 Messung SG 1/4-Bridge (Viertelbrücke) 120 Ω 2/3-Leiter-Anschluss

Zur Ermittlung des Messfehlers:

Die Übergangswiderstände der Klemmkontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann der Messfehler weiter reduziert werden.

Der Temperaturkoeffizient (Klemme) kann durch einen externen, temperaturstabileren Ergänzungswiderstand und Klemmenbetrieb in Halb/Vollbrücke verbessert werden.

Zur Berechnung der Viertelbrücke:



R<sub>2/3/4</sub> sind die klemmeninternen schaltbaren Ergänzungswiderstände.

Der Zusammenhang zur Dehnung (μStrain, με) ist wie folgt:

$$\frac{U_{Bridge}}{U_{Exc}} = \frac{N \Delta R_1}{4 R_1} = \frac{N k \epsilon}{4}$$

$$N = 1$$

Bei der Viertelbrücke ist immer N=1.

Hinweis: Angaben gelten für 2,5 V DMS Erregung.

Messung Modus		SG 1/4-Bridge 120 Ω
Messbereich, nominell		120 ± 12 Ω bzw. ±25 mV/V [entspricht 108 Ω...132 Ω] [entspricht ±50.000 µε bei K=2]
Messbereich, Endwert (MBE)		132 Ω
Messbereich, technisch nutzbar		120 ± 12,88.. Ω
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)		1,536 µΩ/Schritt
PDO LSB (Legacy Range)		1,430.. µΩ/Schritt
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung <sup>2)</sup>		2-Leiter-Anschluss: 0,05% typ. (bez. auf MBE) 3-Leiter-Anschluss: 0,04% typ. (bez. auf MBE) 4-Leiter-Anschluss: nicht möglich
Integrierte Speisung		0,5...2,5V Einstellbar, Max. Versorgung/ Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung)
Temperaturkoeffizient <sup>1)</sup> [▶ 86]	Tk <sub>Terminal</sub>	<8 ppm/K typ. (bez. auf MBE, ab HW-Stand 06; vgl. Seriennummer)  <12 ppm/K typ. (bez. auf MBE, HW-Stand 04 ab Produktion 2016 KW10; vgl. Seriennummer)  <60 ppm/K typ. (bez. auf MBE, HW-Stand 01-04, Produktion bis 2016 KW09; vgl. Seriennummer)

1) Die Ausführungen zur 2/3/4-Leiter-Messung im Kapitel zur Widerstandsmessung [▶ 66] des Kapitels „technischen Daten“ ist zu beachten!

2) Dominierender Anteil der Grundgenauigkeit ist die Offset-Spezifikation (siehe folgende Tabellen). Durch Offset-Korrektur gemäß Kapitel Offset Korrektur kann dieser Anteil eliminiert und die Messgenauigkeit erheblich gesteigert werden.

Messung Modus		SG 1/4-Bridge 120 Ω (2-Leiter)		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 420 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Gain/Scale/Verstärkungs- Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 250 [ppm]		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 50 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Wiederholgenauigkeit (bei 23°C)	F <sub>Rep</sub>	< 15 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 160 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 13750 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 20 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1720 [digits]	
	Max. SNR	> 73,1 [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	< 37,36 $\frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 6 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 520 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 1 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 86 [digits]	
	Max. SNR	> 99,2 [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3)</sup>		DC: < 0,3 Ω/V typ.	50 Hz: < 1 Ω/V typ.	1 kHz: < 20 Ω/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3)</sup>		DC: < 300 mΩ/V typ.	50 Hz: < 40 mΩ/V typ.	1 kHz: < 0,5 mΩ/V typ.

Messung Modus	SG 1/4-Bridge 120 Ω (2-Leiter)
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±1% <sub>MBE</sub> typ.

<sup>3)</sup> Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

Messung Modus	SG 1/4-Bridge 120 Ω (3-Leiter)		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 360 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 150 [ppm]	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 50 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Wiederholgenauigkeit (bei 23°C)	F <sub>Rep</sub>	< 15 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 160 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 13750 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 20 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1720 [digits]
	Max. SNR	> 73,1 [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$< 37,36 \frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 6 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 520 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 1 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 86 [digits]
	Max. SNR	> 99,2 [dB]	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3)</sup>	DC: < 0,3 Ω/V typ.	50 Hz: < 1 Ω/V typ.	1 kHz: < 20 Ω/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3)</sup>	DC: < 300 mΩ/V typ.	50 Hz: < 40 mΩ/V typ.	1 kHz: < 0,5 mΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung	±1% <sub>MBE</sub> typ.		

<sup>3)</sup> Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

Die Interpretation des Kanalwerts (PDO) kann in ±12 Ω bzw. ±25 mV/V erfolgen:

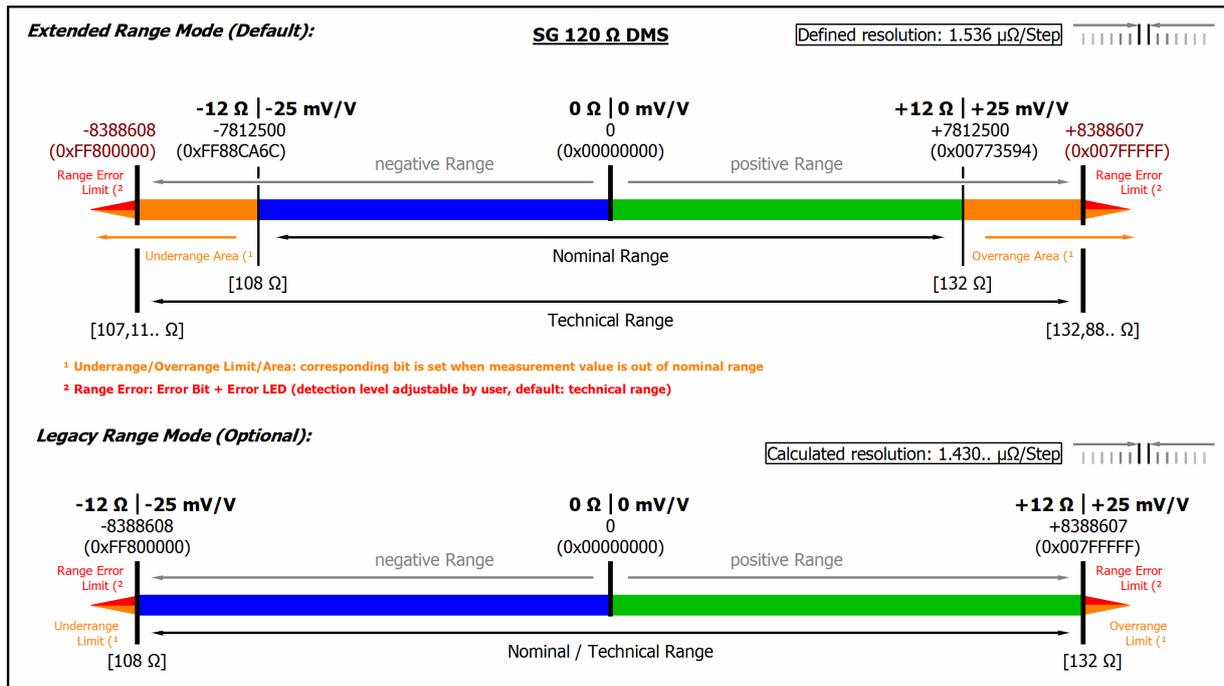


Abb. 46: Darstellung Messbereich SG 1/4-Bridge 120 Ω

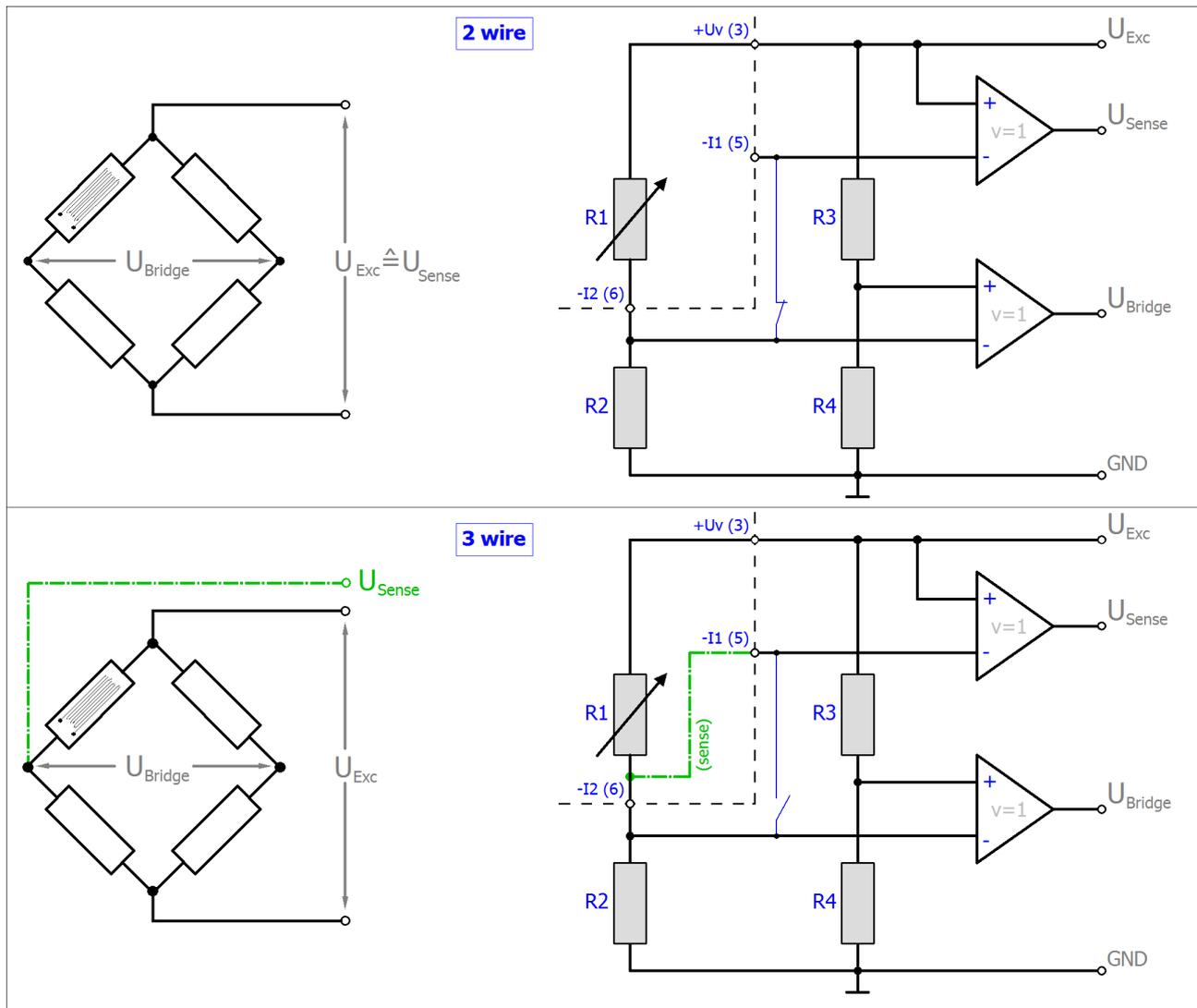
## 2.2.29 Messung SG 1/4-Bridge (Viertelbrücke) 350 Ω 2/3-Leiter-Anschluss

Zur Ermittlung des Messfehlers:

Die Übergangswiderstände der Klemmkontakte beeinflussen den Messvorgang. Durch einen anwenderseitigen Abgleich bei gesteckter Signalverbindung kann der Messfehler weiter reduziert werden.

Der Temperaturkoeffizient (Klemme) kann durch einen externen, temperaturstabileren Ergänzungswiderstand und Klemmenbetrieb in Halb/Vollbrücke verbessert werden.

Zur Berechnung der Viertelbrücke:



$R_{2/3/4}$  sind die klemmeninternen schaltbaren Ergänzungswiderstände.

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

$$\frac{U_{Bridge}}{U_{Exc}} = \frac{N \Delta R_1}{4 R_1} = \frac{N k \epsilon}{4}$$

$$N = 1$$

Bei der Viertelbrücke ist immer  $N=1$ .

Hinweis: Angaben gelten für 2,5 V DMS Erregung.

Messung Modus		SG 1/4-Bridge 350 Ω
Messbereich, nominell		350 ± 12 Ω bzw. ±8,571 mV/V [entspricht 338 Ω...362 Ω] [entspricht ±17.142 µε bei K=2]
Messbereich, Endwert (MBE)		362 Ω
Messbereich, technisch nutzbar		350 ± 12,88.. Ω
PDO Auflösung		24 Bit (inkl. Vorzeichen)
PDO LSB (Extended Range)		1,536 µΩ/Schritt
PDO LSB (Legacy Range)		1,430.. µΩ/Schritt
Grundgenauigkeit: Messabweichung bei 23°C, mit Mittelwertbildung <sup>(2)</sup>		2-Leiter-Anschluss: 0,03% typ. (bez. auf MBE) 3-Leiter-Anschluss: 0,02% typ. (bez. auf MBE) 4-Leiter-Anschluss: nicht möglich
Integrierte Speisung		0,5...5V Einstellbar, Max. Versorgung/Excitation 21 mA (interne elektronische Überlastsicherung)
Temperaturkoeffizient <sup>(1)</sup> [► 90]	Tk <sub>Terminal</sub>	<8 ppm/K typ. (bez. auf MBE, ab Produktion 2016 KW10; vgl. Seriennummer) <40 ppm/K typ. (bez. auf MBE, bis Produktion 2016 KW09; vgl. Seriennummer)

1) Die Ausführungen zur 2/3/4-Leiter-Messung im Kapitel zur Widerstandsmessung [► 66] des Kapitels „technischen Daten“ ist zu beachten!

2) Dominierender Anteil der Grundgenauigkeit ist die Offset-Spezifikation (siehe folgende Tabellen). Durch Offset-Korrektur gemäß Kapitel Offset Korrektur kann dieser Anteil eliminiert und die Messgenauigkeit erheblich gesteigert werden.

Messung Modus		SG 1/4-Bridge 350 Ω (2-Leiter)		
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	< 250 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 150 [ppm]		
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 40 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Wiederholgenauigkeit (bei 23°C)	F <sub>Rep</sub>	< 10 [ppm <sub>MBE</sub> ]		
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 105 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 24750 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 18 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 4240 [digits]	
	Max. SNR	> 65,3 [dB]		
	Rauschdichte@1kHz	$< 92,1 \frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$		
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 6 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1400 [digits]	
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 1 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 236 [digits]	
	Max. SNR	> 90,4 [dB]		
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: < 2 Ω/V typ.	50 Hz: < 8 Ω/V typ.	1 kHz: < 150 Ω/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>		DC: < 700 mΩ/V typ.	50 Hz: < 90 mΩ/V typ.	1 kHz: < 0,5 mΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±1% <sub>MBE</sub> typ.		

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

Messung Modus		SG 1/4-Bridge 350 Ω (3-Leiter)	
Offset/Nullpunkt-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Offset</sub>	<140 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Gain/Scale/Verstärkungs-Abweichung (bei 23°C)	F <sub>Gain</sub>	< 130 [ppm]	
Nichtlinearität über den gesamten Messbereich	F <sub>Lin</sub>	< 40 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Wiederholgenauigkeit (bei 23°C)	F <sub>Rep</sub>	< 10 [ppm <sub>MBE</sub> ]	
Rauschen (ohne Filterung, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 105 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 24750 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 18 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 4240 [digits]
	Max. SNR	> 65,3 [dB]	
	Rauschdichte@1kHz	$< 92,1 \frac{m\Omega}{\sqrt{Hz}}$	
Rauschen (mit 50 Hz FIR Filter, bei 23°C)	F <sub>Noise, PtP</sub>	< 6 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 1400 [digits]
	F <sub>Noise, RMS</sub>	< 1 [ppm <sub>MBE</sub> ]	< 236 [digits]
	Max. SNR	> 90,4 [dB]	
Gleichtaktunterdrückung (ohne Filter) <sup>3</sup>		DC: < 2 Ω/V typ.	50 Hz: < 8 Ω/V typ.
Gleichtaktunterdrückung (mit 50 Hz FIR Filter) <sup>3</sup>		DC: < 700 mΩ/V typ.	50 Hz: < 90 mΩ/V typ.
Größte kurzzeitige Abweichung während einer festgelegten elektrischen Störprüfung		±1% <sub>MBE</sub> typ.	

<sup>3</sup>) Werte beziehen sich auf eine Gleichtaktstörung zwischen SGND und internem GND.

Die Interpretation des Kanalwerts (PDO) kann in ±12 Ω bzw. ±8,571 mV/V erfolgen:

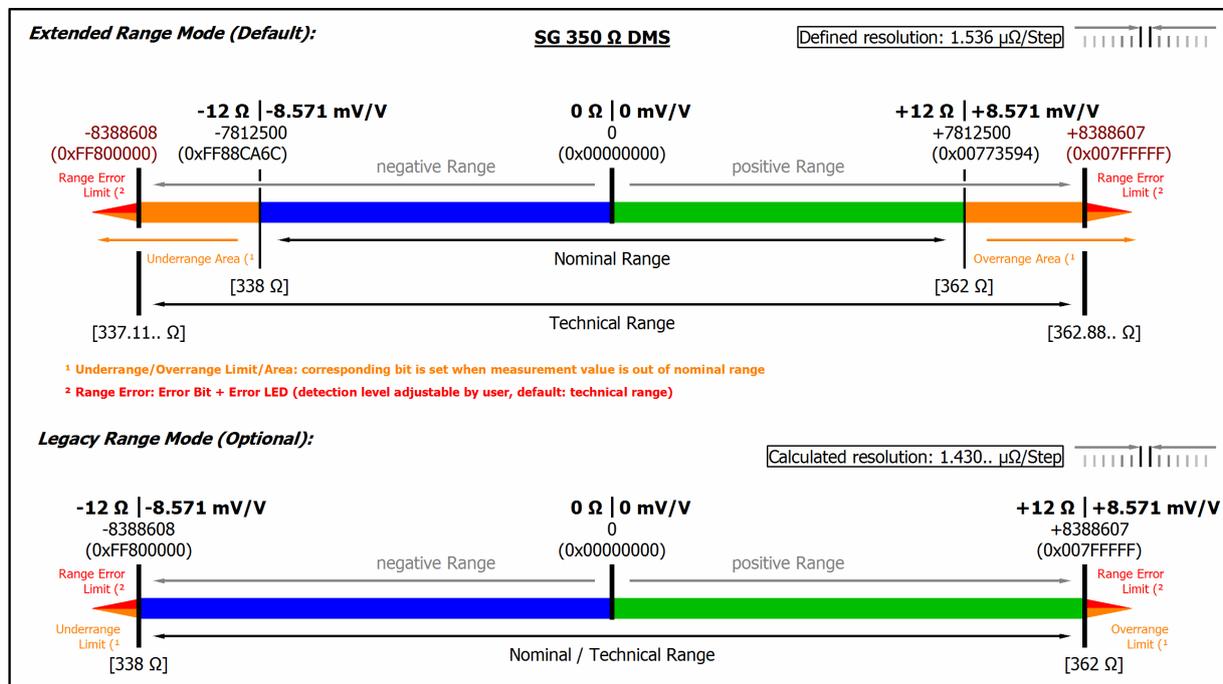


Abb. 47: Darstellung Messbereich SG 1/4-Bridge 350 Ω

## 3 Inbetriebnahme

### 3.1 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.

## 3.2 CoE Übersicht

### 3.2.1 0x6000 PAI Status Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
6000:0	PAI Status Ch.1		UINT8	RO	0x0F (15 <sub>dez</sub> )
6000:01	No of Samples	Anzahl gültiger Samples innerhalb der PDO-Samples	UINT8	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
6000:09	Error	TRUE: allgemeiner Fehler	BOOLEAN	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
6000:0A	Underrange	TRUE: Unterlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
6000:0B	Overrange	TRUE: Überlauf der Messung Ereignis	BOOLEAN	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
6000:0D	Diag	TRUE: neue Diagnose Nachricht vorhanden	BOOLEAN	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
6000:0E	TxPDO State	TRUE: Daten sind ungültig	BOOLEAN	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
6000:0F	Input cycle counter	Erhöht um eins wenn sich Werte geändert haben	BIT2	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.2 0x6001 PAI Samples Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
6001:0	PAI Samples Ch.1		UINT8	RO	0x64 (100 <sub>dez</sub> )
6001:01	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
...	...	...	...	...	...
6001:64	Sample	Samples	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.3 0x6002 PAI Synchronous Oversampling Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
6002:0	PAI Synchronous Oversampling Ch.1		UINT8	RO	0x01 (1 <sub>dez</sub> )
6002:01	Internal Buffer		UINT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.4 0x7000 PAI Control Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
7000:0	PAI Control Ch.1		UINT8	RO	0x02 (2 <sub>dez</sub> )
7000:01	Integrator Reset	Neustart der Integration bei ansteigender Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
7000:02	Peak Hold Reset	Beginn neuer Spitzenwert-Erfassung bei ansteigender Flanke	BOOLEAN	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.5 0x8000 PAI Settings Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8000:0	PAI Settings Ch.1		UINT8	RO	0x34 (52 <sub>dez</sub> ) 0x41 (65 <sub>dez</sub> ) <sup>2)</sup>
8000:01	Interface	Auswahl der Messkonfiguration: 0 - None 1 - V ±30V 2 - V ±10V 3 - V ±5V 4 - V ±2.5V 5 - V ±1.25V 6 - V ±640mV 7 - V ±320mV 8 - V ±160mV 9 - V ±80mV 10 - V ±40mV 11 - V ±20mV 12 - V ±10mV 13 - V ±5mV 14 - V 0...10V 15 - V 0...5V 17 - I ±20mA 18 - I 0-20mA 19 - I 4-20mA 20 - I 4-20mA NAMUR 33 - RTD/R 2Wire 34 - RTD/R 3Wire 35 - RTD/R 4Wire 49 - SG 1/4 2Wire 350R 50 - SG 1/4 2Wire 120R 51 - SG 1/4 3Wire 350R 52 - SG 1/4 3Wire 120R 53 - SG 1/2 3Wire 54 - SG 1/2 5Wire 55 - SG 1/1 4Wire 56 - SG 1/1 6Wire 65 - Poti 3Wire 66 - Poti 5Wire	UINT16	RW	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
8000:02	SG Voltage	Auswahl SG Spannung: 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	UINT16	RW	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
8000:04	Wire Break Detection	Drahtbruchererkennung: TRUE = Ein FALSE = Aus (siehe Kapitel „Drahtbruchererkennung/ schaltbare Anschlussdiagnose“)	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
8000:13	Wire Resistance Compensation 640 µΩ/ Step	Kompensation des Leitungswiderstandes mit Auflösung 640 µΩ/ Step (nur im 2-Leiter Modus, „R/RTD 2 Wire“ möglich)	UINT16	RW	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
8000:14	RTD Element	Auswahl des RTD Elements: 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 bzw. 100°C: 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)	UINT16	RW	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		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)			
8000:16	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 6 - FIR HP 1500 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 <sub>dez</sub> )
8000:17	Average Filter 1 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 1	UINT16	RW	0x0001 (1 <sub>dez</sub> )
8000:18	Decimation Factor	Faktor der individuellen Sampling-Rate (min. 1)	UINT16	RW	0x0001 (1 <sub>dez</sub> )
8000:19	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 <sub>dez</sub> )
8000:1A	Average Filter 2 No of Samples	Anzahl von Samples für den Anwenderdefinierten Mittelwertfilter 2	UINT16	RW	0x0001 (1 <sub>dez</sub> )
8000:1B	True RMS No. of Samples	Anzahl von Samples für „True RMS“ Berechnung (min. 1, max. 1000); siehe auch Kapitel TrueRMS	UINT16	RW	0x00C2 (200 <sub>dez</sub> )
8000:1C	Enable True RMS	Aktivierung der „True RMS“ Berechnung	BOOLEAN	RW	0x00 (FALSE)
8000:2B	Extended Functions	Optionen für spätere Funktionen /Einstellungen	UINT16	RW	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
8000:2C	Integrator/Differentiator	Optionen: 0 – Off 1 - Integrator 1x 2 - Integrator 2x <sup>1)</sup> 3 - Differentiator 1x 4 - Differentiator 2x <sup>1)</sup>	UINT16	RW	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
8000:2D	Differentiator Samples Delta	Abstand der Abtastwerte für die Differentiation	UINT16	RW	0x0001 (1 <sub>dez</sub> )
8000:2E	Scaler	Skalierung (ENUM): 0 - Extended Range 1 - Linear	UINT16	RW	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
		2 - Lookup Table 3 - Legacy Range 4 - Lookup Table (additive)			
8000:30	Low Limiter	Kleinster PDO Ausgabewert	INT32	RW	0x80000000 (-2147483648 <sub>dez</sub> )
8000:31	High Limiter	Größter PDO Ausgabewert	INT32	RW	0x7FFFFFFF (2147483647 <sub>dez</sub> )
8000:32	Low Range Error	Niedrigste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0xFF800000 (-8388608 <sub>dez</sub> )
8000:33	High Range Error	Höchste Grenze bei der das Error-Bit und Error-LED gesetzt wird	INT32	RW	0x007FFFFFFF (8388607 <sub>dez</sub> )
8000:34	Timestamp Correction	Wert zur Korrektur von StartNextLatchTime (Zeitstempel des ersten Samples)	INT32	RW	0xFFFB6C20 (-300000 <sub>dez</sub> )
8000:40	Filter 1 Type Info	Typ-Information Filter 1 <sup>2)</sup>	STRING	RW	N/A
8000:41	Filter 2 Type Info	Typ-Information Filter 2 <sup>2)</sup>	STRING	RW	N/A

1) Funktion steht erst ab FW03 zur Verfügung

2) Funktion steht erst ab ab FW11, Revision -0022 zur Verfügung

### 3.2.6 0x8001 PAI Filter 1 Settings Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8001:0	PAI Filter 1 Settings Ch.1		UINT8	RO	0x28 (40 <sub>dez</sub> )
8001:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
...	...	...	...	...	...
8001:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.7 0x8003 PAI Filter 2 Settings Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8003:0	PAI Filter 2 Settings Ch.1		UINT8	RO	0x28 (40 <sub>dez</sub> )
8003:01	Filter Coefficient 1	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
...	...	...	...	...	...
8003:28	Filter Coefficient 40	Koeffizienten für Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.8 0x8005 Scaler Settings Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8005:0	PAI Scaler Settings Ch.1	Skalierungswerte Offset/ Verstärkung oder LookUp-Tabelle mit 50 x/y Wertepaaren	UINT8	RO	0x64 (100 <sub>dez</sub> )
8005:01	Scaler Offset/ Scaler Value 1	Skalierungs-Offset oder LookUp x-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
8005:02	Scaler-Gain/ Scaler Value 2	Skalierungs-Verstärkung oder LookUp y-Wert 1	INT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
8005:03	Scaler Value 3	LookUp x-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8005:04	Scaler Value 4	LookUp y-Wert 2	INT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
..	..	..	..	..	..
8005:63	Scaler Value 99	LookUp x-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
8005:64	Scaler Value 100	LookUp y-Wert 50	INT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.9 0x800E PAI User Calibration Data Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
800E:0	PAI User Calibration Data Ch.1		UINT8	RO	0x0C (12 <sub>dez</sub> )
800E:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
800E:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
800E:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3F800000 (1.0 <sub>dez</sub> )
800E:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample <sup>2</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample <sup>3</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp <sup>2</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp <sup>2</sup> * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp <sup>3</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800E:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp <sup>3</sup> * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.10 0x800F PAI Vendor Calibration Data Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
800F:0	PAI Vendor Calibration Data Ch.1		UINT8	RO	0x0C (12 <sub>dez</sub> )

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
800F:01	Calibration Date	Tag der Kalibrierung	OCTET-STRING[4]	RW	-
800F:02	Signature	Signatur der Kalibrierungswerte	OCTET-STRING[256]	RW	-
800F:03	S0	Offset	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:04	S1	Koeffizient der Samples 1. Ordnung (S1 * Sample)	REAL32	RW	0x3F800000 (1.0 <sub>dez</sub> )
800F:05	S2	Koeffizient der Samples 2. Ordnung (S2 * Sample <sup>2</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:06	S3	Koeffizient der Samples 3. Ordnung (S3 * Sample <sup>3</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:07	T1	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 1. Ordnung (T1 * Temp)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:08	T1S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 1. Ordnung (T1S1 * Temp * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:09	T2	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 2. Ordnung (T2 * Temp <sup>2</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:0A	T2S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 2. Ordnung (T2S1 * Temp <sup>2</sup> * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:0B	T3	Temperaturkoeffizient des Temperaturwertes 3. Ordnung (T3 * Temp <sup>3</sup> )	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )
800F:0C	T3S1	Kombinierter Koeffizient der Verstärkung und Temperaturwertes 3. Ordnung (T3S1 * Temp <sup>3</sup> * Sample)	REAL32	RW	0x00000000 (0.0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.11 0x9000 PAI Internal Data Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
9000:0	PAI Internal Data Ch.1		UINT8	RO	0x12 (18 <sub>dez</sub> ) 0x13 (19 <sub>dez</sub> ) <sup>1)</sup> 0x15 (21 <sub>dez</sub> ) <sup>2)</sup>
9000:01	Temperature Value	Temperaturwert des Kanals	INT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:02	ADC Raw Value	Rohwert des ADC	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:03	Calibration Value	Wert nach Kalibrierung	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:04	Resistor Value	Wert nach Widerstands-Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:05	RTD Element Value	Wert nach RTD Element-Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:06	Actual Negative Peak Hold	Aktueller absoluter Minimalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
9000:07	Actual Positive Peak Hold	Aktueller absoluter Maximalwert	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:08	Previous Negative Peak Hold	Absoluter Minimalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:09	Previous Positive Peak Hold	Absoluter Maximalwert bis zur letzten steigenden Flanke des „Peak Hold Reset“	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:0A	Filter 1 Value	Wert nach Filter 1	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:0B	Filter 2 Value	Wert nach Filter 2	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:0C	True RMS Value	Wert nach „True RMS“ Berechnung	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:0D	Extended Functions Value	Wert nach erweiterter (optionaler) Funktion	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:0E	Integrator/ Differentiator Value	Wert nach Integration oder Differentiation	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:0F	Scaler Value	Wert nach Skalierung	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:10	Limiter Value	Wert nach Begrenzung	INT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
9000:11	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 <sub>dez</sub> )
9000:12	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 <sub>dez</sub> )
9000:13	Effective Sample Rate	Effektive Abtastfrequenz <sup>1)</sup>	UINT32	RO	Online calculated
9000:14	Vendor Calibration Counter	Zähler des Schreibens von Hersteller Abgleichdaten <sup>2)</sup>	UINT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
9000:15	User Calibration Counter	Zähler des Schreibens von Anwender Abgleichdaten <sup>2)</sup>	UINT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )

<sup>1)</sup> Verfügbar ab Revision -0019

<sup>2)</sup> Verfügbar ab Revision -0020

### 3.2.12 0x900F PAI Calibration Dates Ch.1

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
900F:0	PAI Calibration Dates		UINT8	RO	0xC2 (194 <sub>dez</sub> )
900F:01	Vendor ±30V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:02	Vendor ±10V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:03	Vendor ±5V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:04	Vendor ±2.5V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:05	Vendor ±1.25V		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:06	Vendor ±640mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:07	Vendor ±320mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:08	Vendor ±160mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:09	Vendor ±80mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:0A	Vendor ±40mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:0B	Vendor ±20mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:0C	Vendor ±10mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:0D	Vendor ±5mV		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:11	Vendor ±20mA		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:21	Vendor RTD/R 2Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:22	Vendor RTD/R 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:23	Vendor RTD/R 4Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:31	Vendor SG 1/4 2Wire 350R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:32	Vendor SG 1/4 2Wire 120R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:33	Vendor SG 1/4 3Wire 350R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
900F:34	Vendor SG 1/4 3Wire 120R		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:35	Vendor SG 1/2 3Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:36	Vendor SG 1/2 5Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:37	Vendor SG 1/1 4Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:38	Vendor SG 1/1 6Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:41	Vendor Poti 3Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:42	Vendor Poti 5Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:81	User ±30V		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:82	User ±10V		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:83	User ±5V		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:84	User ±2.5V		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:85	User ±1.25V		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:86	User ±640mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:87	User ±320mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:88	User ±160mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:89	User ±80mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:8A	User ±40mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:8B	User ±20mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:8C	User ±10mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:8D	User ±5mV		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:91	User ±20mA		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:A1	User RTD/R 2Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:A2	User RTD/R 3Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:A3	User RTD/R 4Wire		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:B1	User SG 1/4 2Wire 350R		OCTET- STRING[4]	RO	{0}
900F:B2	User SG 1/4 2Wire 120R		OCTET- STRING[4]	RO	{0}

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
900F:B3	User SG 1/4 3Wire 350R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:B4	User SG 1/4 3Wire 120R		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:B5	User SG 1/2 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:B6	User SG 1/2 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:B7	User SG 1/1 4Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:B8	User SG 1/1 6Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:C1	User Poti 3Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}
900F:C2	User Poti 5Wire		OCTET-STRING[4]	RO	{0}

### 3.2.13 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 <sub>dez</sub> )
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 <sub>dez</sub> )
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	0x0001 (1 <sub>dez</sub> )

### 3.2.14 0xF008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word		UINT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.15 0xF009 Password Protection

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F009:0	Password protection		UINT32	RW	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.16 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	0x01 (1 <sub>dez</sub> )
F010:01	Subindex 001		UINT32	RW	0x0000015E (350 <sub>dez</sub> )

### 3.2.17 0xF600 PAI Timestamp

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F600:0	PAI Timestamp		UINT8	RO	0x02 (2 <sub>dez</sub> )
F600:01	Low	Zeitstempel (Low)	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
F600:02	Hi	Zeitstempel (Hi)	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 3.2.18 0xF900 PAI Info Data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	PAI Info Data		UINT8	RO	0x22 (34 <sub>dez</sub> )
F900:01	CPU Usage	CPU Auslastung in [%] <sup>1)</sup>	UINT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
F900:02	Operating Time	Betriebszeit in [min]	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
F900:03	Overtemperature Time	Zeit der überschrittenen Temperatur des Gerätes <sup>2)</sup>	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
F900:11	Device Temperature Sensor 1	Gemessene Temperatur in der Klemme	INT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
F900:21	Min. Temperature Sensor 1	Niedrigste gemessene Temperatur in der Klemme	INT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )
F900:22	Max. Temperature Sensor 1	Höchste gemessene Temperatur in der Klemme	INT16	RO	0x0000 (0 <sub>dez</sub> )

<sup>1)</sup> 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 Ch1. \[▶ 93\]](#)). Die CPU-Auslastung ist ein informativer Wert zu dem insbesondere die „Gerätespezifische DiagMessages“ in Betracht zu ziehen sind.

<sup>2)</sup> Verfügbar ab Revision -0021

### 3.2.19 0xF912 Filter info

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F912:0	Filter info		UINT8	RO	0x03 (3 <sub>dez</sub> )
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}
F912:03	Filter 2	Informationen für den Filterdesigner	OCTET-STRING[30]	RO	{0}

**Hinweis:** Das CoE Objekt "0xF912 Filter info" ist verfügbar ab FW11, Revision -0022

### 3.2.20 0xFB00 PAI Command

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
FB00:0	PAI Command		UINT8	RO	0x03 (3 <sub>dez</sub> )

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
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.)	UINT8	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
FB00:03	Response	Kommandoantwort Falls das abgesetzte Kommando eine Antwort liefert, wird diese hier angezeigt. Funktionsabhängig, siehe entsprechende Kapitel.	OCTET-STRING[4]	RO	{0}

### 3.3 Beispielprogramme

#### **i** Verwendung der Beispielprogramme

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.

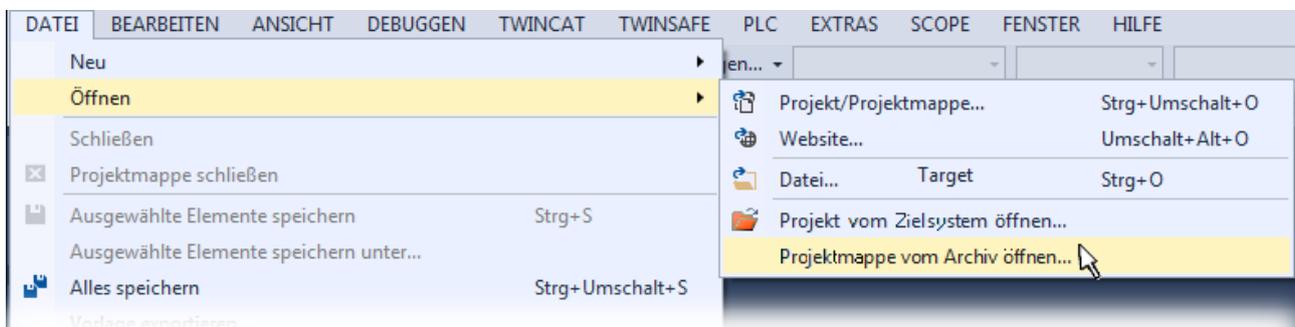


Abb. 48: Öffnen des \*.tnzip-Archives

- 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...“:

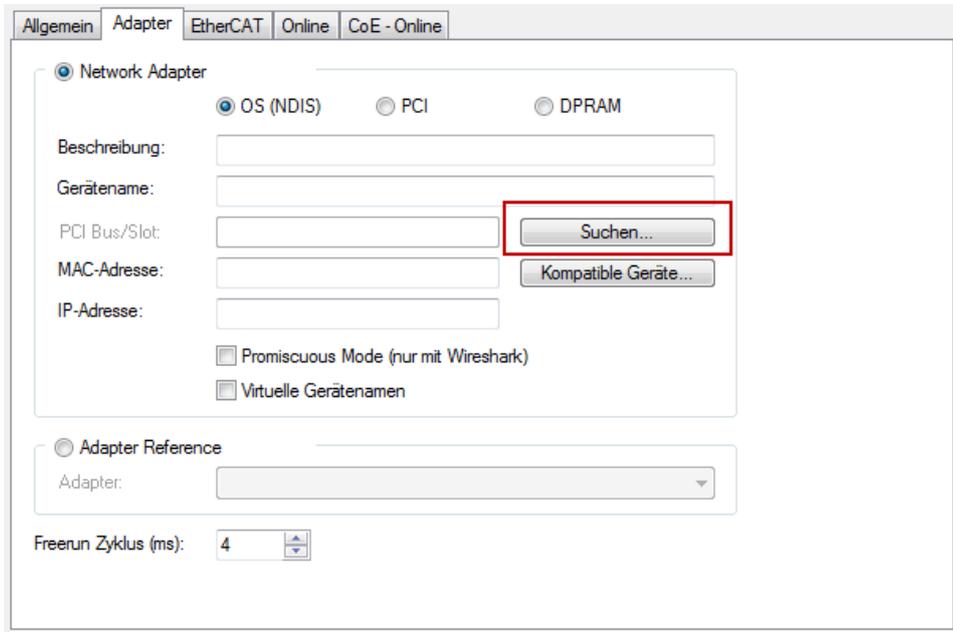
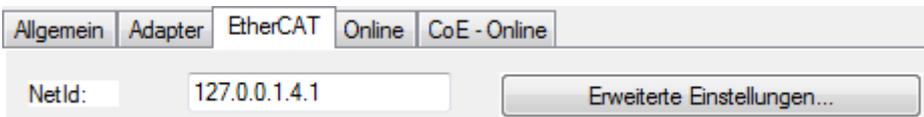


Abb. 49: Suche der bestehenden HW-Konfiguration zur bestehenden EtherCAT-Konfiguration

- 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.

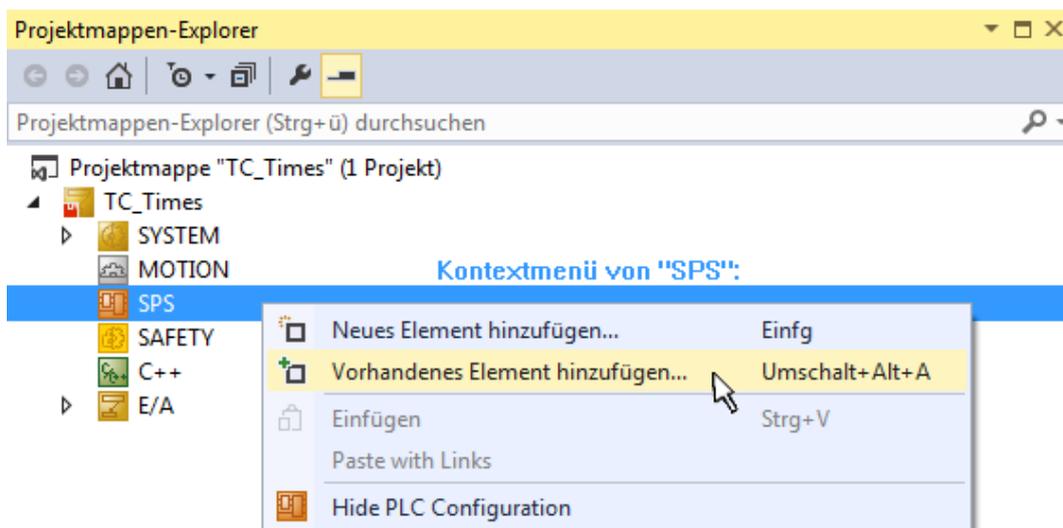
- Ändern der NetId: mit einem Rechtsklick auf „Gerät EtherCAT“ im Projektmappen-Explorer öffnet sich das Kontextmenü, in dem „Ändern der NetId“ auszuwählen ist. Die ersten vier Zahlen der NetId des Projektes sind einzutragen. die beiden letzten Werte sind in der Regel 4.1.

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 \[► 154\]](#) beschrieben.
- Öffnen Sie das Kontextmenü von „SPS“ im „Projektmappen-Explorer“ und wählen „Vorhandenes Element hinzufügen...“:



- Wählen Sie die zuvor entpackte .tzip Datei (Beispielprogramm) aus.

### 3.3.1 Beispielprogramm 1 und 2 (Offset/Gain)

Download TwinCAT 3 Projekt:

<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el3751/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;
    END_IF
END_IF

```

```

    bScaleOffsetDone := bScaleOffsetStart := FALSE;
    bScaleGainDone   := bScaleGainStart   := FALSE;
END_IF

```

### 3.3.1.1 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

```

### 3.3.2 Beispielprogramm 3 (LookUp-Tabelle schreiben)

Download TwinCAT 3 Projekt: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el3751/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
```

### 3.3.3 Beispielprogramm 4 (LookUp-Tabelle erzeugen)

Download TwinCAT 3 Projekt: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el3751/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

```

### 3.3.4 Beispielprogramm 5 (Filterkoeffizienten schreiben)

Download TwinCAT 3 Projekt: <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el3751/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<sub>dez</sub>)

#### 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

```

### 3.3.5 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  $\mu$ s Wandlungszeit, vgl. [Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen \[► 263\]](#), 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  $\mu$ s). Werden nun die beiden Messdatenströme in der Steuerung abwechseln zusammengesetzt, d.h. „verschränkt“, ergibt sich ein netto Messdatenstrom von 20 kSps.

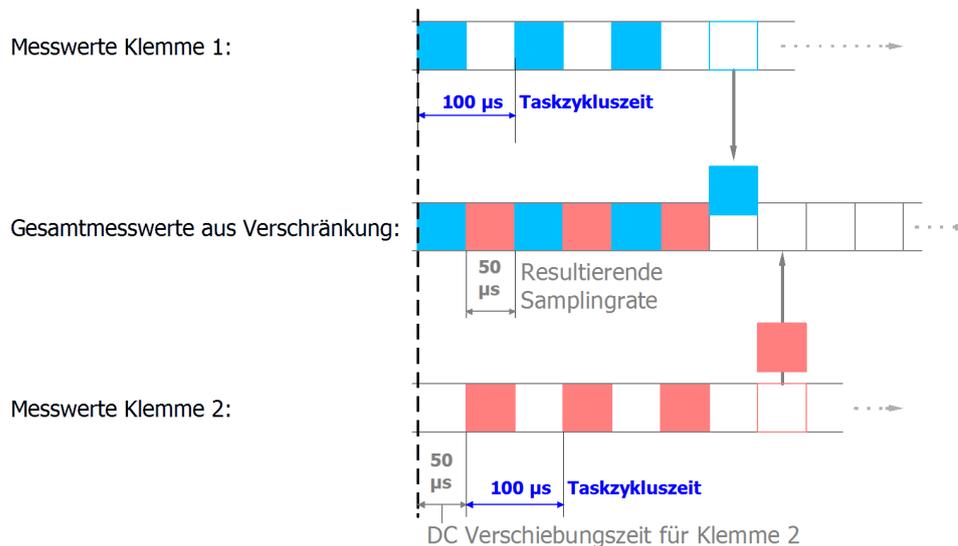


Abb. 50: Vorgang der Verschränkung der Eingangsdaten

Hierfür wird folgender Aufbau verwendet:

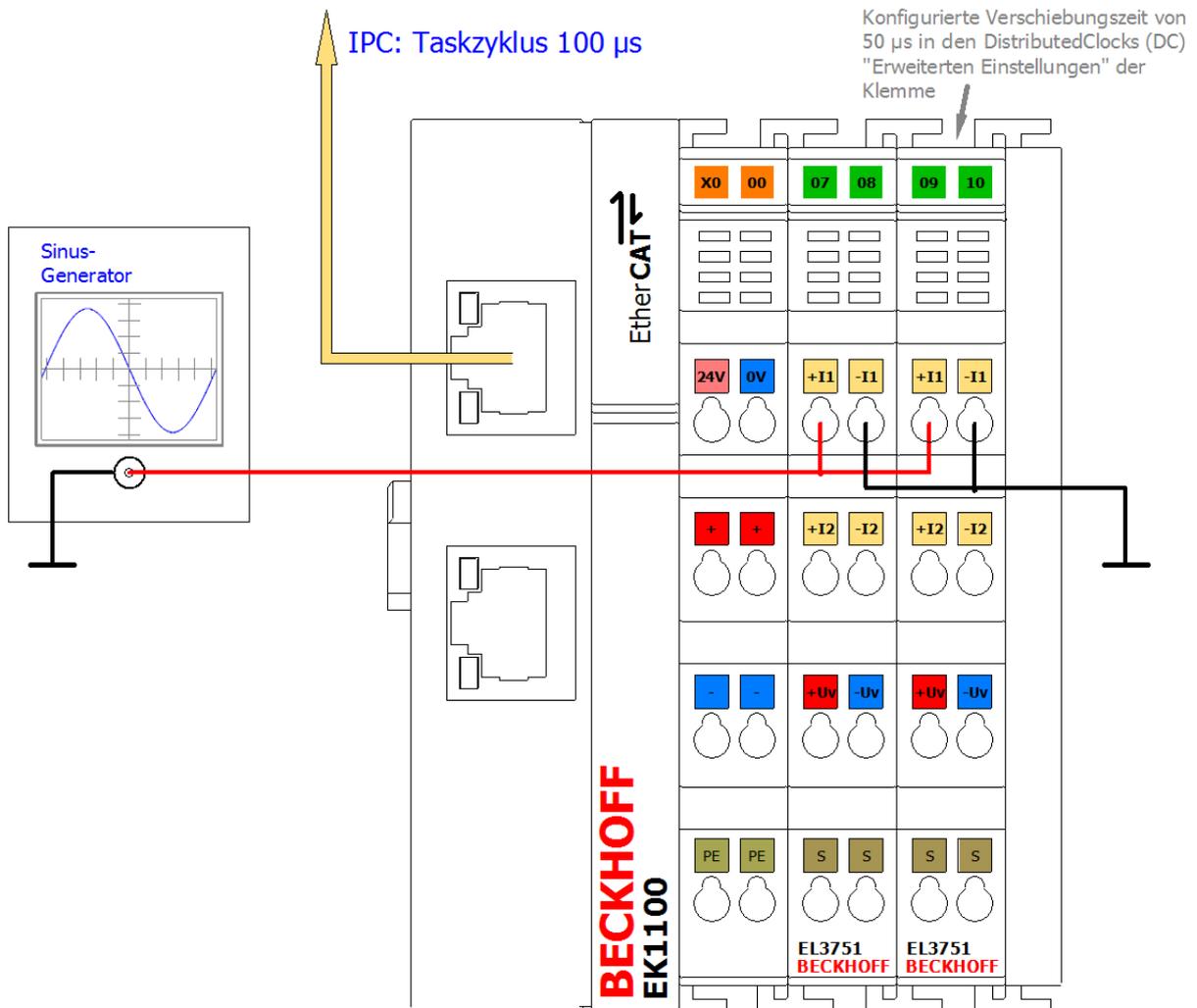


Abb. 51: Konfiguration und Aufbau zum Beispielprogramm 6: Verdopplung der Samplingrate mit 2 x EL3751

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:

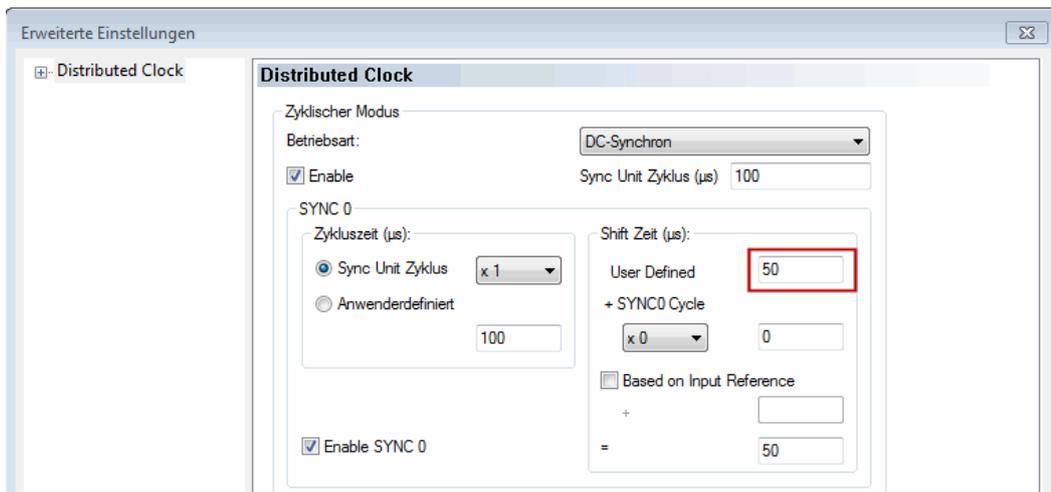


Abb. 52: Einstellung der DC-Verschiebungszeit für Klemme 2

## 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  $\mu$ s.
- 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 (Alias-frei) 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 zusammengeschalteten 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/el3751/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  $\mu$ s 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  $\mu$ s added shift time
  aCollectedResult :ARRAY[0..1] OF DINT;
END_VAR
```

## Ausführungsteil:

```
// Example program 6a:
// 100  $\mu$ s 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:

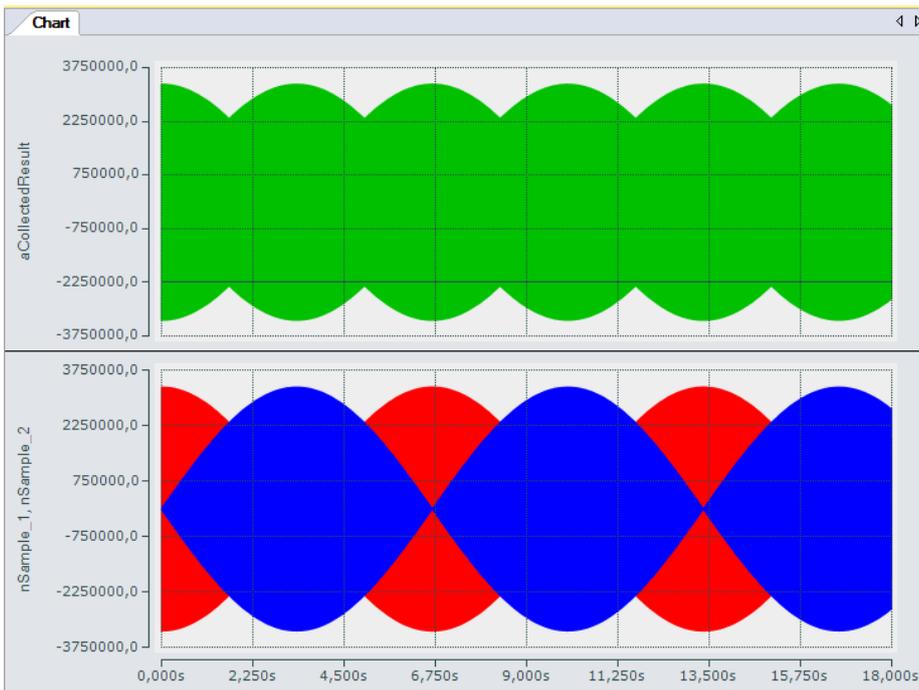


Abb. 53: Oversampling 20 KSps mit 2 x EL3751 mit Eingangssignalen (unten) und Ergebnissignal (oben)

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:

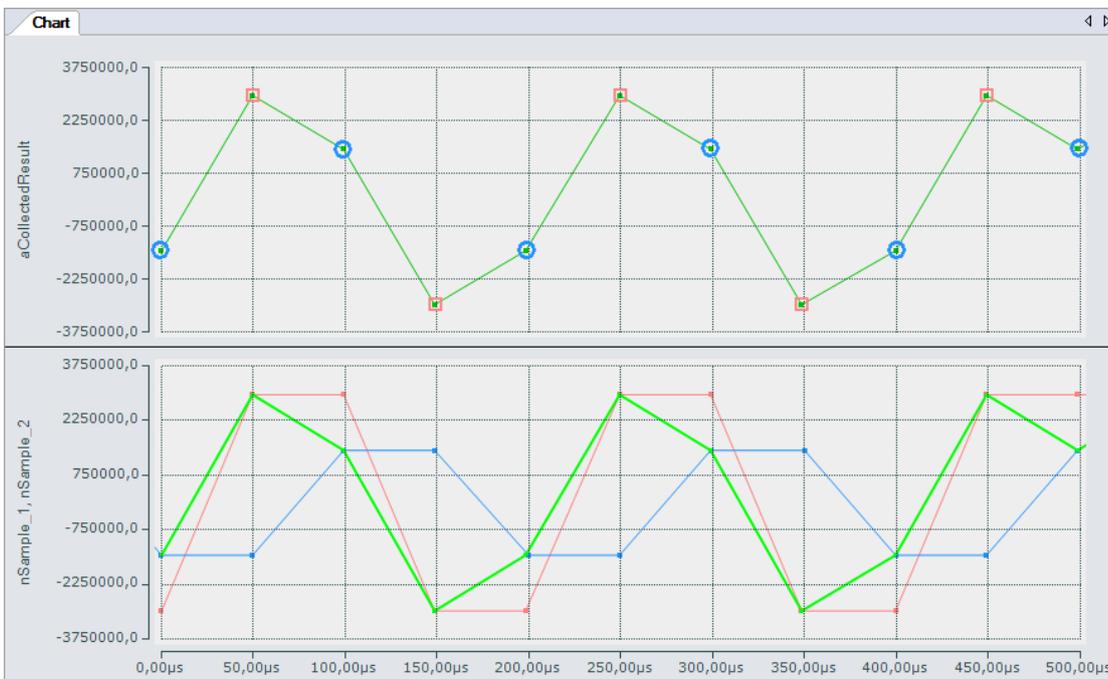


Abb. 54: Oversampling 20 KSps mit 2 x EL3751 zeigt abwechselnd den Eingangswert 1 und Eingangswert 2 für je einen Ergebniswert

Unter bestimmten Voraussetzungen können zudem in einer entsprechend schnellen Task beide Eingänge auf eine einzelne Variable zusammengefasst werden. Das Beispielprogramm enthält hierfür noch eine zusätzliche Task mit 50  $\mu$ s 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  $\mu$ s 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  $\mu$ s Task ausgelesen, um die einzelnen Werte im 50  $\mu$ s 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 Beispielprogramm 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  $\mu$ s added shift time
  aCollectedResult :ARRAY[0..19] OF DINT;
// =====
  nPos            :BYTE;
END_VAR
```

### 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/el3751/Resources/4867891467.zip>

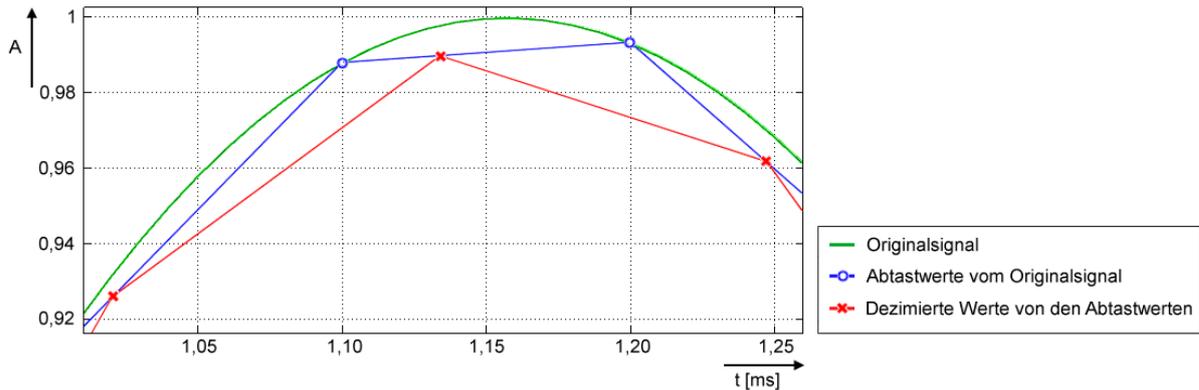
Das Beispielprogramm 6b liefert das gleiche Ergebnis, nur liegt hier das Gesamteingangssignal lediglich in Form einer Feldvariablen mit 20 Elementen vor.

