

Dokumentation | DE

EL3681

Digital-Multimeter-Klemme



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	7
1.1	Hinweise zur Dokumentation	7
1.2	Wegweiser durch die Dokumentation	8
1.3	Sicherheitshinweise	9
1.4	Ausgabestände der Dokumentation.....	10
1.5	Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten	11
1.5.1	Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung	11
1.5.2	Versionsidentifikation von EL-Klemmen.....	12
1.5.3	Beckhoff Identification Code (BIC).....	13
1.5.4	Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC).....	15
2	Produktbeschreibung	17
2.1	Einführung	17
2.2	Technische Daten	19
2.3	Technologie	20
2.4	Hinweis zu Beckhoff Kalibrierzertifikaten	23
2.5	Start.....	25
3	Grundlagen der Kommunikation	26
3.1	EtherCAT-Grundlagen	26
3.2	EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden	26
3.3	Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung	27
3.4	EtherCAT State Machine	29
3.5	CoE-Interface	31
3.6	Distributed Clock	36
4	Montage und Verdrahtung.....	37
4.1	Hinweise zum ESD-Schutz	37
4.2	Tragschienenmontage	38
4.3	Anschluss.....	41
4.3.1	Anschlusstechnik	41
4.3.2	Verdrahtung	43
4.3.3	Schirmung.....	44
4.4	Positionierung von passiven Klemmen	45
4.5	Einbaulagen	46
4.6	LEDs und Anschlussbelegung	48
4.7	Entsorgung.....	49
5	Inbetriebnahme	50
5.1	TwinCAT Quickstart	50
5.1.1	TwinCAT 2	53
5.1.2	TwinCAT 3	63
5.2	TwinCAT Entwicklungsumgebung	77
5.2.1	Installation der TwinCAT Realtime-Treiber	77
5.2.2	Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung	83
5.2.3	TwinCAT ESI Updater.....	87
5.2.4	Unterscheidung Online/Offline	87

5.2.5	OFFLINE Konfigurationserstellung	88
5.2.6	ONLINE Konfigurationserstellung	93
5.2.7	EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration.....	101
5.2.8	Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI.....	110
5.3	Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT Slave.....	118
5.4	Hinweise zu analogen Spezifikationen.....	126
5.4.1	Messbereichsendwert (MBE), Ausgabeendwert (AEW)	126
5.4.2	Messfehler/Messabweichung/Messunsicherheit, Ausgabeunsicherheit	127
5.4.3	Temperaturkoeffizient tK [ppm/K].....	128
5.4.4	Langzeiteinsatz	129
5.4.5	Massebezug: Typisierung SingleEnded / Differentiell.....	130
5.4.6	Gleichtaktspannung und Bezugsmasse (bezogen auf Differenzeingänge)	135
5.4.7	Spannungsfestigkeit.....	136
5.4.8	Zeitliche Aspekte der analog/digital bzw. digital/analog Wandlung.....	137
5.4.9	Begriffsklärung GND/Ground	140
5.4.10	Samplingart: Simultan vs. Multiplex	142
5.5	Funktionsgrundlagen/Funktionsbeschreibung	145
5.5.1	Messbereiche und Ausgabe.....	145
5.5.2	Messbereichsauswahl	145
5.5.3	Autorange.....	146
5.5.4	Filter	146
5.5.5	Frequenz.....	146
5.5.6	Darstellung	147
5.5.7	Zero Compensation Interval.....	147
5.5.8	Abgleich	147
5.6	Prozessdaten	148
5.6.1	Prozessabbild.....	148
5.6.2	Control, Status, Settings-Word.....	150
5.6.3	PDO-Zuordnung.....	151
5.6.4	Berechnung der Prozessdaten.....	152
5.6.5	Ermittlung der (Anwender)-Gain-Werte.....	154
5.7	Objektbeschreibung und Parametrierung	155
5.7.1	Restore Objekt	156
5.7.2	Konfigurationsdaten	157
5.7.3	Konfigurationsdaten (herstellerspezifisch)	159
5.7.4	Eingangsdaten	160
5.7.5	Ausgangsdaten	161
5.7.6	Informations - Diagnostikdaten	161
5.7.7	Standardobjekte (0x1000-0x1FFF)	161
5.8	Beispielprogramm	166
6	Fehlerbehandlung und Diagnose	170
7	Anhang	171
7.1	Zubehör.....	171
7.2	EtherCAT AL Status Codes	172
7.3	Firmware Kompatibilität.....	173

7.4	Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx	174
7.4.1	Gerätebeschreibung ESI-File/XML	175
7.4.2	Erläuterungen zur Firmware.....	178
7.4.3	Update Controller-Firmware *.efw.....	179
7.4.4	FPGA-Firmware *.rbf.....	181
7.4.5	Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte.....	185
7.5	Wiederherstellen des Auslieferungszustandes	186
7.6	Support und Service.....	188

1 Vorwort

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.