## 3.3.6 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  $f_{\text{Ziel}} < f_{\max}$  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](http://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
...

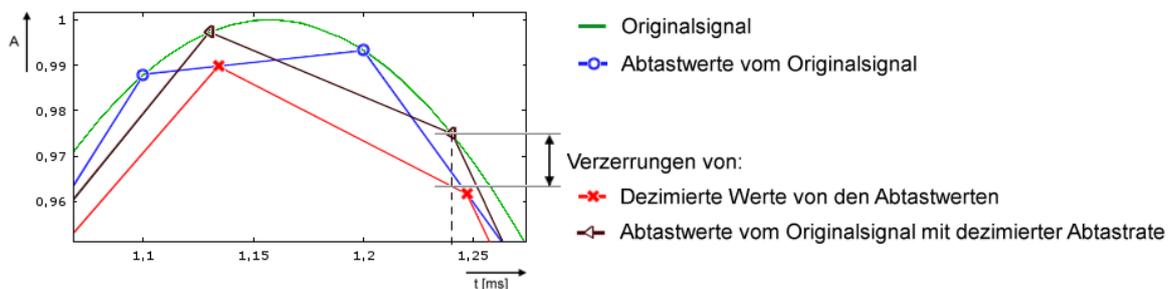
```

Diese Zeile kann selbstverständlich für weitere Anpassungen auskommentiert werden:

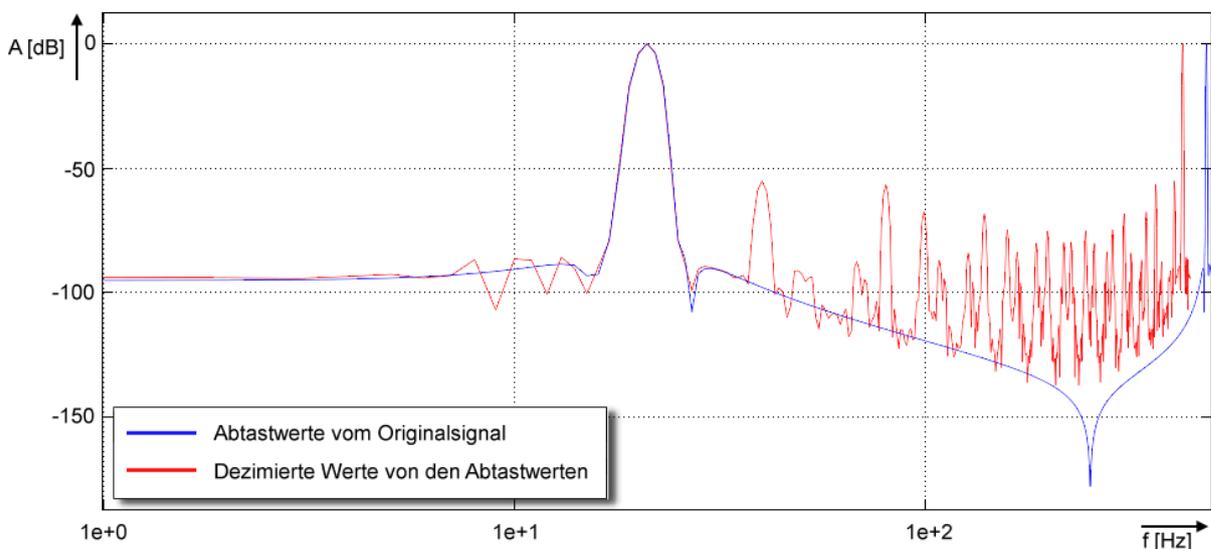
```
//bEnable := FALSE;// Stop after 1s just for recording
```

**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](http://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:

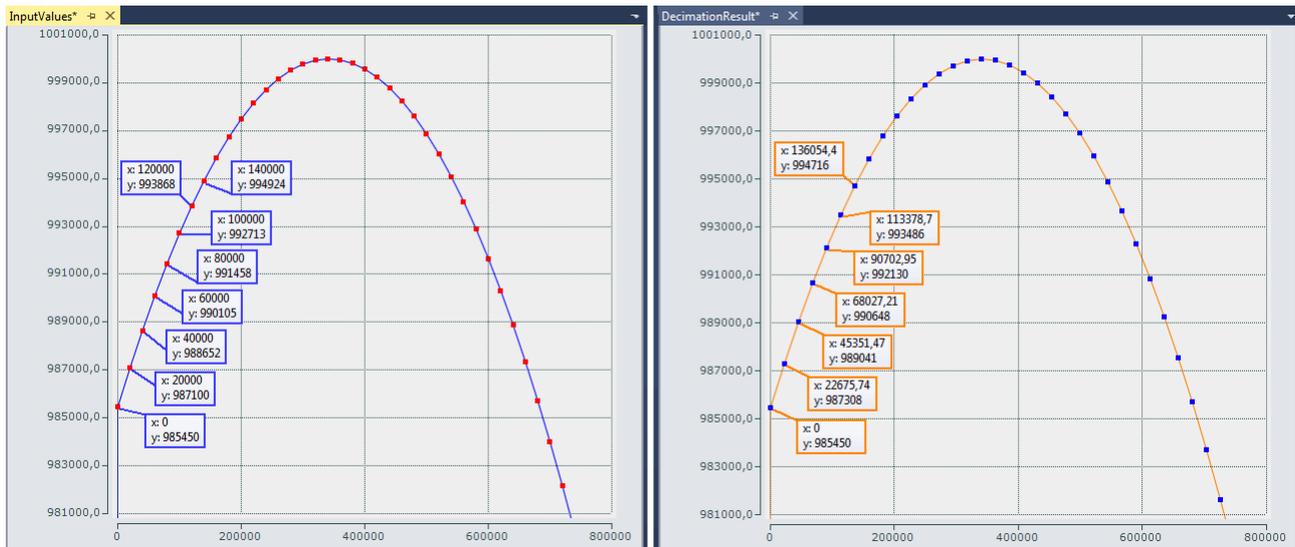


Abb. 55: Dezimierung von 20 µs (links) auf 22,675.. µs (rechts) mit ELM3602

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/el3751/Resources/5090848011.zip>
- Konfiguration: IPC + EK1100 + **ELM3602-0002** + EL9011:  
<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el3751/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

```

### 3.3.7 Beispielprogramm 8 (FB zur Echtzeit Diagnose)

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:

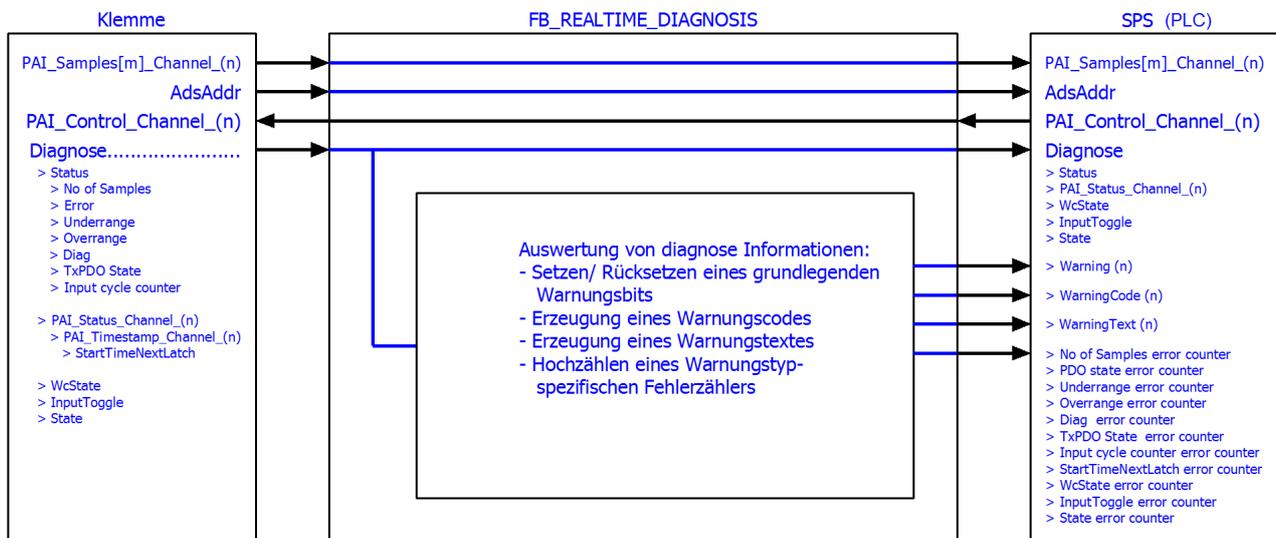
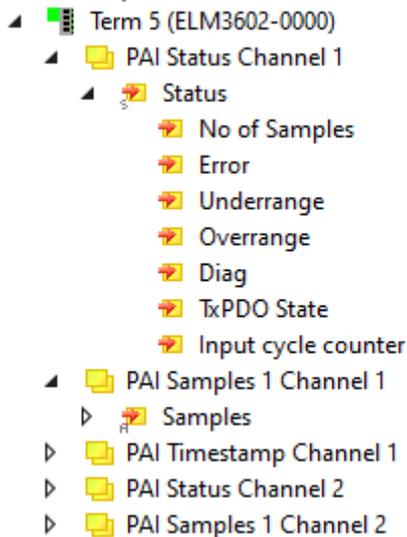


Abb. 56: Funktionsblock als Beispiel zur Auswertung von Diagnoseinformationen der Klemme

#### 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/el3751/Resources/7161530379.zip>
- Beispielprogramm (Variante B – Verwendung des „Create SM/PDO Variables“ in den erweiterten Einstellungen der Klemme): <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el3751/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):

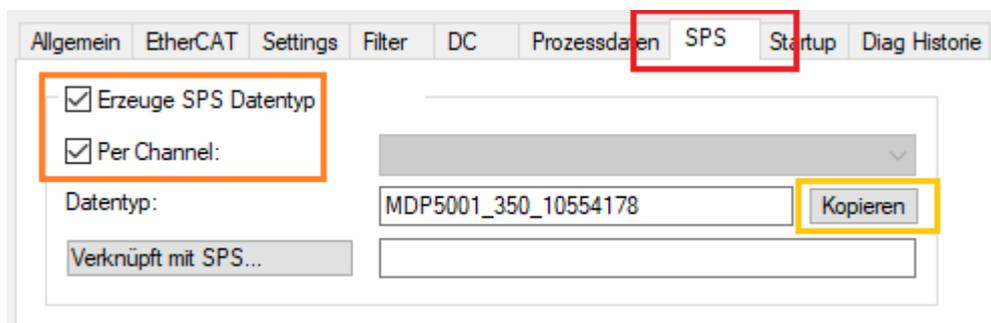


Abb. 57: Erstellung der PDO Variablen (TwinCAT-Version >= V3.1.4024.0)

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:

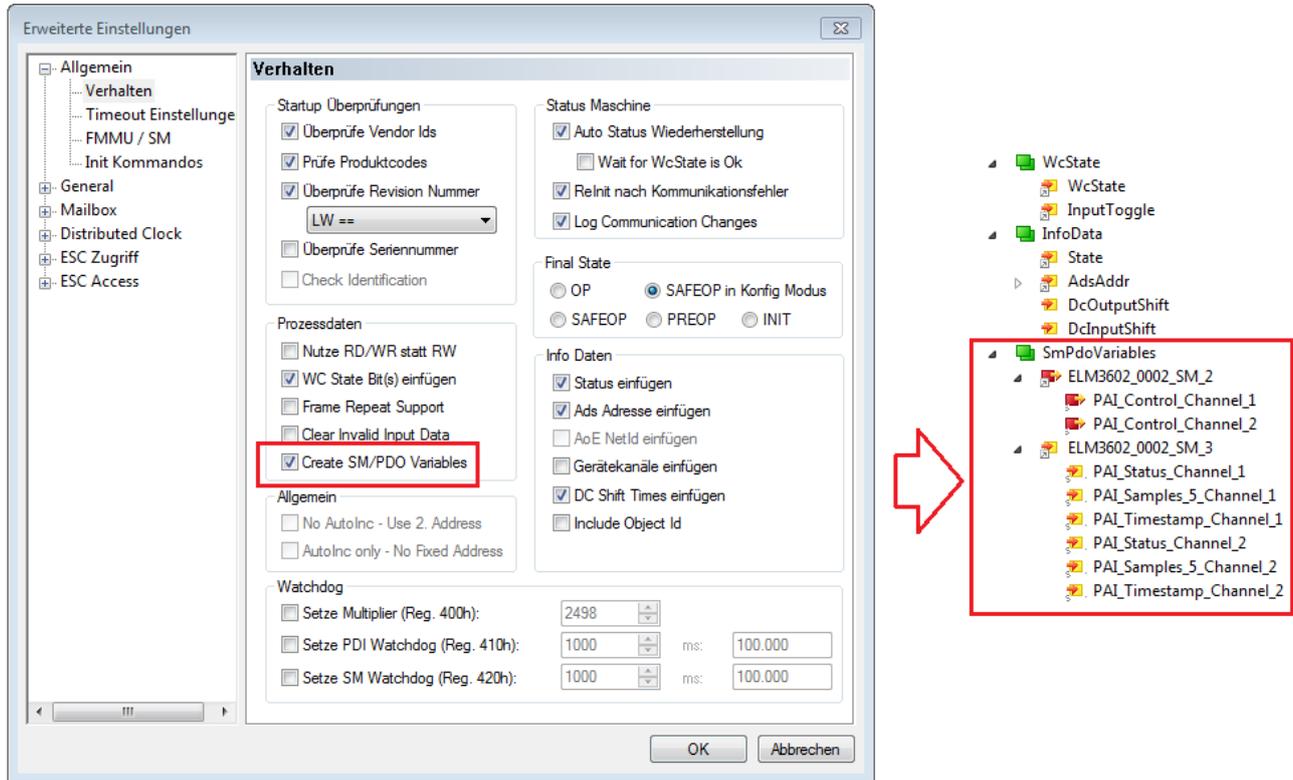


Abb. 58: Erstellung der SmPdoVariables (TwinCAT-Version >= V3.1.4022.30)

Der Datentyp wird durch Auswahl des PDO sichtbar und kann dort in die Zwischenablage kopiert werden:

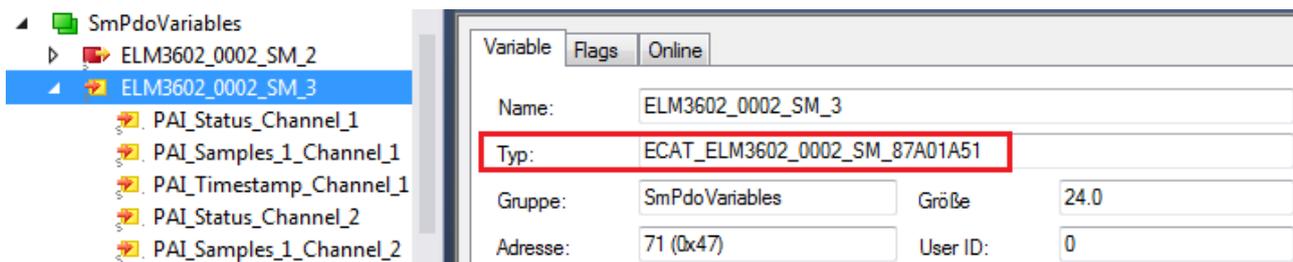


Abb. 59: Ermitteln des generierten Datentyps von SmPdoVariables

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“.

### 3.3.8 Beispielprogramm 9 (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/el3751/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. 60: 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 EL3751 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.

## 5 Inbetriebnahme am EtherCAT Master

### 5.1 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.

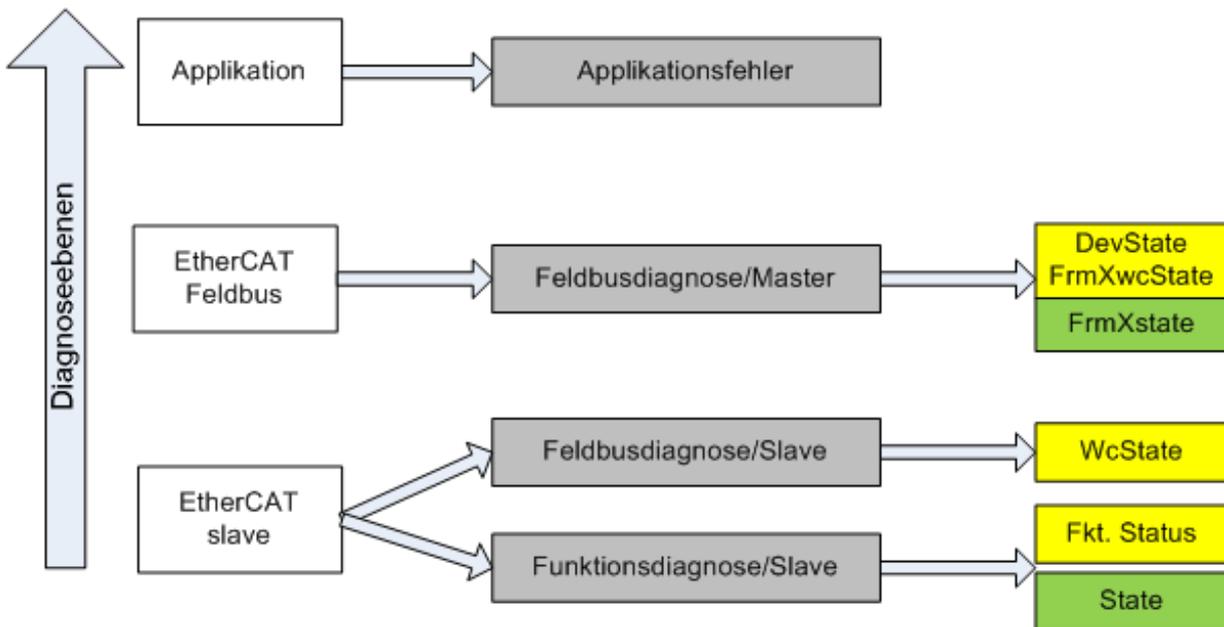


Abb. 61: Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slaves

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.

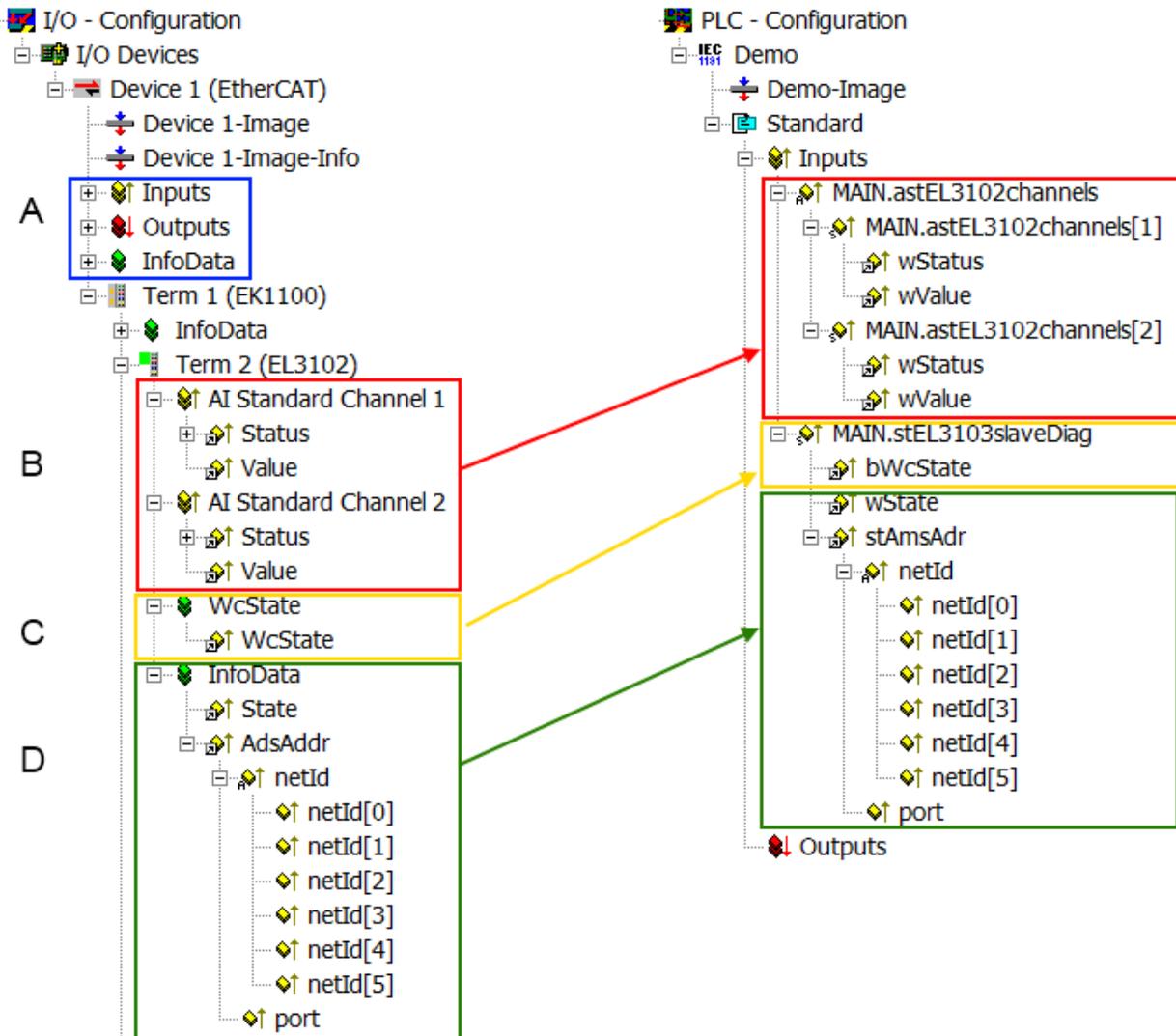


Abb. 62: Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC

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"> <li>• CoE im Master zur Kommunikation mit/über die Slaves</li> </ul>

Kennzeichen	Funktion	Ausprägung	Anwendung/Auswertung
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionen aus <i>TcEtherCAT.lib</i></li> <li>• OnlineScan durchführen</li> </ul>
B	Im gewählten Beispiel (EL3102) umfasst die EL3102 zwei analoge Eingangskanäle, die einen eigenen Funktionsstatus zyklusaktuell übermitteln.	Status <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bitdeutungen sind der Gerätedokumentation zu entnehmen</li> <li>• andere Geräte können mehr oder keine slave-typischen Angaben liefern</li> </ul>	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"> <li>1. am EtherCAT-Slave als auch inhaltsidentisch</li> <li>2. als Sammelvariable am EtherCAT-Master (siehe Punkt A)</li> </ol> zur Verlinkung bereitgestellt.	WcState (Working Counter) 0: gültige Echtzeitkommunikation im letzten Zyklus 1: ungültige Echtzeitkommunikation ggf. Auswirkung auf die Prozessdaten anderer Slaves, die in der gleichen SyncUnit liegen	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"> <li>• nur selten/nie verändert werden, außer beim Systemstart</li> <li>• selbst auf azyklischem Weg ermittelt werden (z.B. EtherCAT-Status)</li> </ul>	State aktueller Status (INIT..OP) des Slaves. Im normalen Betriebszustand muss der Slave im OP (=8) sein. <i>AdsAddr</i> 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.	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*:

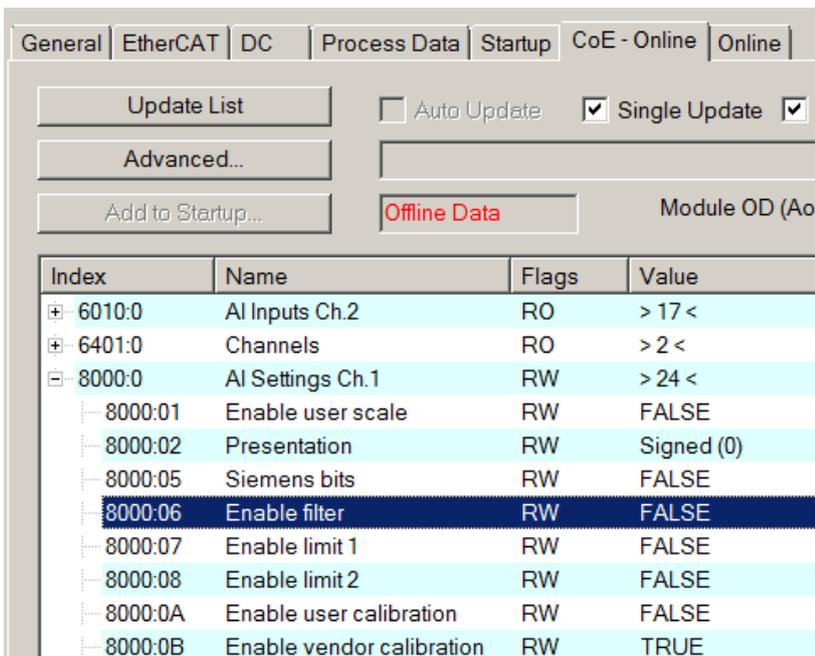


Abb. 63: EL3102, CoE-Verzeichnis

### **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.

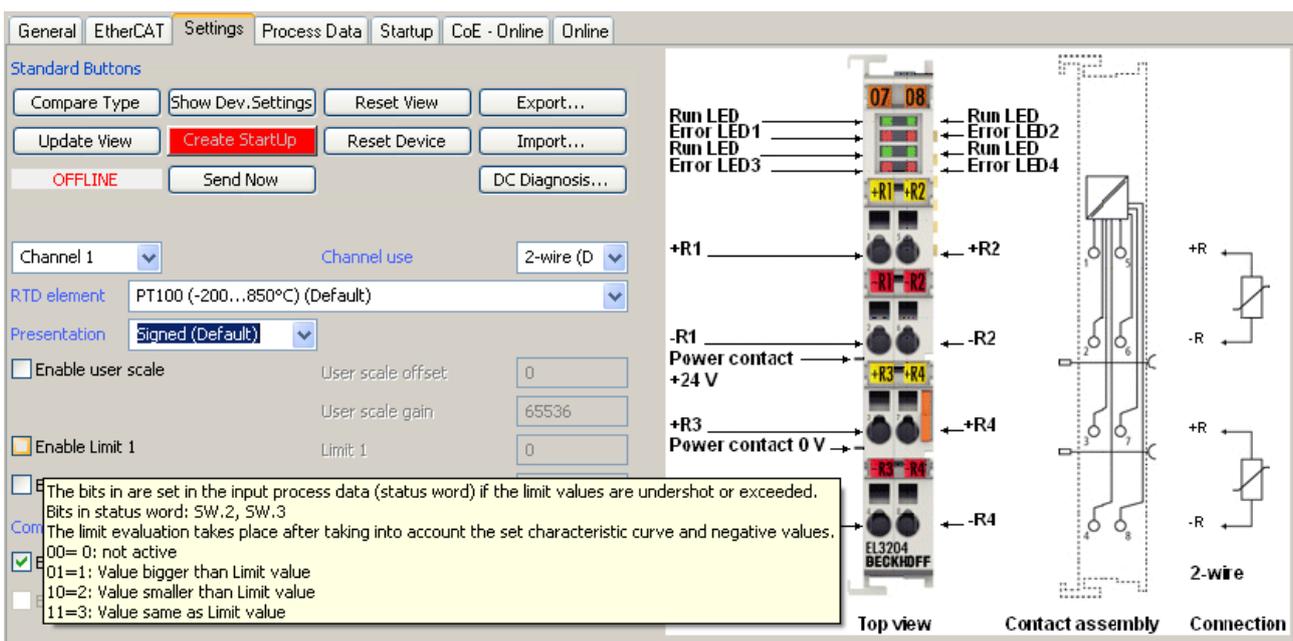


Abb. 64: Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204

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 \[► 210\]](#)". 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.

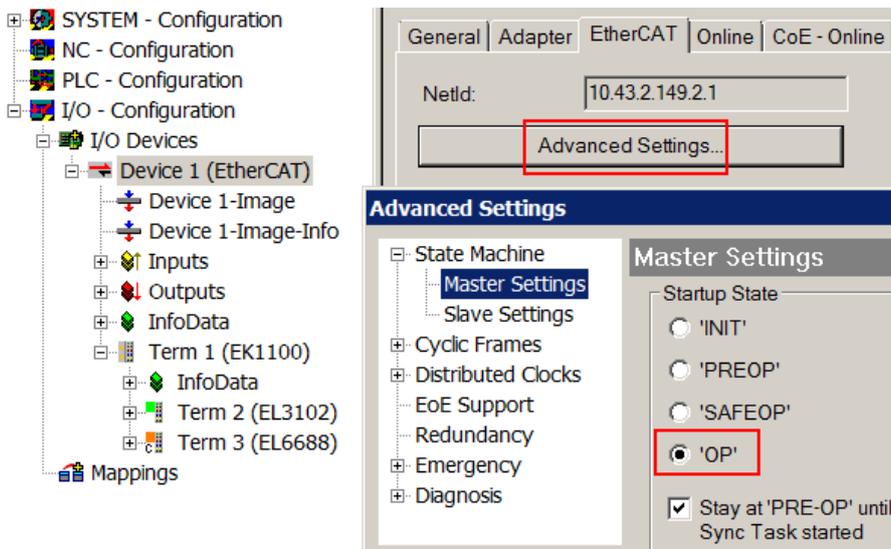


Abb. 65: Default Verhalten System Manager

Zusätzlich kann im Dialog „Erweiterte Einstellung“ beim jeweiligen Slave der Zielzustand eingestellt werden, auch dieser ist standardmäßig OP.

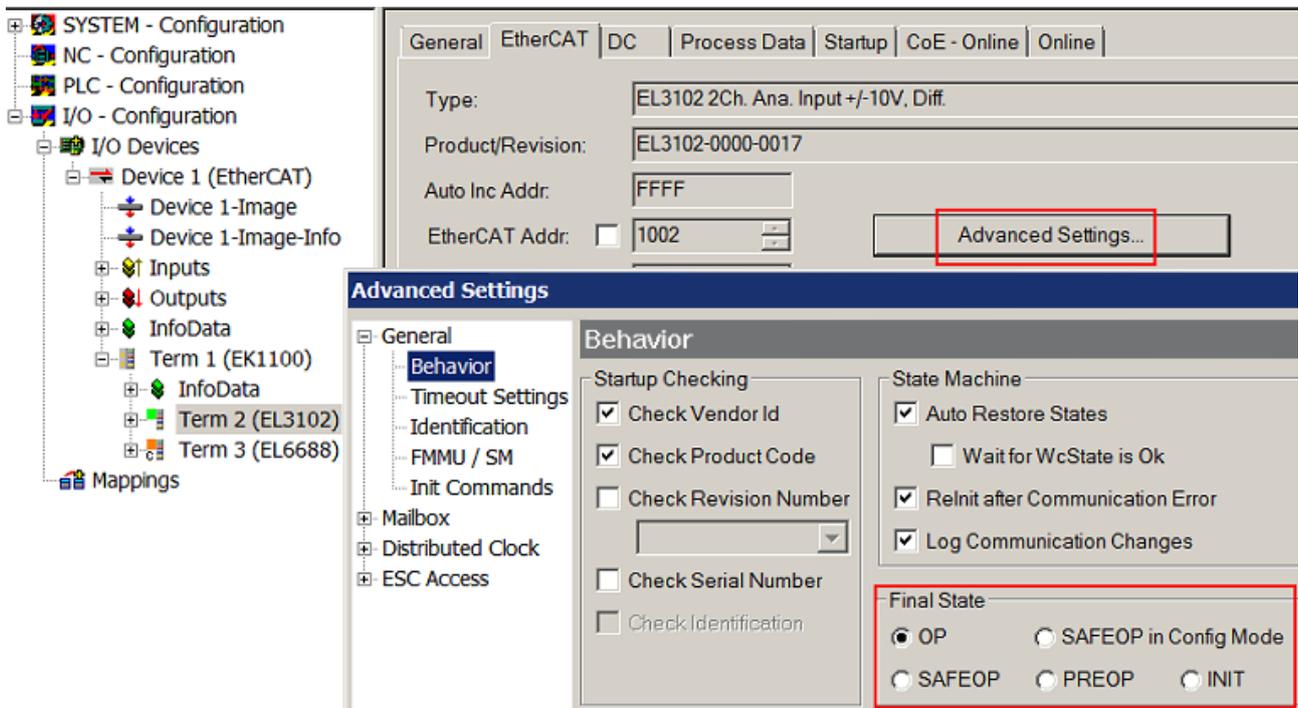


Abb. 66: Default Zielzustand im Slave

**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.

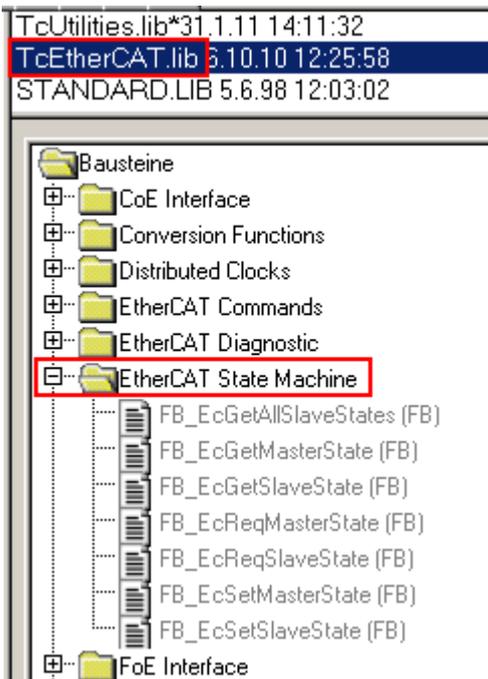


Abb. 67: PLC-Bausteine

**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. 68: 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:

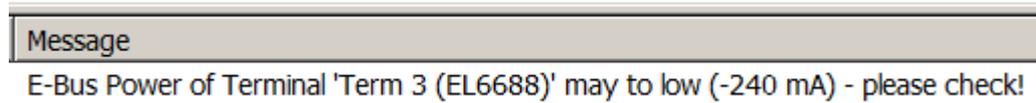


Abb. 69: Warnmeldung E-Bus-Überschreitung

### HINWEIS

#### **Fehlfunktion möglich!**

Die E-Bus-Versorgung aller EtherCAT-Klemmen eines Klemmenblocks muss aus demselben Massepotential erfolgen!

## 5.2 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:

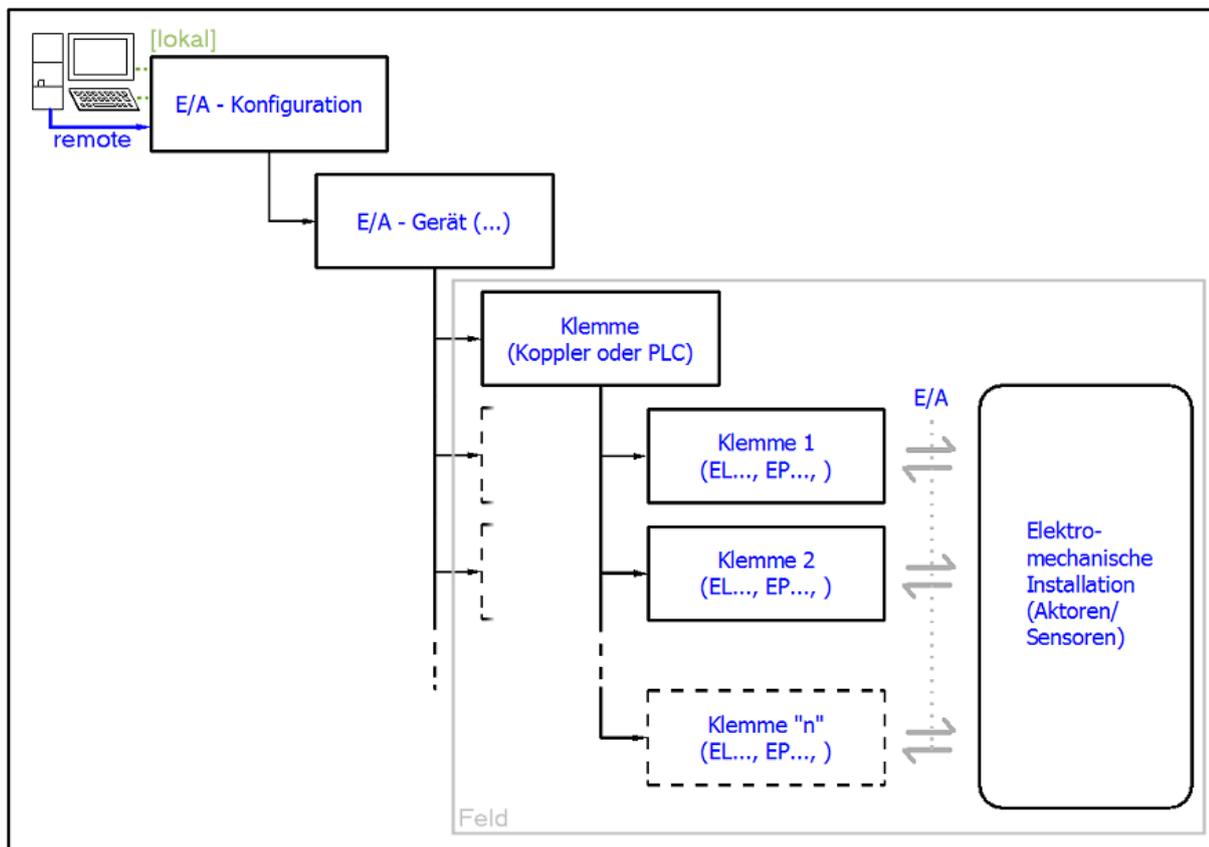


Abb. 70: Bezug von der Anwender Seite (Inbetriebnahme) zur Installation

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<sub>DC</sub>)
- 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<sub>DC</sub>; 0,5 A)
- (Optional über X000: ein Link zu einen externen PC für die Benutzeroberfläche)

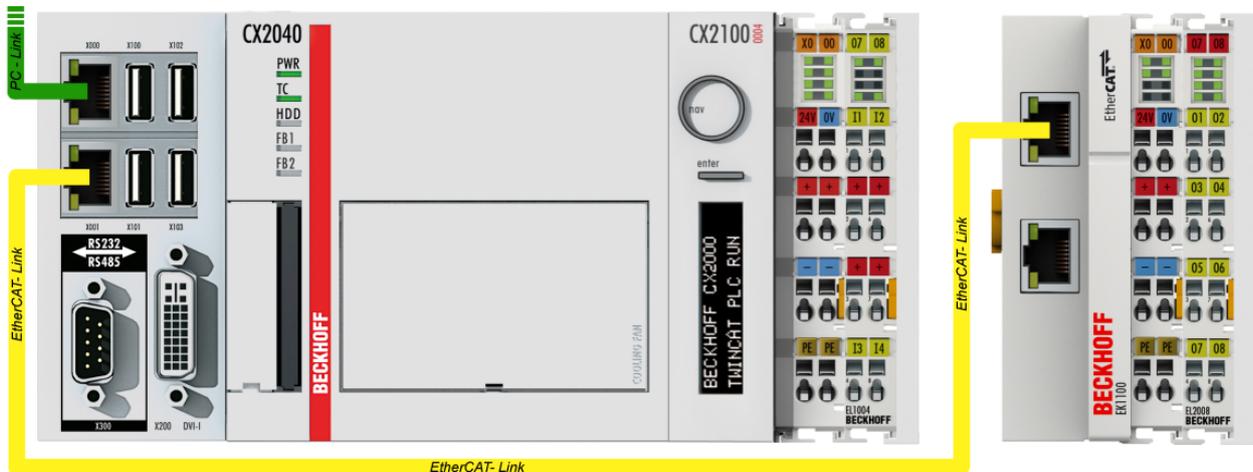


Abb. 71: Aufbau der Steuerung mit Embedded-PC, Eingabe (EL1004) und Ausgabe (EL2008)

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.

## 5.2.1 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:

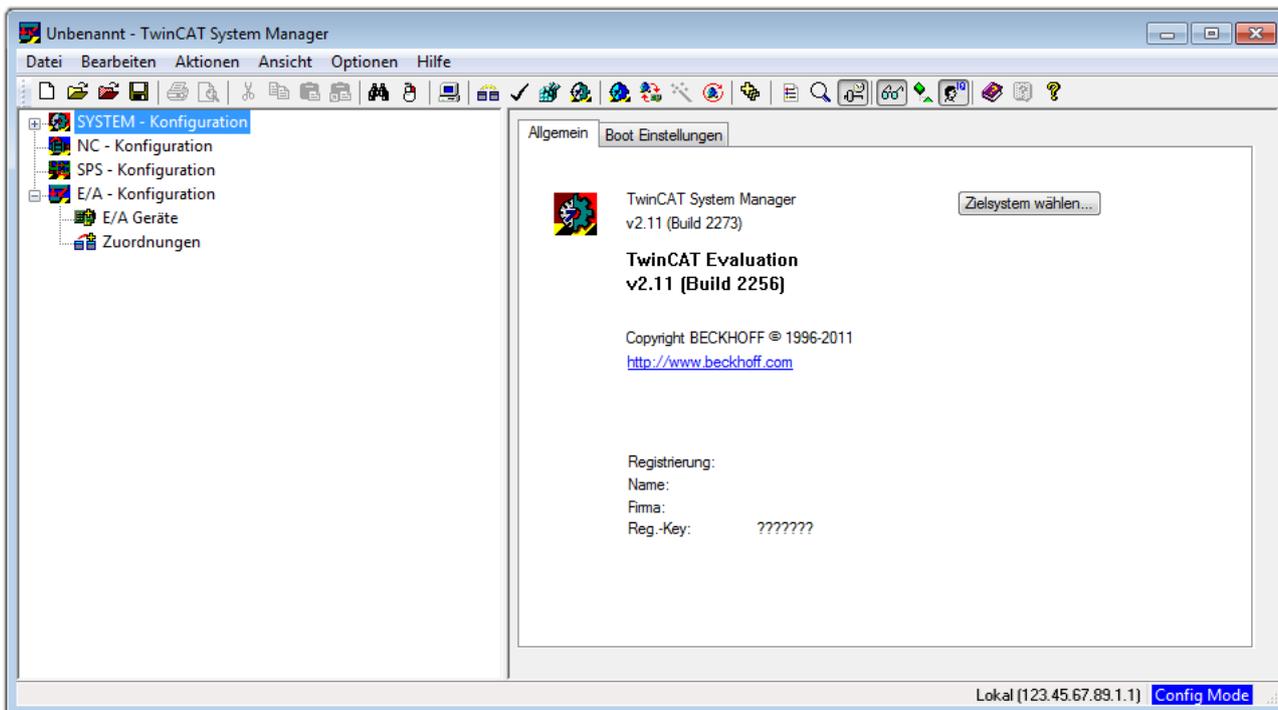


Abb. 72: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 2

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 [► 146]“ 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:

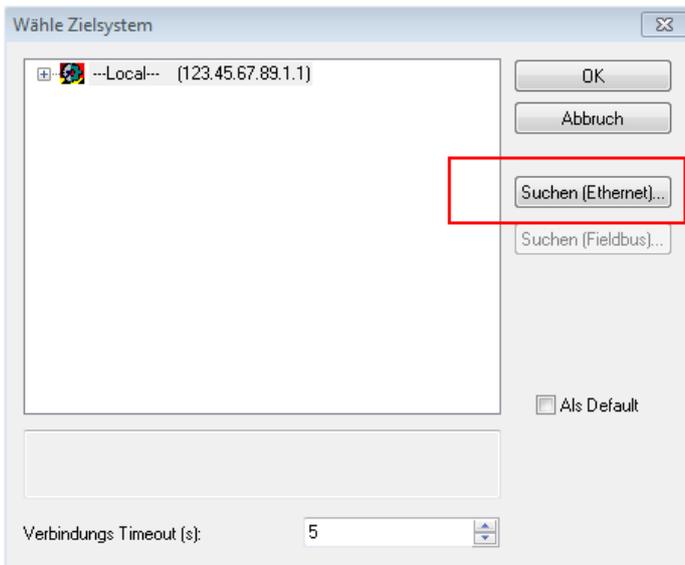


Abb. 73: Wähle Zielsystem

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

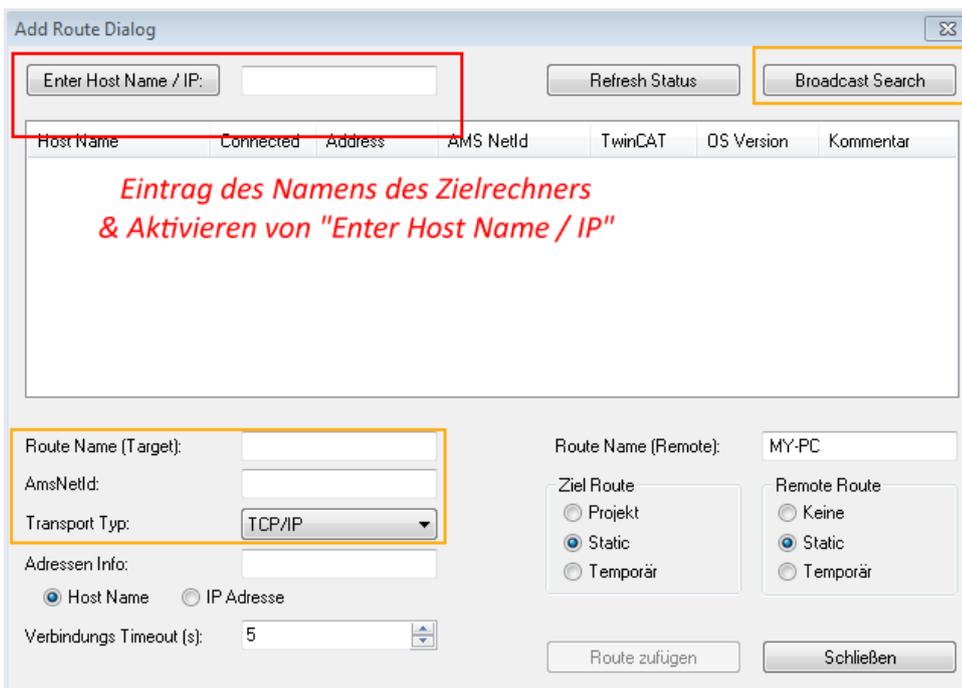
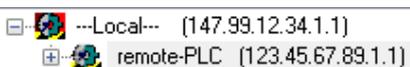


Abb. 74: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

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.

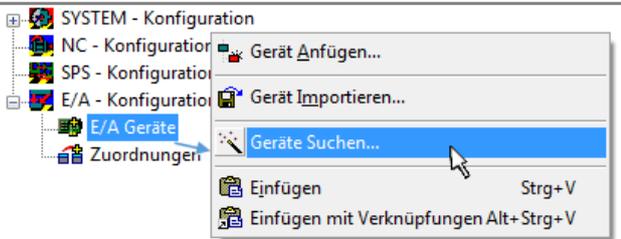


Abb. 75: Auswahl „Gerät Suchen...“

Die darauffolgende Hinweismeldung ist zu bestätigen und in dem Dialog die Geräte „EtherCAT“ zu wählen:

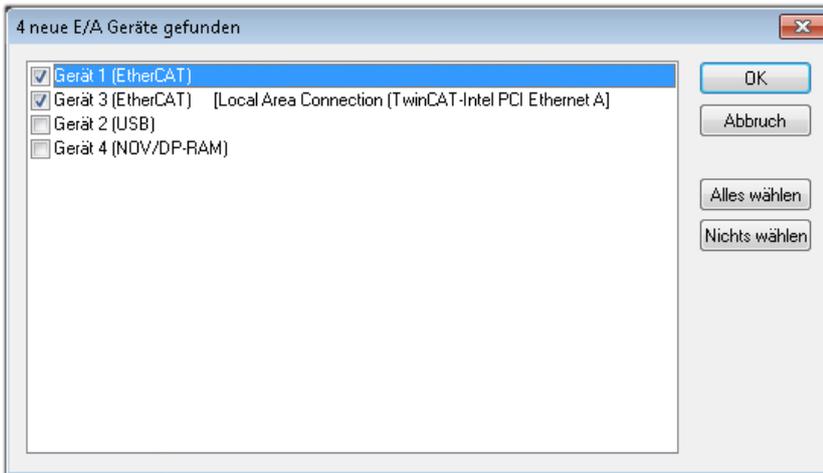


Abb. 76: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

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](#) [► 143] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

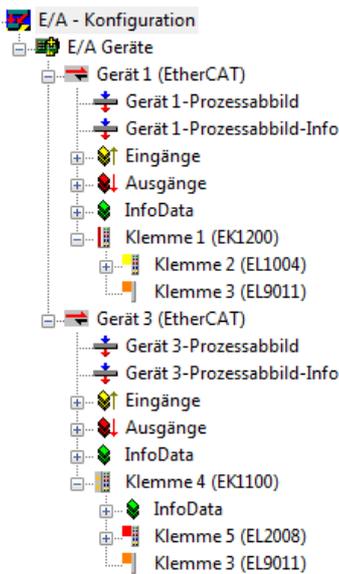


Abb. 77: Abbildung der Konfiguration im TwinCAT 2 System Manager

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 Box-Module, 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:

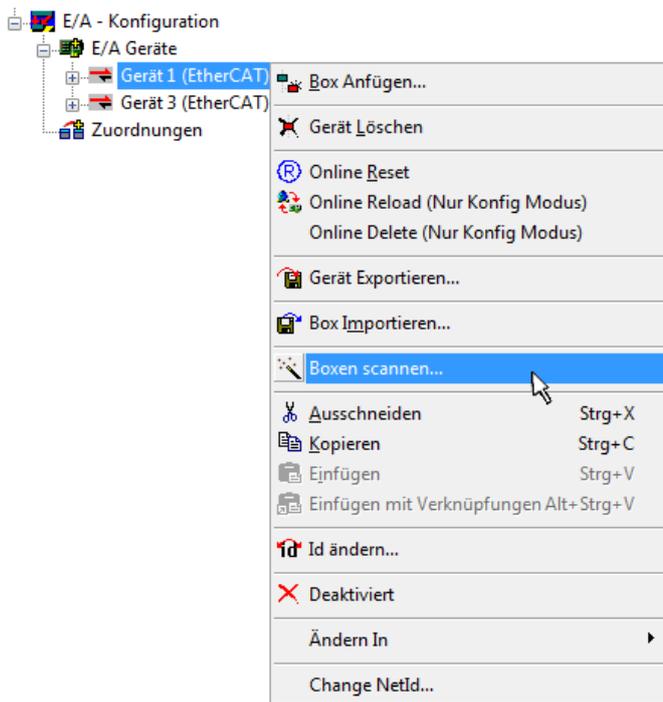


Abb. 78: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

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:

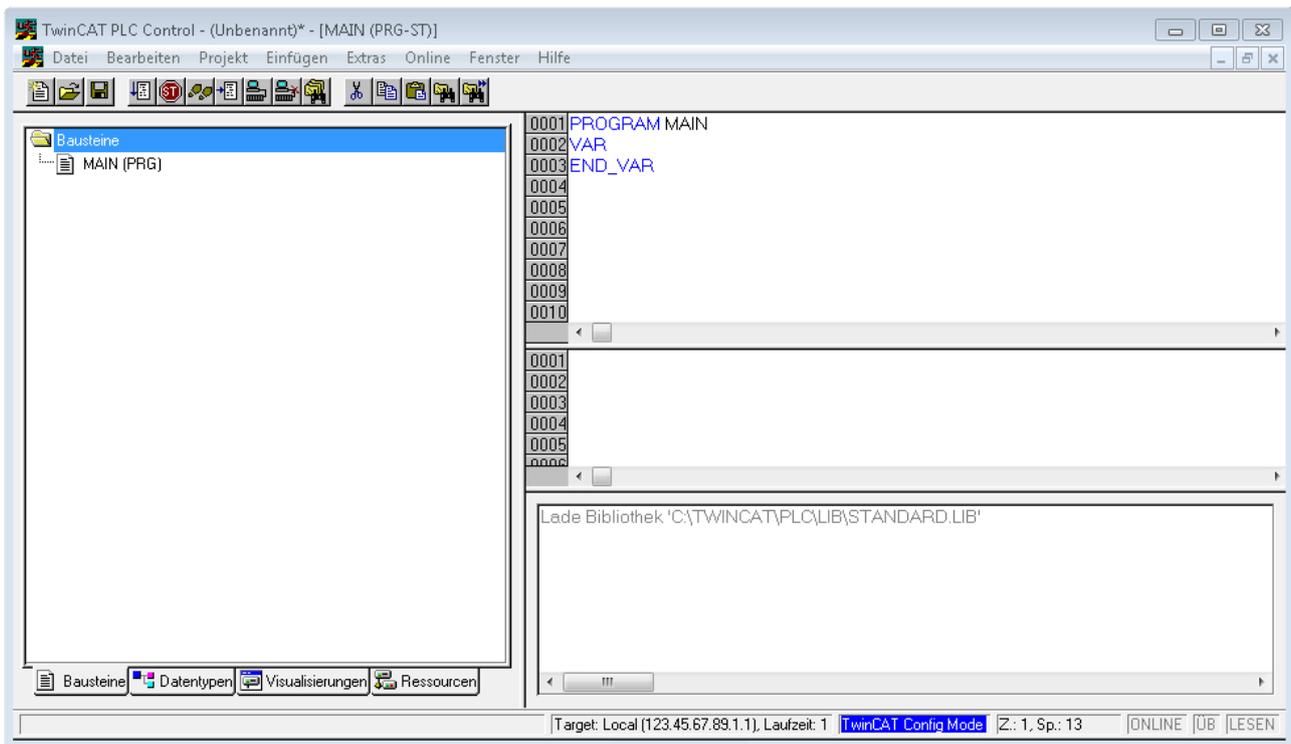


Abb. 79: TwinCAT PLC Control nach dem Start

Nun sind für den weiteren Ablauf Beispielvariablen sowie ein Beispielprogramm erstellt und unter dem Namen „PLC\_example.pro“ gespeichert worden:

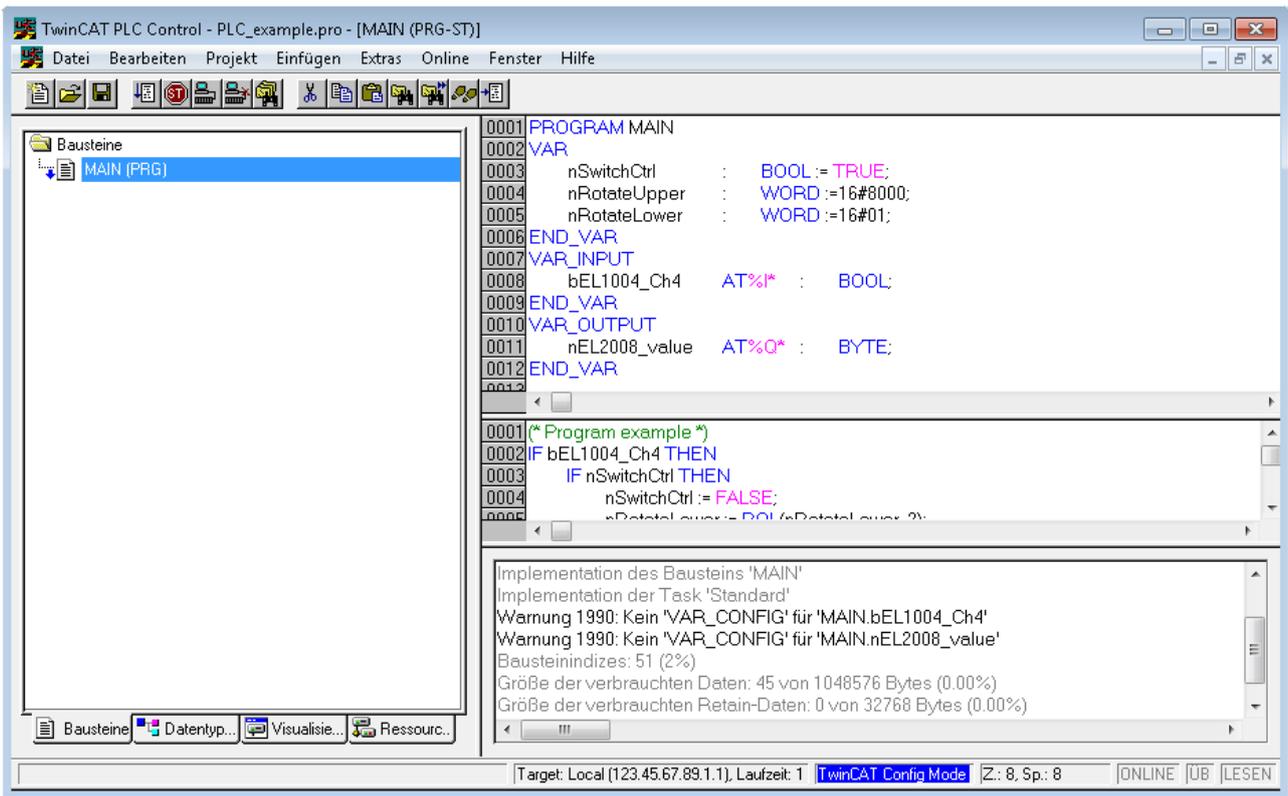


Abb. 80: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

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...“:

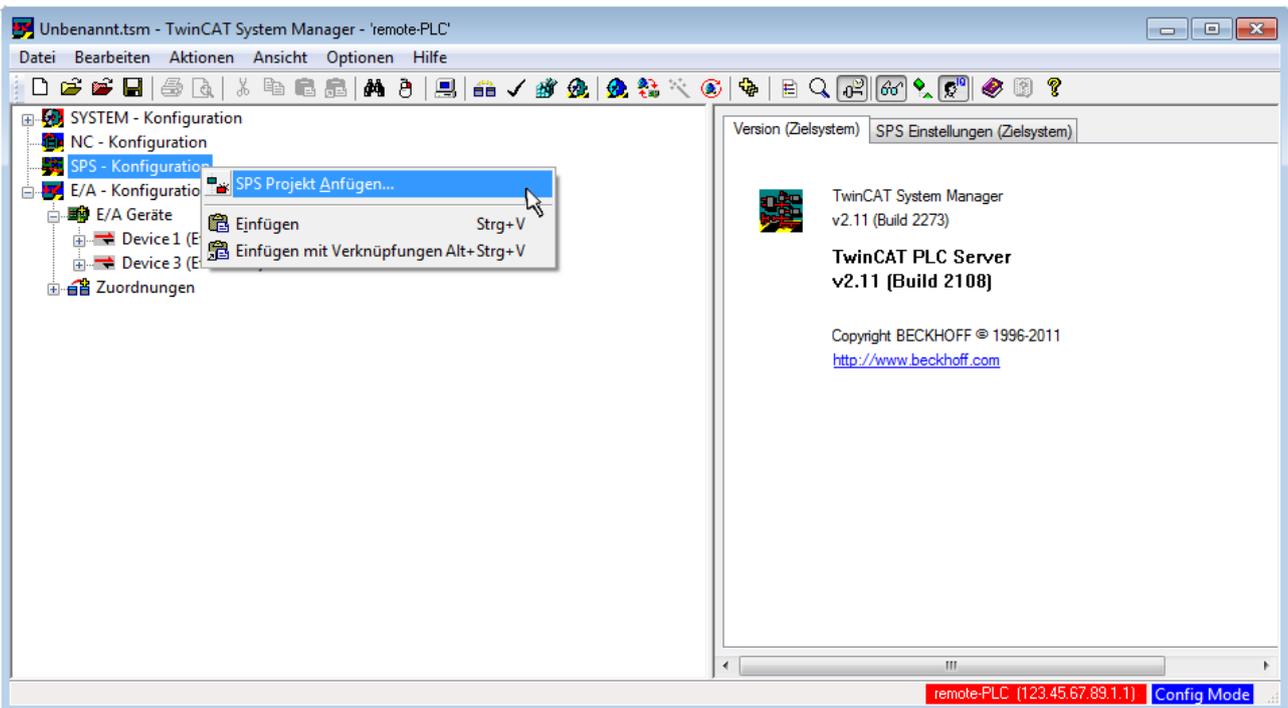


Abb. 81: Hinzufügen des Projektes des TwinCAT PLC Control

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:

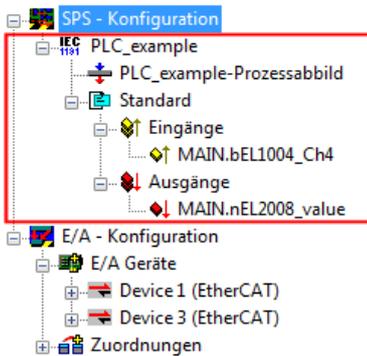


Abb. 82: Eingebundenes PLC-Projekt in der SPS-Konfiguration des System Managers

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:

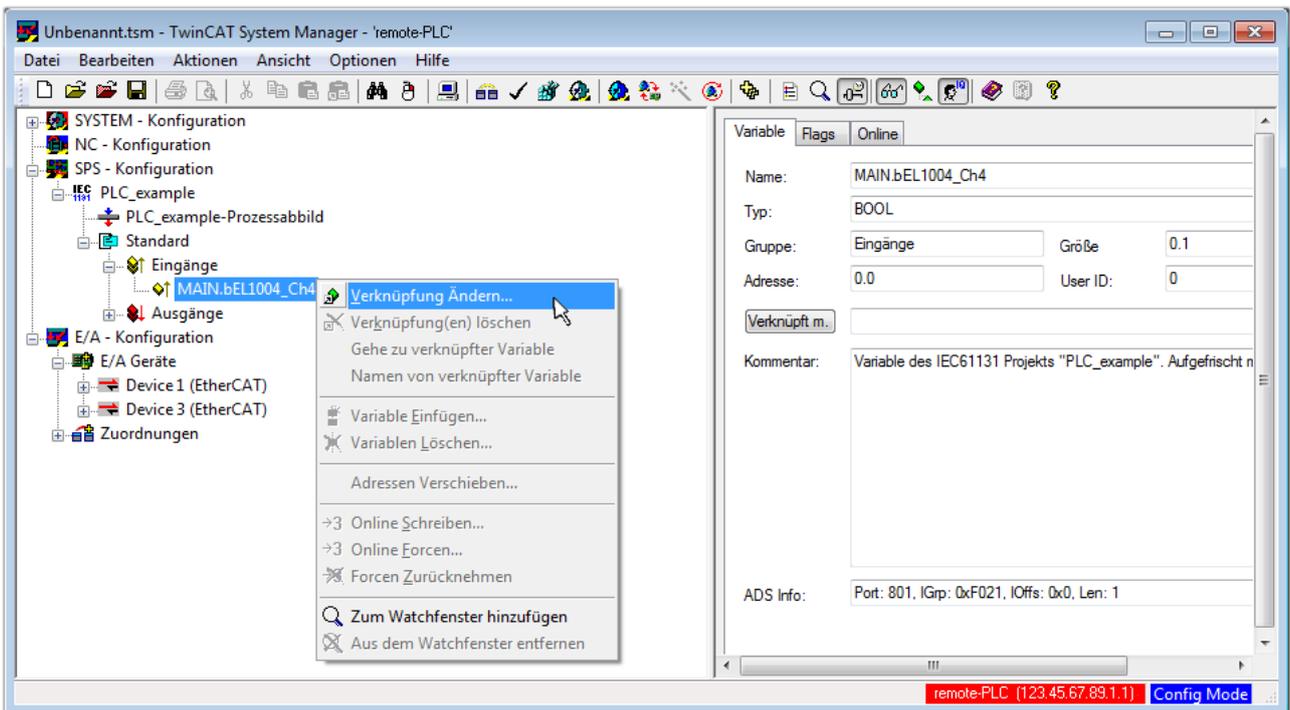


Abb. 83: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

In dem dadurch geöffneten Fenster kann aus dem SPS-Konfigurationsbaum das Prozessobjekt für die Variable „bEL1004\_Ch4“ vom Typ BOOL selektiert werden:

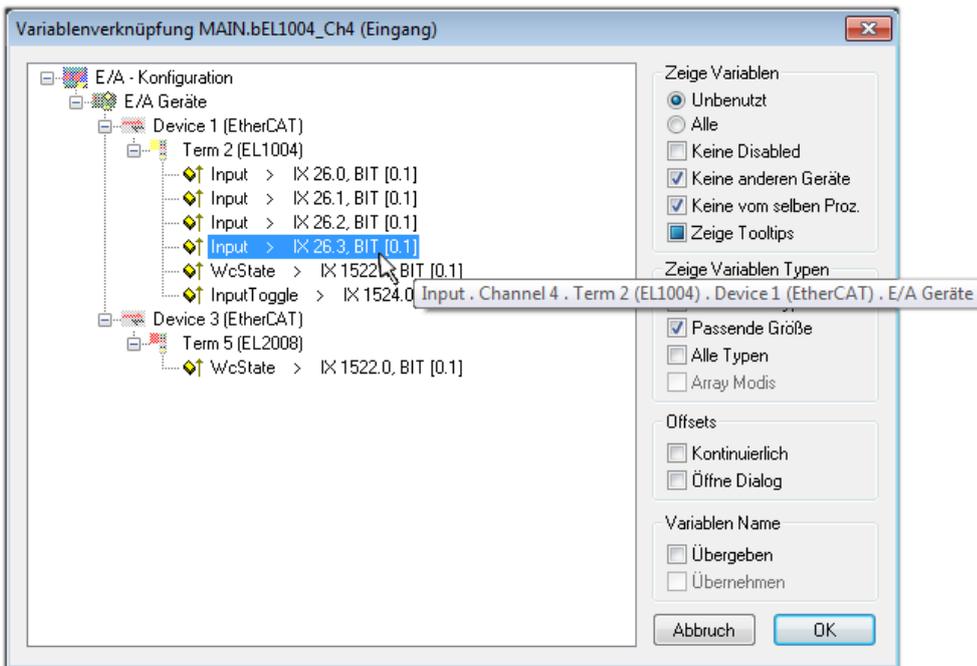


Abb. 84: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

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:

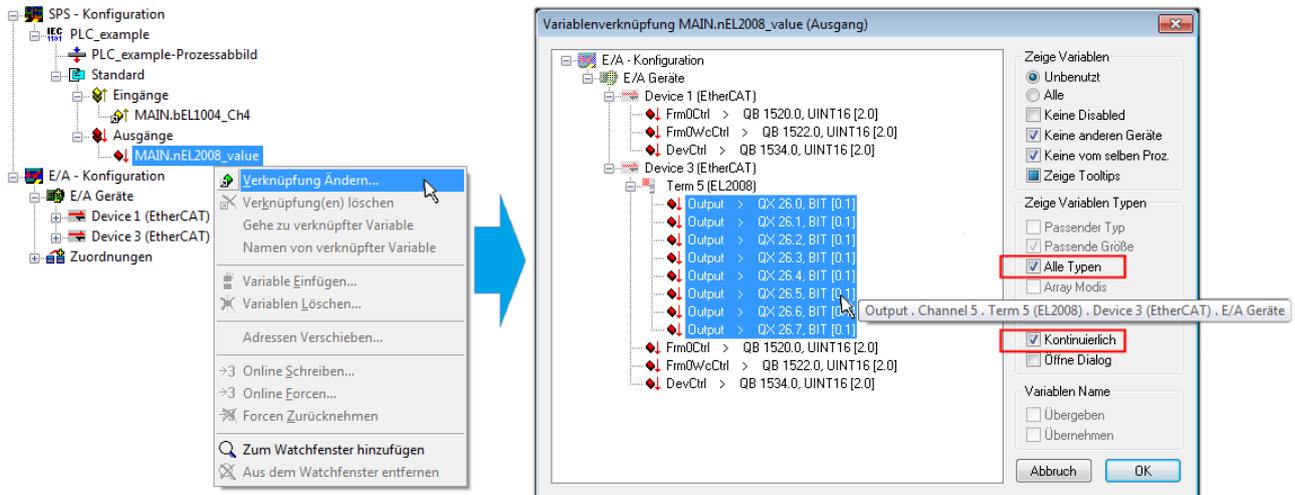


Abb. 85: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

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:

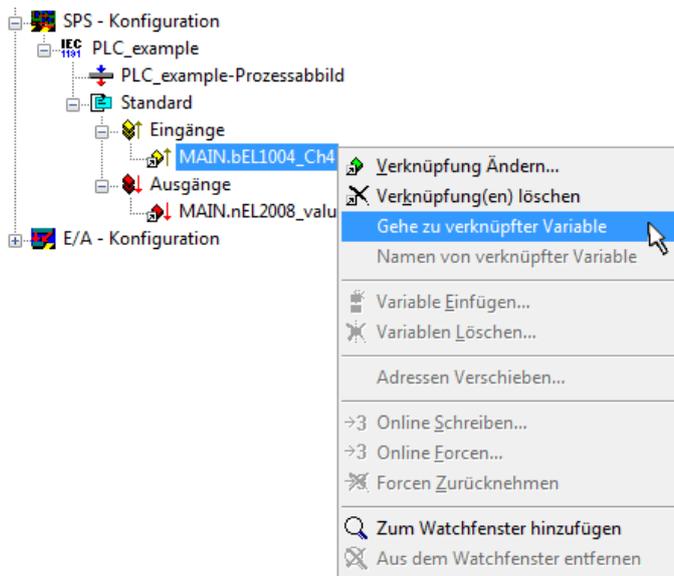


Abb. 86: Anwendung von „Goto Link Variable“ am Beispiel von „MAIN.bEL1004\_Ch4“

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:

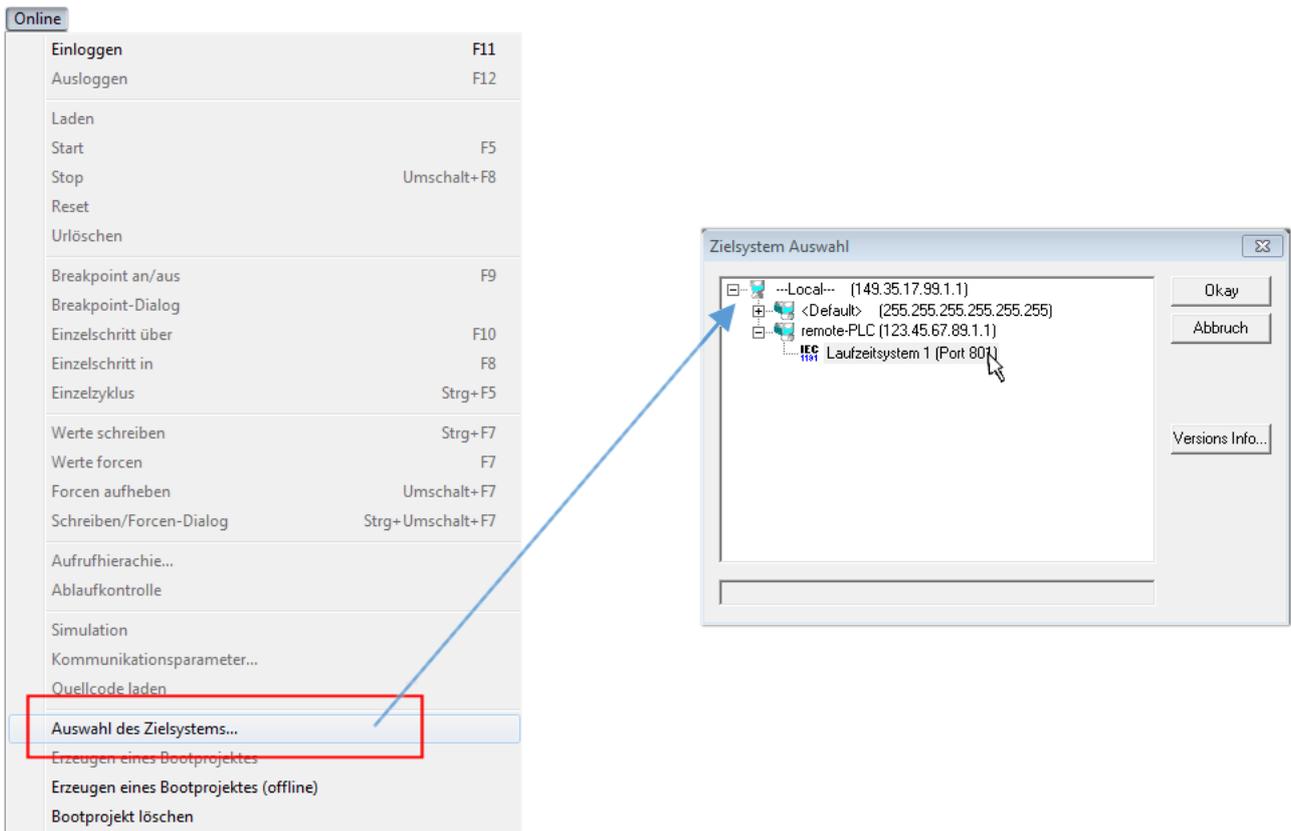


Abb. 87: Auswahl des Zielsystems (remote)

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:

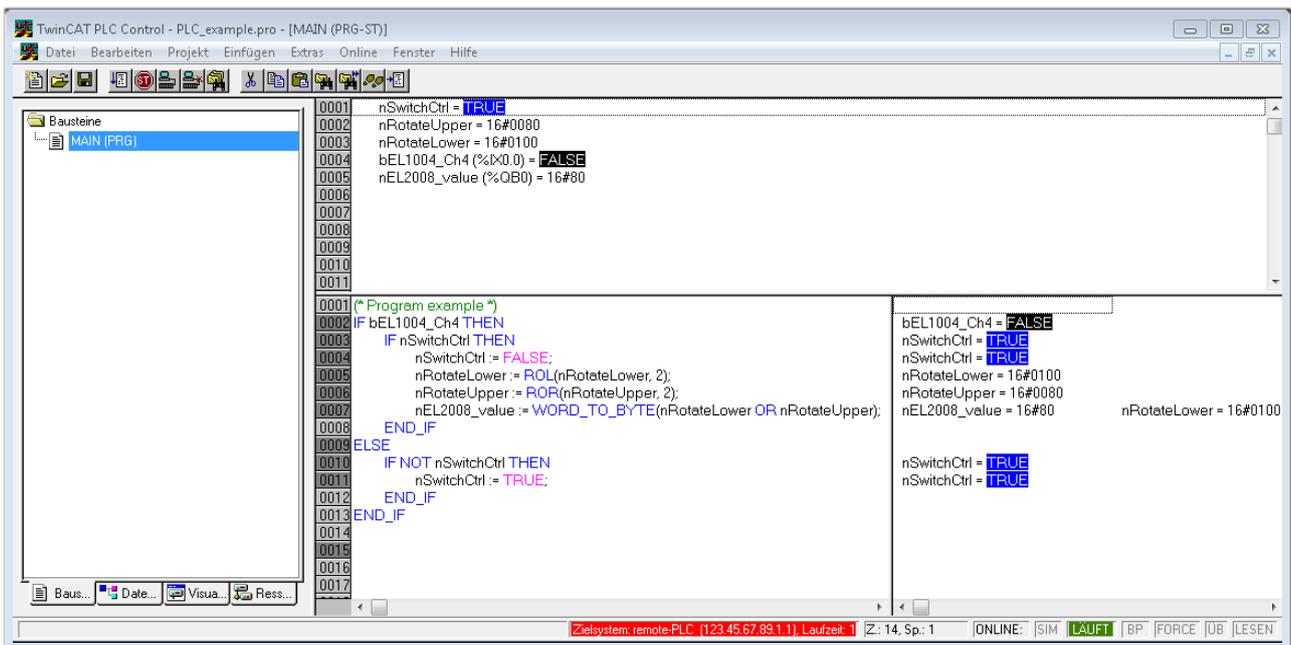


Abb. 88: PLC Control Logged-in, bereit zum Programmstart

Über „Online“ → „Run“, Taste F5 oder  kann nun die PLC gestartet werden.

## 5.2.2 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. 89: 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):

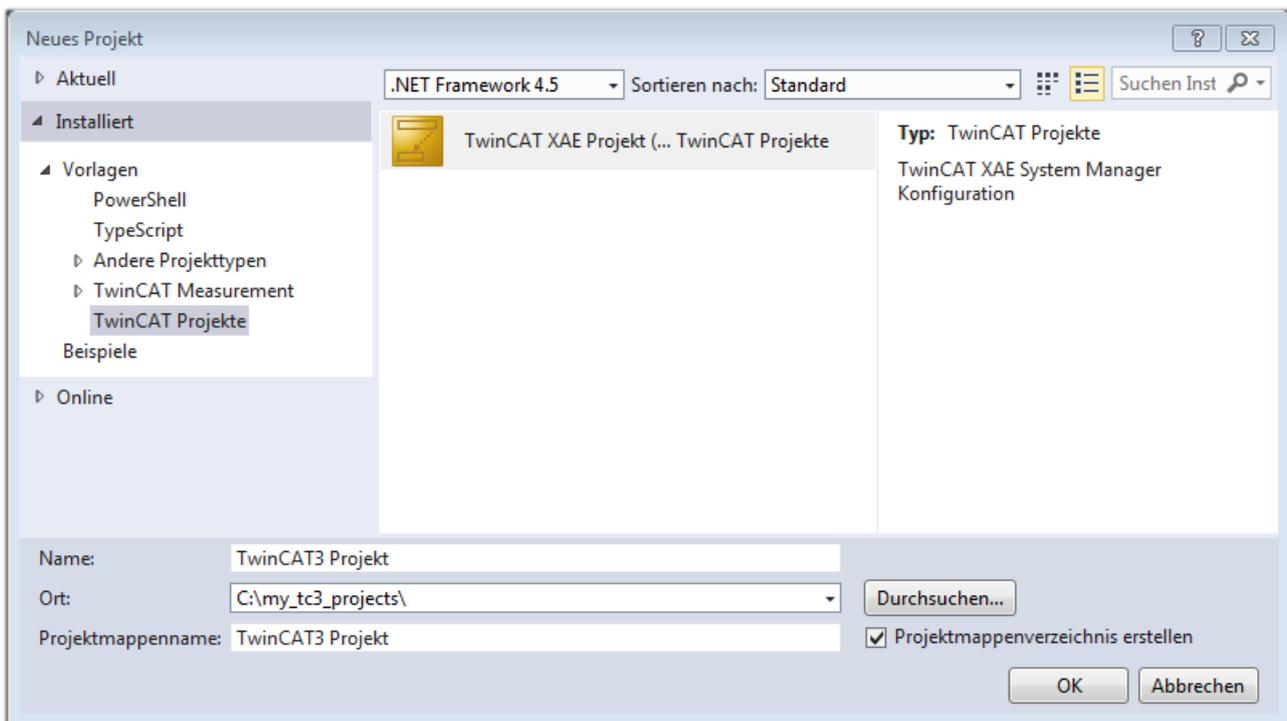


Abb. 90: Neues TwinCAT 3 Projekt erstellen

Im Projektmappen-Explorer liegt sodann das neue Projekt vor:

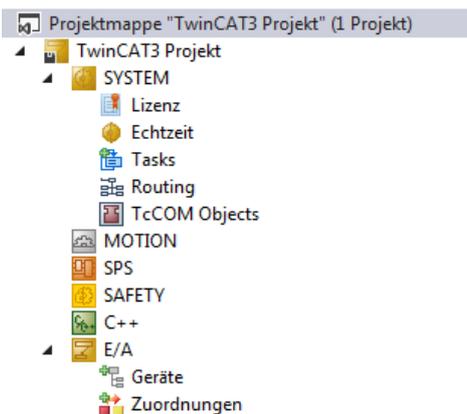
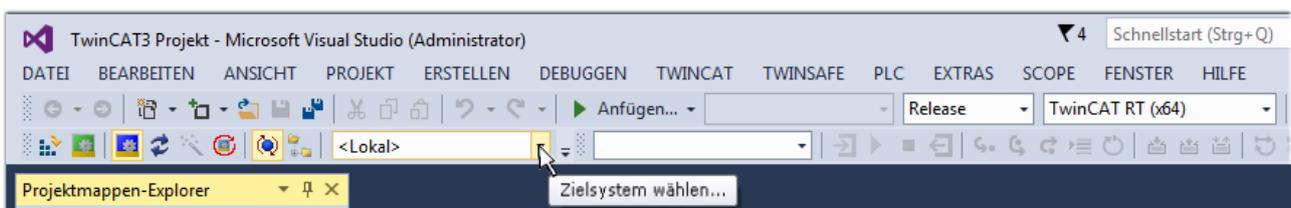


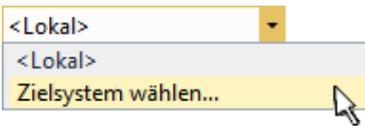
Abb. 91: Neues TwinCAT 3 Projekt im Projektmappen-Explorer

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 |> 157|“ 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:

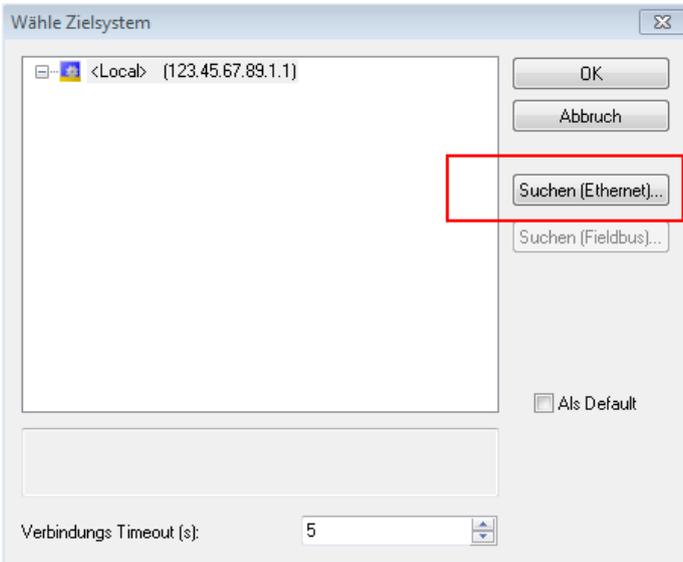


Abb. 92: Auswahldialog: Wähle Zielsystem

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

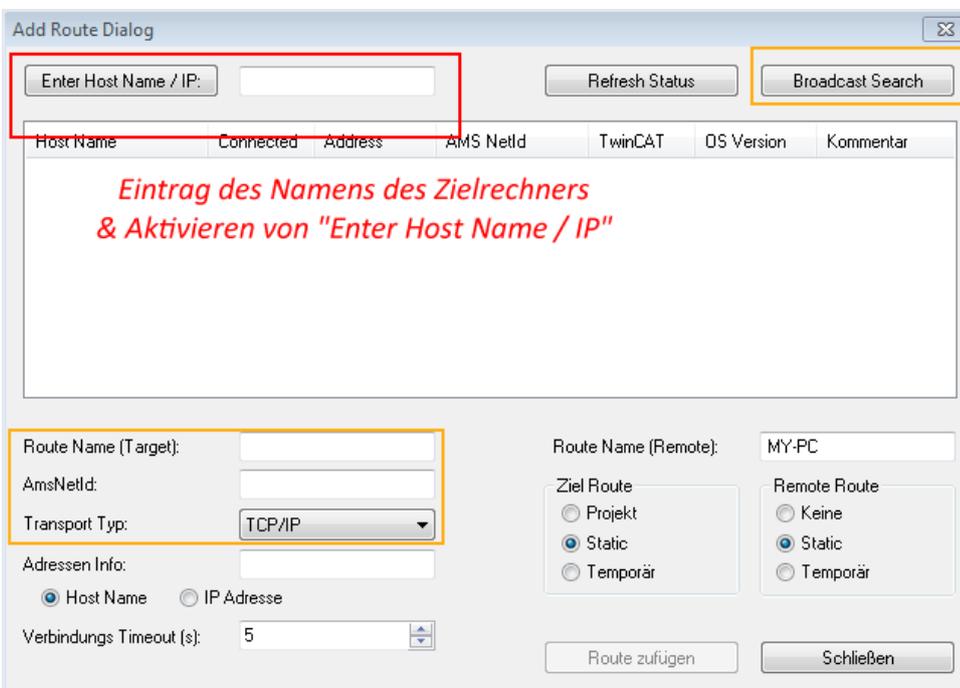
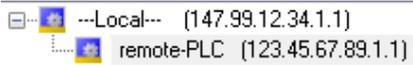


Abb. 93: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

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.

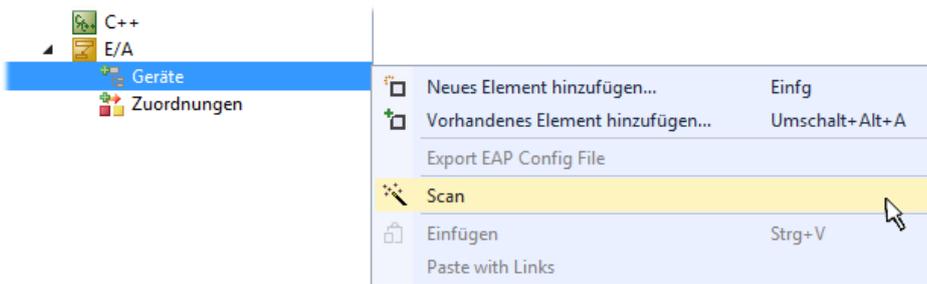


Abb. 94: Auswahl „Scan“

Die darauffolgende Hinweismeldung ist zu bestätigen und in dem Dialog die Geräte „EtherCAT“ zu wählen:

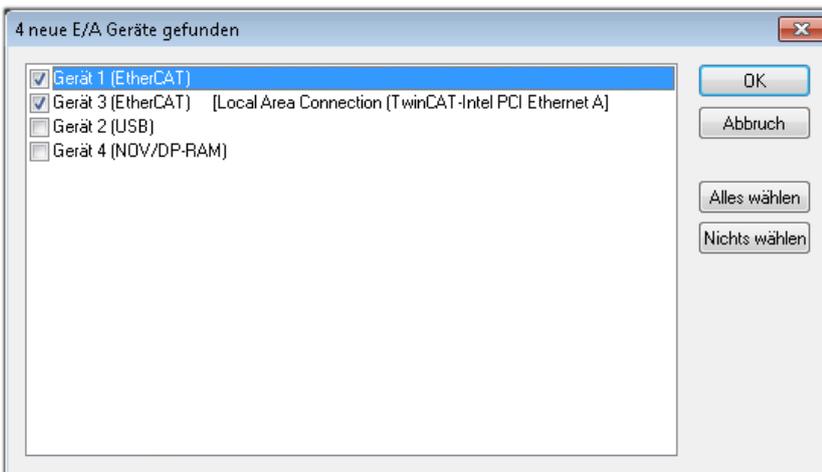


Abb. 95: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

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](#) [► 143] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

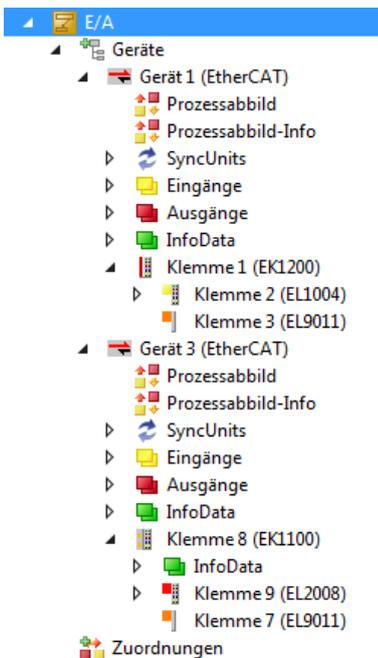


Abb. 96: Abbildung der Konfiguration in VS Shell der TwinCAT 3 Umgebung

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 Box-Module, 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:

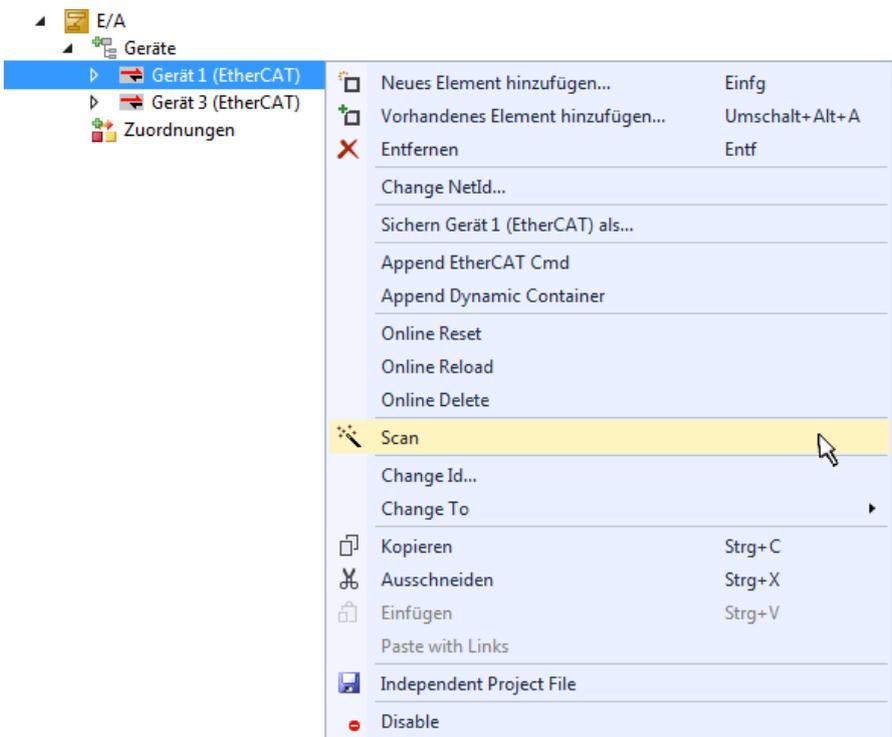


Abb. 97: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

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:

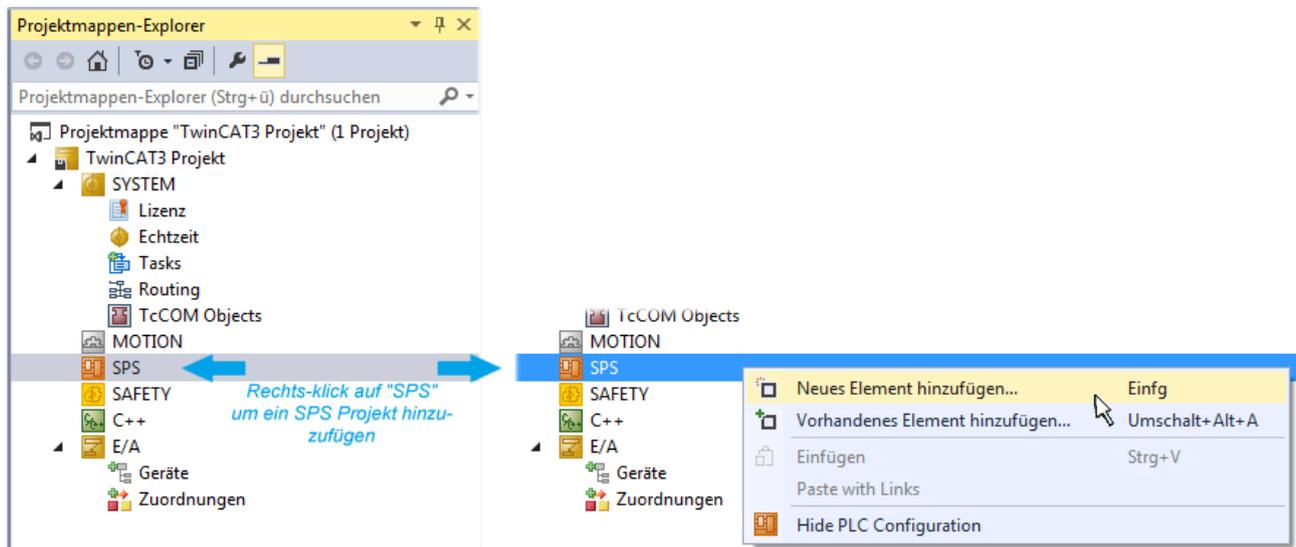


Abb. 98: Einfügen der Programmierumgebung in „SPS“

In dem darauf folgenden geöffneten Dialog wird ein „Standard PLC Projekt“ ausgewählt und beispielsweise als Projektname „PLC\_example“ vergeben und ein entsprechendes Verzeichnis ausgewählt:

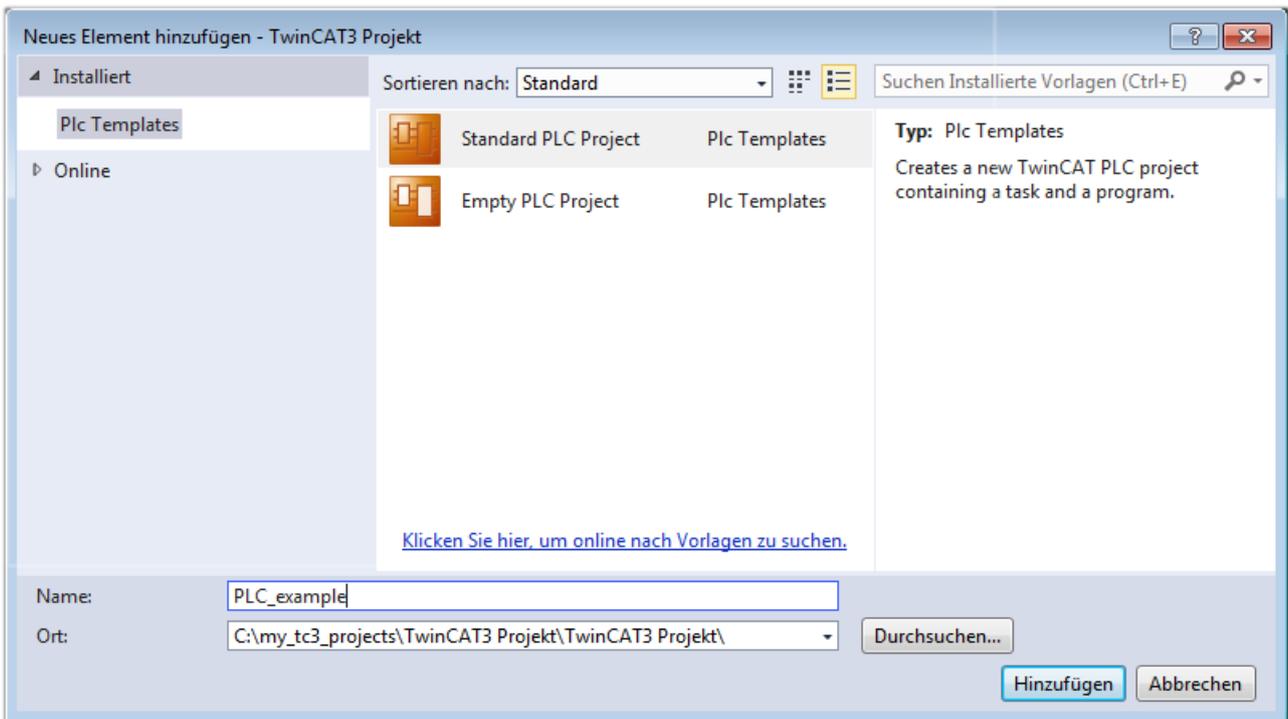


Abb. 99: Festlegen des Namens bzw. Verzeichnisses für die PLC Programmierungsumgebung

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:

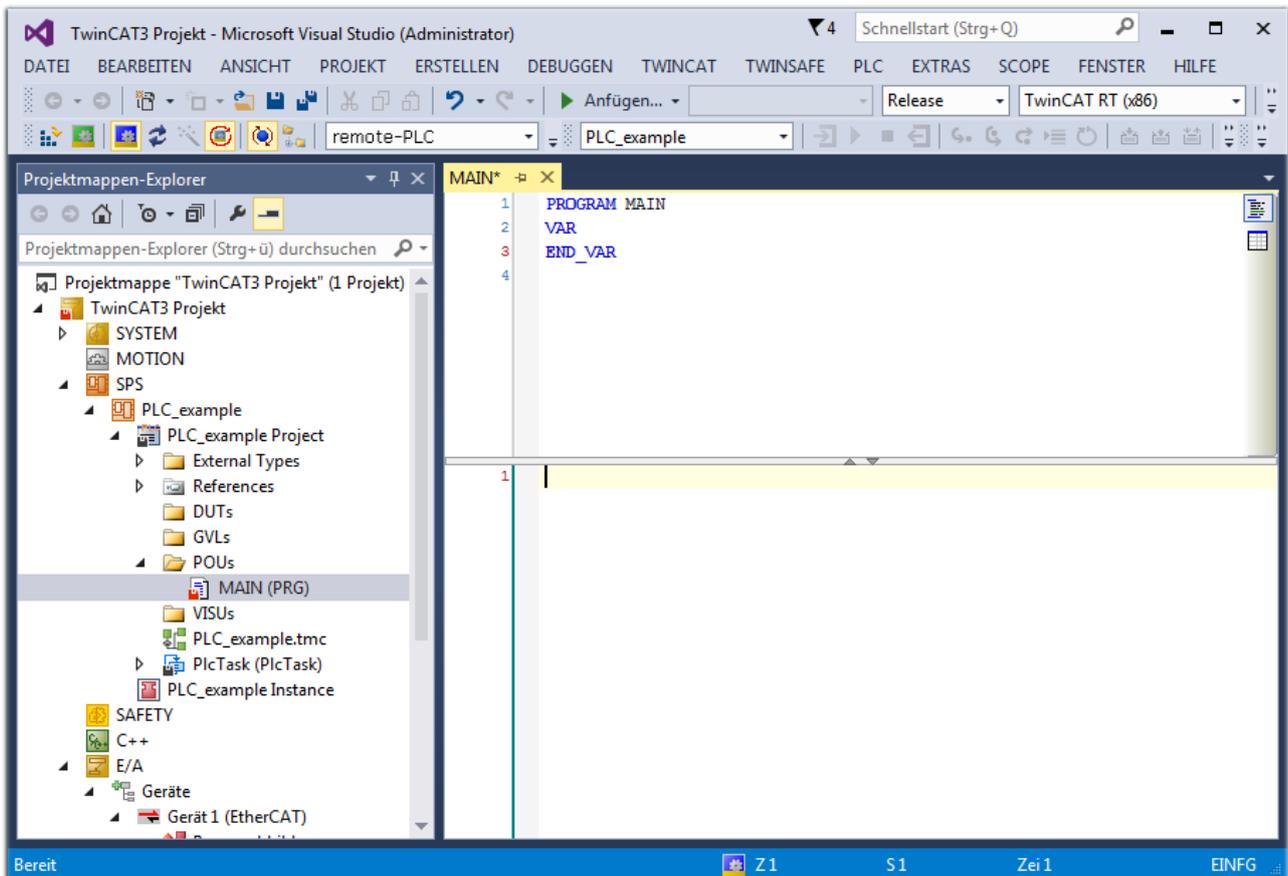


Abb. 100: Initiales Programm „Main“ des Standard PLC Projektes

Nun sind für den weiteren Ablauf Beispielvariablen sowie ein Beispielprogramm erstellt worden:

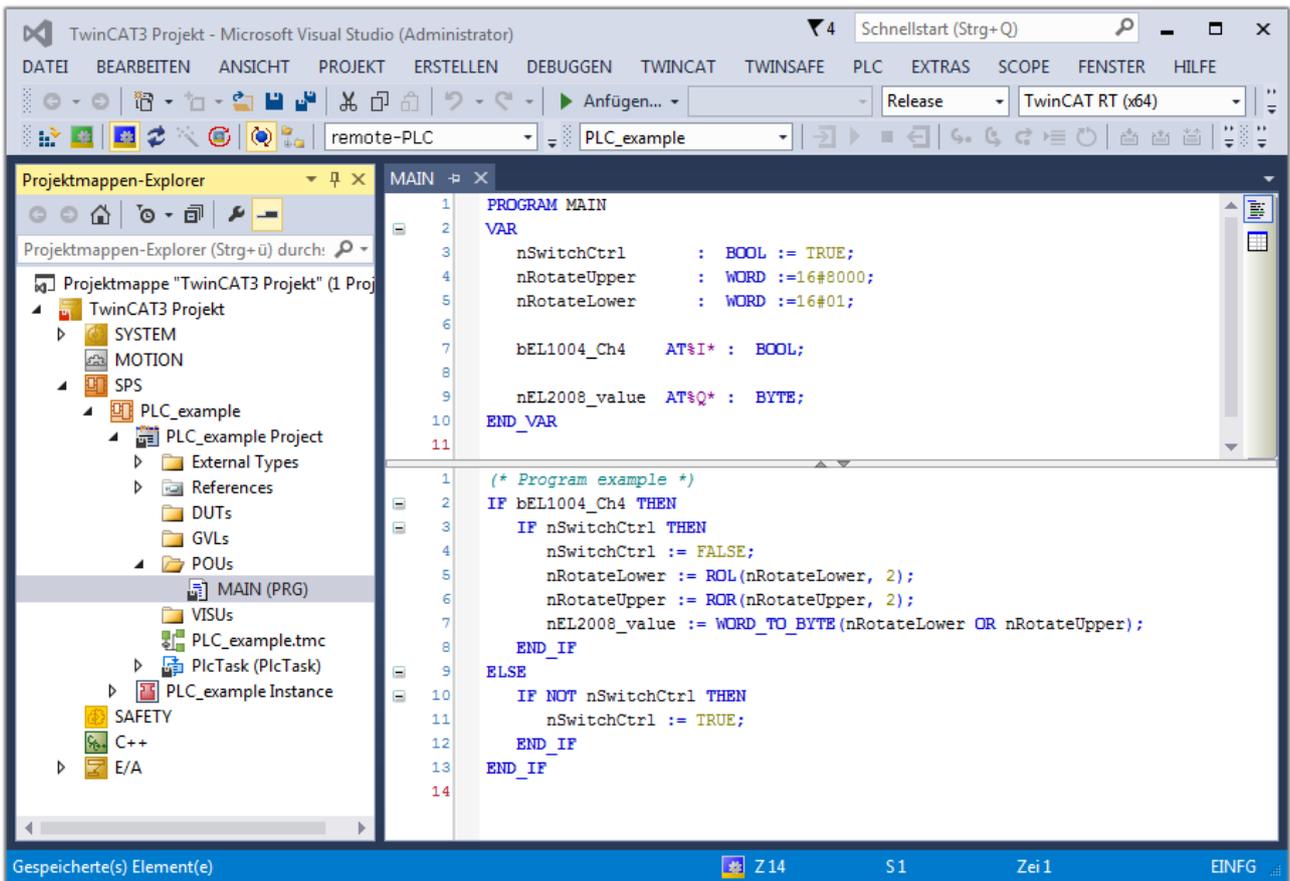


Abb. 101: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

Das Steuerprogramm wird nun als Projektmappe erstellt und damit der Kompilervorgang vorgenommen:

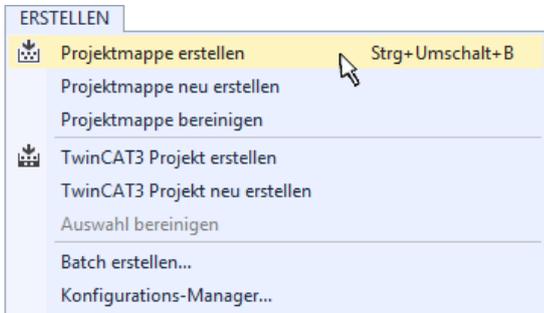
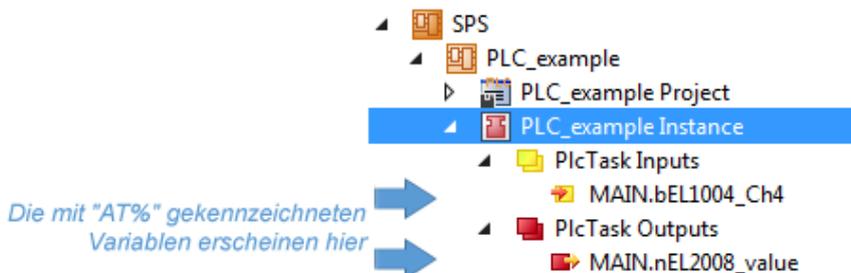


Abb. 102: Kompilierung des Programms starten

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:

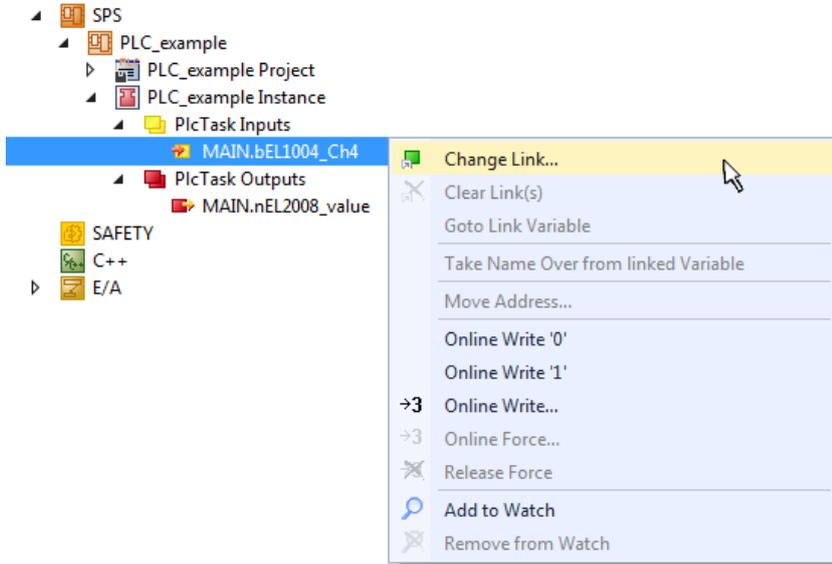


Abb. 103: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

In dem dadurch geöffneten Fenster kann aus dem SPS-Konfigurationsbaum das Prozessobjekt für die Variable „bEL1004\_Ch4“ vom Typ BOOL selektiert werden:

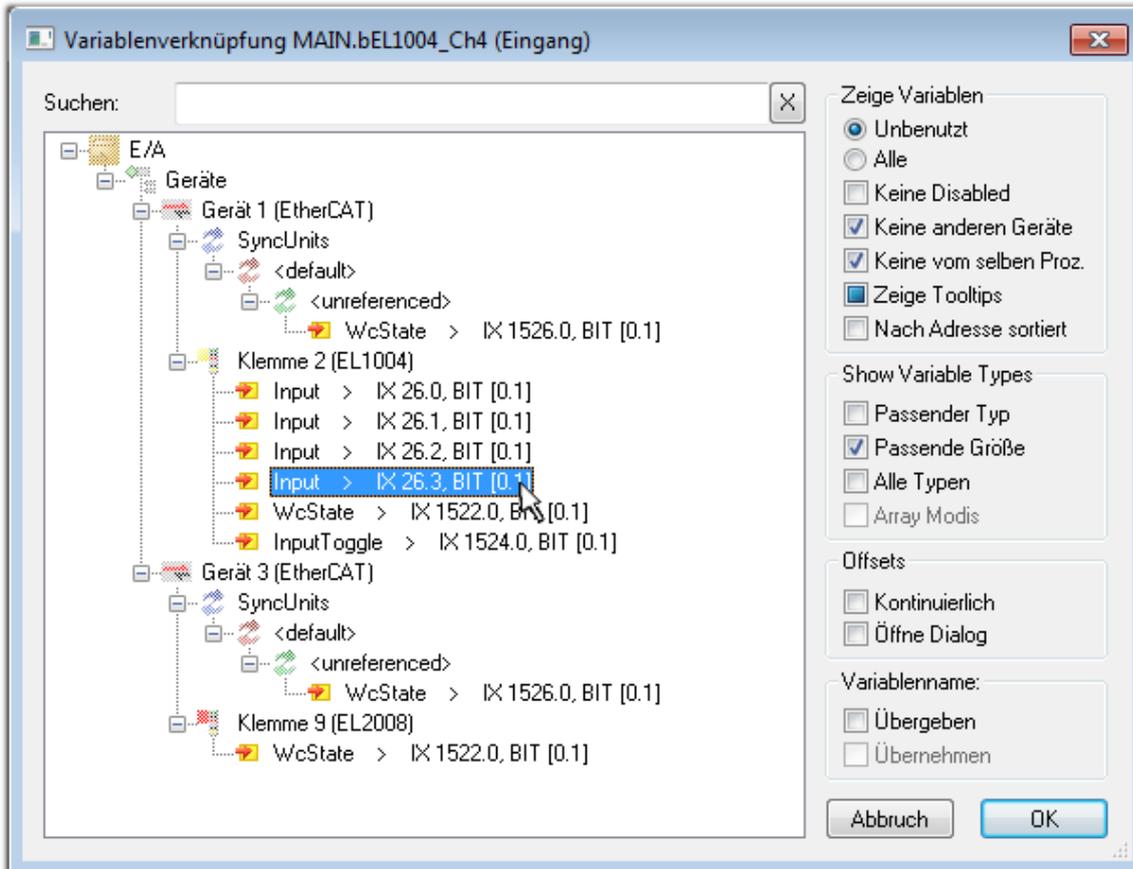


Abb. 104: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

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:

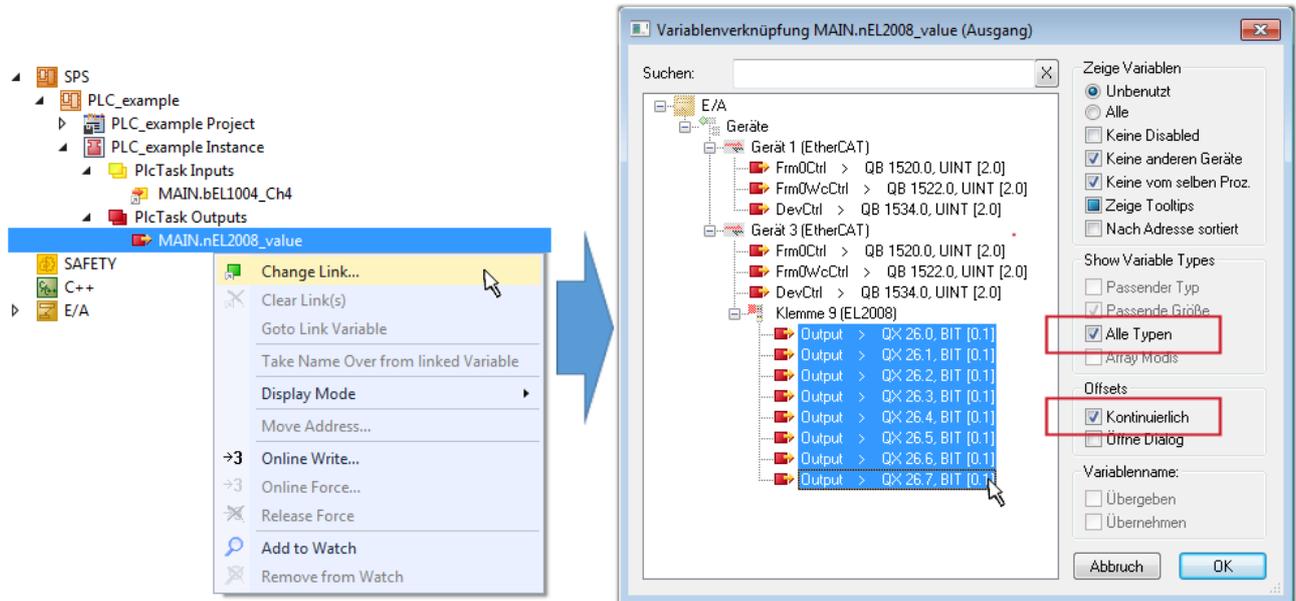


Abb. 105: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

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:

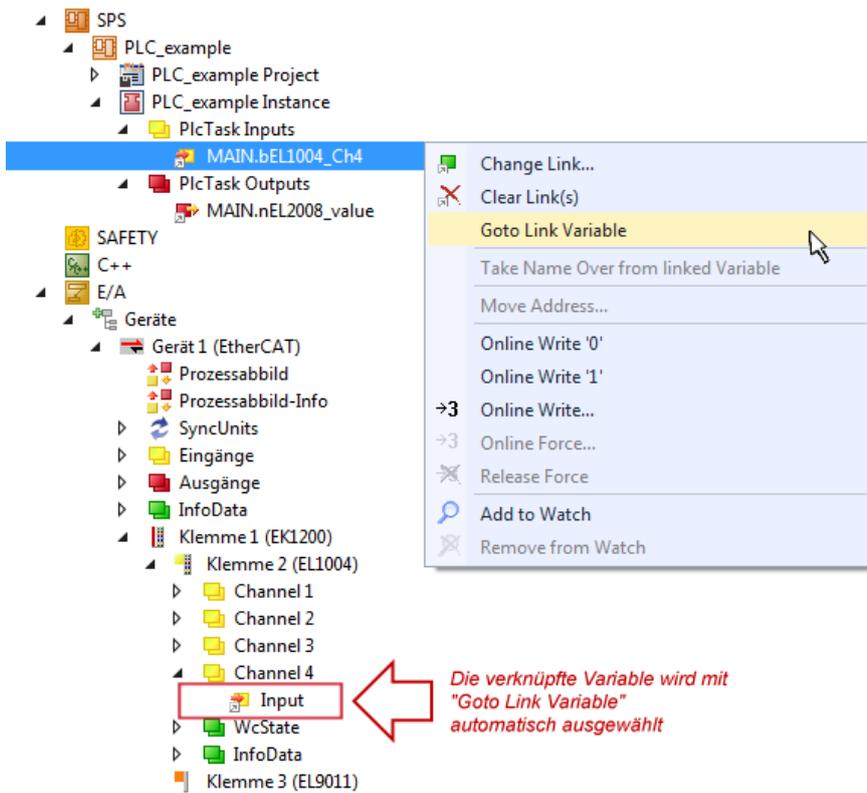


Abb. 106: Anwendung von "Goto Link Variable" am Beispiel von „MAIN.bEL1004\_Ch4“

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.

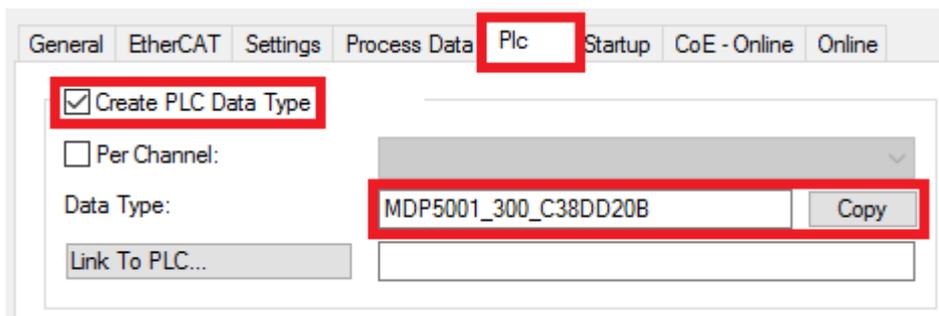


Abb. 107: Erzeugen eines SPS Datentyps

4. In der SPS muss dann eine Instanz der Datenstruktur vom kopierten Datentyp angelegt werden.

```
MAIN + X
1 PROGRAM MAIN
2 VAR
3     EL3001 : MDP5001_300_C38DD20B;
4 END_VAR
```

Abb. 108: 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.

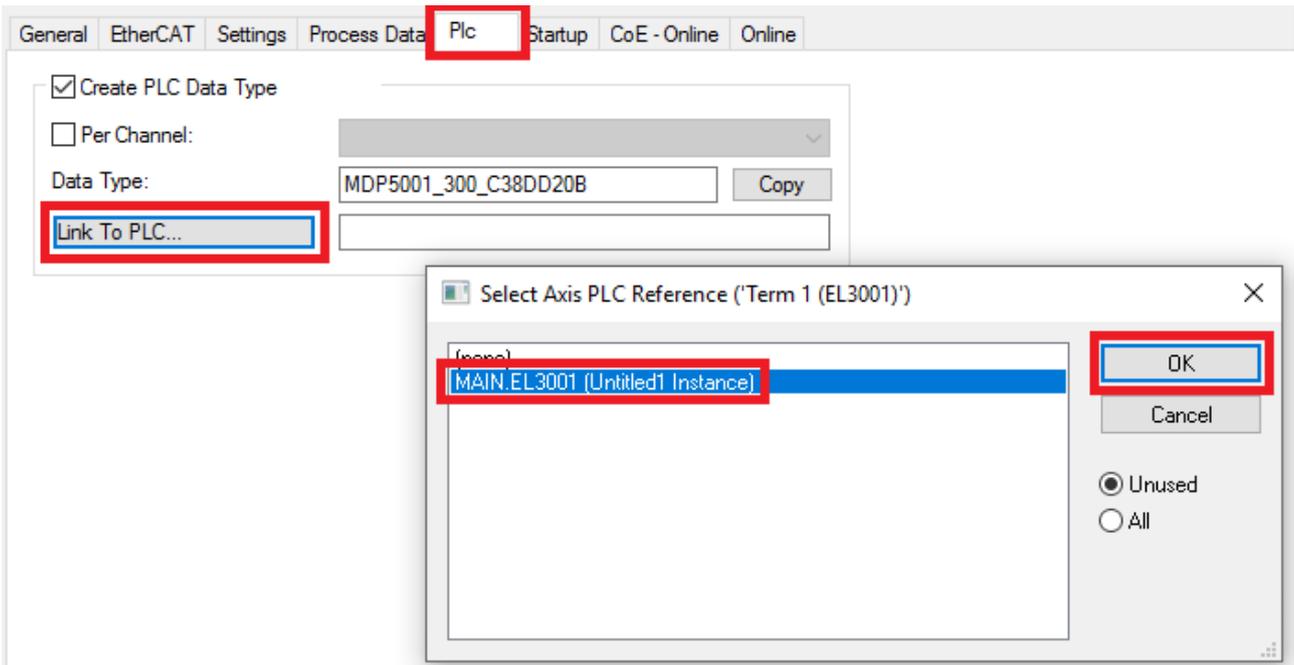


Abb. 109: Verknüpfung der Struktur

7. In der SPS können die Prozessdaten dann über die Struktur im Programmcode gelesen bzw. geschrieben werden.

```
MAIN* + X
1 PROGRAM MAIN
2 VAR
3     EL3001 : MDP5001_300_C38DD20B;
4
5     nVoltage: INT;
6 END_VAR

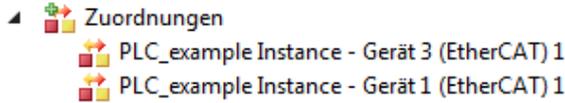
1 nVoltage := EL3001.MDP5001_300_Input.
```

Abb. 110: 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:



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:

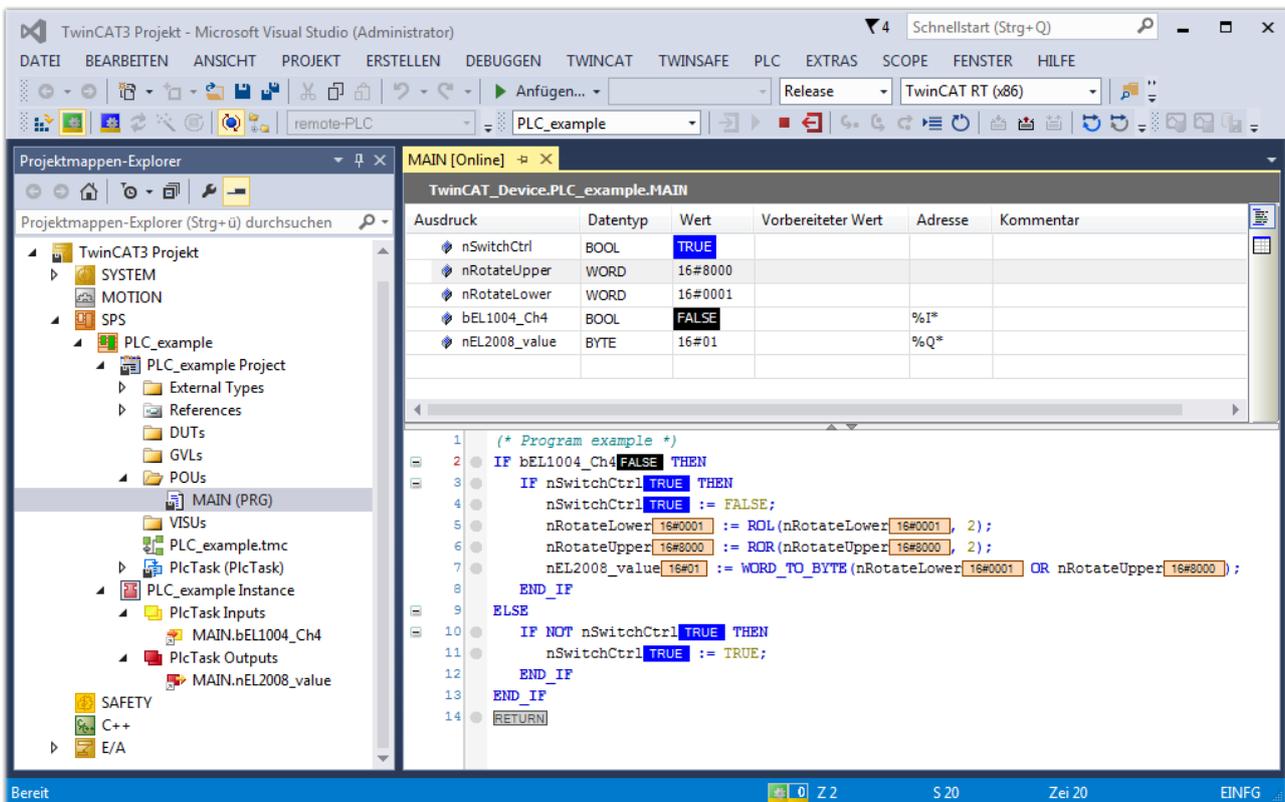


Abb. 111: TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung (VS Shell): Logged-in, nach erfolgten Programmstart

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).

## 5.3 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/>.

### 5.3.1 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. 112: Aufruf im System Manager (TwinCAT 2)

Unter TwinCAT 3 ist dies über das Menü unter „TwinCAT“ erreichbar:

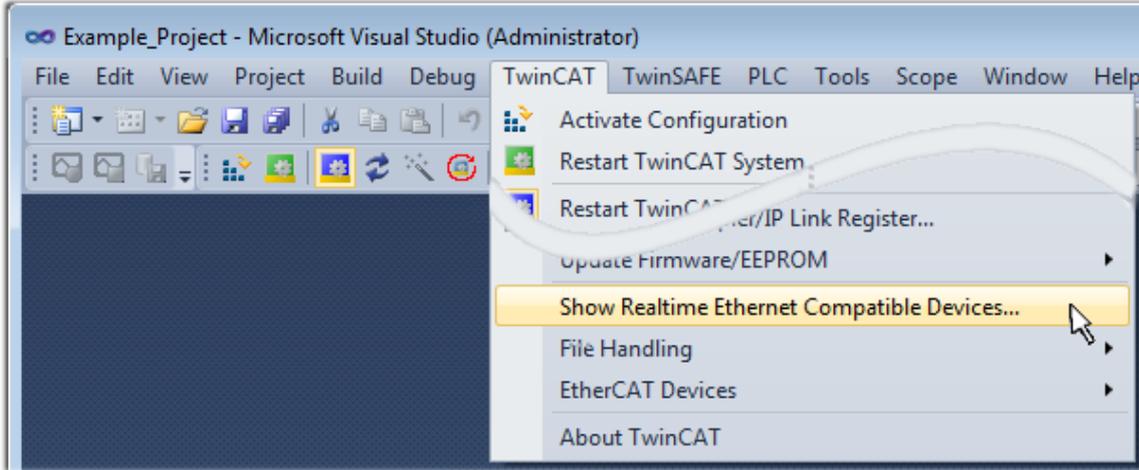


Abb. 113: Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3)

**B: Über TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis**

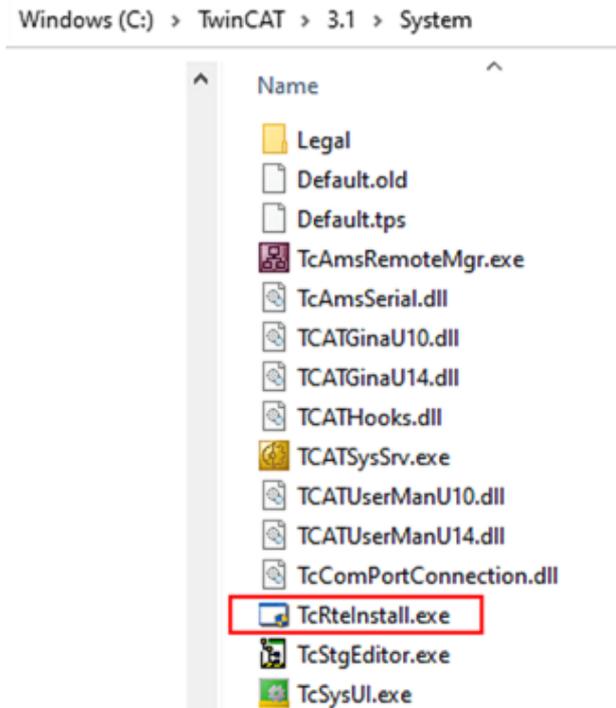


Abb. 114: TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

In beiden Fällen erscheint der folgende Dialog:

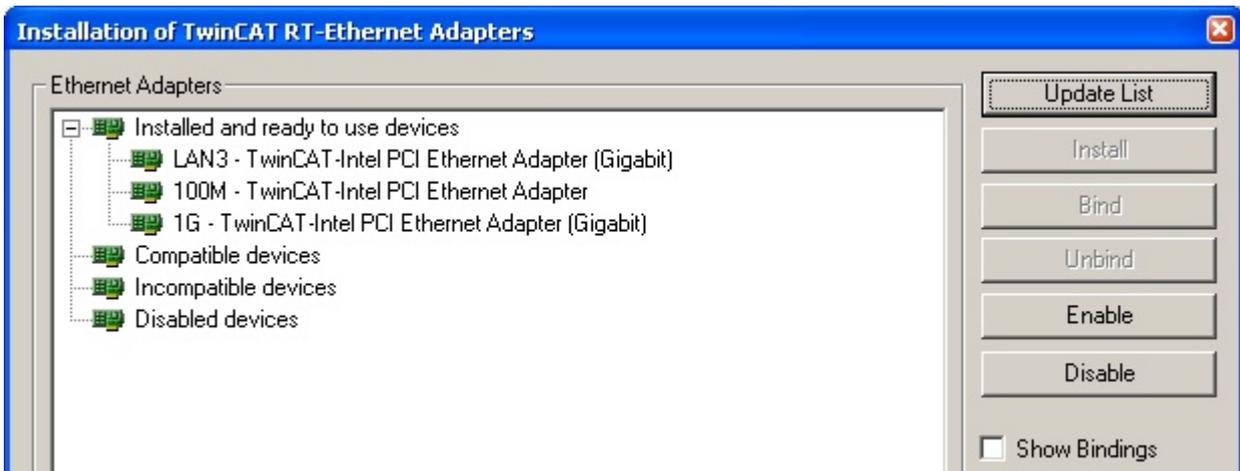


Abb. 115: Übersicht Netzwerkschnittstellen

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“* [► 178] beschrieben, zunächst ein EtherCAT-Gerät eingetragen werden, um dann über dessen Eigenschaften (Karteireiter „Adapter“, Button „Kompatible Geräte...“) die kompatiblen Ethernet Ports einzusehen:

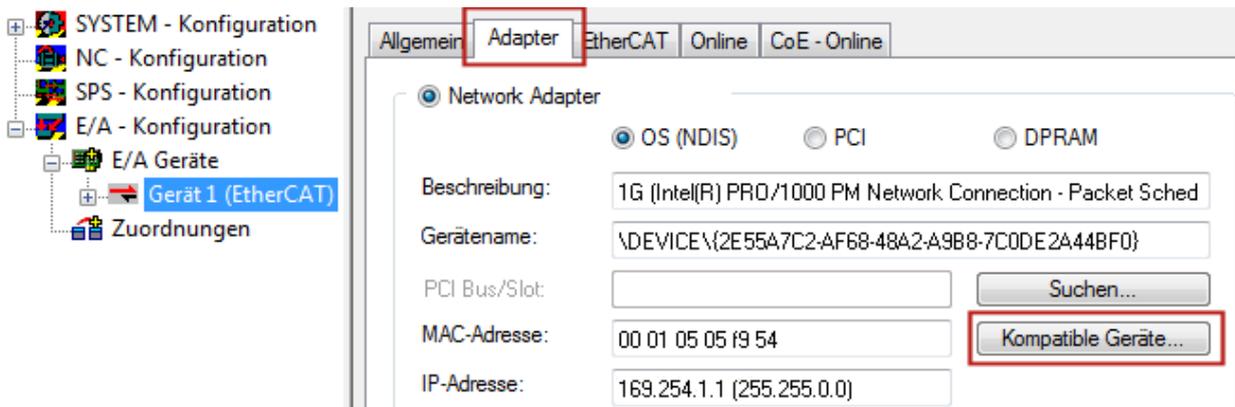
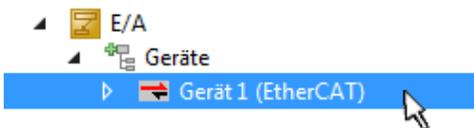


Abb. 116: Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte...“ von „Adapter“

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)

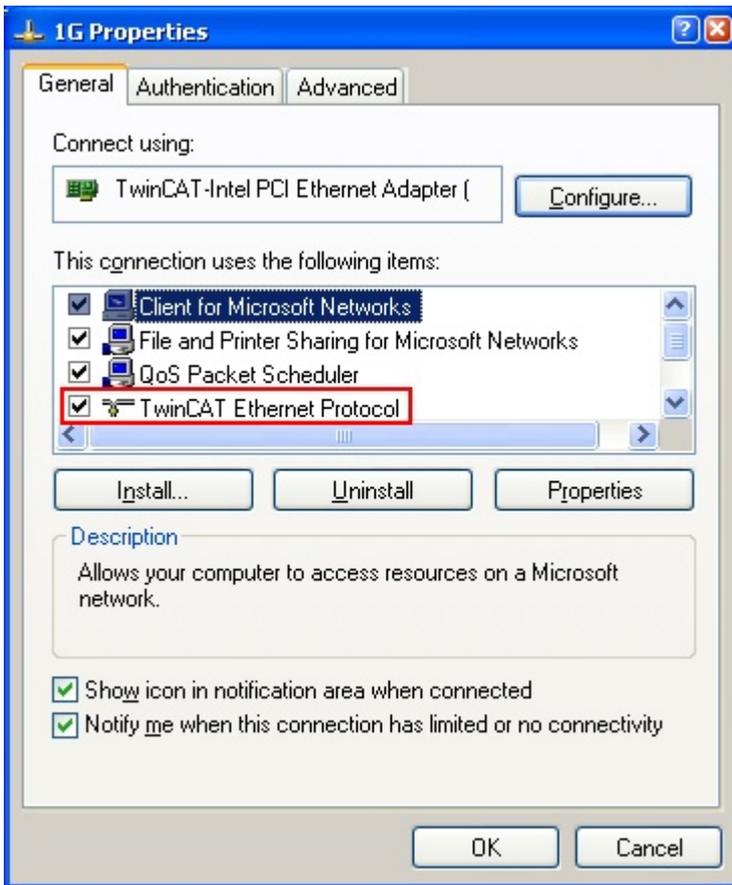


Abb. 117: Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle

Eine korrekte Einstellung des Treibers könnte wie folgt aussehen:



Abb. 118: Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports

Andere mögliche Einstellungen sind zu vermeiden:

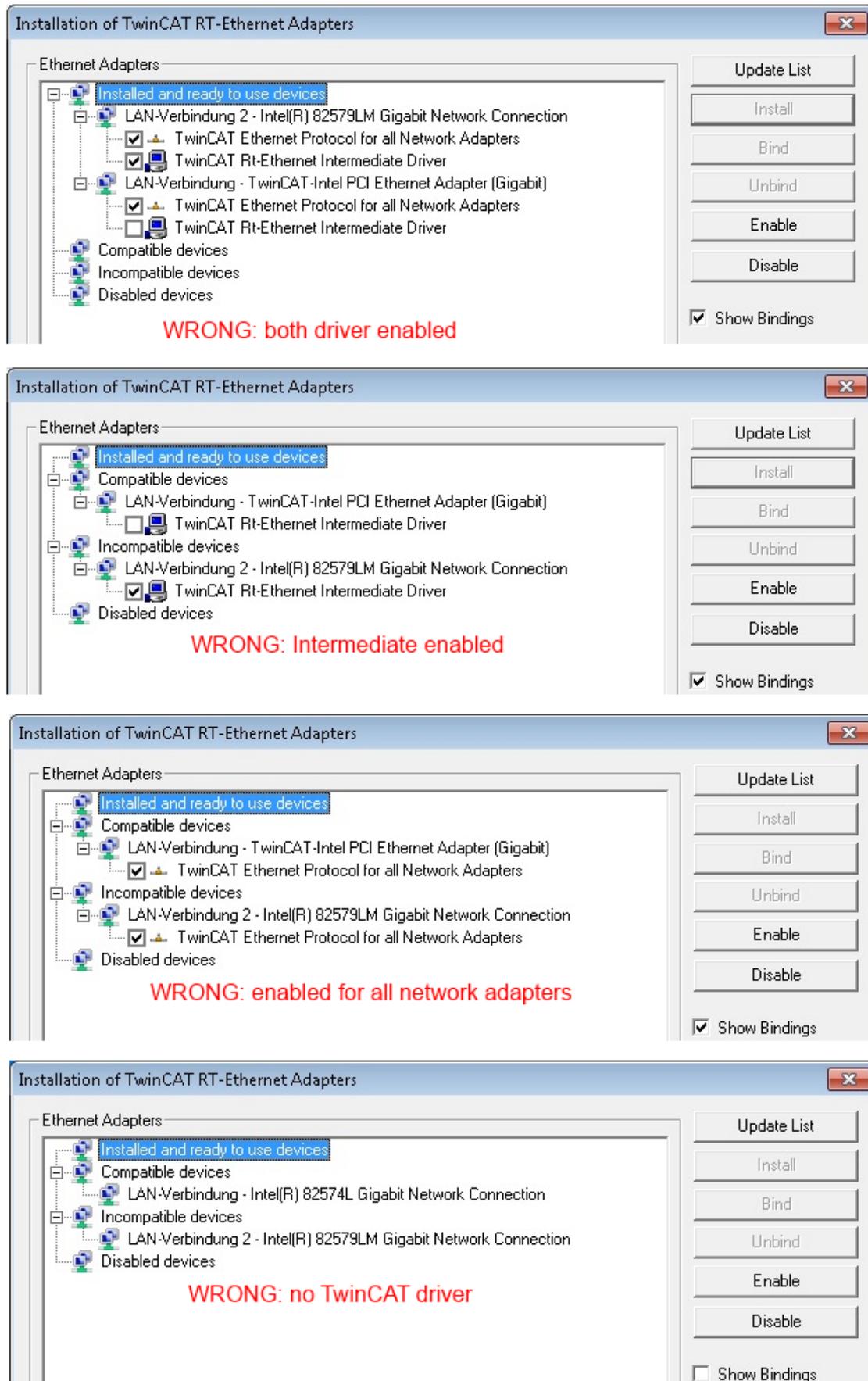


Abb. 119: Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports

## 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.

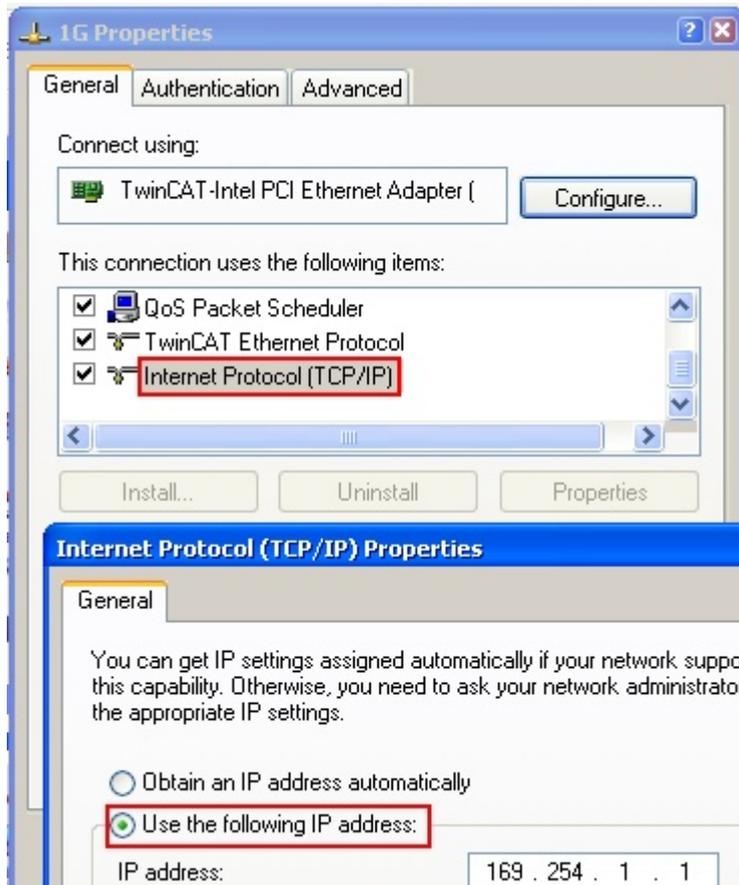


Abb. 120: TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports

## 5.3.2 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 \[► 177\]](#) 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“

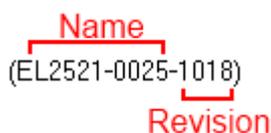


Abb. 121: Gerätebezeichnung: Struktur

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 \[► 11\]](#).

## 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.

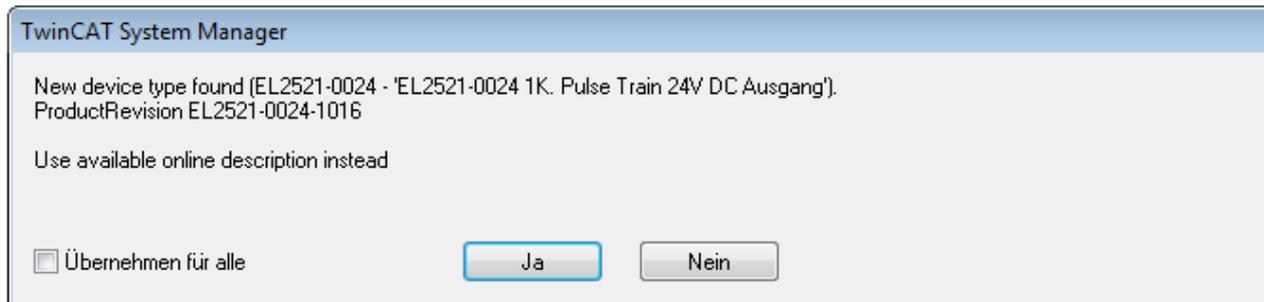


Abb. 122: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2)

In TwinCAT 3 erscheint ein ähnliches Fenster, das auch das Web-Update anbietet:

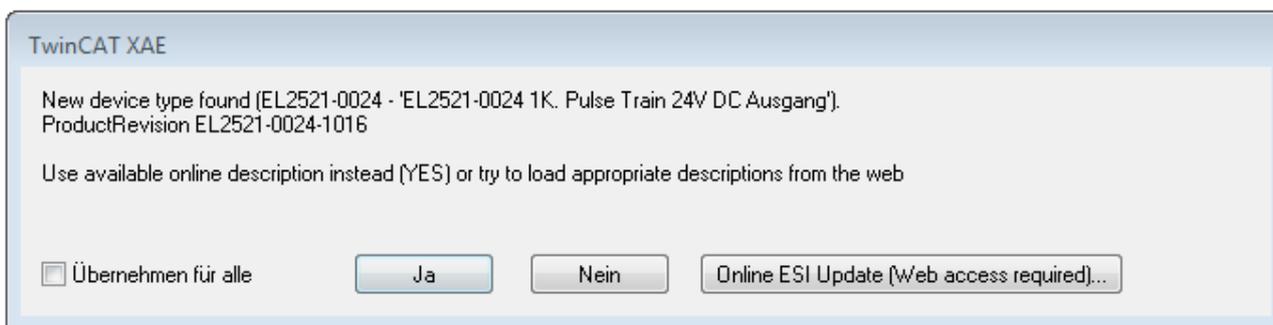


Abb. 123: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3)

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 [► 178]“.

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. 124: 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. 125: 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.

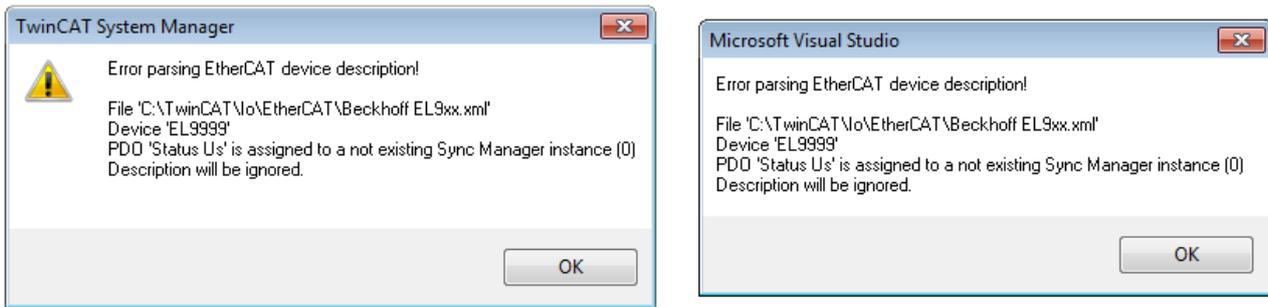


Abb. 126: Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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

### 5.3.3 TwinCAT ESI Updater

Ab TwinCAT 2.11 kann der System Manager bei Online-Zugang selbst nach aktuellen Beckhoff ESI-Dateien suchen:

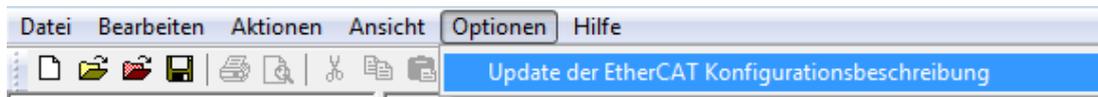


Abb. 127: Anwendung des ESI Updater (>=TwinCAT 2.11)

Der Aufruf erfolgt unter:  
„Options“ → „Update EtherCAT Device Descriptions“.

Auswahl bei TwinCAT 3:

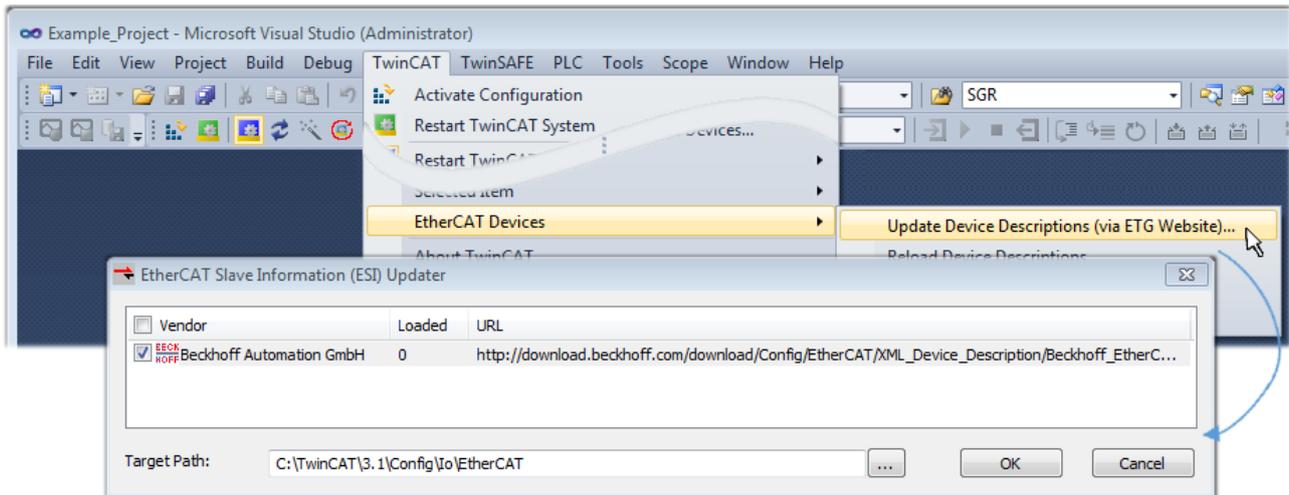


Abb. 128: Anwendung des ESI Updater (TwinCAT 3)

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)...“.

### 5.3.4 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“](#) [▶ 173].

#### 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 [▶ 183] (Ethernet-Port am IPC)
- Erkennen der angeschlossenen EtherCAT-Teilnehmer [▶ 184]. Dieser Schritt kann auch unabhängig vom vorangehenden durchgeführt werden.
- Problembehandlung [▶ 187]

Auch kann der Scan bei bestehender Konfiguration [▶ 188] zum Vergleich durchgeführt werden.

## 5.3.5 OFFLINE Konfigurationserstellung

### Anlegen des Geräts EtherCAT

In einem leeren System Manager Fenster muss zuerst ein EtherCAT-Gerät angelegt werden.

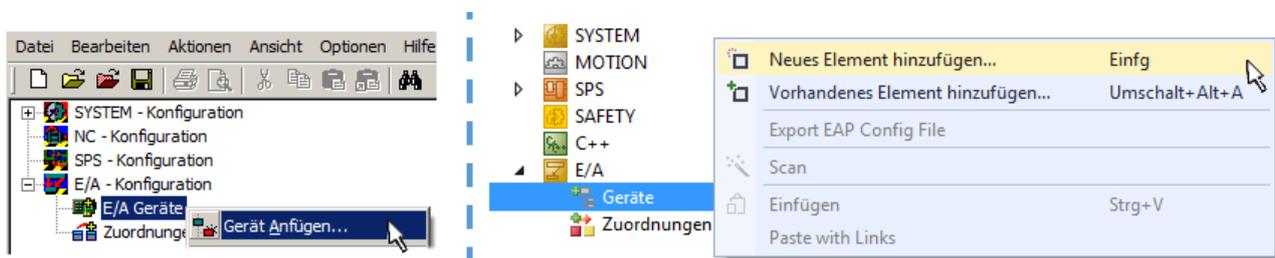


Abb. 129: Anfügen eines EtherCAT Device: links TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3

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.

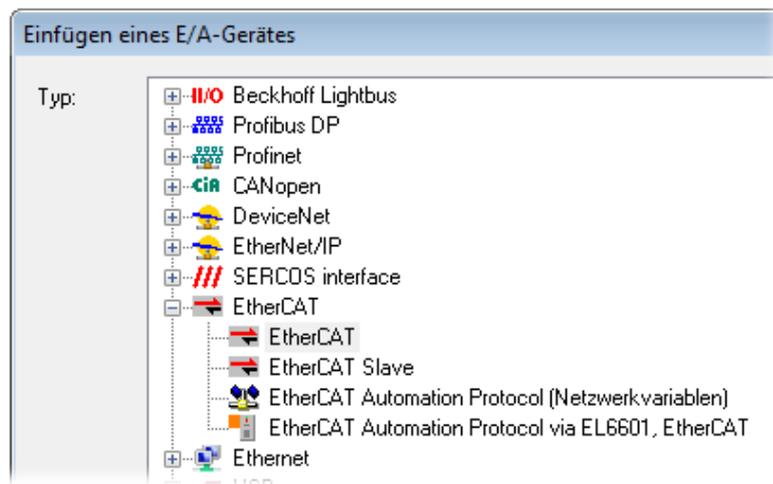


Abb. 130: Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

Diesem virtuellen Gerät ist dann ein realer Ethernet Port auf dem Laufzeitsystem zuzuordnen.

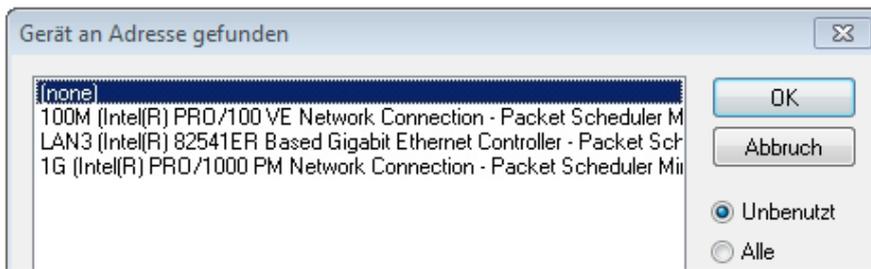


Abb. 131: Auswahl Ethernet Port

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)“.