Patente

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



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

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

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

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

1.2 Wegweiser durch die Dokumentation

HINWEIS



Weitere Bestandteile der Dokumentation

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

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

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

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

1.3 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.

1.4 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
3.0	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel „Technische Daten“ • Struktur-Update
2.9	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel „Technische Daten“ • Struktur-Update
2.8	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel „Technische Daten“ • Kapitel „Entsorgung“ hinzugefügt • Struktur-Update
2.7	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel „Technische Daten“ • Struktur-Update
2.6	<ul style="list-style-type: none"> • Ergänzung EL3681-0020 und EL3681-0030 • Update Kapitel „Technische Daten“ • Struktur-Update • Update Revisionsstatus
2.5	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel „UL-Hinweise“ • Struktur-Update
2.4	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel "Technische Daten" • Struktur-Update • Update Revisionsstand
2.3	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel "Beispielprogramm" • Struktur-Update • Update Revisionsstand
2.2	<ul style="list-style-type: none"> • Hinweis zum ESD Schutz eingefügt • Kapitel "Hinweise zu analogen Spezifikationen" eingefügt
2.1	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel "Hinweise zur Dokumentation" • Korrektur Technische Daten • Update Kapitel "TwinCAT 2.1x" -> Kapitel "TwinCAT Entwicklungsumgebung" und Kapitel "TwinCAT Quick Start" • Update Revisionsstand
2.0	<ul style="list-style-type: none"> • Migration • Struktur-Update
1.6	<ul style="list-style-type: none"> • Struktur-Update • Update Kapitel "Technische Daten"
1.5	<ul style="list-style-type: none"> • Update Kapitel "Funktionsgrundlagen"
1.4	<ul style="list-style-type: none"> • Update Firmware Status • Update Kapitel "Technologie"
1.3	<ul style="list-style-type: none"> • Update Firmware Status • Update Anwendungshinweis
1.2	<ul style="list-style-type: none"> • Update TrueRMS, Crest-Faktor
1.1	<ul style="list-style-type: none"> • Update LED Beschreibung
1.0	<ul style="list-style-type: none"> • Erste Veröffentlichung
0.2	<ul style="list-style-type: none"> • Ergänzungen und Korrekturen
0.1	<ul style="list-style-type: none"> • vorläufige Dokumentation für EL3681

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 2014/01 außen auf den IP20-Klemmen aufgebracht, siehe Abb. „EL5021 EL-Klemme, Standard IP20-IO-Gerät mit Chargennummer und Revisionskennzeichnung (seit 2014/01)“.
- 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 auf einem Aufkleber angebracht ist. Diese Seriennummer gibt den Bauzustand im Auslieferungszustand an und kennzeichnet somit eine ganze Produktions-Charge, unterscheidet aber nicht die Module 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.

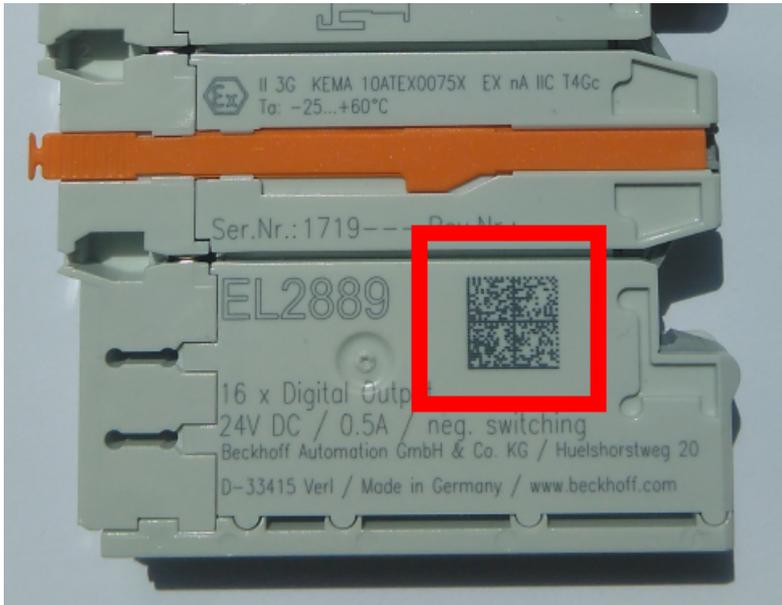


Abb. 2: BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200)