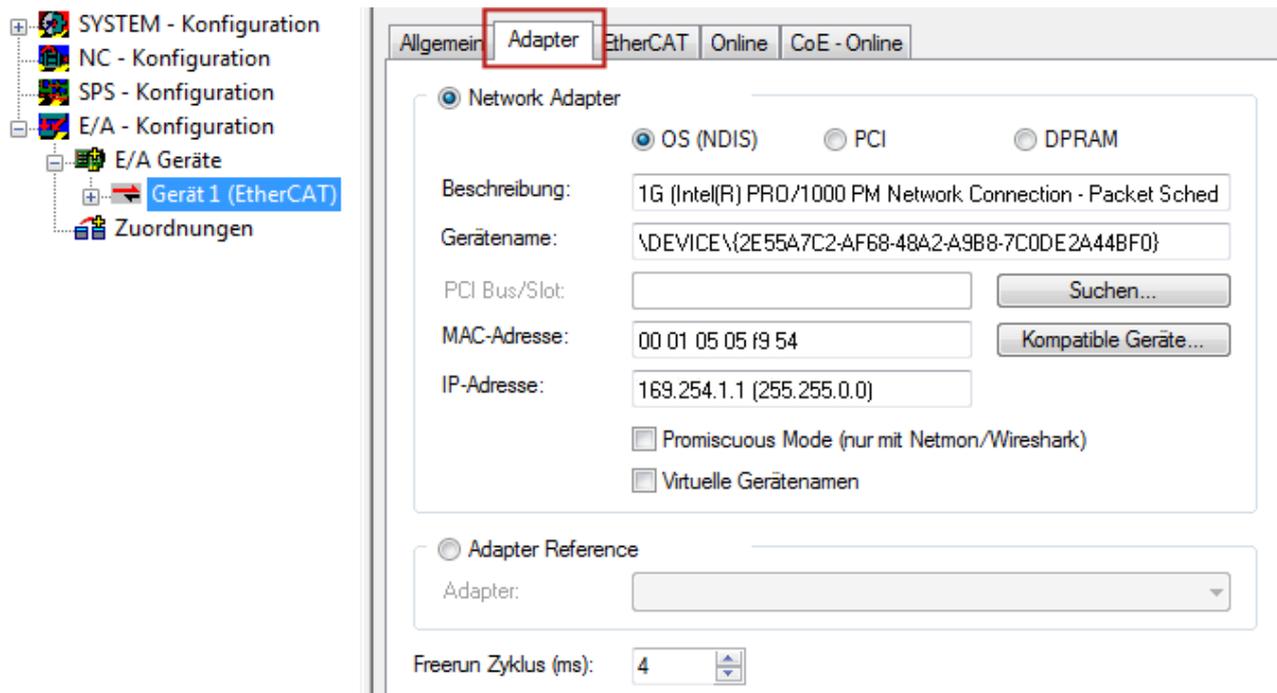
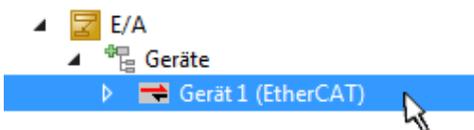


Abb. 132: Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2)

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](#) [|> 167](#)].

**Definieren von EtherCAT-Slaves**

Durch Rechtsklick auf ein Gerät im Konfigurationsbaum können weitere Geräte angefügt werden.

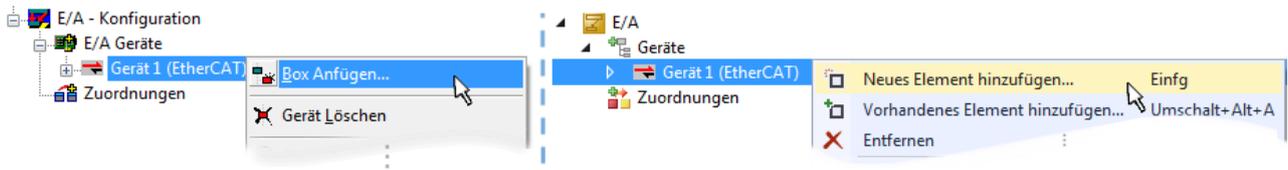


Abb. 133: Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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).

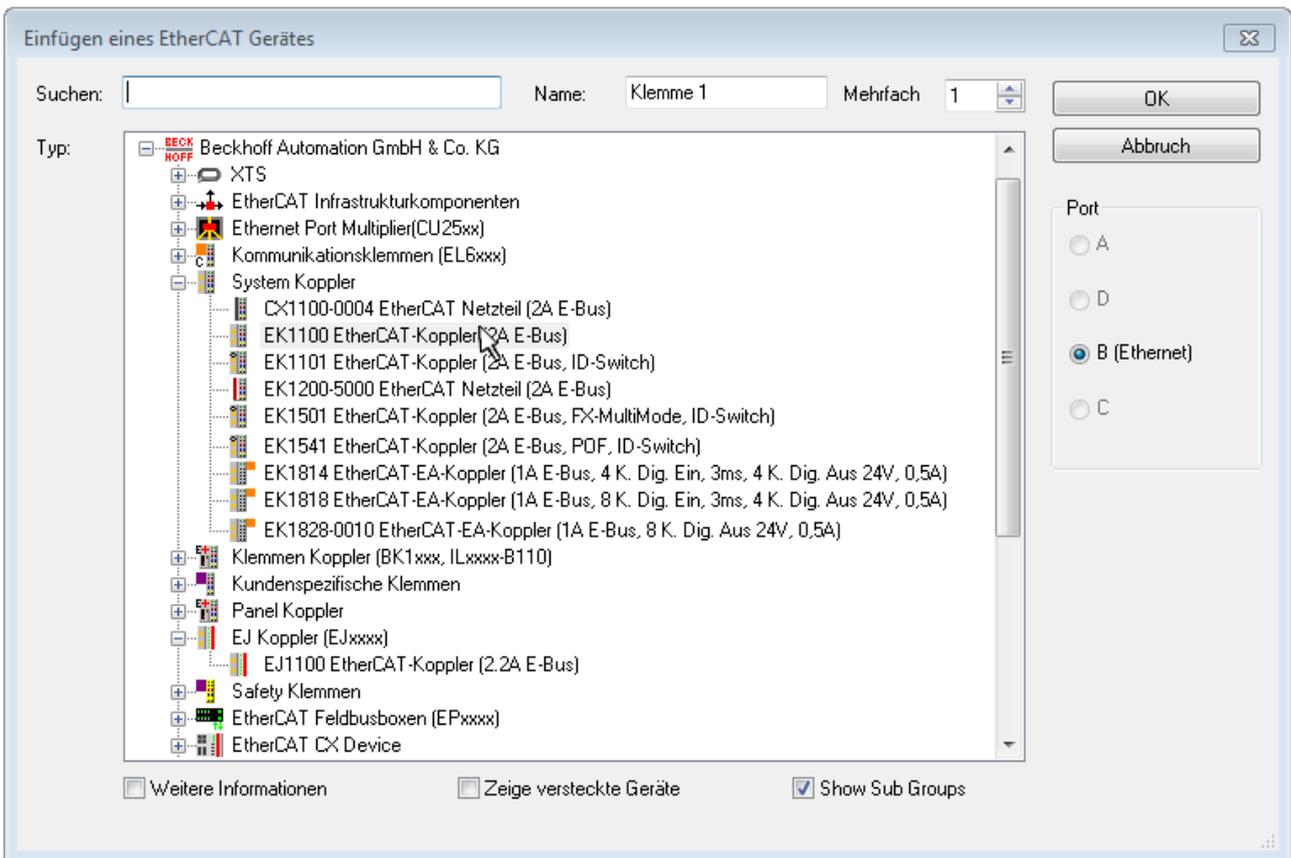


Abb. 134: Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät

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.

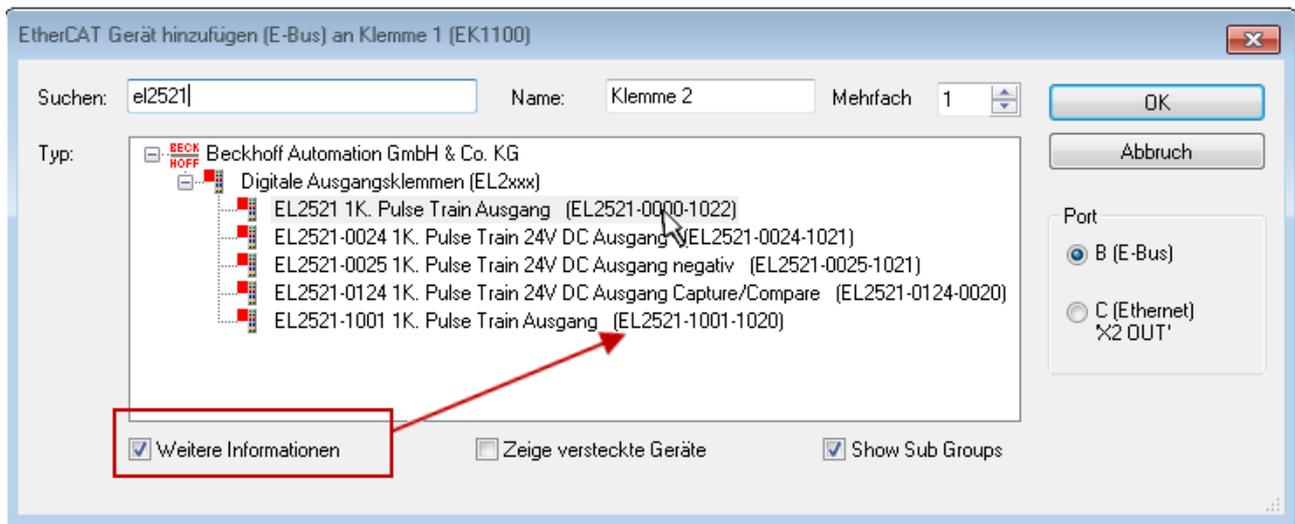


Abb. 135: Anzeige Geräte-Revision

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“.

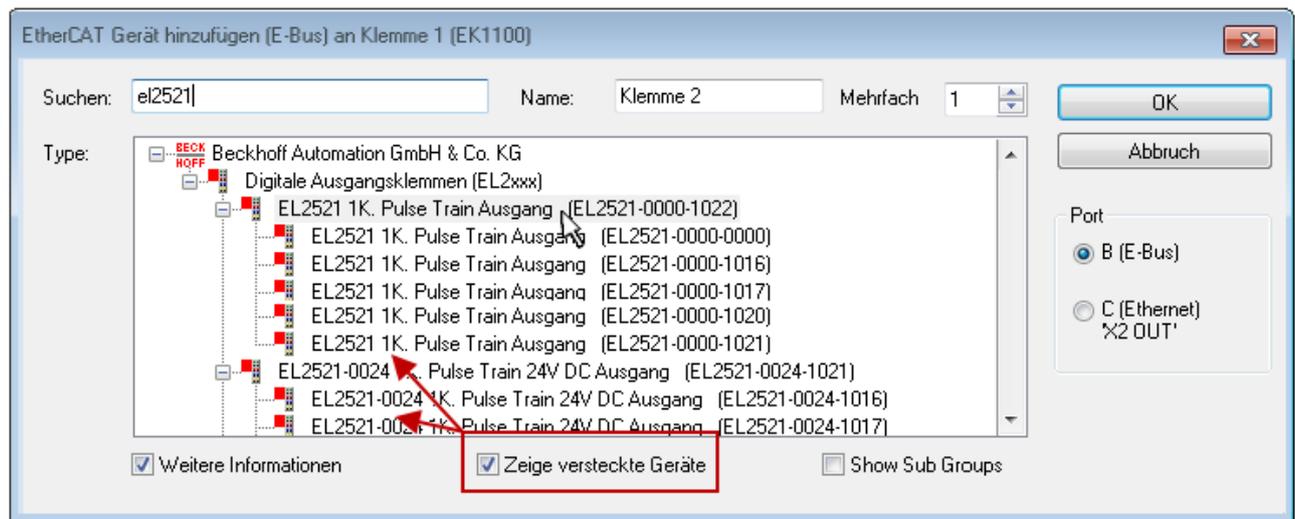


Abb. 136: Anzeige vorhergehender Revisionen

**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.

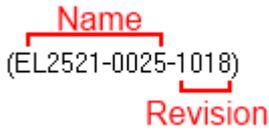


Abb. 137: Name/Revision Klemme

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, ...

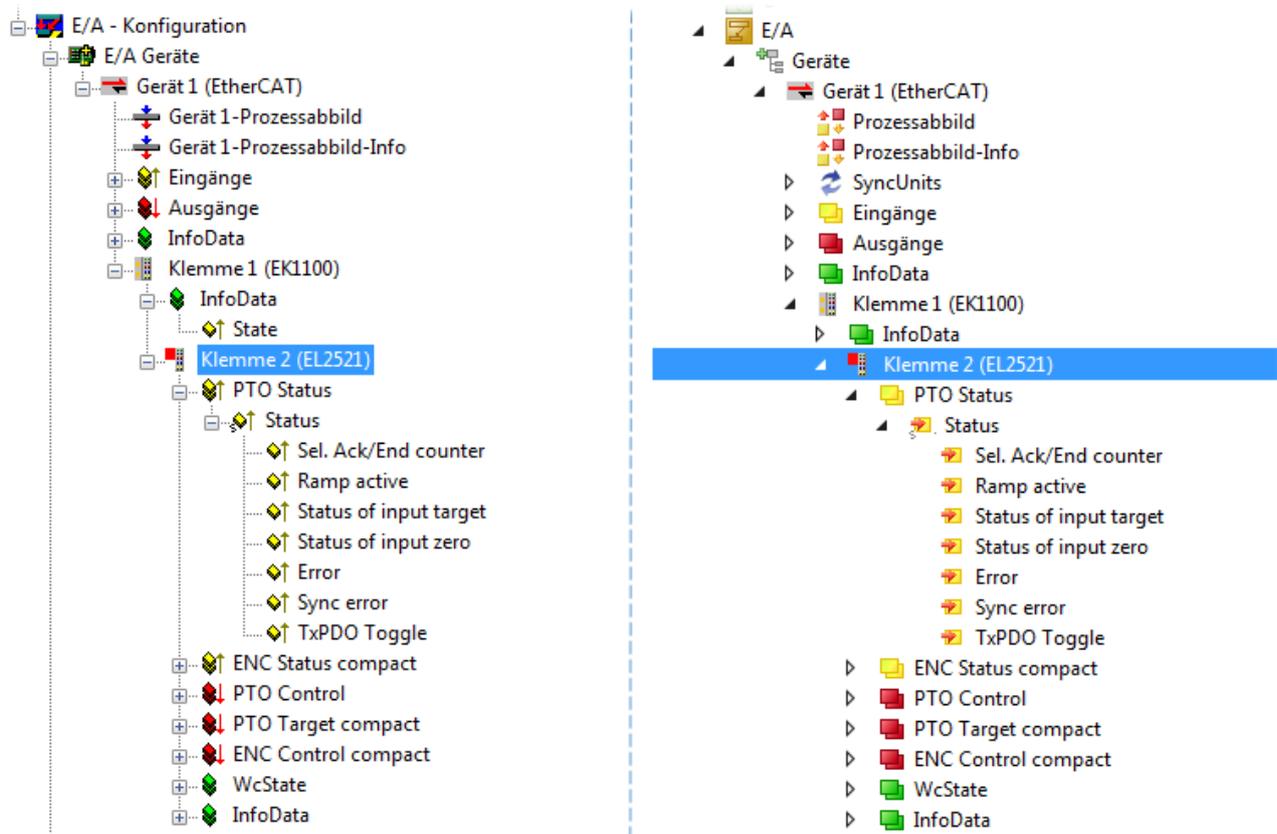


Abb. 138: EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

### 5.3.6 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 Konfig-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. 139: 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.

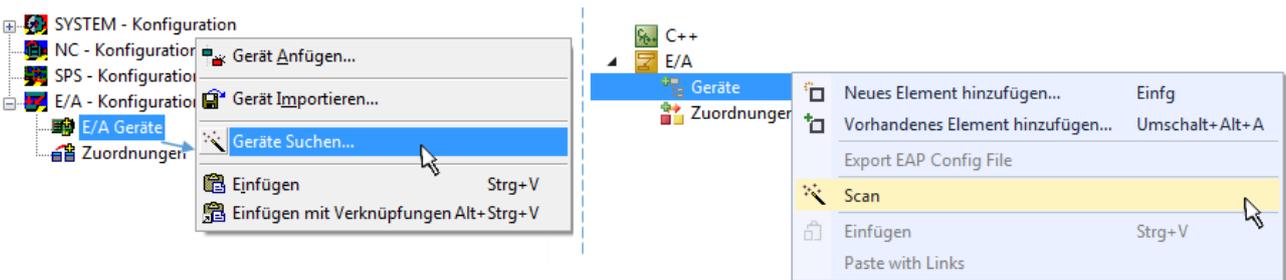


Abb. 140: Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

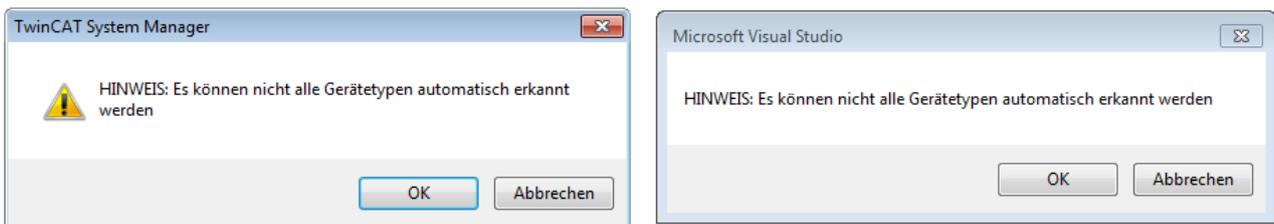


Abb. 141: Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

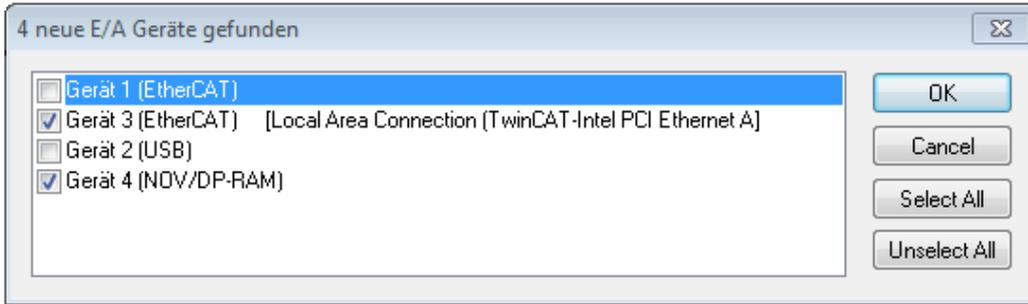


Abb. 142: Erkannte Ethernet-Geräte

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](#) [▶ 167].

**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.

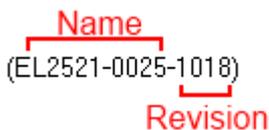


Abb. 143: Beispiel Default-Zustand

**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](#) [▶ 188] 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:

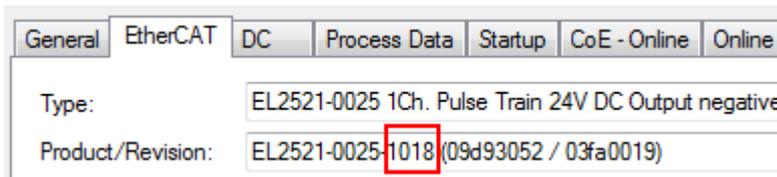


Abb. 144: Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018

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 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 [► 188] 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:

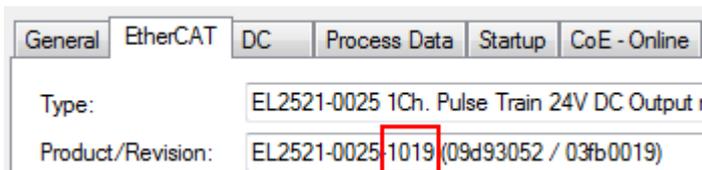


Abb. 145: Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019

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. 146: Scan-Abfrage nach automatischem Anlegen eines EtherCAT-Gerätes (links: TC2; rechts TC3)

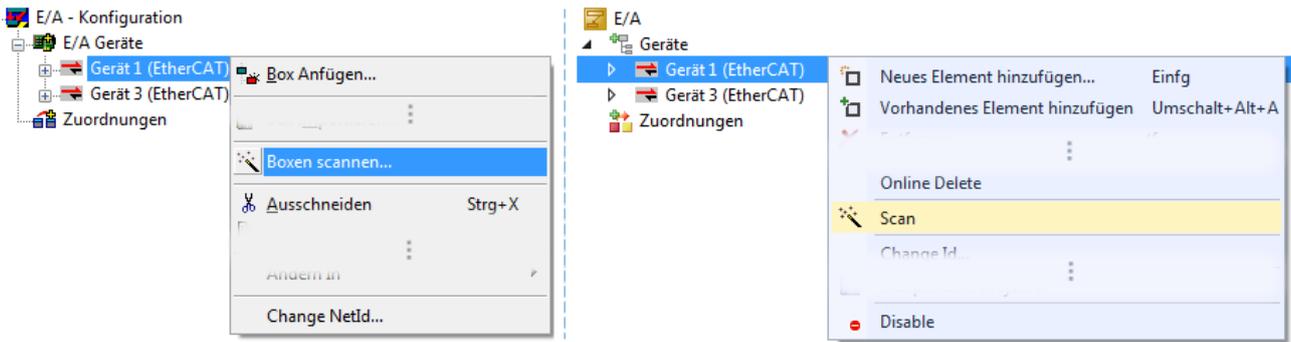


Abb. 147: Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3)

Im System Manager (TwinCAT 2) bzw. der Benutzeroberfläche (TwinCAT 3) kann der Scan-Ablauf am Ladebalken unten in der Statusleiste verfolgt werden.



Abb. 148: Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2

Die Konfiguration wird aufgebaut und kann danach gleich in den Online-Zustand (OPERATIONAL) versetzt werden.



Abb. 149: 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. 150: Anzeige des Wechsels zwischen „Free Run“ und „Config Mode“ unten rechts in der Statusleiste



Abb. 151: 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.

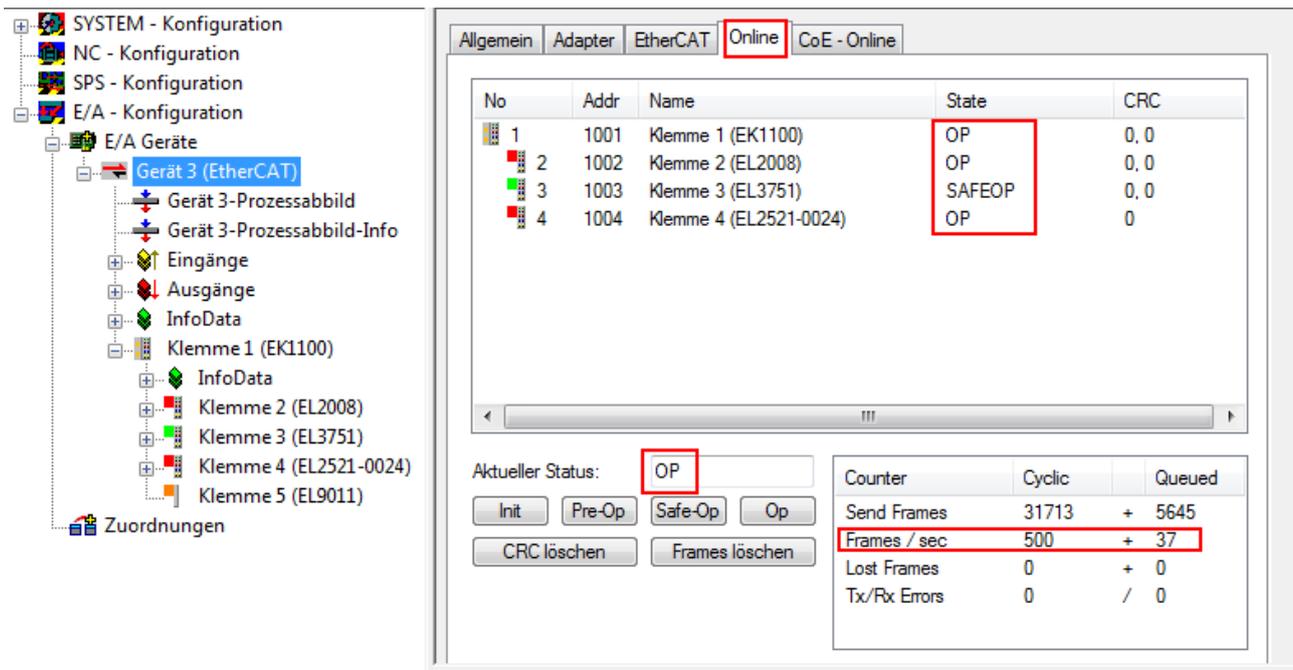


Abb. 152: Beispielhafte Online-Anzeige

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 \[▶ 178\]](#) 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.

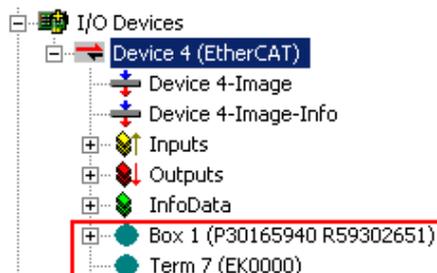


Abb. 153: Fehlerhafte Erkennung

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. 154: Identische Konfiguration (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

Sind Unterschiede feststellbar, werden diese im Korrekturdialog angezeigt, die Konfiguration kann umgehend angepasst werden.

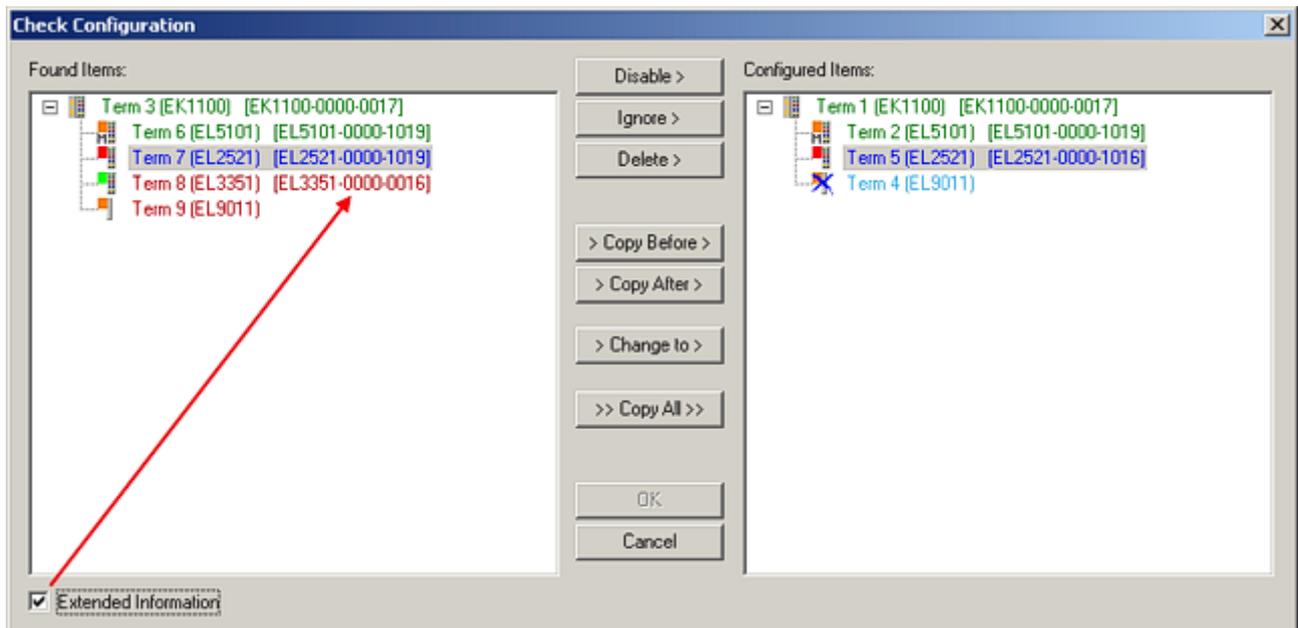


Abb. 155: Korrekturdialog

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.

Farbe	Erläuterung
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.
hellblau	Dieser EtherCAT-Slave wird ignoriert (Button „Ignore“)
rot	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dieser EtherCAT-Slave ist auf der Gegenseite nicht vorhanden</li> <li>Er ist vorhanden, aber in einer anderen Revision, die sich auch in den Eigenschaften von der angegebenen unterscheidet.</li> </ul> <p>Auch hier gilt dann das Kompatibilitätsprinzip: Ist die gefundene Revision &gt; 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 &lt; 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.

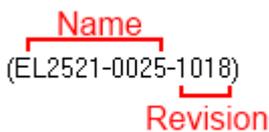


Abb. 156: Name/Revision Klemme

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.

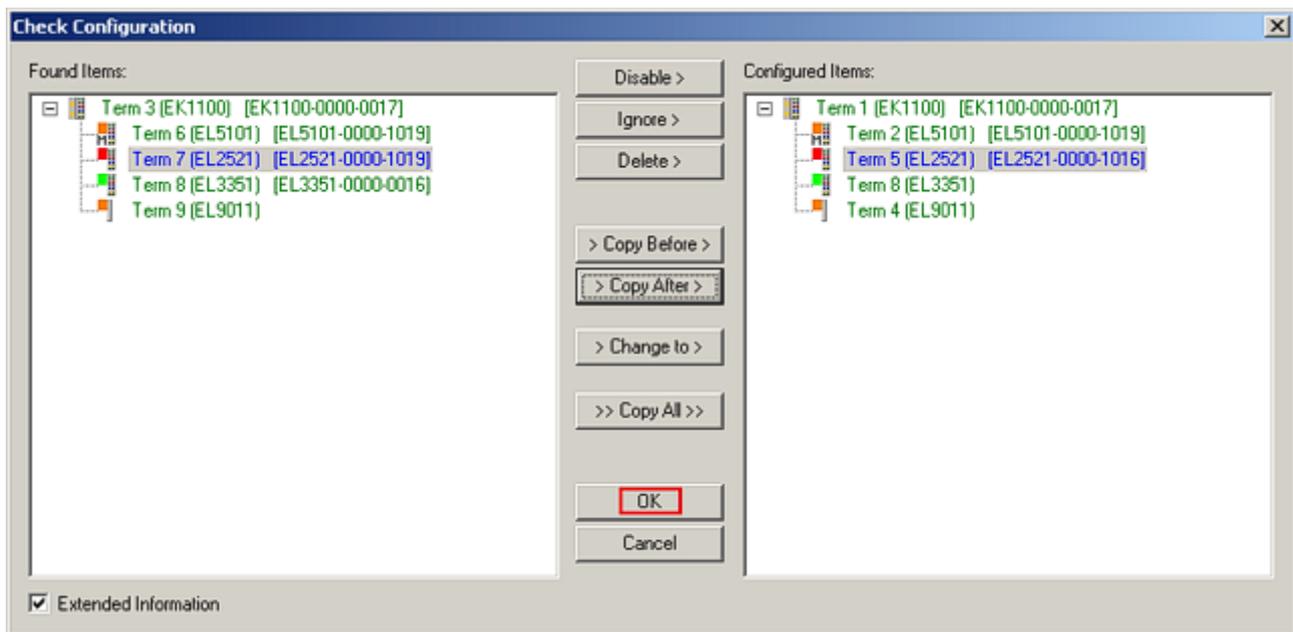


Abb. 157: Korrekturdialog mit Änderungen

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.

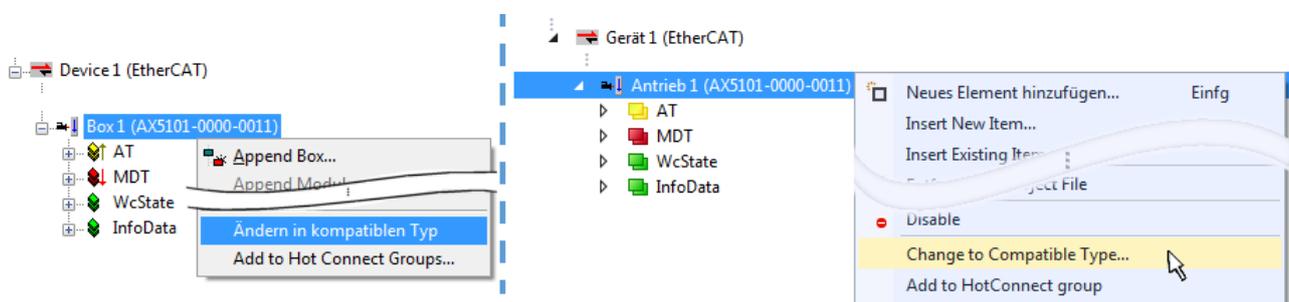


Abb. 158: Dialog „Change to Compatible Type...“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

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

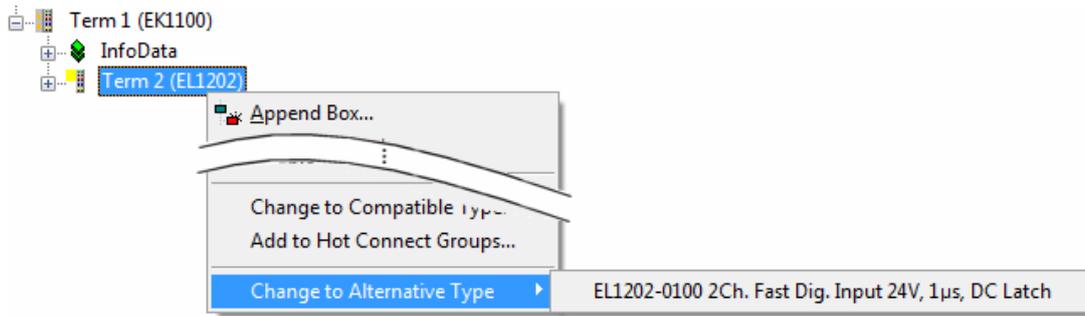


Abb. 159: TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type

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.

### 5.3.7 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. 160: „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“

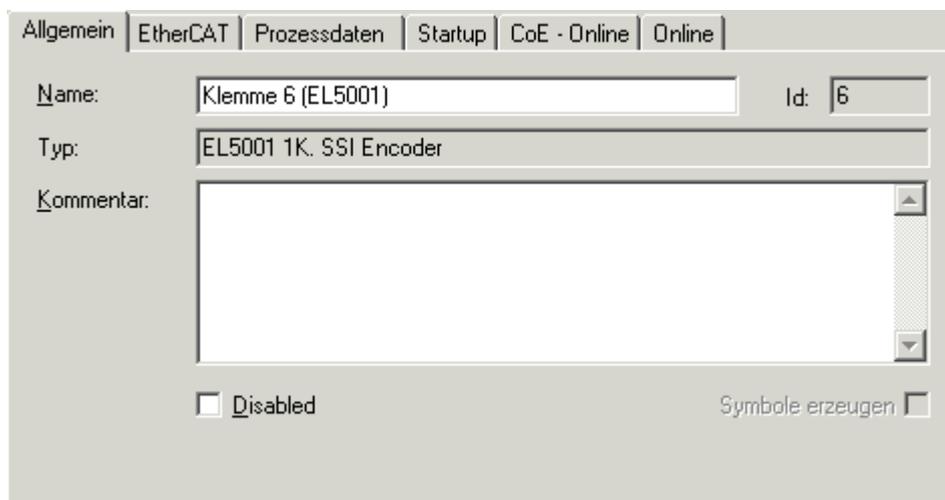


Abb. 161: Karteireiter „Allgemein“

<b>Name</b>	Name des EtherCAT-Geräts
<b>Id</b>	Laufende Nr. des EtherCAT-Geräts
<b>Typ</b>	Typ des EtherCAT-Geräts
<b>Kommentar</b>	Hier können Sie einen Kommentar (z. B. zum Anlagenteil) hinzufügen.
<b>Disabled</b>	Hier können Sie das EtherCAT-Gerät deaktivieren.
<b>Symbole erzeugen</b>	Nur wenn dieses Kontrollkästchen aktiviert ist, können Sie per ADS auf diesen EtherCAT-Slave zugreifen.

#### Karteireiter „EtherCAT“

Abb. 162: Karteireiter „EtherCAT“

<b>Typ</b>	Typ des EtherCAT-Geräts
<b>Product/Revision</b>	Produkt- und Revisions-Nummer des EtherCAT-Geräts
<b>Auto Inc Adr.</b>	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 $0000_{\text{hex}}$ und für jeden weiteren Folgenden wird die Adresse um 1 verringert ( $FFFF_{\text{hex}}$ , $FFFE_{\text{hex}}$ usw.).
<b>EtherCAT Adr.</b>	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.
<b>Vorgänger Port</b>	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.
<b>Weitere Einstellungen</b>	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.

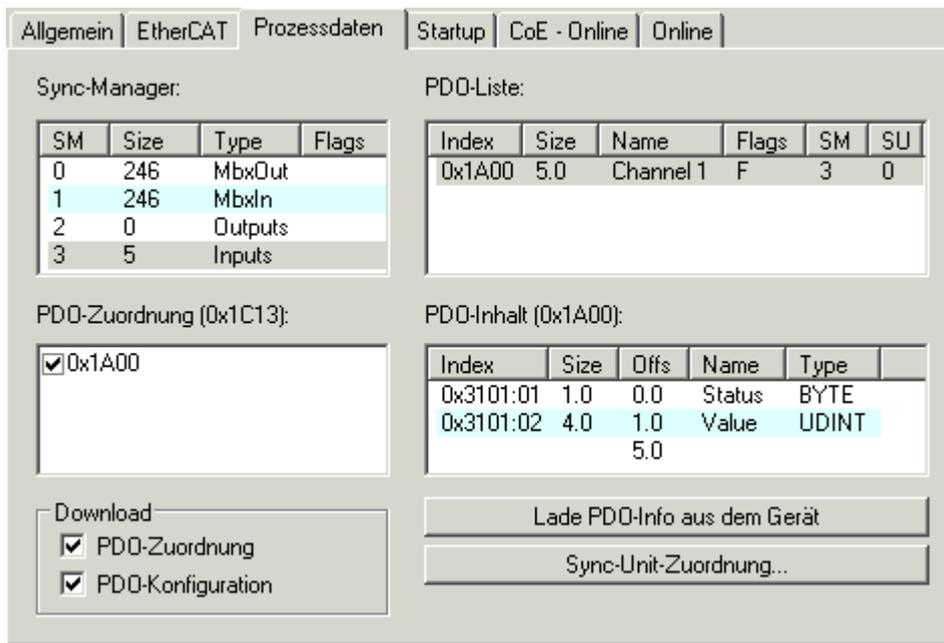


Abb. 163: Karteireiter „Prozessdaten“

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 herstellereitig 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.

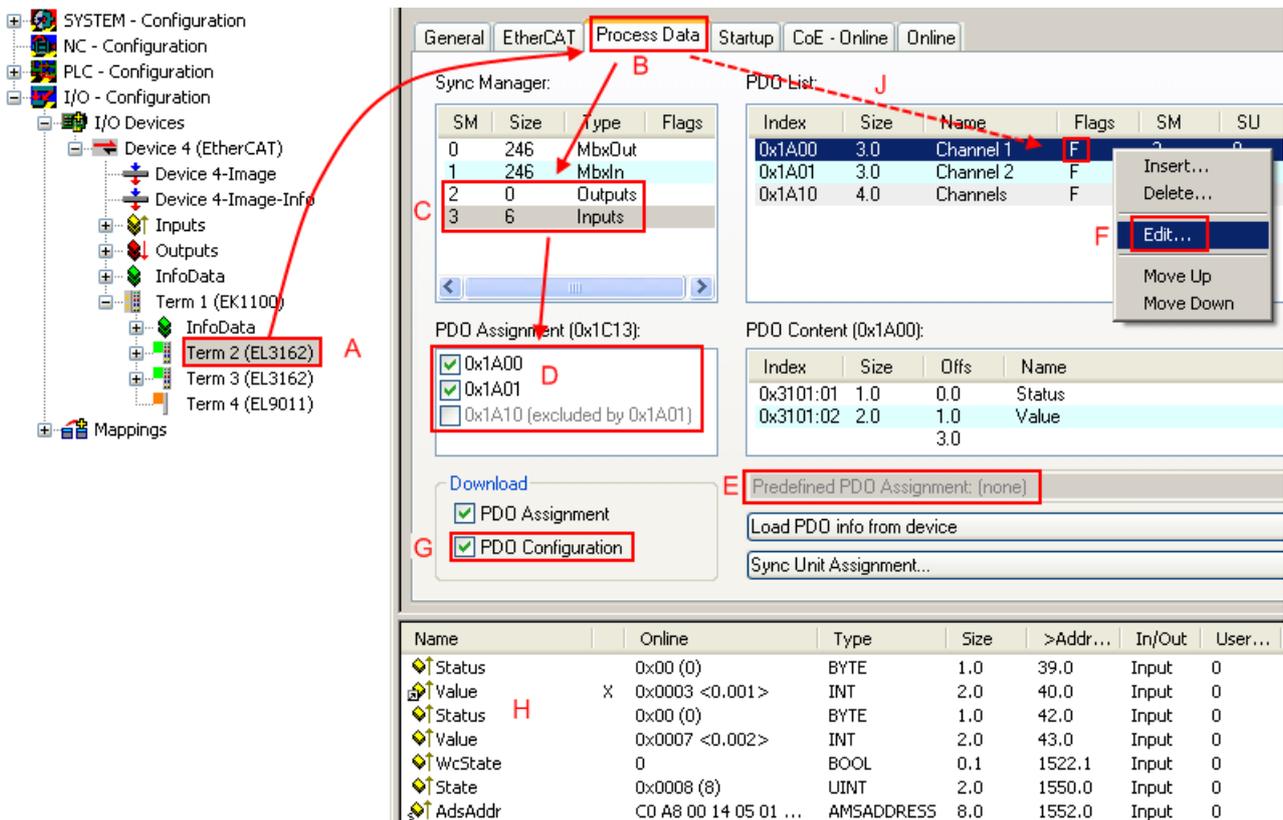


Abb. 164: Konfigurieren der Prozessdaten

### 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](#) [► 199] 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.

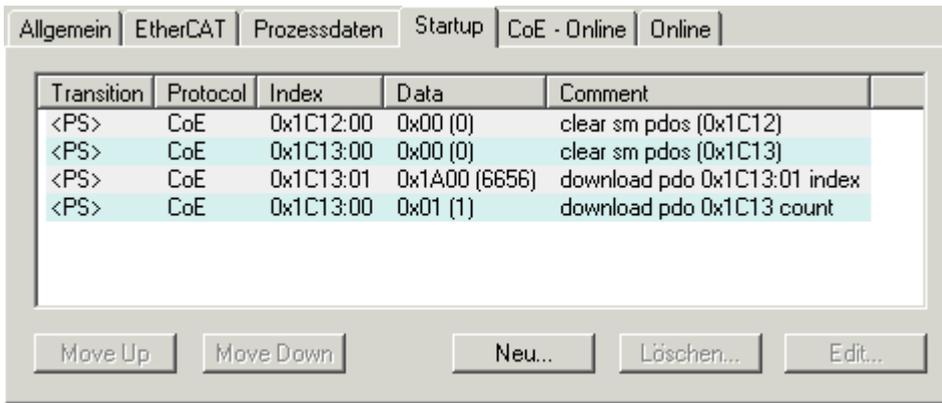


Abb. 165: Karteireiter „Startup“

Spalte	Beschreibung
Transition	Übergang, in den der Request gesendet wird. Dies kann entweder <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Übergang von Pre-Operational to Safe-Operational (PS) oder</li> <li>• der Übergang von Safe-Operational to Operational (SO) sein.</li> </ul> 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.

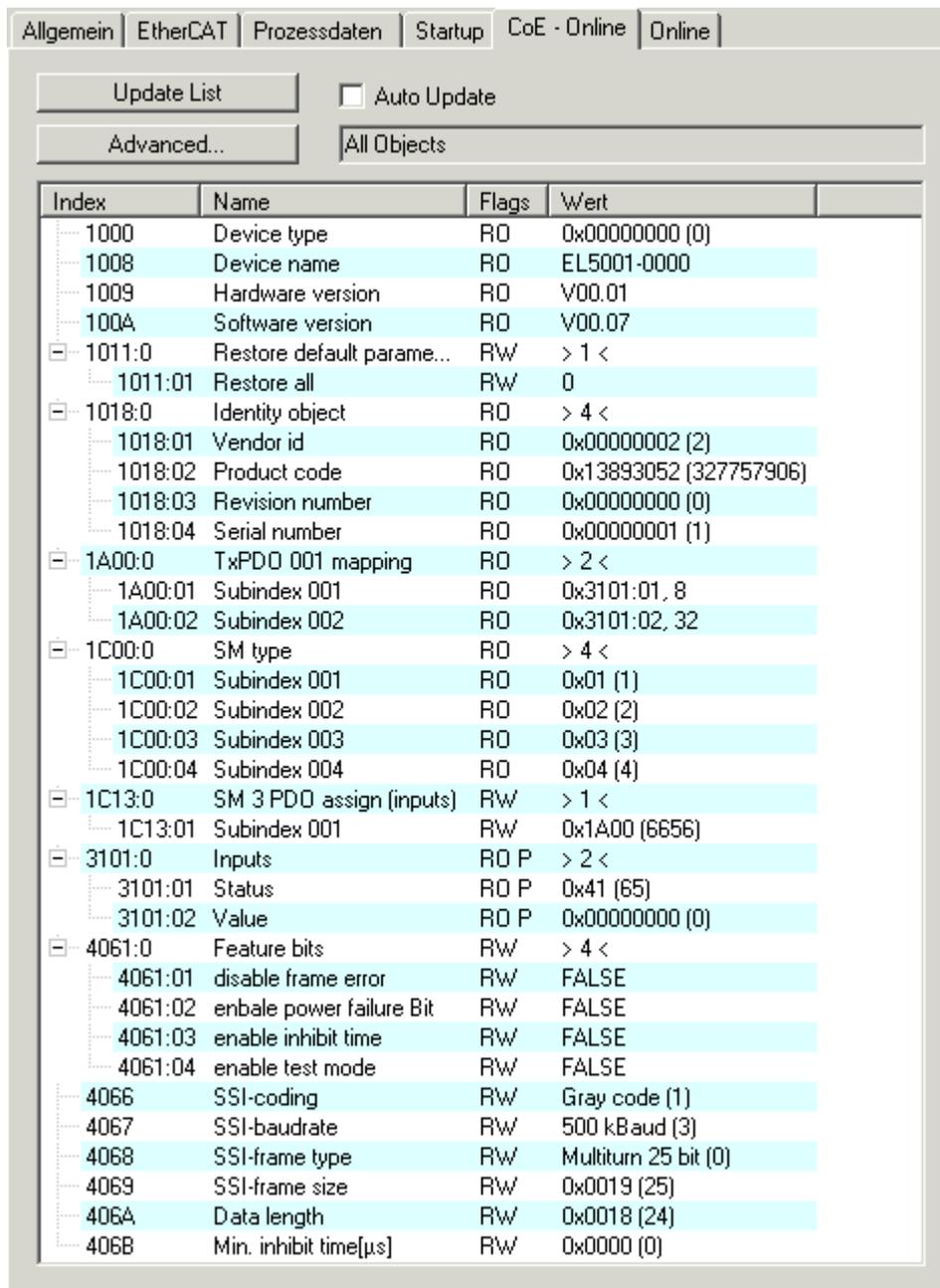


Abb. 166: Karteireiter „CoE - Online“

**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.

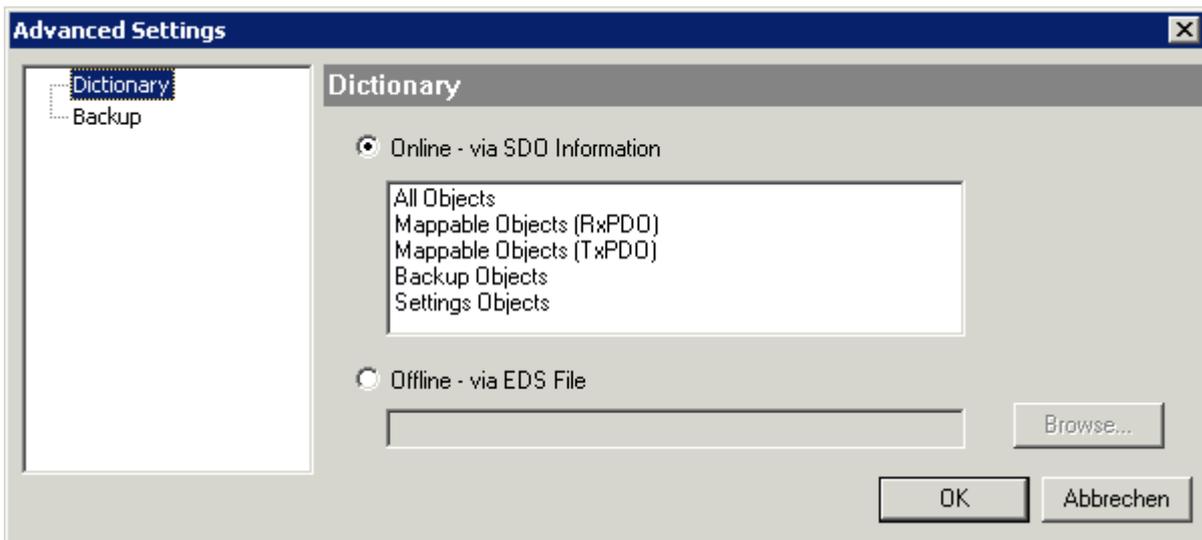


Abb. 167: Dialog „Advanced settings“

**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“**

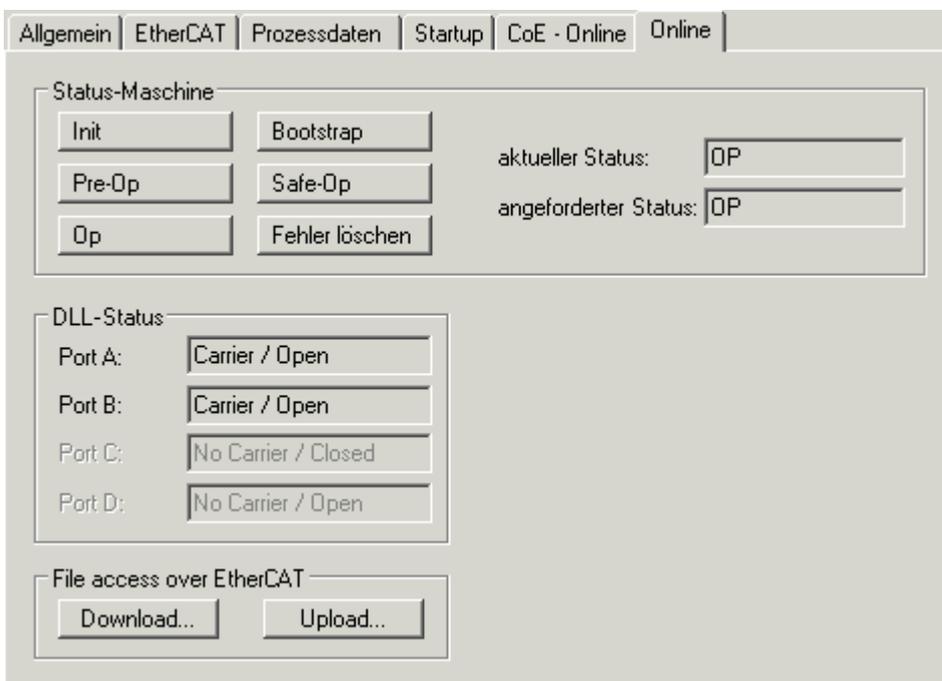


Abb. 168: Karteireiter „Online“

**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)**

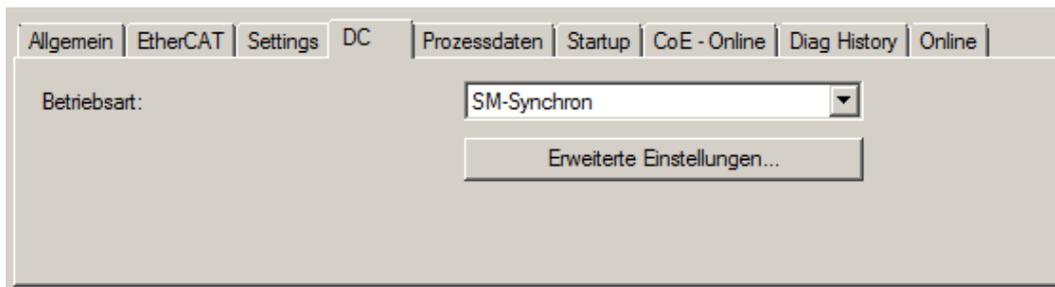


Abb. 169: Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)

- 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

### 5.3.7.1 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 \[► 197\]](#))

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.	

Spalte	Beschreibung
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 \[► 194\]](#) 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.

## 5.3.8 Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI

### SCI und XTI Export/Import – Handling von benutzerdefiniert veränderten EtherCAT-Slaves

#### 5.3.8.1 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.

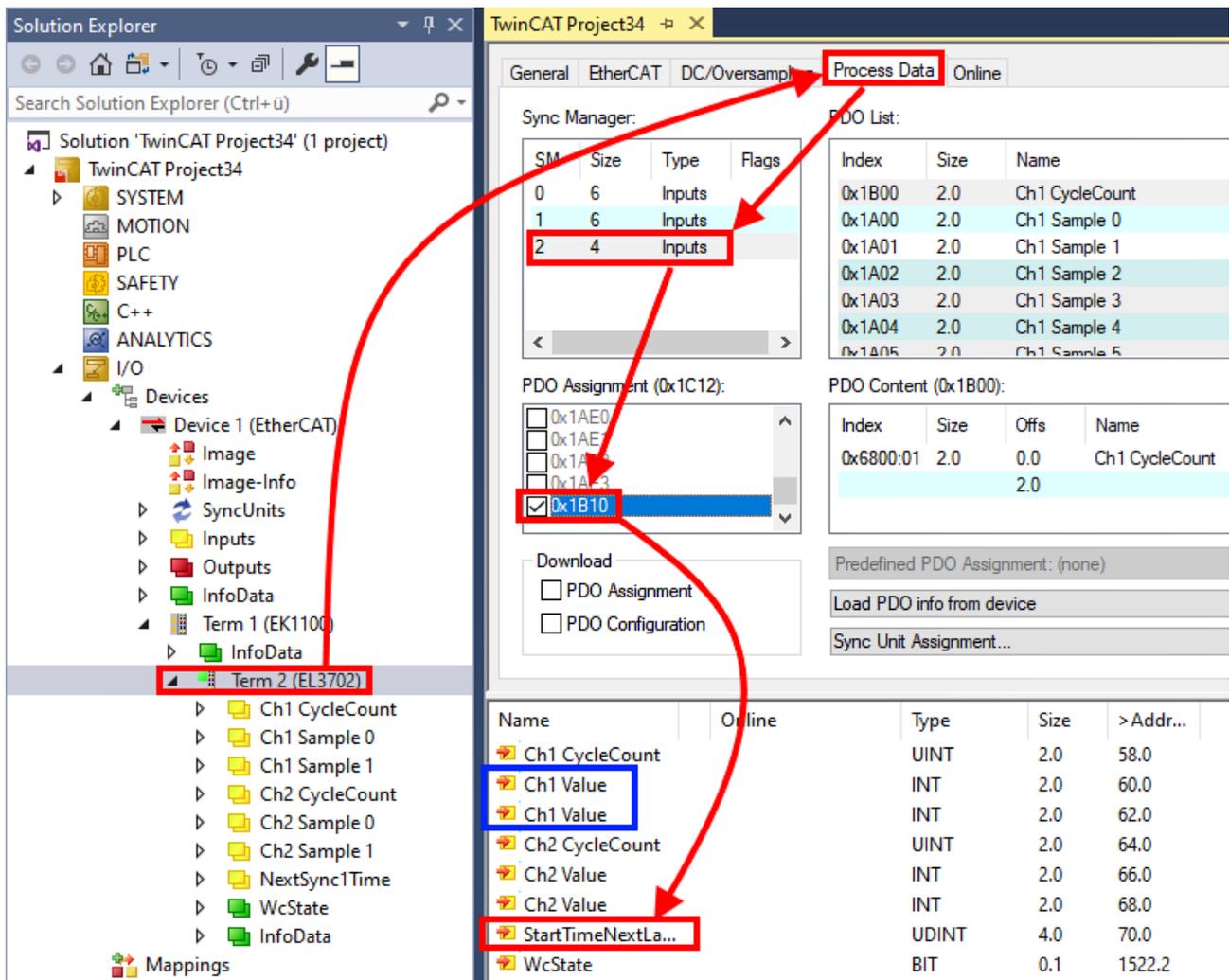
Nun kann der Bedarf entstehen, den veränderten Slave derartig in anderen Projekten wiederzuverwenden, ohne darin äquivalente Konfigurationsveränderungen an dem Slave nochmals vornehmen zu müssen. Um dies zu bewerkstelligen, ist wie folgt vorzugehen:

- 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.

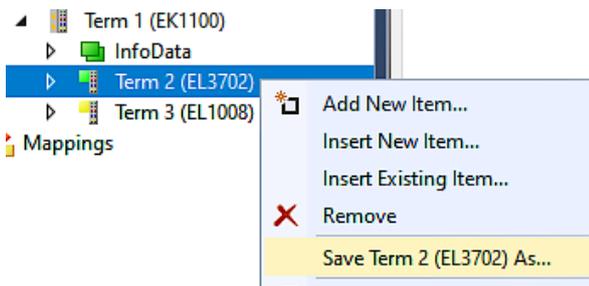
Zur Veranschaulichung im Folgenden ein Beispiel: eine EL3702-Klemme in Standard-Einstellung wird auf 2-fach Oversampling umgestellt (blau) und das optionale PDO „StartTimeNextLatch“ wahlweise hinzugefügt (rot):



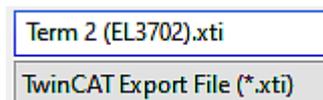
Die beiden genannten Methoden für den Export und Import der veränderten Klemme werden im Folgenden demonstriert.

### 5.3.8.2 Das Vorgehen innerhalb TwinCAT mit xti-Dateien

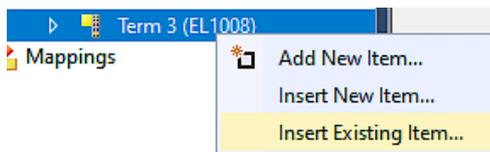
Jedes IO Gerät kann einzeln exportiert/abgespeichert werden:



Die xti-Datei kann abgelegt:



und in einem anderen TwinCAT System über „Insert Existing item“ wieder importiert werden:



### 5.3.8.3 Das Vorgehen innerhalb und außerhalb TwinCAT mit sci-Datei

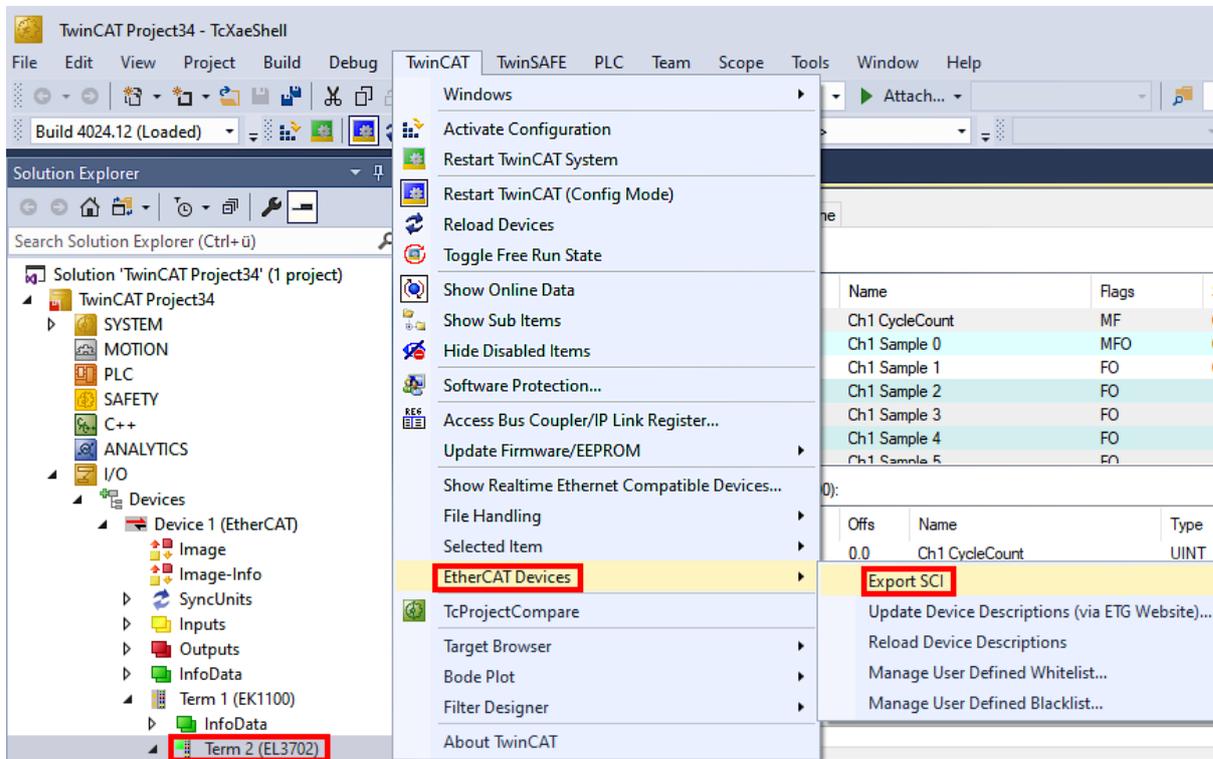
*Hinweis Verfügbarkeit (2021/01)*

Das sog. „SCI-Verfahren“ ist ab TwinCAT 3.1 Build 4024.14 verfügbar.

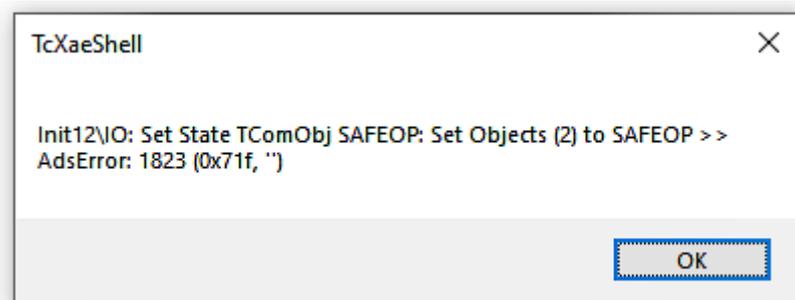
Die Slave Configuration Information (SCI) beschreibt eine bestimmte vollständige Konfiguration für einen EtherCAT-Slave (Klemme, Box, Antrieb...) basierend auf den Einstellungsmöglichkeiten der Gerätebeschreibungdatei (ESI, EtherCAT-Slave Information). Das heißt, sie umfasst PDO, CoE, Synchronisierung.

**Export:**

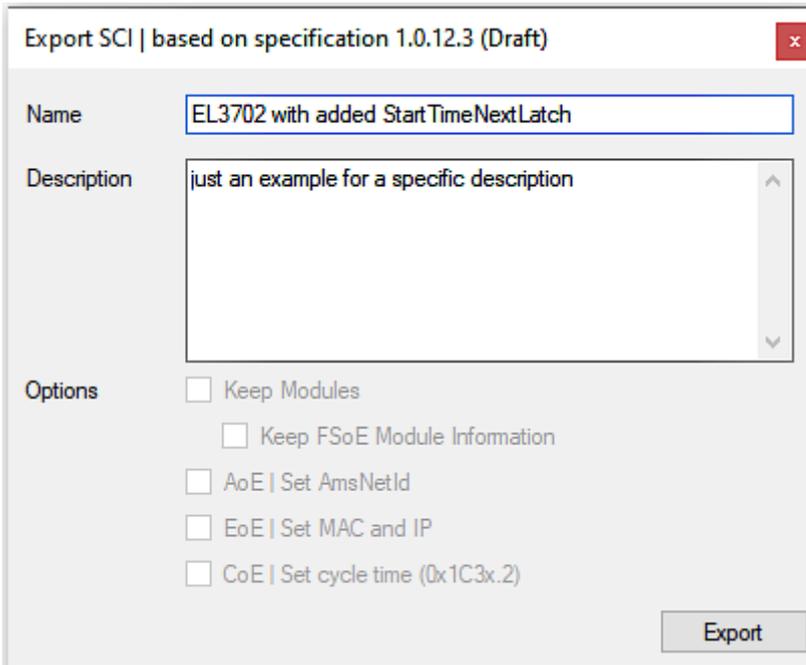
- einzelnes Gerät (auch Mehrfachauswahl möglich) über das Menü auswählen:  
TwinCAT → EtherCAT Devices → Export SCI.



- 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:



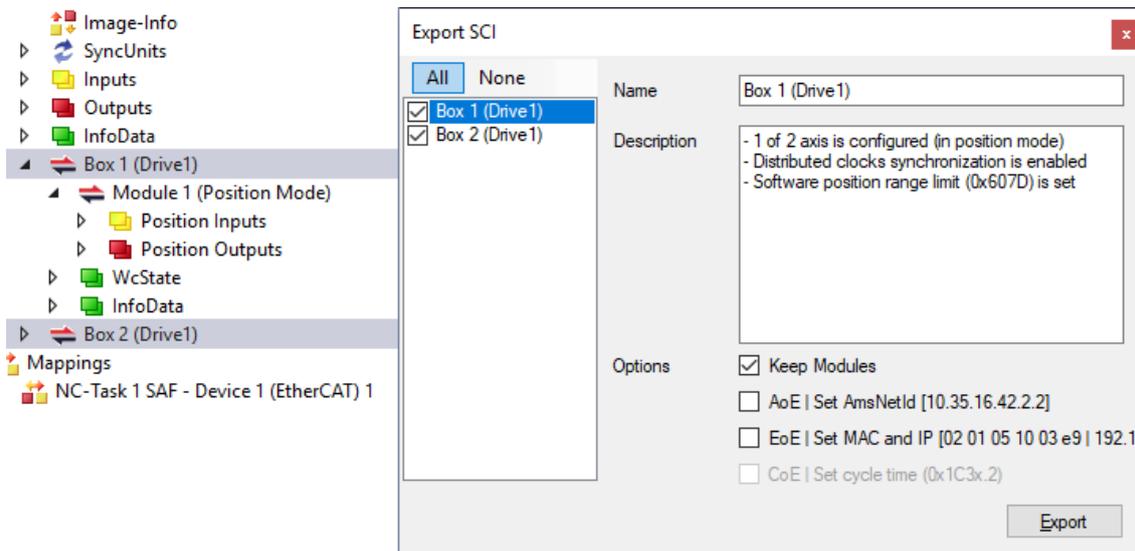
- Im Weiteren kann eine Beschreibung angegeben werden:



- Erläuterungen zum Dialogfenster:

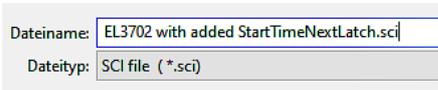
Name	Name des SCIs, wird vom Anwender vergeben.	
Description	Beschreibung der Slave Konfiguration für den genutzten Anwendungsfall, wird vom Anwender vergeben.	
Options	Keep Modules	Falls ein Slave „Modules/Slots“ unterstützt, kann entschieden werden, ob diese mit exportiert werden sollen oder ob die 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*):

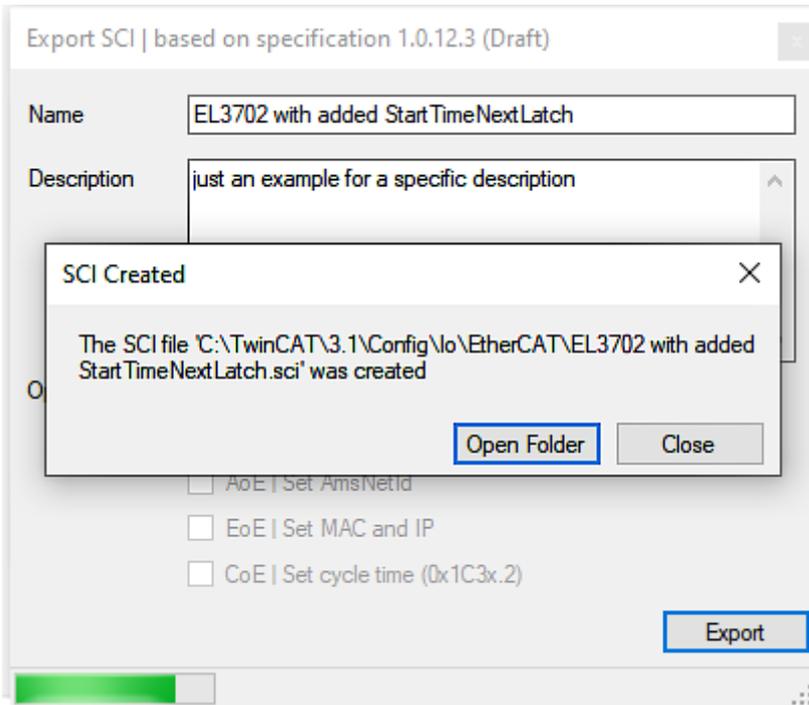


- Auswahl der zu exportierenden Slaves:

- 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:

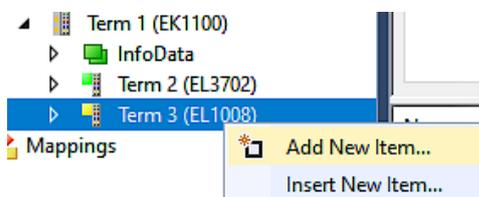


**Import**

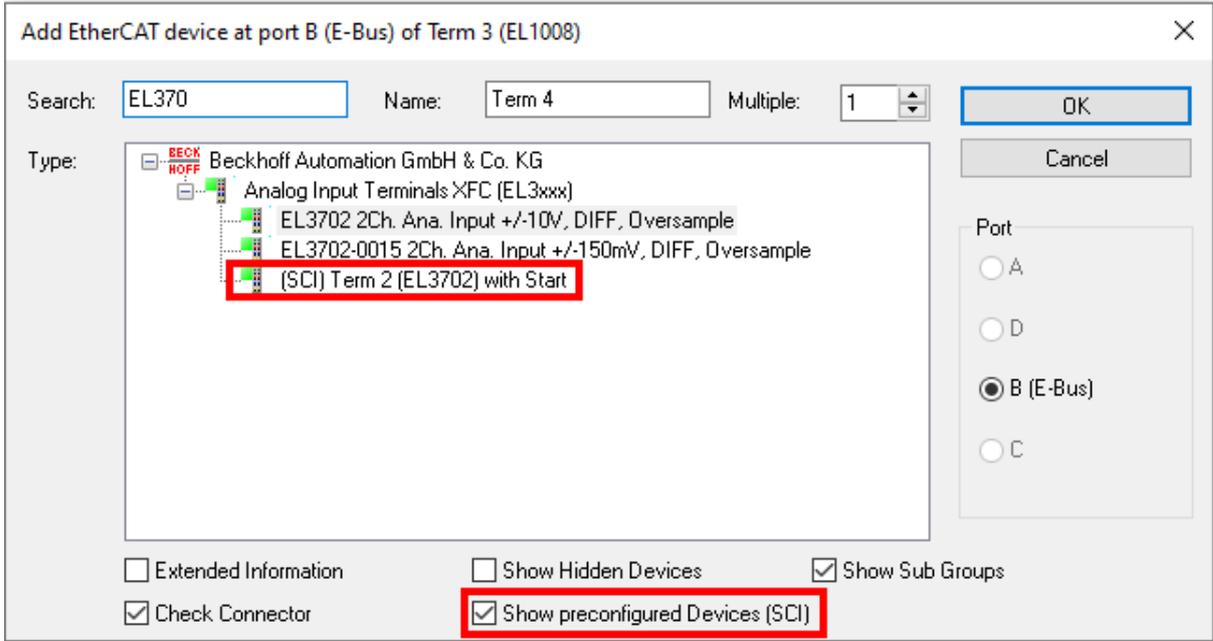
- Eine sci-Beschreibung kann wie jede normale Beckhoff-Gerätebeschreibung manuell in die TwinCAT-Konfiguration eingefügt werden.
- Die sci-Datei muss im TwinCAT-ESI-Pfad liegen, i.d.R. unter:  
C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

	EL3702 with added StartTimeNextLatch.sci	11.01.2021 13:29	SCI-Datei	6 KB
--	--	------------------	-----------	------

- Öffnen des Auswahl-Dialogs:

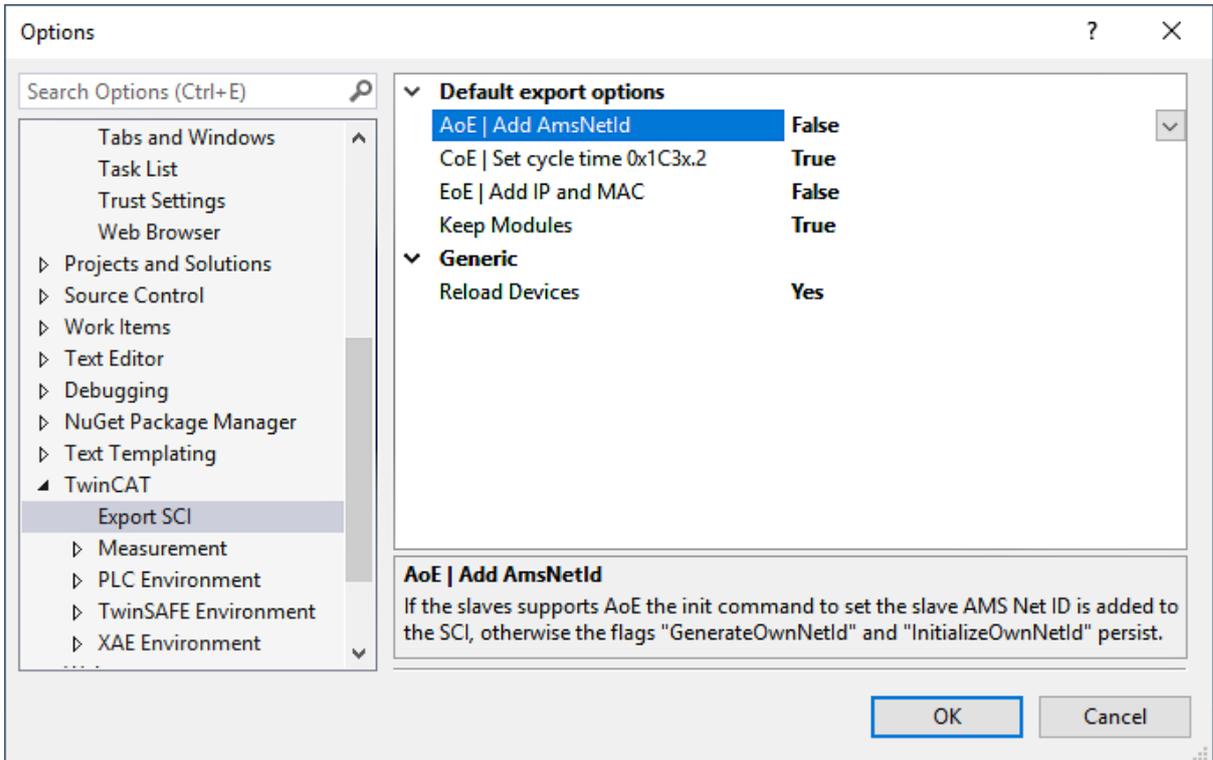


- SCI-Geräte anzeigen und gewünschtes Gerät auswählen und einfügen:



**Weitere Hinweise**

- Einstellungen für die SCI-Funktion können über den allgemeinen Options Dialog vorgenommen werden (Tools → Options → TwinCAT → Export SCI):

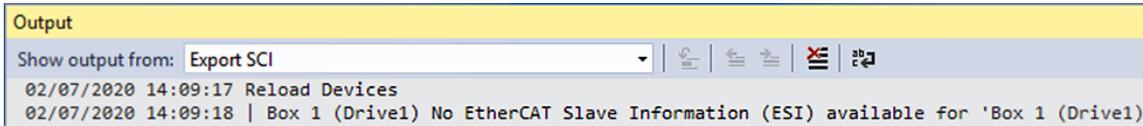


Erläuterung der Einstellungen:

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:



## 5.4 EtherCAT-Grundlagen

Grundlagen zum Feldbus EtherCAT entnehmen Sie bitte der [EtherCAT System-Dokumentation](#).

## 5.5 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.

### **i** Empfohlene Kabel

- 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. 170: System Manager Stromberechnung

**HINWEIS**

**Fehlfunktion möglich!**  
 Die E-Bus-Versorgung aller EtherCAT-Klemmen eines Klemmenblocks muss aus demselben Massepotential erfolgen!

## 5.6 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:

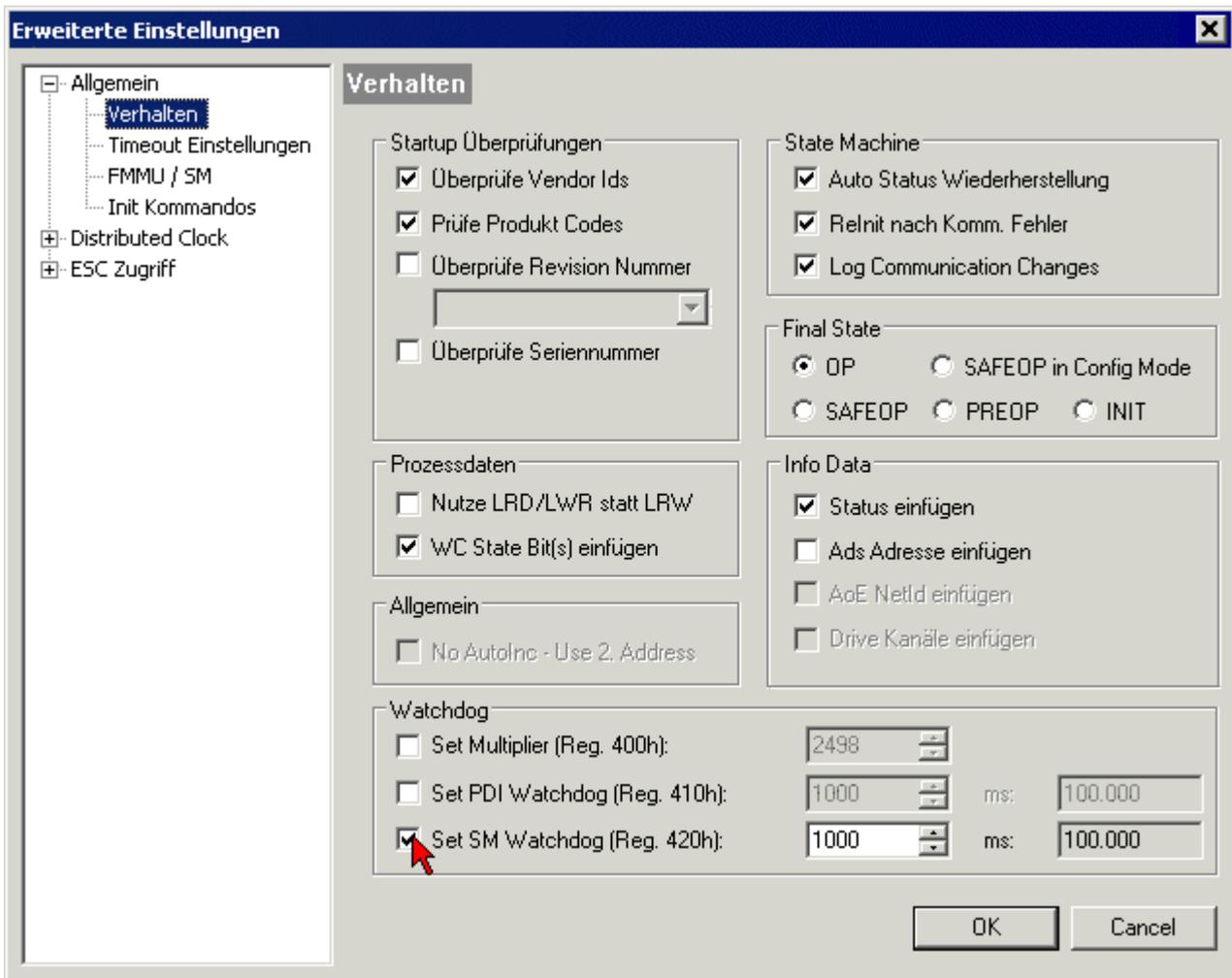


Abb. 171: Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten -> Watchdog

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 parametrierbar, aber vom Microcontroller ( $\mu\text{C}$ ) ausgeführt und kann deutlich darunter liegen. Außerdem kann die Ausführung dann einer gewissen Zeitunsicherheit unterliegen. Da der TwinCAT-Diallog 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

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!

## 5.7 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).

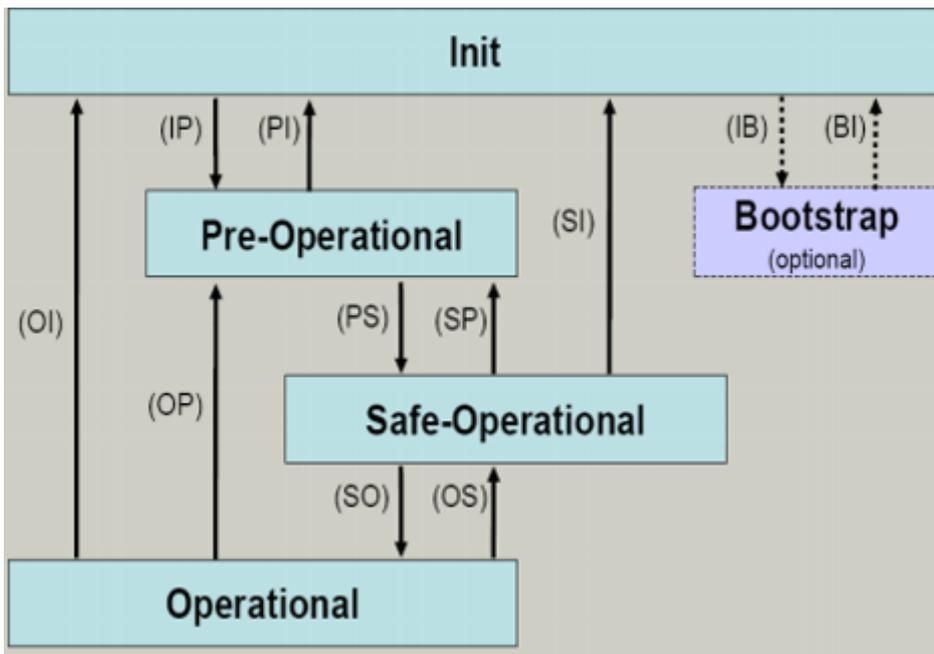


Abb. 172: Zustände der EtherCAT State Machine

### 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-Assignment. 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.

## 5.8 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<sub>dez</sub>)
- Subindex: 0x00...0xFF (0...255<sub>dez</sub>)

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

**i** 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:

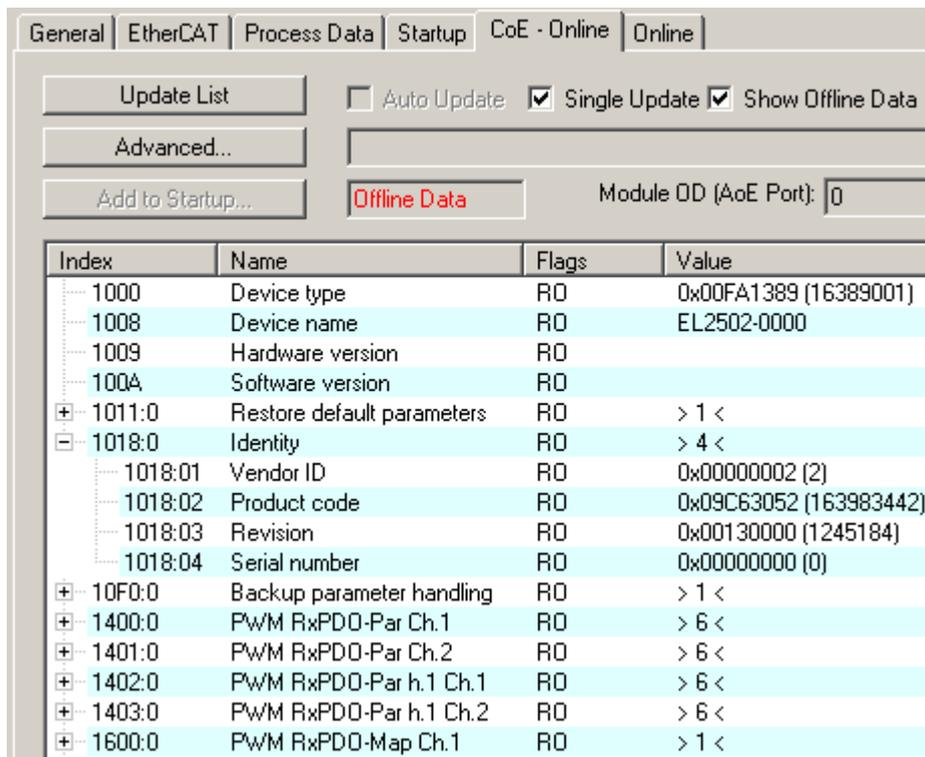


Abb. 173: Karteireiter „CoE-Online“

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. [TwinCAT 3 | 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.

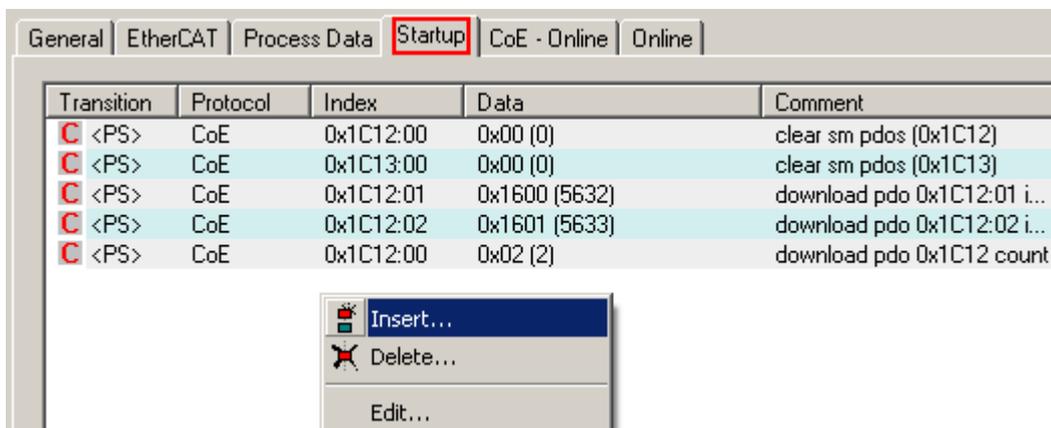


Abb. 174: Startup-Liste im TwinCAT System Manager

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.

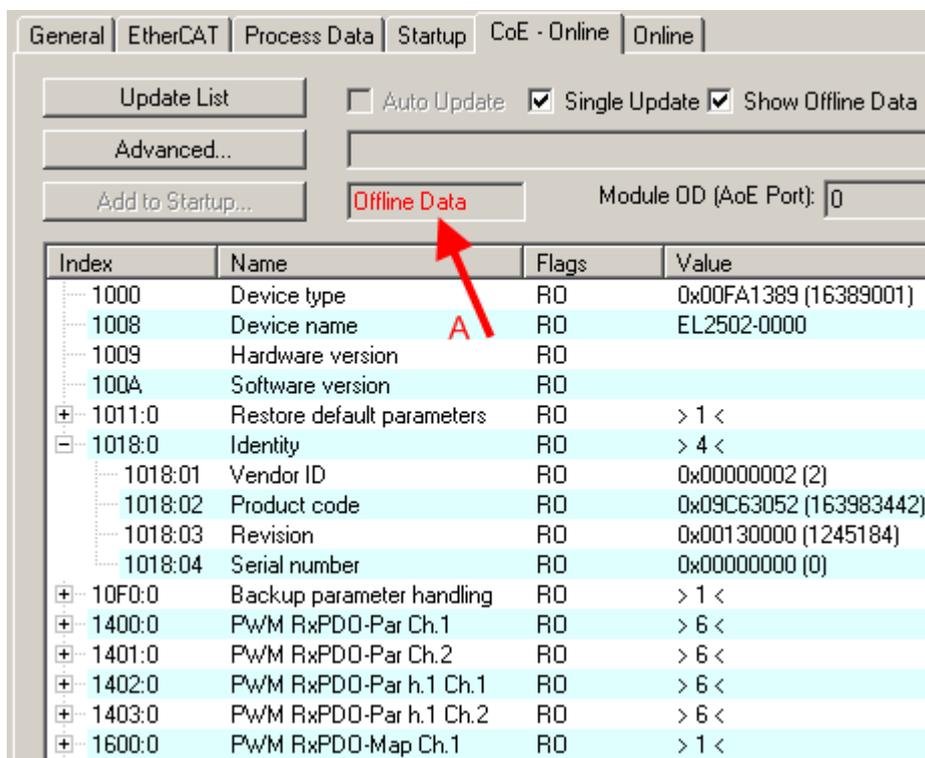


Abb. 175: Offline-Verzeichnis

- 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.

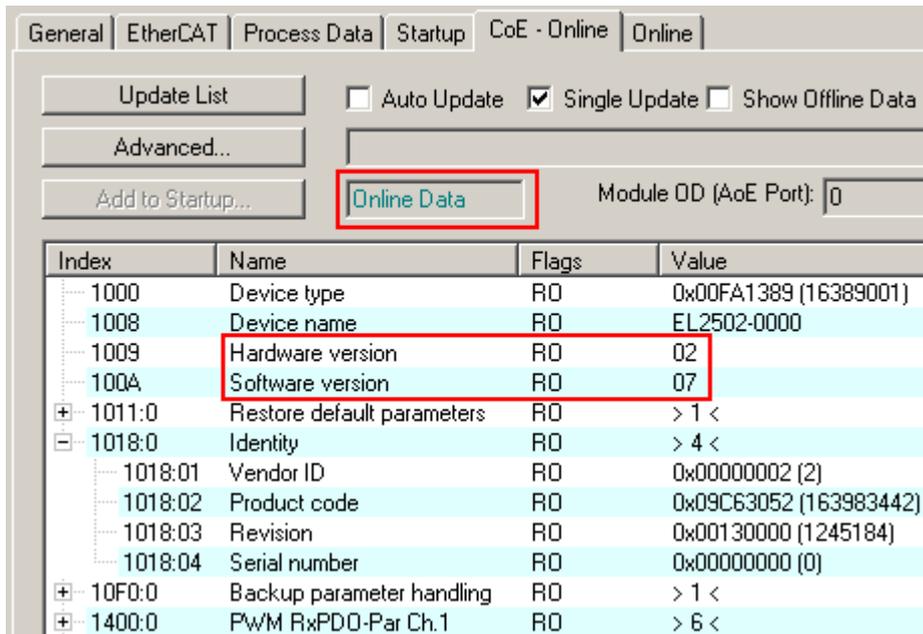


Abb. 176: Online-Verzeichnis

### 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  $16_{\text{dez}}$  bzw.  $10_{\text{hex}}$ -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.

## 5.9 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](#).

## 6 Montage und Verdrahtung

### 6.1 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 Richtung der Erdbeschleunigung.

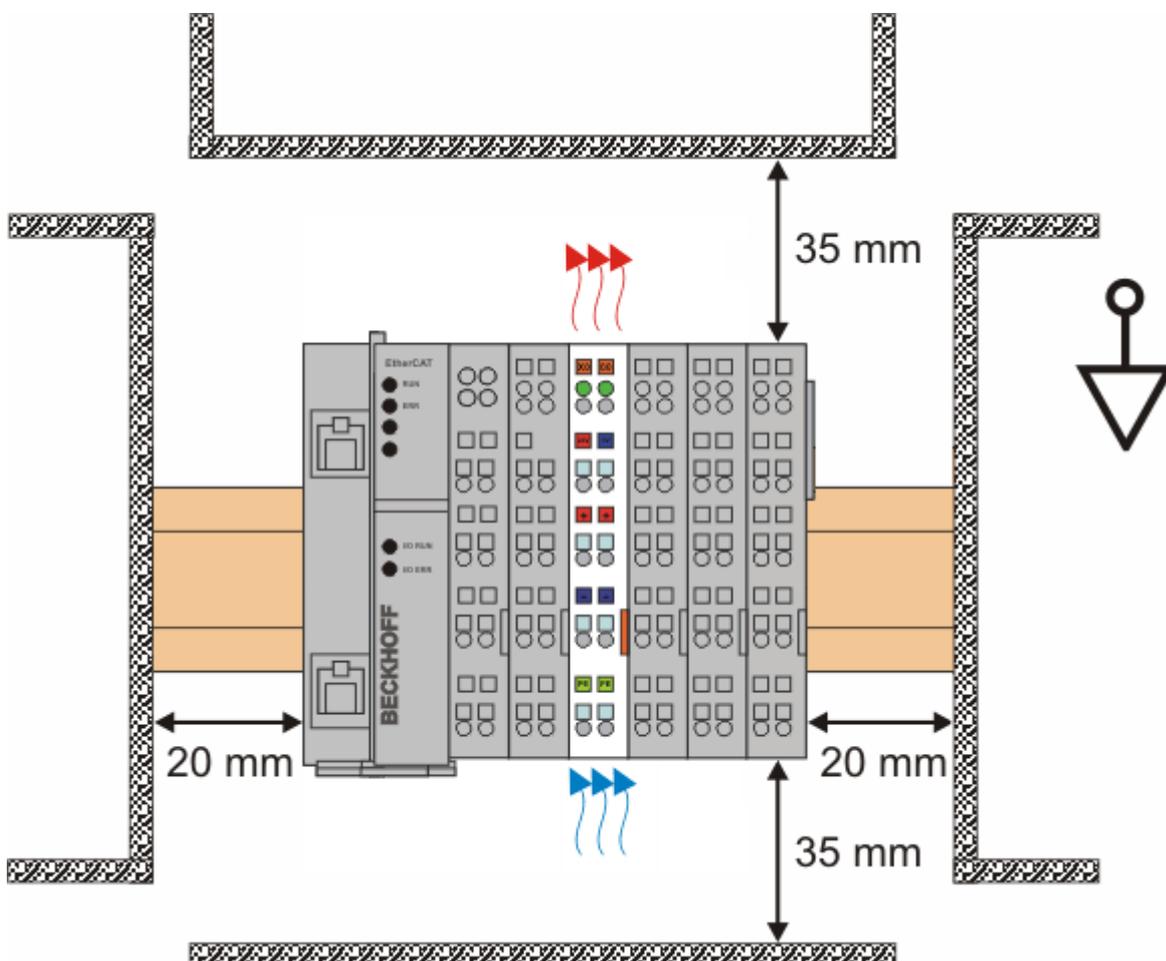


Abb. 177: Empfohlene Abstände bei Standard-Einbaulage

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, siehe Abb. „Weitere Einbaulagen“.

Auch in diesen Einbaulagen empfiehlt sich die Anwendung der oben angegebenen Mindestabstände zur Umgebung.

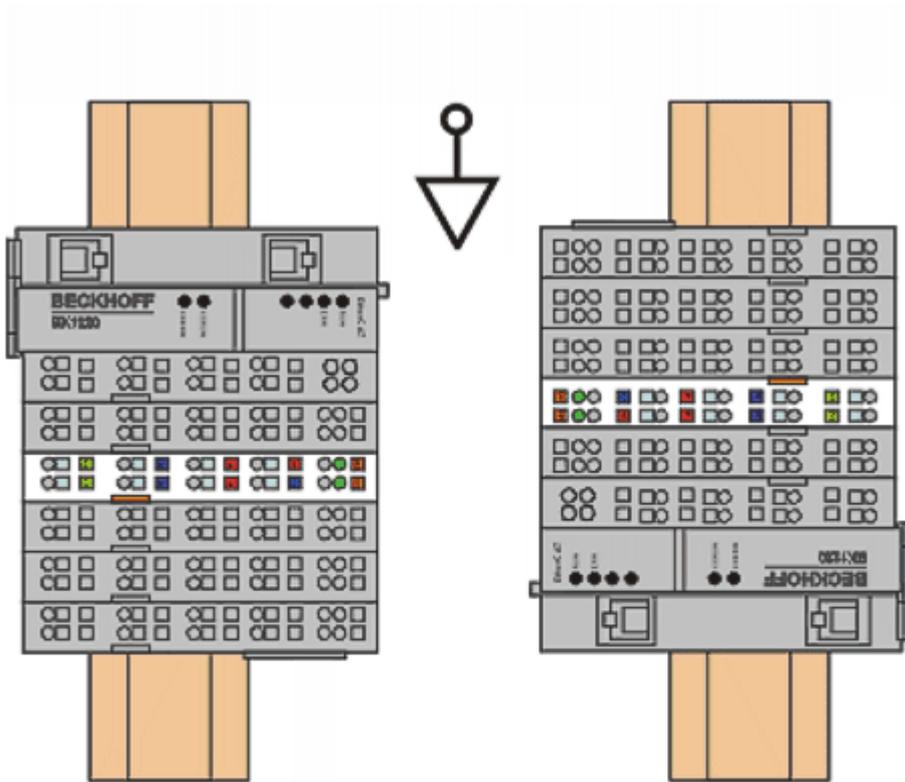


Abb. 178: Weitere Einbaulagen

## 6.2 Positionierung von passiven Klemmen

### **i** Hinweis zur Positionierung von passiven Klemmen im Busklemmenblock

EtherCAT-Klemmen (ELxxxx / ESxxxx), die nicht aktiv am Datenaustausch innerhalb des Busklemmenblocks teilnehmen, werden als passive Klemmen bezeichnet. Diese Klemmen sind an der nicht vorhandenen Stromaufnahme aus dem E-Bus zu erkennen. Um einen optimalen Datenaustausch zu gewährleisten, dürfen nicht mehr als zwei passive Klemmen direkt aneinander gereiht werden!

#### Beispiele für die Positionierung von passiven Klemmen (hell eingefärbt)

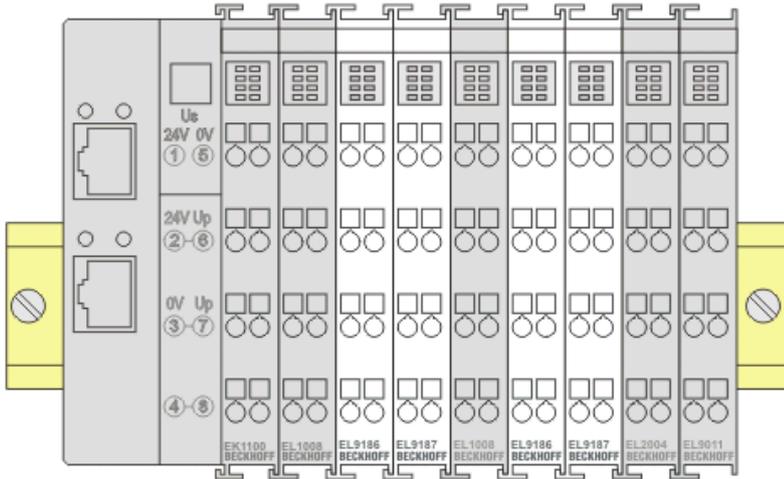


Abb. 179: Korrekte Positionierung

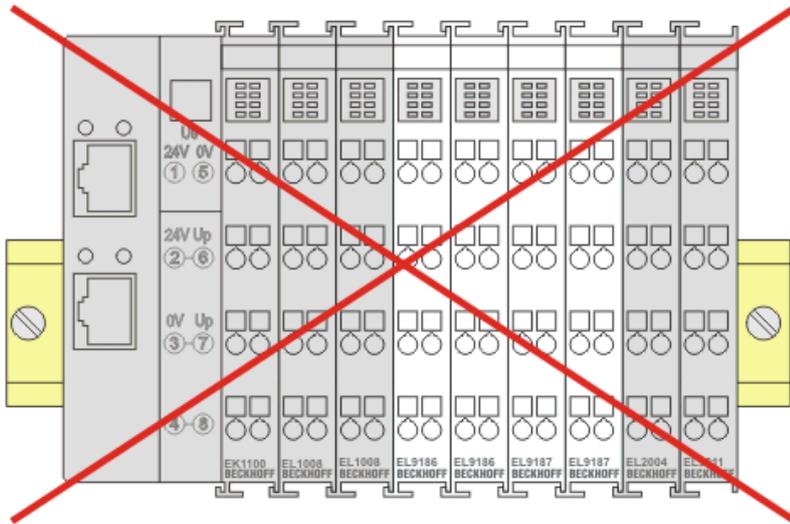


Abb. 180: Inkorrekte Positionierung

## 6.3 ATEX - Besondere Bedingungen (Standardtemperaturbereich)

**⚠️ WARNUNG**

**Beachten Sie die besonderen Bedingungen für die bestimmungsgemäße Verwendung von Beckhoff-Feldbuskomponenten mit Standardtemperaturbereich in explosionsgefährdeten Bereichen (Richtlinie 2014/34/EU)!**

- Die zertifizierten Komponenten sind in ein geeignetes Gehäuse zu errichten, das eine Schutzart von mindestens IP54 gemäß EN 60079-15 gewährleistet! Dabei sind die Umgebungsbedingungen bei der Verwendung zu berücksichtigen!
- Für Staub (nur die Feldbuskomponenten der Zertifikatsnummer KEMA 10ATEX0075 X Issue 9): Das Gerät ist in ein geeignetes Gehäuse einzubauen, das einen Schutzgrad von IP54 gemäß EN 60079-31 für Gruppe IIIA oder IIIB und IP6X für Gruppe IIIC bietet, wobei die Umgebungsbedingungen, unter denen das Gerät verwendet wird, zu berücksichtigen sind!
- Wenn die Temperaturen bei Nennbetrieb an den Einführungsstellen der Kabel, Leitungen oder Rohrleitungen höher als 70°C oder an den Aderverzweigungsstellen höher als 80°C ist, so müssen Kabel ausgewählt werden, deren Temperaturdaten den tatsächlich gemessenen Temperaturwerten entsprechen!
- Beachten für Beckhoff-Feldbuskomponenten mit Standardtemperaturbereich beim Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen den zulässigen Umgebungstemperaturbereich von 0 bis 55°C!
- Es müssen Maßnahmen zum Schutz gegen Überschreitung der Nennbetriebsspannung durch kurzzeitige Störspannungen um mehr als 40% getroffen werden!
- Die einzelnen Klemmen dürfen nur aus dem Busklemmensystem gezogen oder entfernt werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!
- Die Anschlüsse der zertifizierten Komponenten dürfen nur verbunden oder unterbrochen werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!
- Die Sicherung der Einspeiseklemmen KL92xx/EL92xx dürfen nur gewechselt werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!
- Adresswahlschalter und ID-Switche dürfen nur eingestellt werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!

### Normen

Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden durch Übereinstimmung mit den folgenden Normen erfüllt:

- EN 60079-0:2012+A11:2013
- EN 60079-15:2010
- EN 60079-31:2013 (nur für Zertifikatsnummer KEMA 10ATEX0075 X Issue 9)

### Kennzeichnung

Die gemäß ATEX-Richtlinie für den explosionsgefährdeten Bereich zertifizierten Beckhoff-Feldbuskomponenten mit Standardtemperaturbereich tragen eine der folgenden Kennzeichnungen:



**II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA IIC T4 Gc Ta: 0 ... +55°C**  
**II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135°C Dc Ta: 0 ... +55°C**  
 (nur für Feldbuskomponenten mit Zertifikatsnummer KEMA 10ATEX0075 X Issue 9)

oder



**II 3G KEMA 10ATEX0075 X Ex nA nC IIC T4 Gc Ta: 0 ... +55°C**

II 3D KEMA 10ATEX0075 X Ex tc IIIC T135°C Dc Ta: 0 ... +55°C  
(nur für Feldbuskomponenten mit Zertifikatsnummer KEMA 10ATEX0075 X Issue 9)

## 6.4 IECEx - Besondere Bedingungen

### ⚠️ WARNUNG

#### Beachten Sie die besonderen Bedingungen für die bestimmungsgemäße Verwendung von Beckhoff-Feldbuskomponenten in explosionsgefährdeten Bereichen!