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	Beckhoff - Artikelnummer	1P	8	1P 072222
2	Beckhoff Traceability Number (BTN)	Eindeutige Seriennummer, Hinweis s. u.	SBTN	12	SBTN k4p562d7
3	Artikelbezeichnung	Beckhoff Artikelbezeichnung, z. B. EL1008	1K	32	1K EL1809
4	Menge	Menge in Verpackungseinheit, z. B. 1, 10...	Q	6	Q 1
5	Chargennummer	Optional: Produktionsjahr und -woche	2P	14	2P 401503180016
6	ID-/Seriennummer	Optional: vorheriges Seriennummer-System, z. B. bei Safety-Produkten oder kalibrierten Klemmen	51S	12	51S 678294
7	Variante	Optional: Produktvarianten-Nummer auf Basis von Standardprodukten	30P	32	30P 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:

1P072222**SBTN**k4p562d7**1K**EL1809 **Q**1 **51S**678294

Entsprechend als DMC:

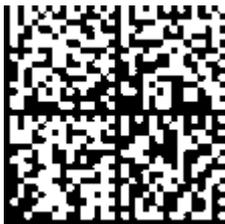


Abb. 3: Beispiel-DMC **1P**072222**SBTN**k4p562d7**1K**EL1809 **Q**1 **51S**678294

BTN

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

HINWEIS

Diese Information wurde sorgfältig erstellt. Das beschriebene Verfahren wird jedoch ständig weiterentwickelt. Wir behalten uns das Recht vor, Verfahren und Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern. Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Information 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 elektronisch angesprochen werden kann.

K-Bus Geräte (IP20, IP67)

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

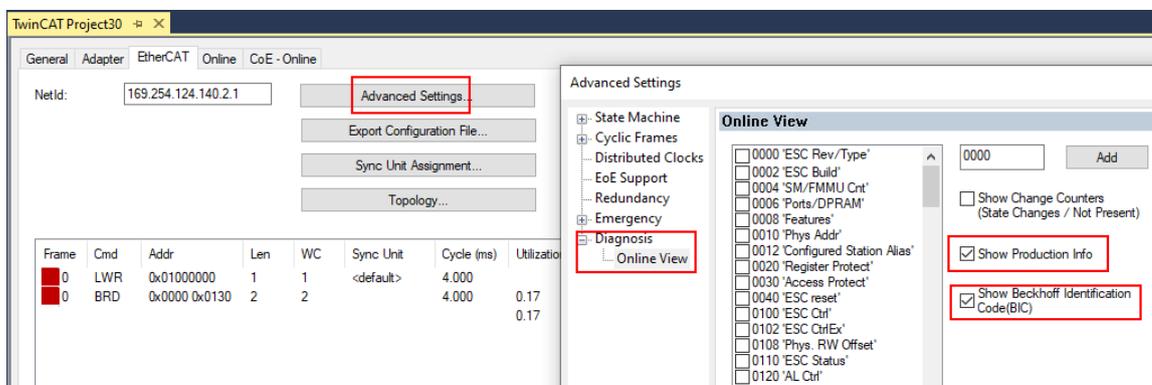
EtherCAT-Geräte (IP20, IP67)

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 gespeichert. 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.

- 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 Beckhoff Identification Code (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.
- Technischer 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 herstellerspezifische 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
 - Sind mehrere ESC in einem Gerät verbaut die hierarchisch angeordnet sind, trägt nur der TopLevel 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 des TopLevel-Geräts, in 0x10E2:nn folgen die eBIC der Sub-Geräte.

PROFIBUS-, PROFINET-, DeviceNet-Geräte usw.