- Für Gas: Die Komponenten sind in ein geeignetes Gehäuse zu errichten, das gemäß EN 60079-15 eine Schutzart von IP54 gewährleistet! Dabei sind die Umgebungsbedingungen bei der Verwendung zu berücksichtigen!
- Für Staub (nur für Feldbuskomponenten der Zertifikatsnummer IECEx DEK 16.0078X Issue 3): Die Komponenten sind in einem geeigneten Gehäuse zu errichten, das gemäß EN 60079-31 für die Gruppe IIIA oder IIIB eine Schutzart von IP54 oder für die Gruppe IIIC eine Schutzart von IP6X gewährleistet. Dabei sind die Umgebungsbedingungen bei der Verwendung zu berücksichtigen!
- Die Komponenten dürfen nur in einem Bereich mit mindestens Verschmutzungsgrad 2 gemäß IEC 60664-1 verwendet werden!
- Es sind Vorkehrungen zu treffen, um zu verhindern, dass die Nennspannung durch transiente Störungen von mehr als 119 V überschritten wird!
- Wenn die Temperaturen bei Nennbetrieb an den Einführungsstellen der Kabel, Leitungen oder Rohrleitungen höher als 70°C oder an den Aderverzweigungsstellen höher als 80°C ist, so müssen Kabel ausgewählt werden, deren Temperaturdaten den tatsächlich gemessenen Temperaturwerten entsprechen!
- Beachten Sie für Beckhoff-Feldbuskomponenten beim Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen den zulässigen Umgebungstemperaturbereich!
- Die einzelnen Klemmen dürfen nur aus dem Busklemmensystem gezogen oder entfernt werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!
- Die Anschlüsse der zertifizierten Komponenten dürfen nur verbunden oder unterbrochen werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!
- Adresswahlschalter und ID-Switche dürfen nur eingestellt werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!
- Die Frontklappe von zertifizierten Geräten darf nur geöffnet werden, wenn die Versorgungsspannung abgeschaltet wurde bzw. bei Sicherstellung einer nicht-explosionsfähigen Atmosphäre!

### Normen

Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden durch Übereinstimmung mit den folgenden Normen erfüllt:

- EN 60079-0:2011
- EN 60079-15:2010
- EN 60079-31:2013 (nur für Zertifikatsnummer IECEx DEK 16.0078X Issue 3)

### Kennzeichnung

Die gemäß IECEx für den explosionsgefährdeten Bereich zertifizierten Beckhoff-Feldbuskomponenten tragen die folgende Kennzeichnung:

Kennzeichnung für Feldbuskomponenten der Zertifikat-Nr. IECEx DEK 16.0078X Issue 3:	<b>IECEx DEK 16.0078 X</b>
	<b>Ex nA IIC T4 Gc</b>
	<b>Ex tc IIIC T135°C Dc</b>

Kennzeichnung für Feldbuskomponenten von Zertifikaten mit späteren Ausgaben:	<b>IECEx DEK 16.0078 X</b>
	<b>Ex nA IIC T4 Gc</b>

## 6.5 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 vorgesehenes 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 Kontaktfläche 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.

## 6.6 Schirmung, Erdung

Hierzu wird auf die weiterführenden Hinweise im I/O-Analog-Handbuch, Kapitel „Analogtechnische Hinweise - Schirm und Erde“ verwiesen, siehe Kapitel [Wegweiser durch die Dokumentation](#) [► 10].

## 6.7 Tragschienenmontage

### **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!

Das Busklemmen-System ist für die Montage in einem Schaltschrank oder Klemmkasten vorgesehen.

**Montage**

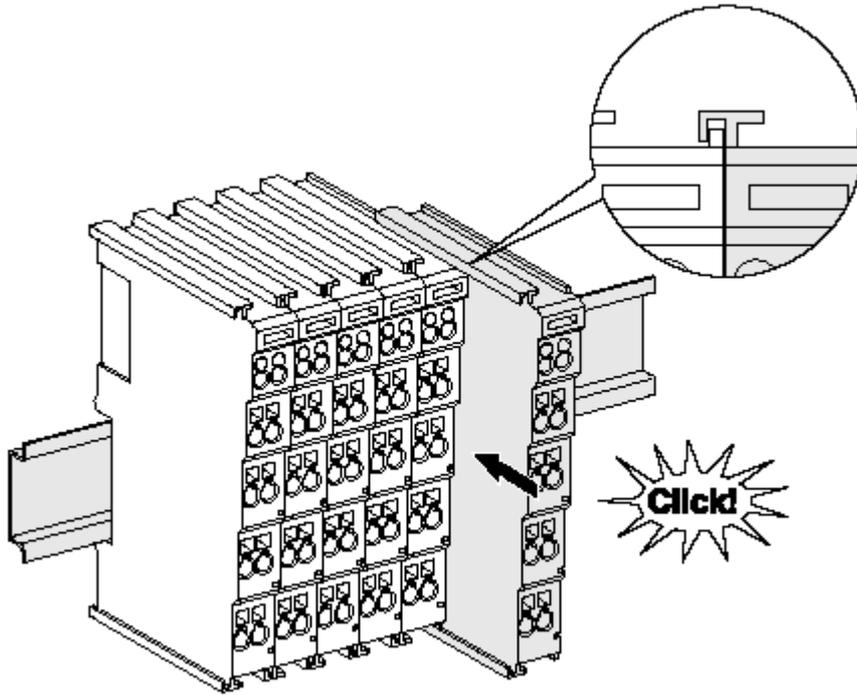


Abb. 181: Montage auf Tragschiene

Die Buskoppler und Busklemmen werden durch leichten Druck auf handelsübliche 35 mm-Tragschienen (Hutschienen nach EN 60715) aufgerastet:

1. Stecken Sie zuerst den Feldbuskoppler auf die Tragschiene.
2. Auf der rechten Seite des Feldbuskopplers werden nun die Busklemmen angereiht. Stecken Sie dazu die Komponenten mit Nut und Feder zusammen und schieben Sie die Klemmen gegen die Tragschiene, bis die Verriegelung hörbar auf der Tragschiene einrastet.  
Wenn Sie die Klemmen erst auf die Tragschiene schnappen und dann nebeneinander schieben, ohne dass Nut und Feder ineinander greifen, wird keine funktionsfähige Verbindung hergestellt! Bei richtiger Montage darf kein nennenswerter Spalt zwischen den Gehäusen zu sehen sein.

**● Tragschienenbefestigung**

**i** Der Verriegelungsmechanismus der Klemmen und Koppler reicht in das Profil der Tragschiene hinein. Achten Sie bei der Montage der Komponenten darauf, dass der Verriegelungsmechanismus nicht in Konflikt mit den Befestigungsschrauben der Tragschiene gerät. Verwenden Sie zur Befestigung von Tragschienen mit einer Höhe von 7,5 mm unter den Klemmen und Kopplern flache Montageverbindungen wie Senkkopfschrauben oder Blindnieten.

## Demontage

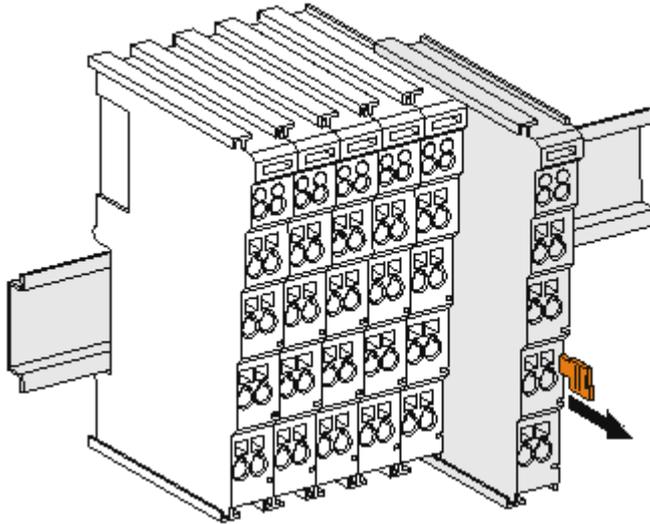


Abb. 182: Demontage von Tragschiene

Jede Klemme wird durch eine Verriegelung auf der Tragschiene gesichert, die zur Demontage gelöst werden muss:

1. Ziehen Sie die Klemme an ihren orangefarbenen Laschen ca. 1 cm von der Tragschiene herunter. Dabei wird die Tragschiennenverriegelung dieser Klemme automatisch gelöst 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.

## Verbindungen innerhalb eines Busklemmenblocks

Die elektrischen Verbindungen zwischen Buskoppler und Busklemmen werden durch das Zusammenstecken der Komponenten automatisch realisiert:

- Die sechs Federkontakte des K-Bus/E-Bus übernehmen die Übertragung der Daten und die Versorgung der Busklemmenelektronik.
- Die Powerkontakte übertragen die Versorgung für die Feldelektronik und stellen so innerhalb des Busklemmenblocks eine Versorgungsschiene dar. Die Versorgung der Powerkontakte erfolgt über Klemmenstellen am Buskoppler (bis 24 V) oder für höhere Spannungen über Einspeiseklemmen.

### ● Powerkontakte

**i** Beachten Sie bei der Projektierung eines Busklemmenblocks die Kontaktbelegungen der einzelnen Busklemmen, da einige Typen (z.B. analoge Busklemmen oder digitale 4-Kanal-Busklemmen) die Powerkontakte nicht oder nicht vollständig durchschleifen. Einspeiseklemmen (KL91xx, KL92xx bzw. EL91xx, EL92xx) unterbrechen die Powerkontakte und stellen so den Anfang einer neuen Versorgungsschiene dar.

## PE-Powerkontakt

Der Powerkontakt mit der Bezeichnung PE kann als Schutzerde eingesetzt werden. Der Kontakt ist aus Sicherheitsgründen beim Zusammenstecken voreilend und kann Kurzschlussströme bis 125 A ableiten.

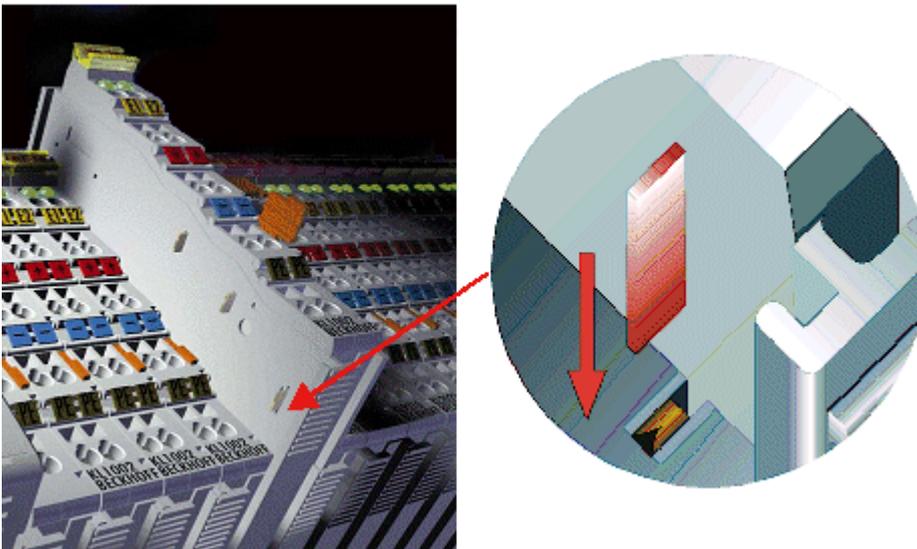


Abb. 183: Linksseitiger Powerkontakt

**HINWEIS**

**Beschädigung des Gerätes möglich**

Beachten Sie, dass aus EMV-Gründen die PE-Kontakte kapazitiv mit der Tragschiene verbunden sind. Das kann bei der Isolationsprüfung zu falschen Ergebnissen und auch zur Beschädigung der Klemme führen (z. B. Durchschlag zur PE-Leitung bei der Isolationsprüfung eines Verbrauchers mit 230 V Nennspannung). Klemmen Sie zur Isolationsprüfung die PE-Zuleitung am Buskoppler bzw. der Einspeiseklemme ab! Um weitere Einspeisestellen für die Prüfung zu entkoppeln, können Sie diese Einspeiseklemmen entriegeln und mindestens 10 mm aus dem Verbund der übrigen Klemmen herausziehen.

**⚠️ WARNUNG**

**Verletzungsgefahr durch Stromschlag!**

Der PE-Powerkontakt darf nicht für andere Potentiale verwendet werden!

## 6.8 Anschluss

### 6.8.1 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!

#### Übersicht

Mit verschiedenen Anschlussoptionen bietet das Busklemmensystem eine optimale Anpassung an die Anwendung:

- Die Klemmen der Serien ELxxxx und KLxxxx mit Standardverdrahtung enthalten Elektronik und Anschlussebene in einem Gehäuse.
- Die Klemmen der Serien ESxxxx und KSxxxx haben eine steckbare Anschlussebene und ermöglichen somit beim Austausch die stehende Verdrahtung.
- Die High-Density-Klemmen (HD-Klemmen) enthalten Elektronik und Anschlussebene in einem Gehäuse und haben eine erhöhte Packungsdichte.

**Standardverdrahtung (ELxxxx / KLxxxx)**

Abb. 184: Standardverdrahtung

Die Klemmen der Serien ELxxxx und KLxxxx integrieren die schraublose Federkrafttechnik zur schnellen und einfachen Verdrahtung.

**Steckbare Verdrahtung (ESxxxx / KSxxxx)**

Abb. 185: Steckbare Verdrahtung

Die Klemmen der Serien ESxxxx und KSxxxx enthalten eine steckbare Anschlussebene. Montage und Verdrahtung werden wie bei den Serien ELxxxx und KLxxxx durchgeführt. Im Servicefall erlaubt die steckbare Anschlussebene, die gesamte Verdrahtung als einen Stecker von der Gehäuseoberseite abzuziehen. Das Unterteil kann über das Betätigen der Entriegelungslasche aus dem Klemmenblock herausgezogen werden. Die auszutauschende Komponente wird hineingeschoben und der Stecker mit der stehenden Verdrahtung wieder aufgesteckt. Dadurch verringert sich die Montagezeit und ein Verwechseln der Anschlussdrähte ist ausgeschlossen.

Die gewohnten Maße der Klemme ändern sich durch den Stecker nur geringfügig. Der Stecker trägt ungefähr 3 mm auf; dabei bleibt die maximale Höhe der Klemme unverändert.

Eine Lasche für die Zugentlastung des Kabels stellt in vielen Anwendungen eine deutliche Vereinfachung der Montage dar und verhindert ein Verheddern der einzelnen Anschlussdrähte bei gezogenem Stecker.

Leiterquerschnitte von 0,08 mm<sup>2</sup> bis 2,5 mm<sup>2</sup> können weiter in der bewährten Federkrafttechnik verwendet werden.

Übersicht und Systematik in den Produktbezeichnungen der Serien ESxxxx und KSxxxx werden wie von den Serien ELxxxx und KLxxxx bekannt weitergeführt.

**High-Density-Klemmen (HD-Klemmen)**

Abb. 186: High-Density-Klemmen

Die Klemmen dieser Baureihe mit 16 Klemmstellen zeichnen sich durch eine besonders kompakte Bauform aus, da die Packungsdichte auf 12 mm doppelt so hoch ist wie die der Standard-Busklemmen. Massive und mit einer Aderendhülse versehene Leiter können ohne Werkzeug direkt in die Federklemmstelle gesteckt werden.

---

● **Verdrahtung HD-Klemmen**

**i** Die High-Density-Klemmen der Serien ELx8xx und KLx8xx unterstützen keine steckbare Verdrahtung.

---

**Ultraschallverdichtete Litzen**

---

● **Ultraschallverdichtete Litzen**

**i** An die Standard- und High-Density-Klemmen können auch ultraschallverdichtete (ultraschallverschweißte) Litzen angeschlossen werden. Beachten Sie die Tabellen zum [Leitungsquerschnitt](#) [▶ 231](#)!

---

## 6.8.2 Verdrahtung

### ⚠️ 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!

**Klemmen für Standardverdrahtung ELxxxx/KLxxxx und für steckbare Verdrahtung ESxxxx/KSxxxx**

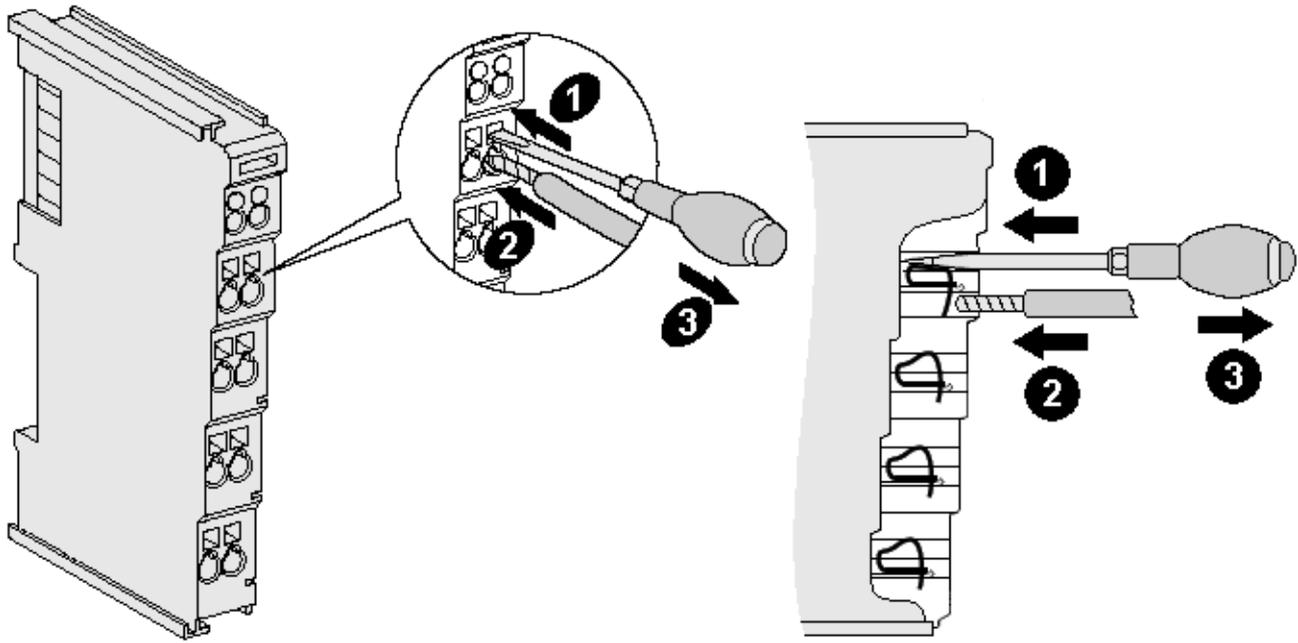


Abb. 187: Anschluss einer Leitung an eine Klemmstelle

Bis zu acht Klemmstellen ermöglichen den Anschluss von massiven oder feindrätigen Leitungen an die Busklemme. Die Klemmstellen sind in Federkrafttechnik ausgeführt. Schließen Sie die Leitungen folgendermaßen an (vgl. Abb. „Anschluss einer Leitung an eine Klemmstelle“):

1. Öffnen Sie eine Klemmstelle, indem Sie einen Schraubendreher gerade bis zum Anschlag in die viereckige Öffnung über der Klemmstelle drücken. Den Schraubendreher dabei nicht drehen oder hin und her bewegen (nicht hebeln).
2. Der Draht kann nun ohne Widerstand in die runde Klemmenöffnung eingeführt werden.
3. Durch Entfernen des Schraubendreheres schließt sich die Klemmstelle automatisch und hält den Draht sicher und dauerhaft fest.

Den zulässigen Leiterquerschnitt entnehmen Sie der nachfolgenden Tabelle:

Klemmgehäuse	ELxxxx, KLxxxx	ESxxxx, KSxxxx
Leitungsquerschnitt (massiv)	0,08 ... 2,5 mm <sup>2</sup>	0,08 ... 2,5 mm <sup>2</sup>
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,08 ... 2,5 mm <sup>2</sup>	0,08 ... 2,5 mm <sup>2</sup>
Leitungsquerschnitt (Aderleitung mit Aderendhülse)	0,14 ... 1,5 mm <sup>2</sup>	0,14 ... 1,5 mm <sup>2</sup>
Abisolierlänge	8 ... 9 mm	9 ... 10 mm

**High-Density-Klemmen (HD-Klemmen [▶ 228]) mit 16 Klemmstellen**

Bei den HD-Klemmen erfolgt der Leiteranschluss bei massiven Leitern werkzeuglos in Direktstecktechnik, das heißt, der Leiter wird nach dem Abisolieren einfach in die Klemmstelle gesteckt. Das Lösen der Leitung erfolgt, wie bei den Standardklemmen, über die Kontakt-Entriegelung mit Hilfe eines Schraubendrehers. Den zulässigen Leiterquerschnitt entnehmen Sie der nachfolgenden Tabelle:

Klemmgehäuse	HD-Gehäuse
Leitungsquerschnitt (massiv)	0,08 ... 1,5 mm <sup>2</sup>
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,25 ... 1,5 mm <sup>2</sup>
Leitungsquerschnitt (Aderleitung mit Aderendhülse)	0,14 ... 0,75 mm <sup>2</sup>
Leitungsquerschnitt (ultraschallverdichtete Litze)	nur 1,5 mm <sup>2</sup> (siehe Hinweis [▶ 229])
Abisolierlänge	8 ... 9 mm

**6.8.3 Schirmung**

**● Schirmung**

**i** Encoder, analoge Sensoren und Aktoren sollten immer mit geschirmten, paarig verdrehten Leitungen angeschlossen werden.

**6.9 Hinweis zur Spannungsversorgung**

**⚠️ WARNUNG**

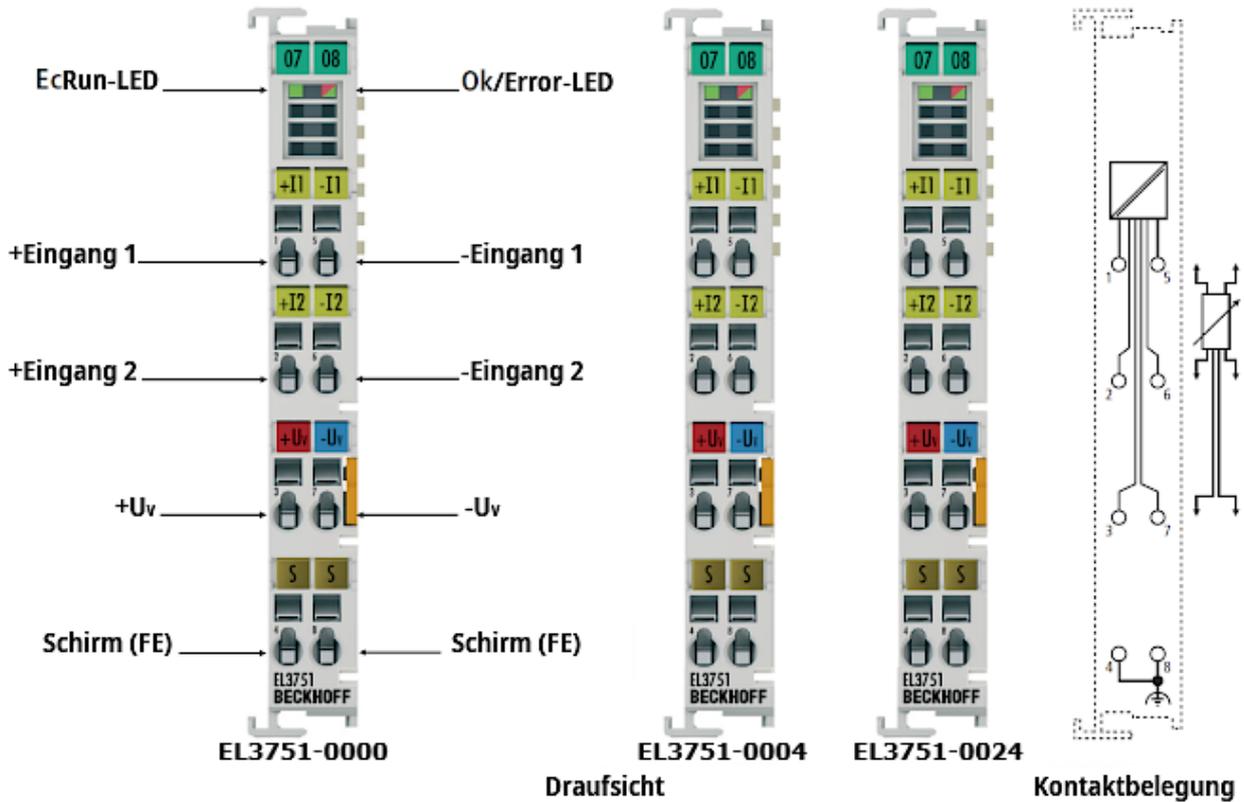
**Spannungsversorgung aus SELV- / PELV-Netzteil!**

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.

## 6.10 Bedeutung der LEDs



LED	Farbe	Bedeutung	
EcRun	grün	aus	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>INIT</b> = Initialisierung der Klemme
		schnell blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>BOOTSTRAP</b> = Funktion für Firmware Updates der Klemme
		blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>PREOP</b> = Funktion für Mailbox-Kommunikation und abweichende Standard-Einstellungen gesetzt
		Einzelblitz	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>SAFEOP</b> = Überprüfung der Kanäle des Sync-Managers und der Distributed Clocks. Ausgänge bleiben im sicheren Zustand
		an	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>OP</b> = normaler Betriebszustand; Mailbox- und Prozessdatenkommunikation ist möglich

LED	Farbe	Bedeutung
Ok/Error	grün	<i>Kein Fehler</i>
	rot	<i>Fehleranzeige, zugleich mit Error Bit im Status, bei</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Range Error des Messbereiches (nicht bei Underrange/Overrange!)</li> <li>• Messtyp eingestellt der nicht kalibriert ist (siehe CoE Objekt 0x800F [▶ 97])</li> <li>• Prozessorüberlast (siehe CoE Objekt 0xF900 [▶ 103], „InfoData“)</li> <li>• ADC in Sättigung „saturation“</li> <li>• Analoge Schaltung überlastet „in overload“, Überspannung an Eingängen erkannt; siehe Hinweise im Kapitel „Technische Daten [▶ 18]“ und im folgenden Kapitel „Anschlussbelegung [▶ 233]“</li> <li>• Oversampling Error im Synchron Mode</li> </ul>
	aus	<i>Kein Betrieb</i>

## 6.11 Anschlussbelegung

Klemmstelle		
Bezeichnung	Nr.	Beschreibung
+Input 1	1	+Eingang 1
+Input 2	2	+Eingang 2
+Uv	3	+Versorgungsspannung
Shield	4	Schirm (FE)/ SGND
-Input 1	5	-Eingang 1
-Input 2	6	-Eingang 2
-Uv (GND <sub>int</sub> )	7	-Versorgungsspannung (interne Masse)
Shield	8	Schirm (FE)/ SGND

## 6.12 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.

# 7 Anhang

## 7.1 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:

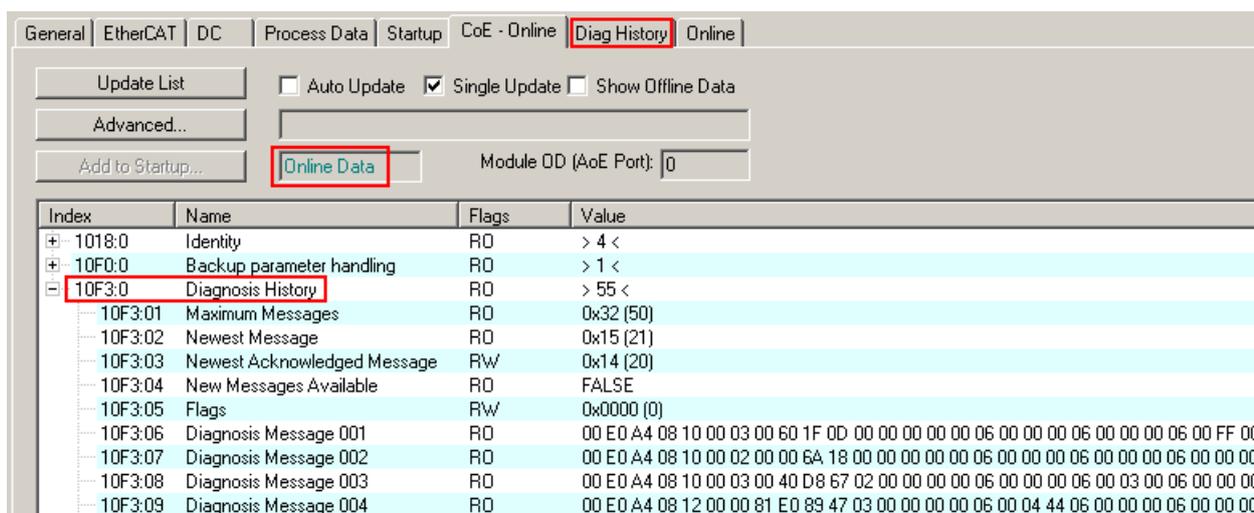


Abb. 188: *DiagMessages* im CoE

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.

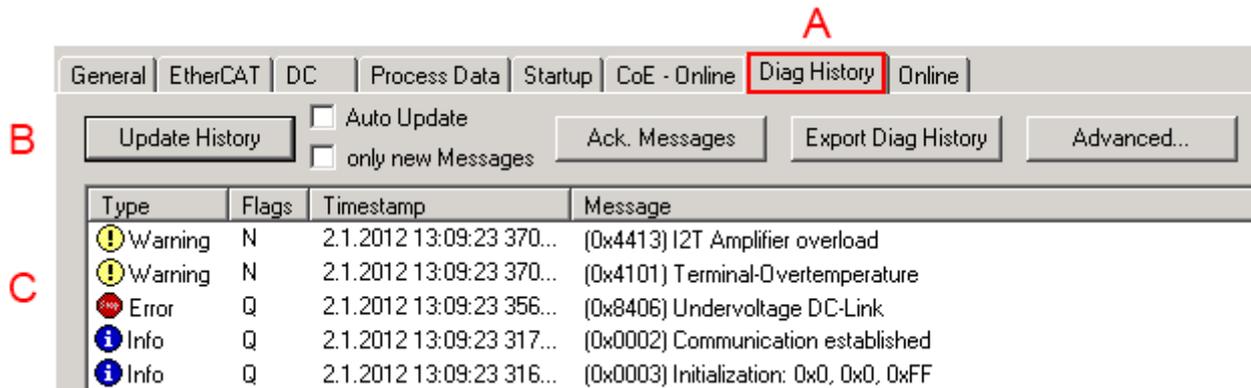


Abb. 189: Implementierung DiagMessage-System im TwinCAT System Manager

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:

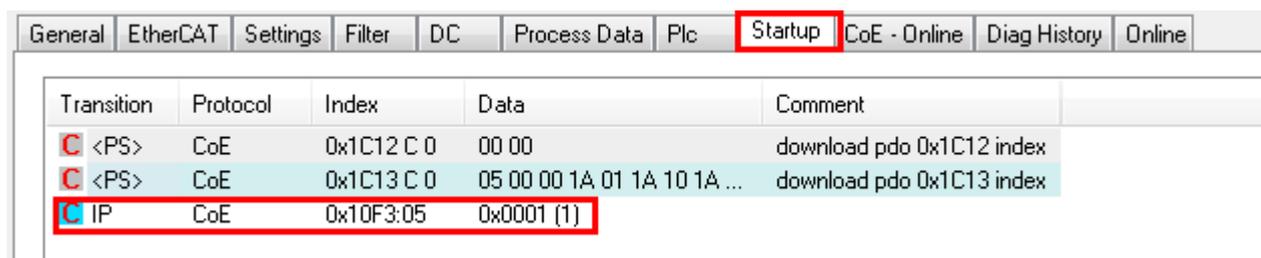


Abb. 190: StartUp-Liste

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:

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>zz</b>
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.

<b>Text-ID</b>	<b>Typ</b>	<b>Ort</b>	<b>Text Message</b>	<b>Zusätzlicher Kommentar</b>
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

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x1135	Information	Allgemein	Cycle time o.k.: %d	Zykluszeit o.k.
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	

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x4005	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Error: %u)	
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"> <li>• Der Verstärker wird außerhalb der Spezifikation betrieben</li> <li>• Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametrisiert</li> </ul>
0x4414	Warnung	Drive	I2T-Model Motor overload (Warning)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Motor wird außerhalb der parametrisierten Nennwerte betrieben.</li> <li>• Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametrisiert.</li> </ul>
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.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x441A	Warnung	Drive	Limit: Motor I2T-model exceeds 100%	Limit: Motor I2T-Modell übersteigt 100%
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 aborbed	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 (%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"> <li>Die EtherCAT-Verbindung wurde im Betrieb unterbrochen</li> <li>Der Master wurde im Betrieb in den Config-Mode geschaltet</li> </ul>
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"> <li>Es ist keine Spannung an den Powerkontakten angelegt</li> <li>Ein Firmware Update ist fehlgeschlagen</li> </ul>
0x8281	Fehler	Kommunikation	Ownership failed: %X	
0x8282	Fehler	Kommunikation	To many Keys founded	

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8283	Fehler	Kommunikation	Key Creation failed: %X	
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"> <li>• Der Verstärker wird außerhalb der Spezifikation betrieben</li> <li>• Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametrisiert</li> </ul>

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8409	Fehler	Drive	I2T-Model motor overload (Error)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Motor wird außerhalb der parametrisierten Nennwerte betrieben.</li> <li>Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametrisiert.</li> </ul>
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 parametrisierte 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 Neutraleiter
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

## 7.2 TcEventLogger und IO

Der TwinCAT 3 EventLogger stellt eine Schnittstelle zum Austausch von Nachrichten zwischen verschiedenen TwinCAT- und Nicht-TwinCAT-Komponenten bereit.

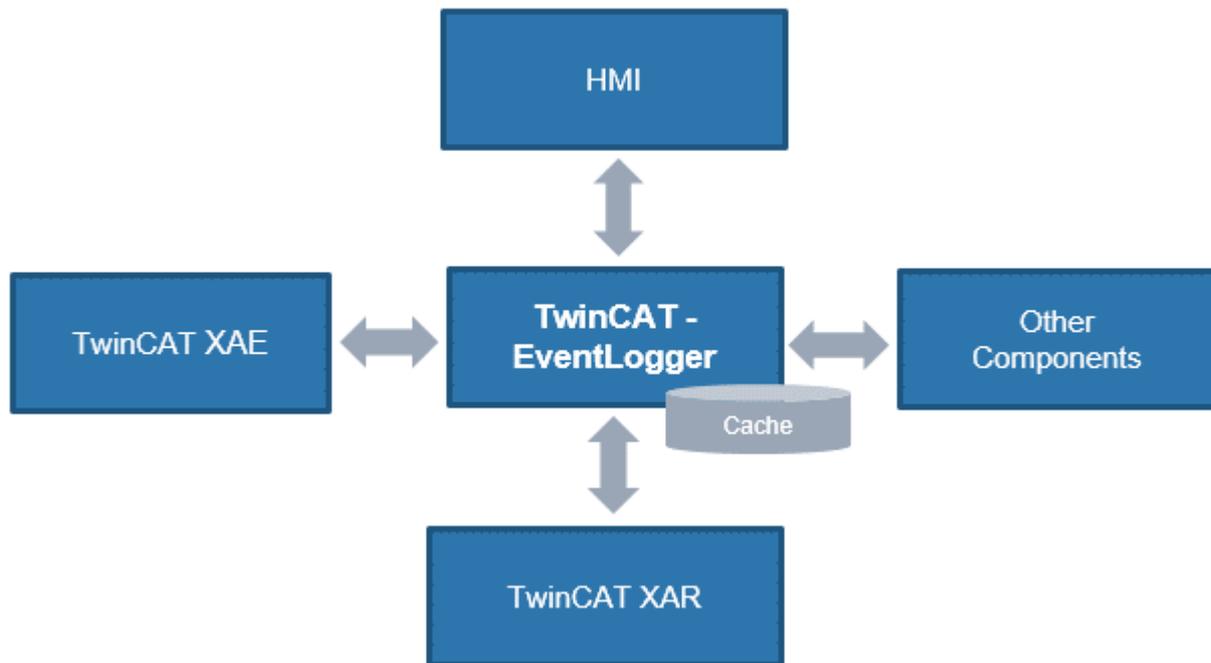


Abb. 191: Schematische Darstellung TCEventLogger

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

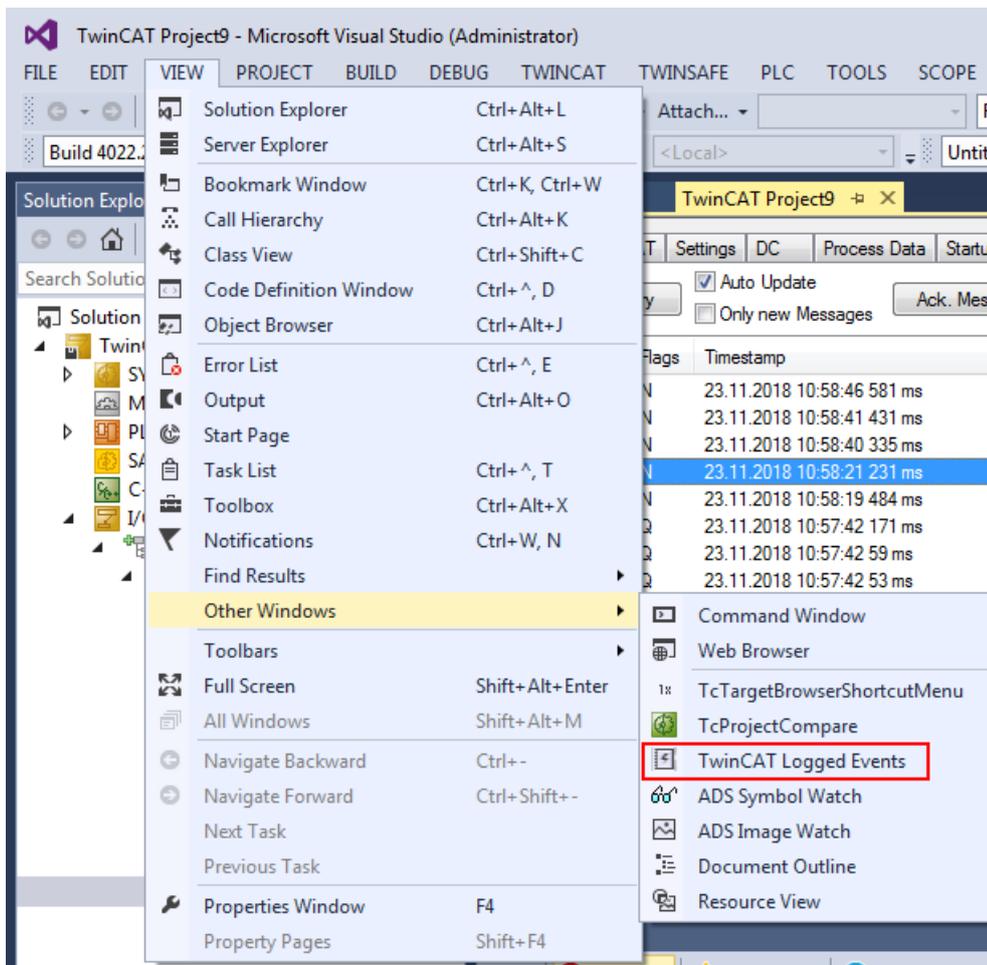


Abb. 192: Anzeige EventLogger Window

- Im Folgenden sind am Beispiel einer ELM3602-0002 einige DiagMessages und daraus resultierend die Logged Events zu sehen

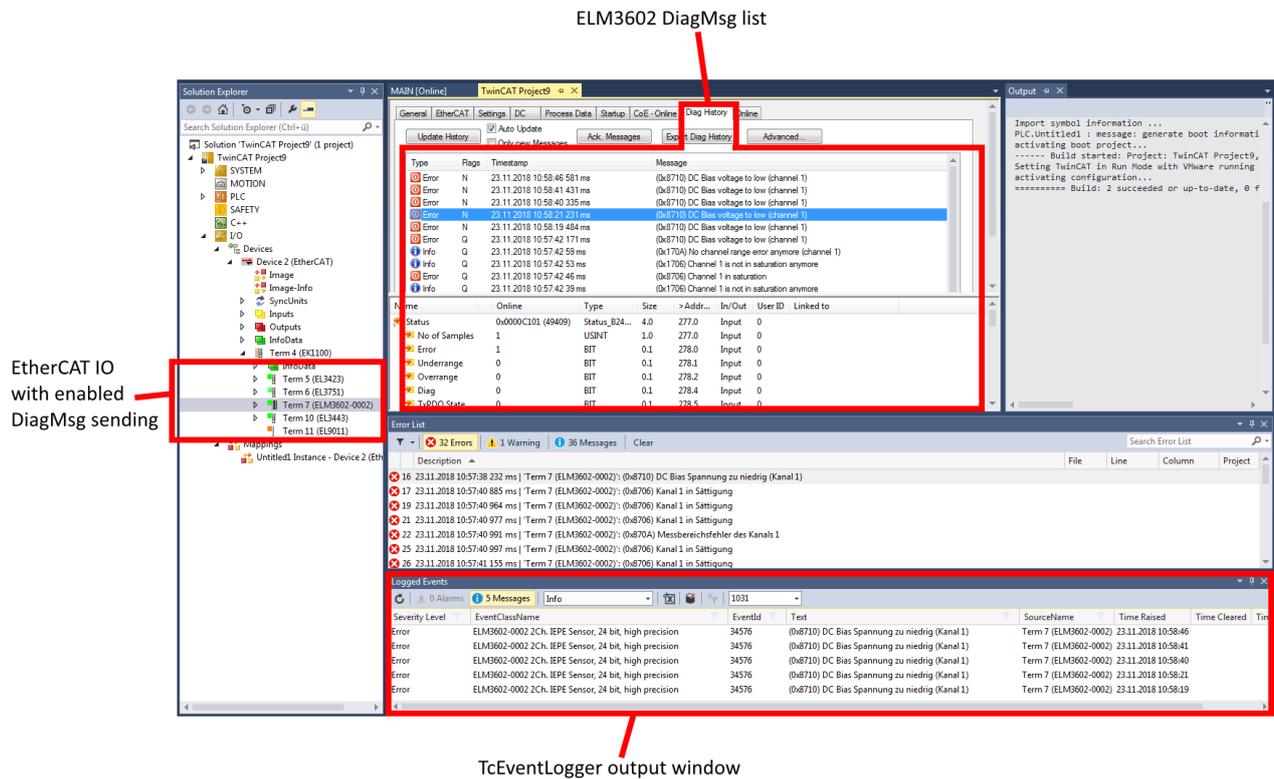


Abb. 193: Anzeige DiagMessages und Logged Events

- Im Logger Window kann nach Einträgen und Sprache gefiltert werden.  
 Deutsch: 1031  
 Englisch: 1033

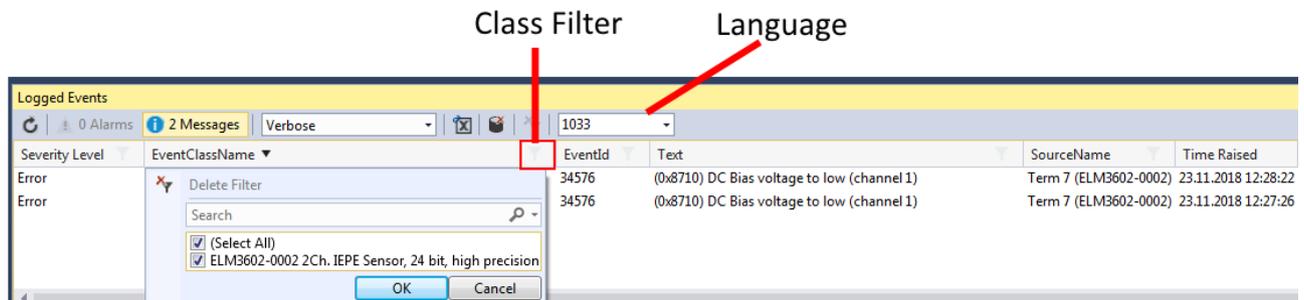


Abb. 194: Einstellung Filter Sprache

- 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.

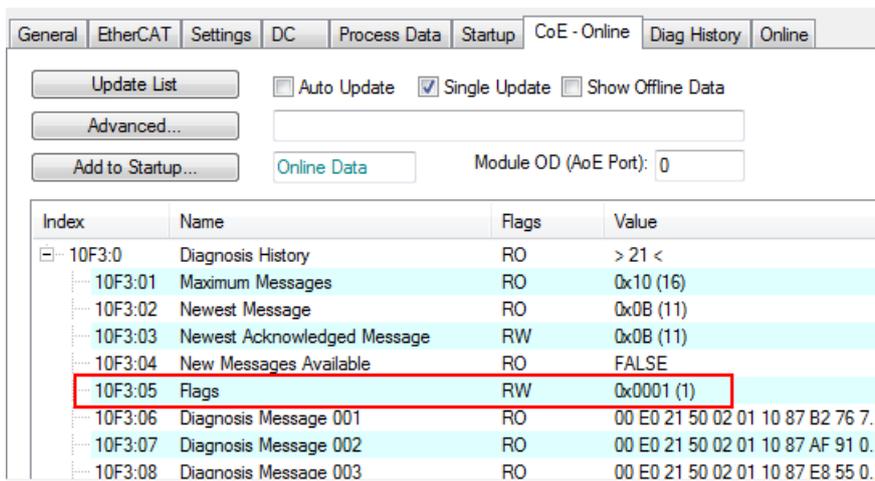


Abb. 195: Aktivierung/Deaktivierung Event-Absetzung

- 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.

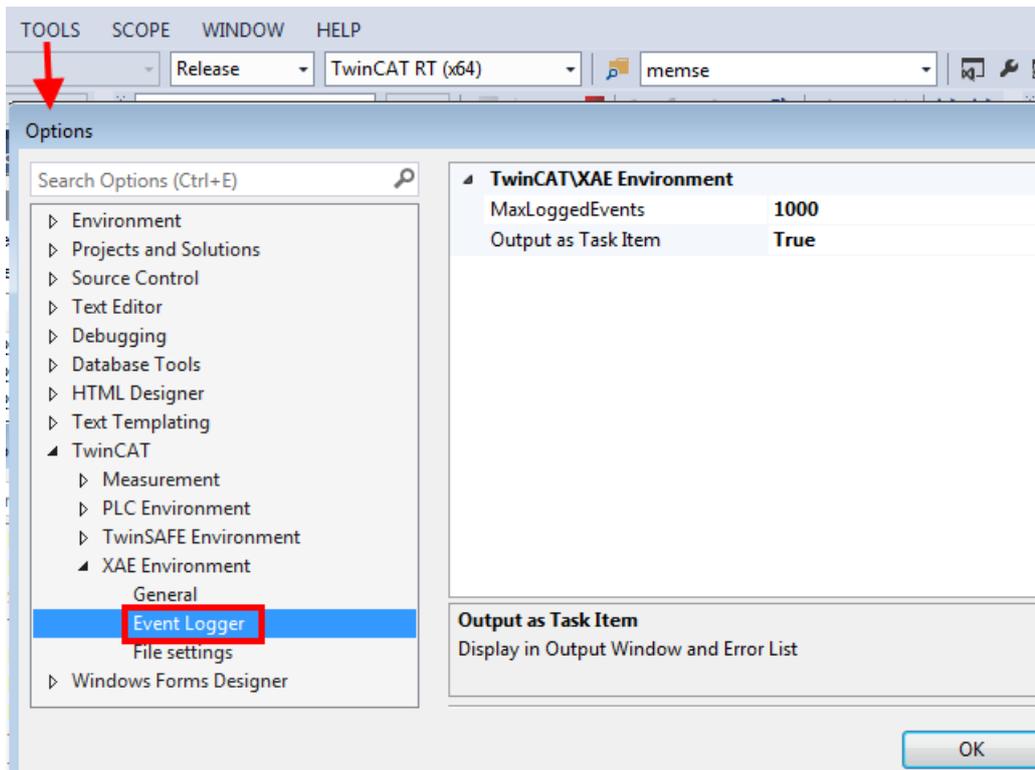


Abb. 196: Einstellungen TwinCAT EventLogger

## 7.3 UL-Hinweise

### ⚠ VORSICHT



#### Application

The modules are intended for use with Beckhoff's UL Listed EtherCAT System only.

**⚠ VORSICHT**

	<p><b>Examination</b></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><b>For devices with Ethernet connectors</b></p> <p>Not for connection to telecommunication circuits.</p>
---	---

**Grundlagen**

UL-Zertifizierung nach UL508. Solcherart zertifizierte Geräte sind gekennzeichnet durch das Zeichen:



## 7.4 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](http://www.beckhoff.de) im Download-Bereich Ihres Produktes zum [Download](#) zur Verfügung steht!

## 7.5 EtherCAT AL Status Codes

Detaillierte Informationen hierzu entnehmen Sie bitte der vollständigen [EtherCAT-Systembeschreibung](#).

## 7.6 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 TwinCAT 3-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!

## 7.6.1 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:

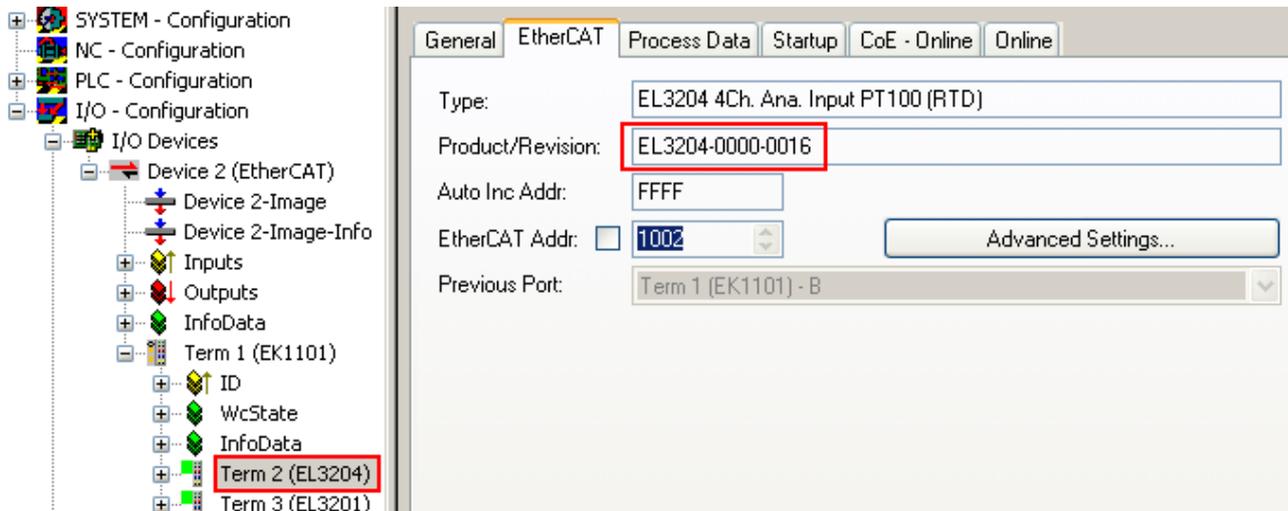


Abb. 197: Geräteerkennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016

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:

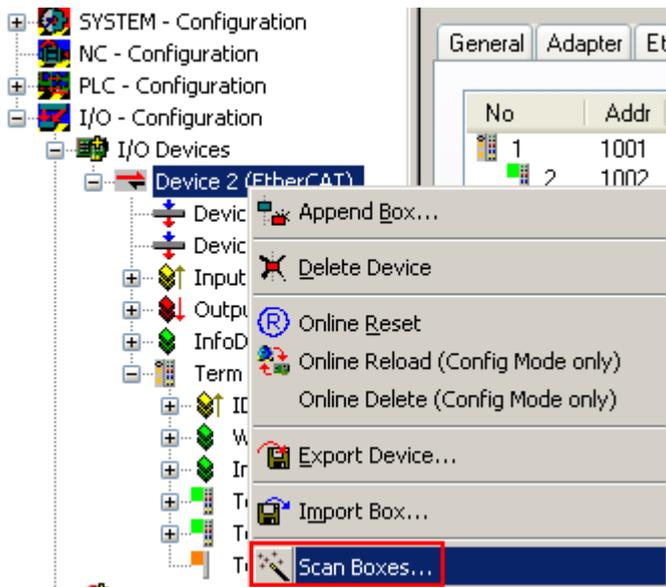


Abb. 198: Rechtsklick auf das EtherCAT-Gerät bewirkt das Scannen des unterlagerten Feldes

Wenn das gefundene Feld mit dem konfigurierten übereinstimmt, erscheint



Abb. 199: Konfiguration identisch

ansonsten erscheint ein Änderungsdialog, um die realen Angaben in die Konfiguration zu übernehmen.

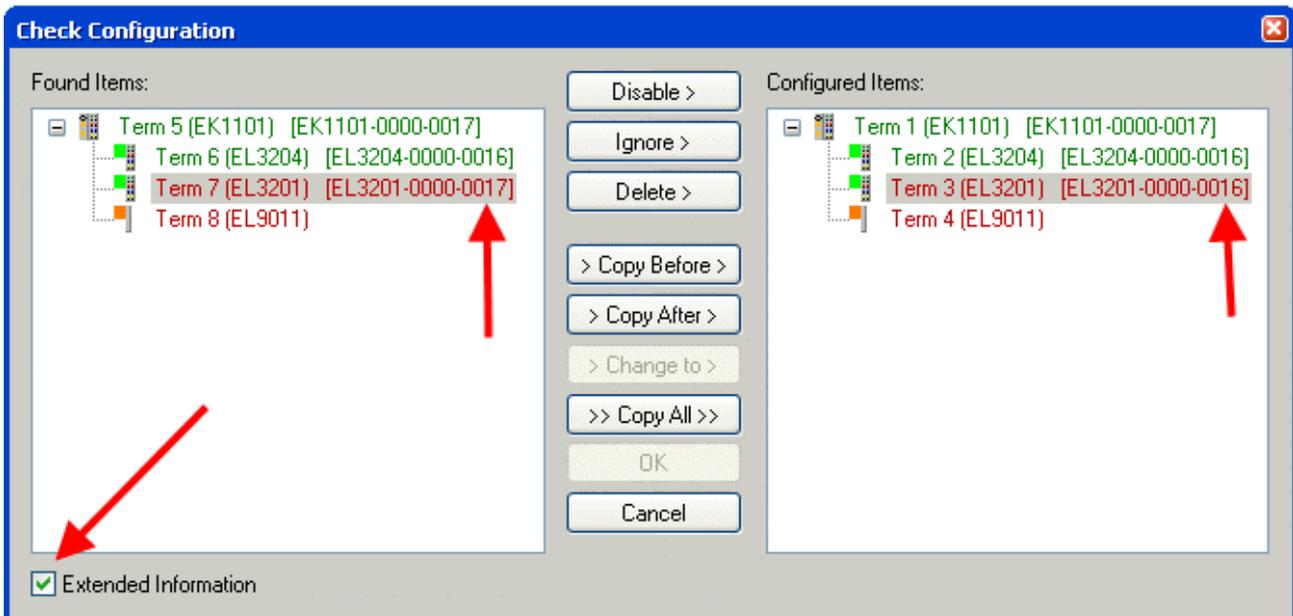


Abb. 200: Änderungsdialog

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*

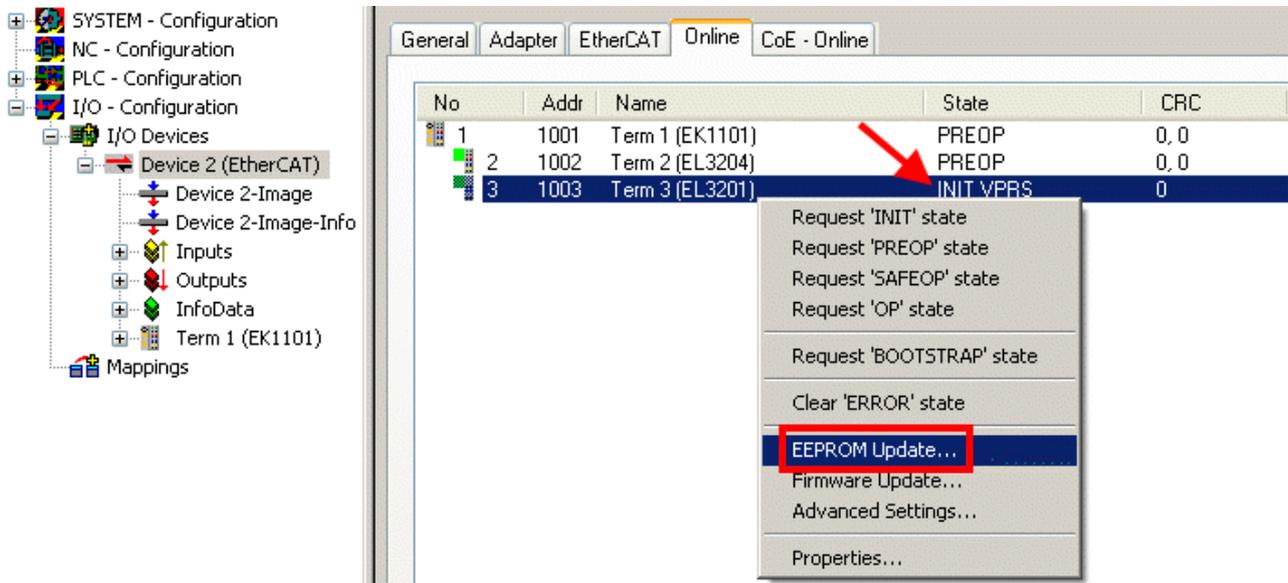


Abb. 201: EEPROM Update

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.

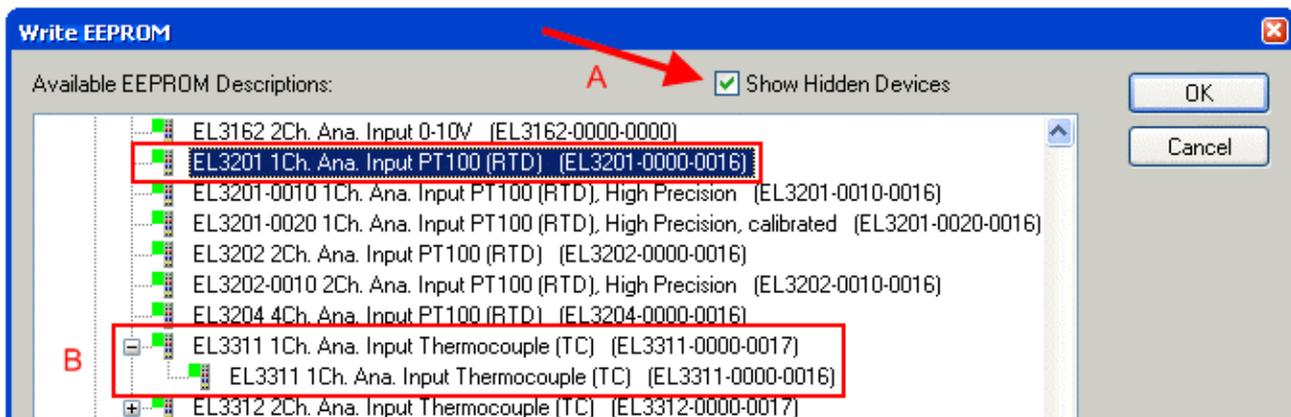


Abb. 202: Auswahl des neuen ESI

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.

## 7.6.2 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.

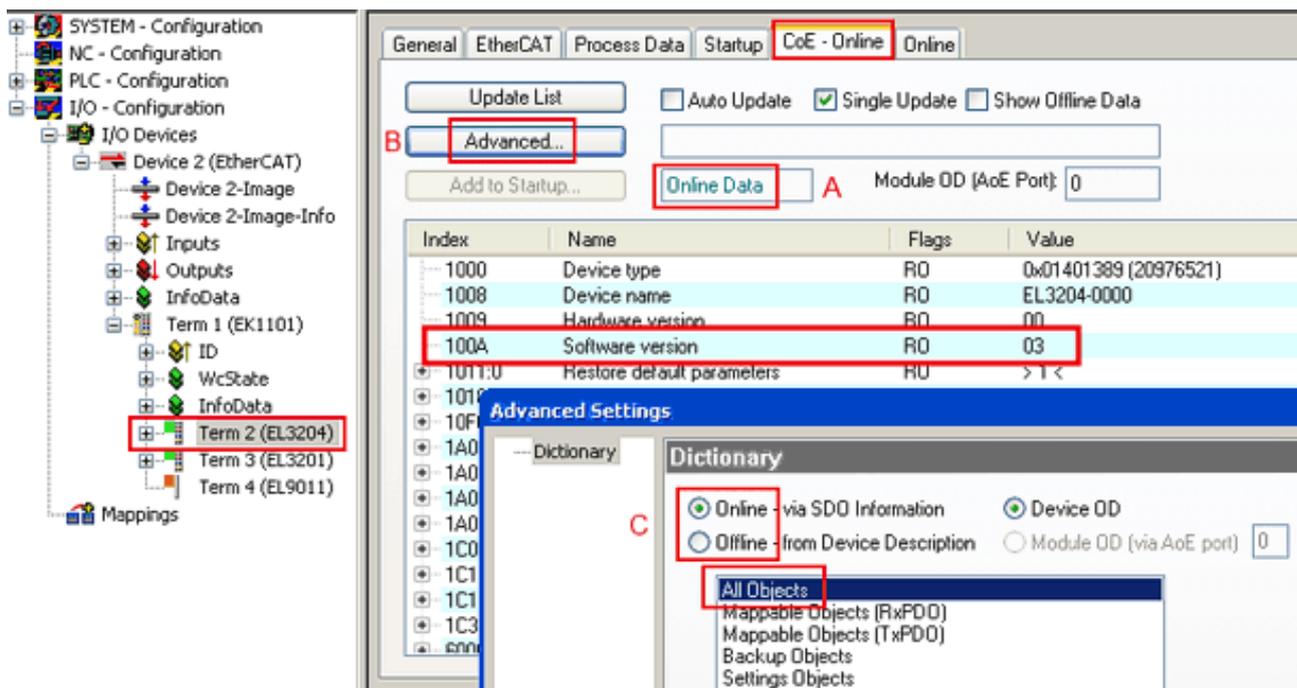


Abb. 203: Anzeige FW-Stand EL3204

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.

## 7.6.3 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*.

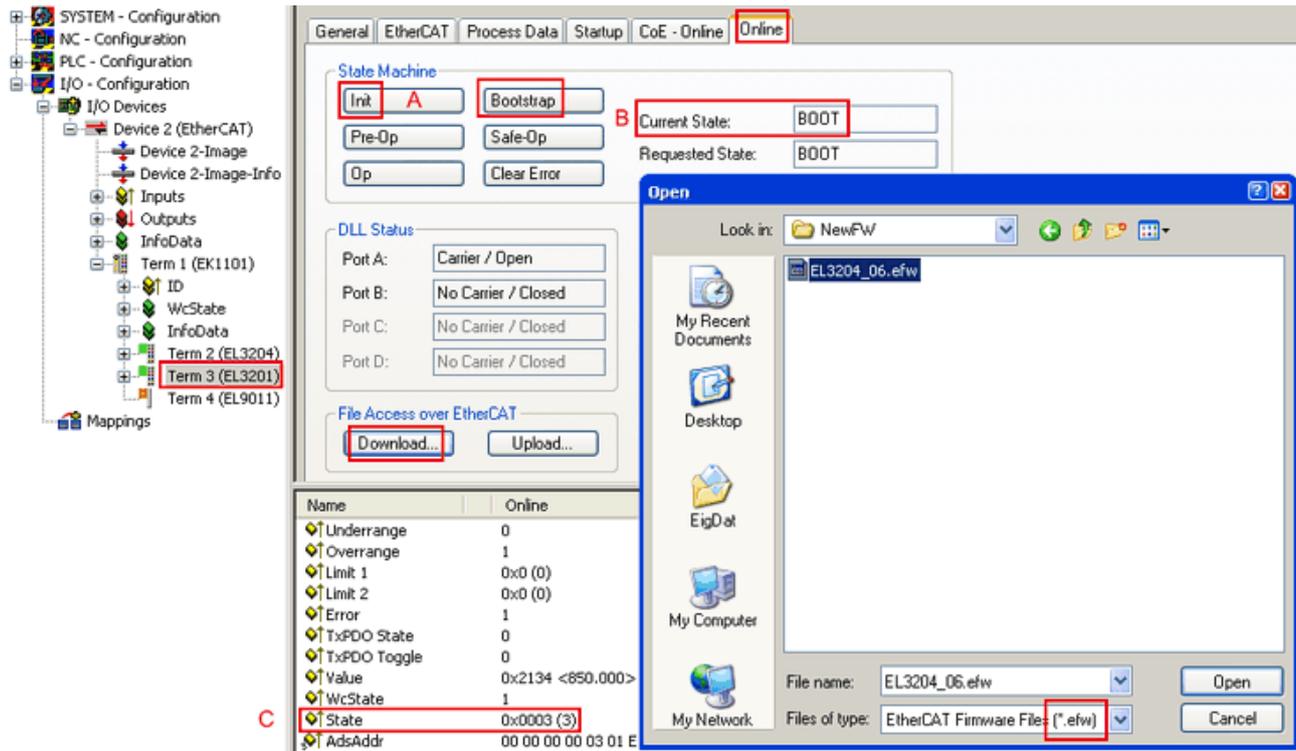
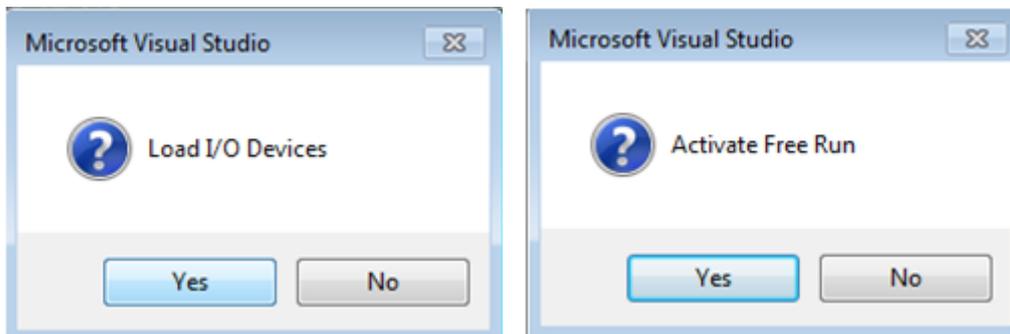


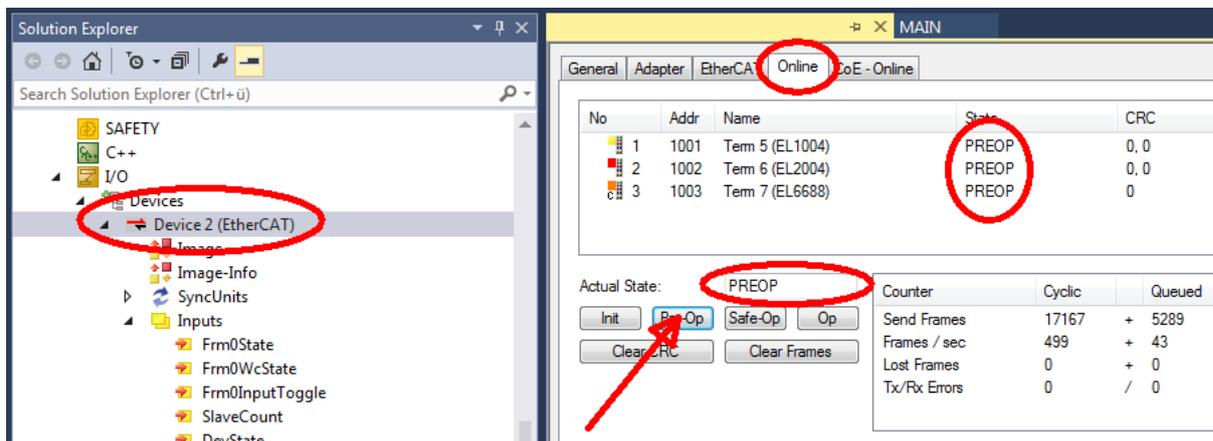
Abb. 204: Firmware Update

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.

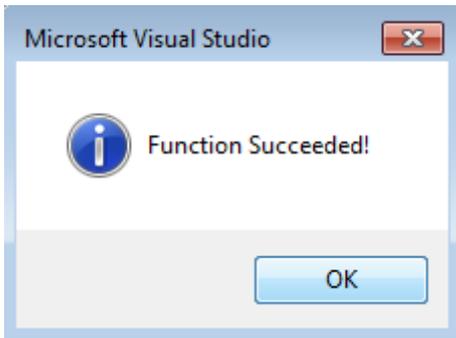
- TwinCAT System in ConfigMode/FreeRun mit Zykluszeit  $\geq 1$  ms schalten (default sind im ConfigMode 4 ms). Ein FW-Update während Echtzeitbetrieb ist nicht zu empfehlen.



- 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.

#### 7.6.4 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.

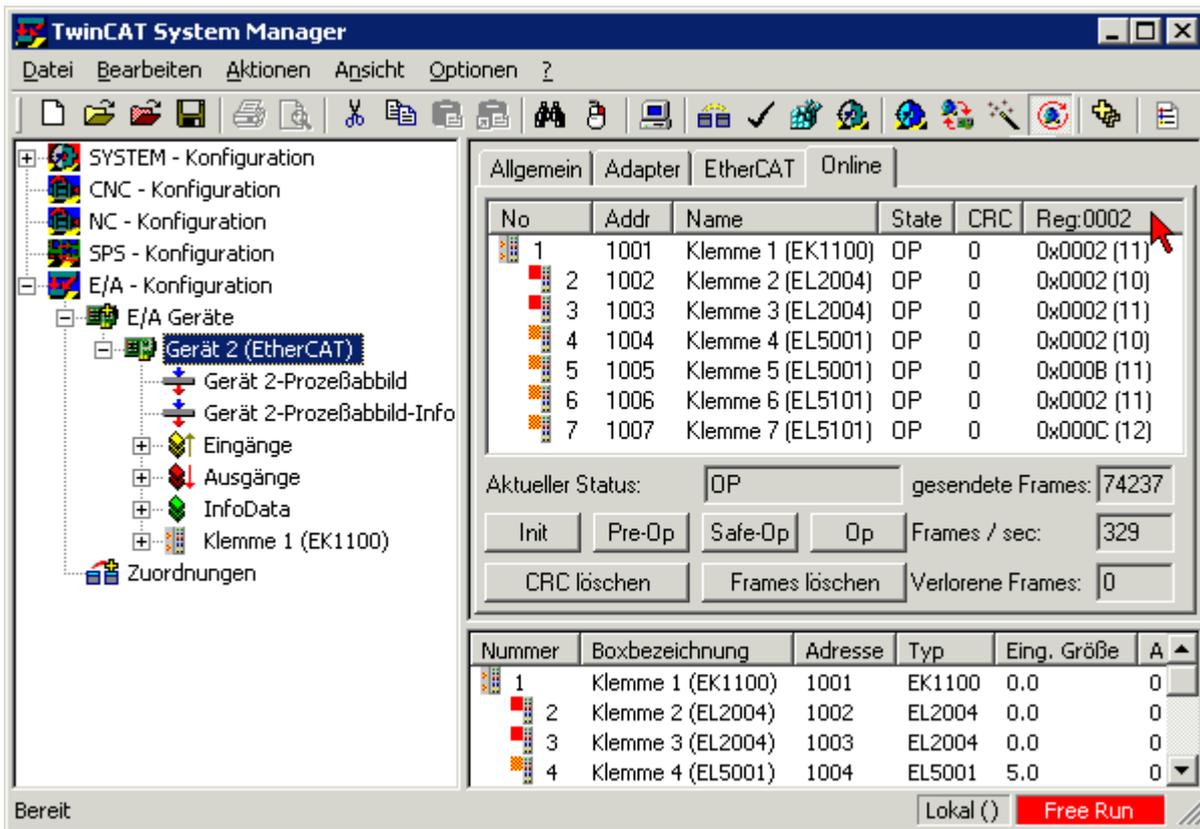
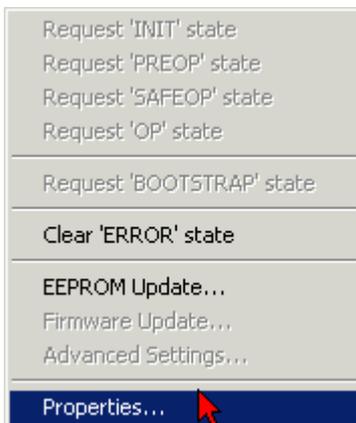


Abb. 205: Versionsbestimmung FPGA-Firmware

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. 206: 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.

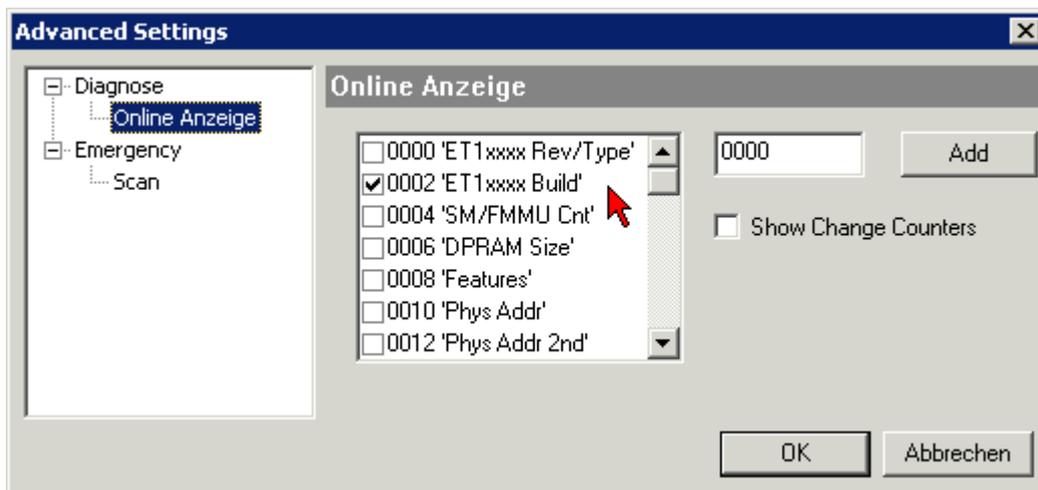


Abb. 207: Dialog *Advanced settings*

## 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.

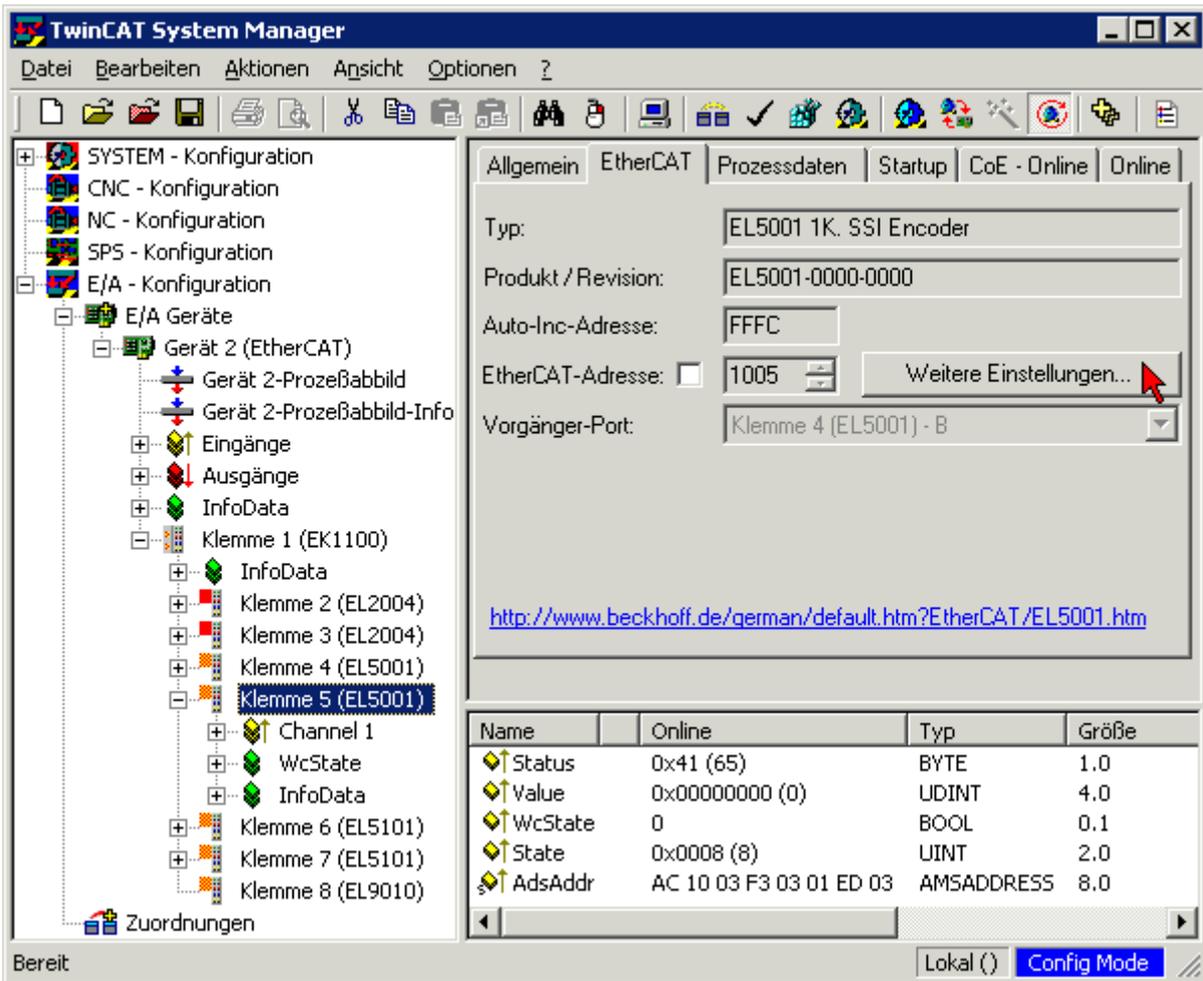
Ältere Firmware-Stände können nur vom Hersteller aktualisiert werden!

## Update eines EtherCAT-Geräts

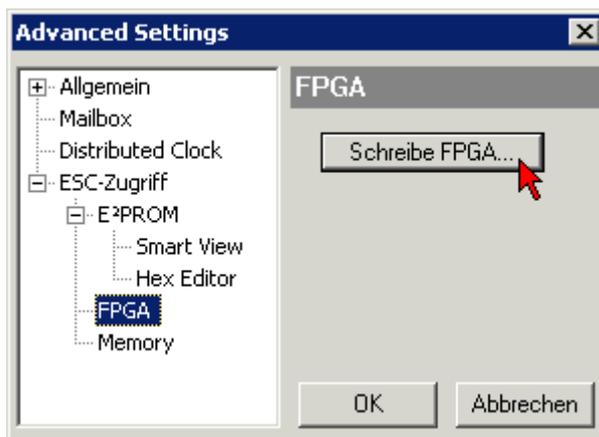
Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen:

- TwinCAT System in ConfigMode/FreeRun mit Zykluszeit  $\geq 1$  ms schalten (default sind im ConfigMode 4 ms). Ein FW-Update während Echtzeitbetrieb ist nicht zu empfehlen.

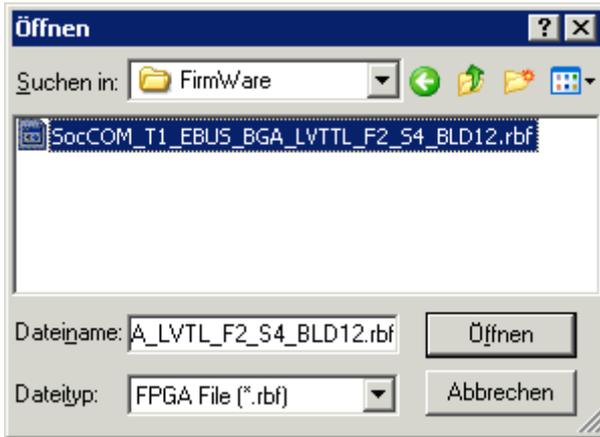
- Wählen Sie im TwinCAT System Manager die Klemme an, deren FPGA-Firmware Sie aktualisieren möchten (im Beispiel: Klemme 5: EL5001) und klicken Sie auf dem Karteireiter *EtherCAT* auf die Schaltfläche *Weitere Einstellungen*:



- Im folgenden Dialog *Advanced Settings* klicken Sie im Menüpunkt *ESC-Zugriff/E<sup>2</sup>PROM/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!

**7.6.5 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.

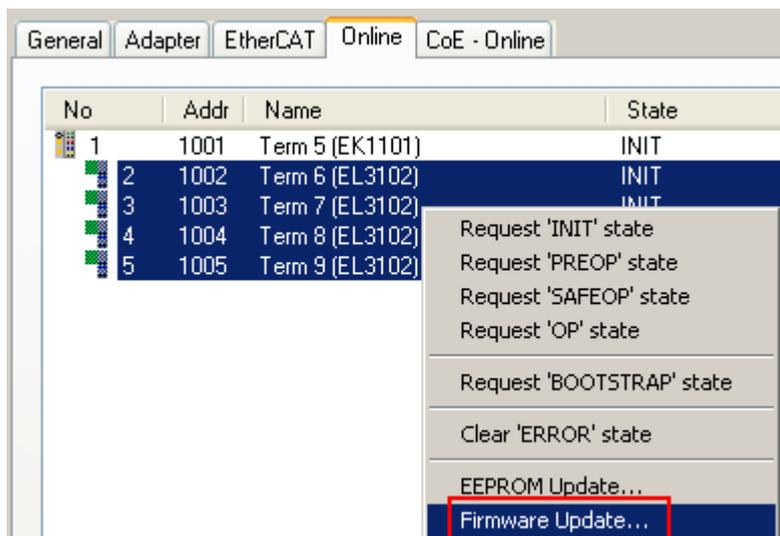


Abb. 208: Mehrfache Selektion und FW-Update

Wählen Sie dazu die betreffenden Slaves aus und führen Sie das Firmware-Update im BOOTSTRAP Modus wie o. a. aus.

## 7.7 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 \[▶ 248\]](#). 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!

EL3751			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
01*	01	0017	2015/06
	02	0017	2015/07
	03	0018	2015/07
	04	0019	2015/08
	05	0019	2015/09
	06	0020	2015/12
	07	0020	2016/03
	08	0021	2016/07
	09	0021	2016/08
	10	0021	2017/04
	11	0022	2018/05
	12	0022	2019/09
	13	0023	2021/03
	14	0023	2021/06

\*) 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.

## 7.8 Firmware Kompatibilität - Passive Klemmen

Die [Passiven Klemmen \[▶ 220\]](#) der ELxxxx Serie verfügen über keine Firmware.

## 7.9 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*)

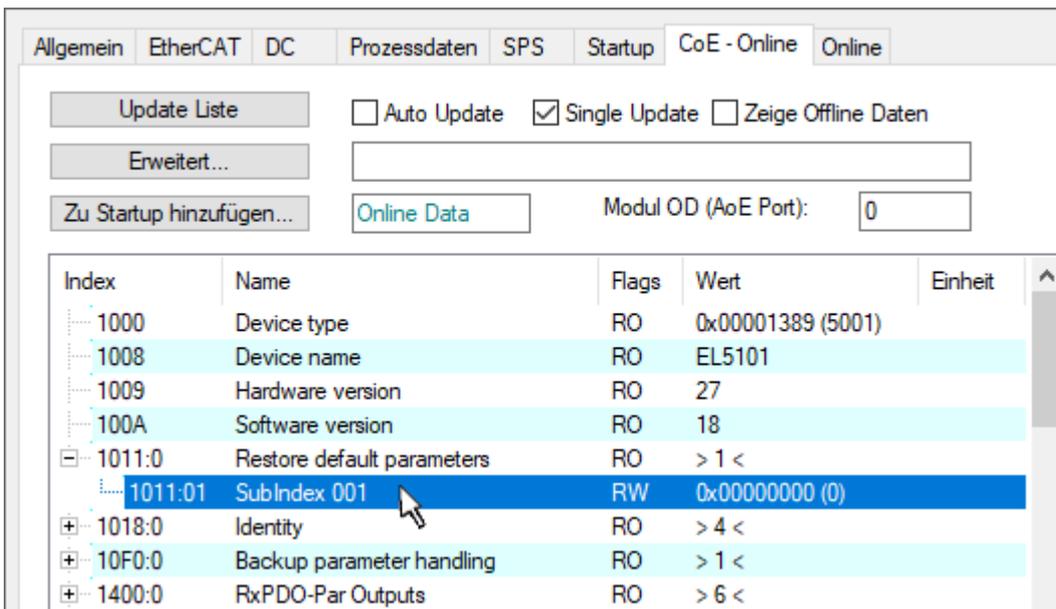


Abb. 209: Auswahl des PDO *Restore default parameters*

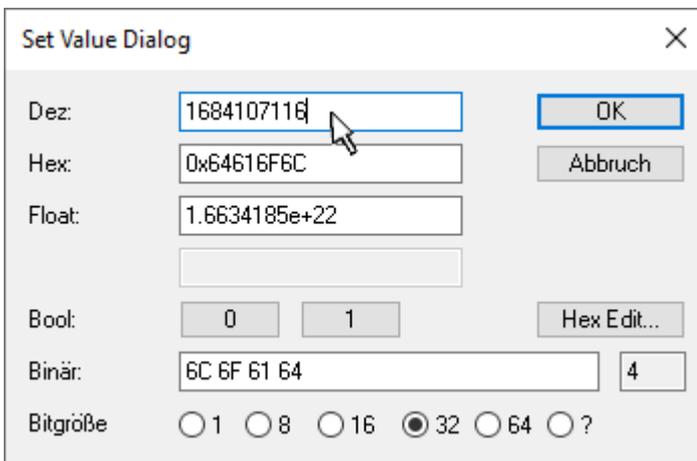


Abb. 210: Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog

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.

## **i** Alternativer Restore-Wert

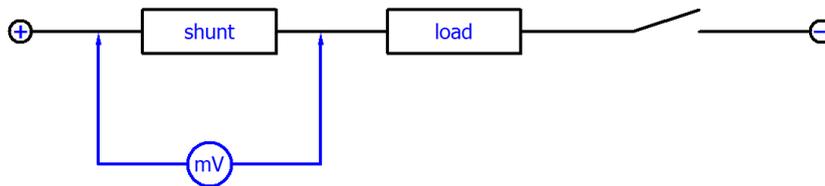
Bei einigen Klemmen älterer Bauart (FW Erstellung ca. vor 2007) lassen sich die Backup-Objekte mit einem alternativen Restore-Wert umstellen: Dezimalwert: 1819238756, Hexadezimalwert: 0x6C6F6164.

Eine falsche Eingabe des Restore-Wertes zeigt keine Wirkung!

## 7.10 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](#) [18] 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.

## 7.11 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](http://www.beckhoff.com) auf den jeweiligen Produktseiten zum [Download](#) zur Verfügung steht.

Die Inhalte umfassen Grundlagen der Sensortechnik sowie Hinweise zu analogen Messwerten.

## 7.12 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](http://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](mailto:support@beckhoff.com)  
Internet: [www.beckhoff.com/support](http://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](mailto:service@beckhoff.com)  
Internet: [www.beckhoff.com/service](http://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](mailto:info@beckhoff.com)  
Internet: [www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

## 7.13 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.

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	EL2872 mit Revision 0022 und Seriennummer 01200815.....	12
Abb. 2	BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200) .....	12
Abb. 3	Beispiel-DMC 1P072222SBTNk4p562d71KEL1809 Q1 51S678294 .....	13
Abb. 4	EL3751, EL3751-0004, EL3751-0024; LEDs, Anschlüsse und Belegung .....	17
Abb. 5	Basis Bereich eines Prozessdatenwertes .....	20
Abb. 6	Darstellung $\pm 30$ V Messbereich .....	28
Abb. 7	Frequenzgang $\pm 30$ V Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	28
Abb. 8	Darstellung $\pm 10$ V Messbereich .....	30
Abb. 9	Frequenzgang $\pm 10$ V Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	30
Abb. 10	Darstellung $\pm 5$ V Messbereich .....	32
Abb. 11	Frequenzgang $\pm 5$ V Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	32
Abb. 12	Darstellung $\pm 2,5$ V Messbereich .....	34
Abb. 13	Frequenzgang $\pm 2,5$ V Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	34
Abb. 14	Darstellung $\pm 1,25$ V Messbereich .....	36
Abb. 15	Frequenzgang $\pm 1,25$ V Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	36
Abb. 16	Darstellung $\pm 640$ mV Messbereich .....	38
Abb. 17	Frequenzgang $\pm 640$ mV Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	38
Abb. 18	Darstellung $\pm 320$ mV Messbereich .....	40
Abb. 19	Frequenzgang $\pm 320$ mV Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	40
Abb. 20	Darstellung $\pm 160$ mV Messbereich .....	42
Abb. 21	Frequenzgang $\pm 160$ mV Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	42
Abb. 22	Darstellung $\pm 80$ mV Messbereich .....	44
Abb. 23	Frequenzgang $\pm 80$ mV Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	44
Abb. 24	Darstellung $\pm 40$ mV Messbereich .....	46
Abb. 25	Frequenzgang $\pm 40$ mV Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	46
Abb. 26	Darstellung $\pm 20$ mV Messbereich .....	48
Abb. 27	Darstellung $\pm 10$ mV Messbereich .....	50
Abb. 28	Darstellung $\pm 5$ mV Messbereich .....	52
Abb. 29	Darstellung 0...5 V Messbereich.....	54
Abb. 30	Frequenzgang 0...5 V Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	54
Abb. 31	Darstellung 0...10 V Messbereich.....	56
Abb. 32	Frequenzgang 0...10 V Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	56
Abb. 33	Darstellung Strommessbereich $\pm 20$ mA.....	58
Abb. 34	Frequenzgang $\pm 20$ mA Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	58
Abb. 35	Darstellung Strommessbereich 0...20 mA .....	60
Abb. 36	Frequenzgang 0...20 mA Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	60
Abb. 37	Darstellung Strommessbereich 4...20 mA .....	62
Abb. 38	Frequenzgang 4...20 mA Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	63
Abb. 39	Darstellung Strommessbereich 3,6...21 mA (NAMUR) .....	65
Abb. 40	Frequenzgang 20 mA Messbereich, fsampling = 10 kHz, integrierte Filter 1/2 deaktiviert .....	65
Abb. 41	Darstellung Widerstandsmessbereich 5 k $\Omega$ .....	69
Abb. 42	Darstellung RTD-Messbereich .....	70
Abb. 43	Darstellung Potentiometer-Messbereich .....	73
Abb. 44	Darstellung Messbereich SG 1/1-Bridge.....	78

Abb. 45	Darstellung Messbereich SG 1/2-Bridge.....	84
Abb. 46	Darstellung Messbereich SG 1/4-Bridge 120 Ω.....	88
Abb. 47	Darstellung Messbereich SG 1/4-Bridge 350 Ω.....	91
Abb. 48	Öffnen des *. tzip-Archives.....	104
Abb. 49	Suche der bestehenden HW-Konfiguration zur bestehenden EtherCAT-Konfiguration.....	105
Abb. 50	Vorgang der Verschränkung der Eingangsdaten.....	118
Abb. 51	Konfiguration und Aufbau zum Beispielprogramm 6: Verdopplung der Samplingrate mit 2 x EL3751.....	119
Abb. 52	Einstellung der DC-Verschiebungszeit für Klemme 2.....	119
Abb. 53	Oversampling 20 KSps mit 2 x EL3751 mit Eingangssignalen (unten) und Ergebnissignal (oben).....	121
Abb. 54	Oversampling 20 KSps mit 2 x EL3751 zeigt abwechselnd den Eingangswert 1 und Eingangswert 2 für je einen Ergebniswert.....	121
Abb. 55	Dezimierung von 20 µs (links) auf 22,675.. µs (rechts) mit ELM3602.....	125
Abb. 56	Funktionsblock als Beispiel zur Auswertung von Diagnoseinformationen der Klemme.....	128
Abb. 57	Erstellung der PDO Variablen (TwinCAT-Version >= V3.1.4024.0).....	129
Abb. 58	Erstellung der SmPdoVariables (TwinCAT-Version >= V3.1.4022.30).....	130
Abb. 59	Ermitteln des generierten Datentyps von SmPdoVariables.....	130
Abb. 60	Visu zur Beispiel-Implementierung: Kalibrierungs-Signatur.....	131
Abb. 61	Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slaves.....	134
Abb. 62	Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC.....	135
Abb. 63	EL3102, CoE-Verzeichnis.....	137
Abb. 64	Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204.....	137
Abb. 65	Default Verhalten System Manager.....	139
Abb. 66	Default Zielzustand im Slave.....	139
Abb. 67	PLC-Bausteine.....	140
Abb. 68	Unzulässige Überschreitung E-Bus Strom.....	140
Abb. 69	Warnmeldung E-Bus-Überschreitung.....	141
Abb. 70	Bezug von der Anwender Seite (Inbetriebnahme) zur Installation.....	142
Abb. 71	Aufbau der Steuerung mit Embedded-PC, Eingabe (EL1004) und Ausgabe (EL2008).....	143
Abb. 72	Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 2.....	144
Abb. 73	Wähle Zielsystem.....	145
Abb. 74	PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems.....	145
Abb. 75	Auswahl „Gerät Suchen...“.....	146
Abb. 76	Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte.....	146
Abb. 77	Abbildung der Konfiguration im TwinCAT 2 System Manager.....	147
Abb. 78	Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen.....	147
Abb. 79	TwinCAT PLC Control nach dem Start.....	148
Abb. 80	Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompiliervorgang (ohne Variablenanbindung).....	149
Abb. 81	Hinzufügen des Projektes des TwinCAT PLC Control.....	149
Abb. 82	Eingebundenes PLC-Projekt in der SPS-Konfiguration des System Managers.....	150
Abb. 83	Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten.....	150
Abb. 84	Auswahl des PDO vom Typ BOOL.....	151
Abb. 85	Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“.....	151
Abb. 86	Anwendung von „Goto Link Variable“ am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“.....	152
Abb. 87	Auswahl des Zielsystems (remote).....	153
Abb. 88	PLC Control Logged-in, bereit zum Programmstart.....	153

Abb. 89	Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 3.....	154
Abb. 90	Neues TwinCAT 3 Projekt erstellen .....	155
Abb. 91	Neues TwinCAT 3 Projekt im Projektmappen-Explorer .....	155
Abb. 92	Auswahldialog: Wähle Zielsystem.....	156
Abb. 93	PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems .....	156
Abb. 94	Auswahl „Scan“ .....	157
Abb. 95	Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte .....	157
Abb. 96	Abbildung der Konfiguration in VS Shell der TwinCAT 3 Umgebung.....	158
Abb. 97	Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen .....	158
Abb. 98	Einfügen der Programmierumgebung in „SPS“ .....	159
Abb. 99	Festlegen des Namens bzw. Verzeichnisses für die PLC Programmierumgebung .....	160
Abb. 100	Initiales Programm „Main“ des Standard PLC Projektes.....	160
Abb. 101	Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompiliervorgang (ohne Variablenanbindung) .....	161
Abb. 102	Kompilierung des Programms starten.....	161
Abb. 103	Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten.....	162
Abb. 104	Auswahl des PDO vom Typ BOOL .....	162
Abb. 105	Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“ .....	163
Abb. 106	Anwendung von "Goto Link Variable" am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“ .....	164
Abb. 107	Erzeugen eines SPS Datentyps.....	164
Abb. 108	Instance_of_struct.....	165
Abb. 109	Verknüpfung der Struktur .....	165
Abb. 110	Lesen einer Variable aus der Struktur der Prozessdaten .....	165
Abb. 111	TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung (VS Shell): Logged-in, nach erfolgten Programmstart.....	166
Abb. 112	Aufruf im System Manager (TwinCAT 2) .....	168
Abb. 113	Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3).....	168
Abb. 114	TcRteInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis .....	168
Abb. 115	Übersicht Netzwerkschnittstellen .....	169
Abb. 116	Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte...“ von „Adapter“ .....	169
Abb. 117	Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle.....	170
Abb. 118	Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports.....	170
Abb. 119	Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports .....	171
Abb. 120	TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports .....	172
Abb. 121	Gerätebezeichnung: Struktur .....	173
Abb. 122	Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2).....	174
Abb. 123	Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3).....	174
Abb. 124	Vom System Manager angelegt OnlineDescription.xml.....	175
Abb. 125	Kennzeichnung einer online erfassten ESI am Beispiel EL2521 .....	175
Abb. 126	Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3) .....	176
Abb. 127	Anwendung des ESI Updater (>=TwinCAT 2.11) .....	177
Abb. 128	Anwendung des ESI Updater (TwinCAT 3).....	177
Abb. 129	Anfügen eines EtherCAT Device: links TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3 .....	178
Abb. 130	Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3) .....	178
Abb. 131	Auswahl Ethernet Port .....	179
Abb. 132	Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2).....	179
Abb. 133	Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	180
Abb. 134	Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät .....	180

Abb. 135 Anzeige Geräte-Revision .....	181
Abb. 136 Anzeige vorhergehender Revisionen .....	181
Abb. 137 Name/Revision Klemme.....	182
Abb. 138 EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3) .....	182
Abb. 139 Unterscheidung Lokalsystem/ Zielsystem (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	183
Abb. 140 Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3) .....	183
Abb. 141 Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	183
Abb. 142 Erkannte Ethernet-Geräte .....	184
Abb. 143 Beispiel Default-Zustand .....	184
Abb. 144 Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018 .....	185
Abb. 145 Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019.....	185
Abb. 146 Scan-Abfrage nach automatischem Anlegen eines EtherCAT-Gerätes (links: TC2; rechts TC3)	185
Abb. 147 Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3) .....	186
Abb. 148 Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2 .....	186
Abb. 149 Abfrage Config/FreeRun (links: TC2; rechts TC3) .....	186
Abb. 150 Anzeige des Wechsels zwischen „Free Run“ und „Config Mode“ unten rechts in der Statusleiste.....	186
Abb. 151 TwinCAT kann auch über einen Button in diesen Zustand versetzt werden (links: TC2; rechts TC3) .....	186
Abb. 152 Beispielhafte Online-Anzeige .....	187
Abb. 153 Fehlerhafte Erkennung.....	187
Abb. 154 Identische Konfiguration (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3).....	188
Abb. 155 Korrekturdialog .....	188
Abb. 156 Name/Revision Klemme.....	189
Abb. 157 Korrekturdialog mit Änderungen .....	190
Abb. 158 Dialog „Change to Compatible Type...“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3) .....	190
Abb. 159 TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type.....	191
Abb. 160 „Baumzweig“ Element als Klemme EL3751 .....	191
Abb. 161 Karteireiter „Allgemein“ .....	191
Abb. 162 Karteireiter „EtherCAT“ .....	192
Abb. 163 Karteireiter „Prozessdaten“ .....	193
Abb. 164 Konfigurieren der Prozessdaten .....	194
Abb. 165 Karteireiter „Startup“.....	195
Abb. 166 Karteireiter „CoE - Online“ .....	196
Abb. 167 Dialog „Advanced settings“ .....	197
Abb. 168 Karteireiter „Online“ .....	197
Abb. 169 Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks).....	198
Abb. 170 System Manager Stromberechnung .....	208
Abb. 171 Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten -> Watchdog .....	209
Abb. 172 Zustände der EtherCAT State Machine .....	211
Abb. 173 Karteireiter „CoE-Online“ .....	213
Abb. 174 Startup-Liste im TwinCAT System Manager .....	214
Abb. 175 Offline-Verzeichnis .....	215
Abb. 176 Online-Verzeichnis .....	216
Abb. 177 Empfohlene Abstände bei Standard-Einbaulage .....	218
Abb. 178 Weitere Einbaulagen .....	219

Abb. 179 Korrekte Positionierung .....	220
Abb. 180 Inkorrekte Positionierung .....	220
Abb. 181 Montage auf Tragschiene .....	225
Abb. 182 Demontage von Tragschiene .....	226
Abb. 183 Linksseitiger Powerkontakt .....	227
Abb. 184 Standardverdrahtung .....	228
Abb. 185 Steckbare Verdrahtung .....	228
Abb. 186 High-Density-Klemmen .....	228
Abb. 187 Anschluss einer Leitung an eine Klemmstelle.....	230
Abb. 188 DiagMessages im CoE.....	235
Abb. 189 Implementierung DiagMessage-System im TwinCAT System Manager .....	236
Abb. 190 StartUp-Liste .....	236
Abb. 191 Schematische Darstellung TCEventLogger .....	243
Abb. 192 Anzeige EventLogger Window .....	244
Abb. 193 Anzeige DiagMessages und Logged Events .....	245
Abb. 194 Einstellung Filter Sprache .....	245
Abb. 195 Aktivierung/Deaktivierung Event-Absetzung .....	246
Abb. 196 Einstellungen TwinCAT EventLogger .....	246
Abb. 197 Geräteerkennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016 .....	250
Abb. 198 Rechtsklick auf das EtherCAT-Gerät bewirkt das Scannen des unterlagerten Feldes .....	251
Abb. 199 Konfiguration identisch.....	251
Abb. 200 Änderungsdialog .....	251
Abb. 201 EEPROM Update .....	252
Abb. 202 Auswahl des neuen ESI .....	252
Abb. 203 Anzeige FW-Stand EL3204.....	253
Abb. 204 Firmware Update.....	254
Abb. 205 Versionsbestimmung FPGA-Firmware.....	256
Abb. 206 Kontextmenu Eigenschaften (Properties) .....	256
Abb. 207 Dialog Advanced settings.....	257
Abb. 208 Mehrfache Selektion und FW-Update .....	259
Abb. 209 Auswahl des PDO Restore default parameters .....	261
Abb. 210 Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog .....	261

## **Trademark statements**

Beckhoff®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TC/BSD®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC®, XTS® and XPlanar® are registered trademarks of and licensed by Beckhoff Automation GmbH.

## **Third-party trademark statements**

DeviceNet and EtherNet/IP are trademarks of ODVA, Inc.

DSP System Toolbox, Embedded Coder, MATLAB, MATLAB Coder, MATLAB Compiler, MathWorks, Predictive Maintenance Toolbox, Simscape, Simscape™ Multibody™, Simulink, Simulink Coder, Stateflow and ThingSpeak are registered trademarks of The MathWorks, Inc.

EnDat is a trademark of Dr. Johannes Heidenhain GmbH.

Microsoft, Microsoft Azure, Microsoft Edge, PowerShell, Visual Studio, Windows and Xbox are trademarks of the Microsoft group of companies.

Mehr Informationen:  
**[www.beckhoff.com/EL3751](http://www.beckhoff.com/EL3751)**

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG  
Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland  
Telefon: +49 5246 9630  
[info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)  
[www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