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

2 Produktbeschreibung

2.1 Einführung

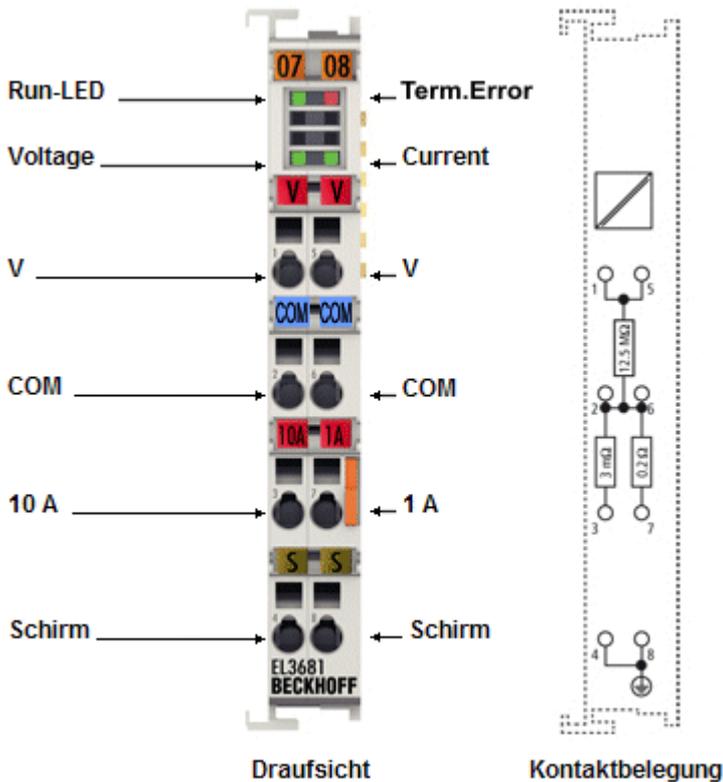


Abb. 4: EL3681

Digital-Multimeter-Klemme

Die EtherCAT-Klemme EL3681 ermöglicht das Messen von Strömen und Spannungen über einen weiten Eingangsbereich. Die Messbereiche werden automatisch umgeschaltet, wie es bei modernen digitalen Multimetern üblich ist. Für die Strommessung stehen zwei Strompfade zur Verfügung. Einer davon ist ein Hochstrompfad für bis zu 10 A.

Die Strom- und die Spannungsmessung kann für DC und AC verwendet werden. Die Wechselgrößen werden als Echteffektivwert, RMS, ausgegeben. Das Eingangssignal kann sich über einen großen Frequenzbereich bis zu 1 kHz erstrecken, ohne die Messgenauigkeit zu beeinträchtigen. Die Signalform darf auch nicht-sinus-förmigen Verlauf aufweisen, wenn der Crest-Faktor (Scheitelfaktor) 3 nicht überschreitet.

Die Messwerte können per EtherCAT ausgelesen und weiterverarbeitet werden. Zugleich erlaubt die EL3681, dass Messart und Messbereich über den Bus eingestellt werden.

Durch den vollständig galvanisch getrennten Aufbau der Messelektronik und das Dual-Slope-Wandelverfahren wird eine sehr gute Störunempfindlichkeit erreicht. Hohe Genauigkeit und einfache, hochohmige Messung von 300 mV bis 300 V erlauben es, die EtherCAT-Klemme wie ein modernes digitales Multimeter zu verwenden. Die Samplerate liegt dabei zwischen ca. 500 ms bei aktiviertem Filter oder ca. 62 ms wenn der Filter deaktiviert ist.

Die gewählte Messart und Überlast werden durch LEDs angezeigt. Besonders in messtechnischen Anwendungen ist die zu erwartende Spannung häufig in der Planungsphase noch nicht bekannt. Eine automatische Anpassung an den Messbereich vereinfacht die Anwendung und reduziert den Lagerbestand.

Als hochpräzise Varianten sind die [EL3681-0020](#) mit individuellem Werkskalibrierungszertifikat und die [EL3681-0030](#) mit externem Kalibrierzertifikat erhältlich.

Lesen Sie dazu bitte die Hinweise zum [Kalibrierungszertifikat](#) [[▶ 23](#)] und der [Identifikationsmerkmale](#) [[▶ 23](#)] und dieser Klemmen.

Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Funktionsgrundlagen EL3681 \[▶ 145\]](#)
- [Prozessdaten \[▶ 148\]](#)
- [CoE-Objektbeschreibung und Parametrierung \[▶ 155\]](#)
- [Beispielprogramme \[▶ 166\]](#)
- [Fehlerbehandlung \[▶ 170\]](#)
- [Zubehör \[▶ 171\]](#)

2.2 Technische Daten

Technische Daten	EL3681	EL3681-0020	EL3681-0030
Anzahl Eingänge	1, Spannung oder Strom (1 A / 10 A)		
Technik	Digital-Multimeter mit automatischer Bereichswahl		
Messwerte	Strom AC/DC, Spannung AC/DC ^{*)}		
Messbereiche Spannung	300 mV, 3 V, 30 V, 300 V		
Spannungsfestigkeit – Zerstörgrenze	480 V AC _{RMS} /DC		
Messbereiche Strom	100 mA, 1 A; 10 A über Hochstrompfad		
Stromfestigkeit – Zerstörgrenze	Messbereich 1 A: durch Sicherung gegeben; Messbereich 10 A: Kurzzeitstromfestigkeit 30 A für 1 s (min. 5 min Abkühlzeit)		
Messverfahren	DC mit arithmetischer Mittelwertbildung AC mit Echteffektivwertbildung TrueRMS, 0..1 kHz Eingangssignal, Crest-Faktor < 3 zugelassen		
Auflösung	18 Bit + Vorzeichen in jedem Messbereich		
Samplingart	simultan		
Massebezug	differenziell		
Innenwiderstand	Messbereich DC 300 mV - 300 V: 12,5 MΩ		
	Messbereich DC 100 mA - 1 A: 0,2 Ω		
	Messbereich DC 10 A: 3 mΩ		
	Messbereich AC 300 mV - 300 V: 1 MΩ, ca. 33 pF		
	Messbereich AC 100 mA - 1 A: 0,2 Ω		
	Messbereich AC 10 A: 3 mΩ		
Messfehler	siehe Tabelle [► 20] im Kapitel „Genauigkeit“		
Updatezeit	0,5 s; 1 s bei Messbereichsumschaltung		
Potenzialtrennung	1.500 V (Anschlussklemme/E-Bus)		
Spannungsversorgung für Elektronik	über den E-Bus		
Stromaufnahme aus dem E-Bus	typ. 150 mA		
Konfiguration	über TwinCAT System Manager		
Gewicht	ca. 70 g		
Zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	-25 °C ... +60 °C (erweiterter Temperaturbereich)	0 °C ... +55 °C	
Zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-40 °C ... +85 °C	-25 °C ... +85 °C	
Zulässige relative Luftfeuchtigkeit	95%, keine Betauung		
Abmessungen (B x H x T)	ca. 15 mm x 100 mm x 70 mm (Breite angereicht: 12 mm)		
Montage [► 38]	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715		
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		
Einbaulage	beliebig		
Kalibrierungszertifikat	-	mit Werkskalibrierungszertifikat [► 23]	mit externem Kalibrierungszertifikat [► 23]
Kennzeichnung ^{*)}	CE, EAC, UKCA		

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

**) im AC Modus arbeitet die Klemme im TrueRMS-Verfahren, erfasst digital also nicht die ca. 1,4fach größeren Scheitelwerte V_{pp} sondern den Effektivwert, siehe „[Messverfahren \[► 21\]](#)“ und Kapitel „[Technologie \[► 20\]](#)“

2.3 Technologie

Allgemeine Beschreibung

Das Verhalten der EL3681 ist angelehnt an ein handelsübliches Digital-Multimeter. Die Klemme verfügt über folgende Eigenschaften:

- Einkanalige Messung
- Spannungsmessung AC/DC, Bereichswahl automatisch „Autorange“ oder durch die Steuerung vorgegeben; Messbereiche 300 mV, 3 V, 30 V, 300 V
- Strommessung AC/DC im 1 A- (interne Sicherung: 1.25 A) oder 10 A-Pfad (keine interne Sicherung) Messbereiche: 100 mA, 1 A, 10 A
- Messwertbildung:
Wechselstrom/-spannung wird als Echteffektivwert RMS ohne Gleichspannungsanteil berechnet; es erfolgt im ADC eine Integration des Signalverlaufs
Gleichstrom/-spannung wird als arithmetischer Mittelwert berechnet; es erfolgt im ADC eine Integration des Signalverlaufs
- Galvanische Trennung vom Feldbus
- Sehr gute Störuneempfindlichkeit durch Dual-Slope-Wandlungsverfahren
- Anzeige von Messart (Strom/Spannung) und Überlast durch LED
- Typ. Aktualisierungsrate ca. 2/s, nach Messbereichsänderung bis ca. 1/s - bei deaktiviertem Filter ca 16/s.

Die Datenerfassung wird in Abb. *Datenfluss EL3681* dargestellt.

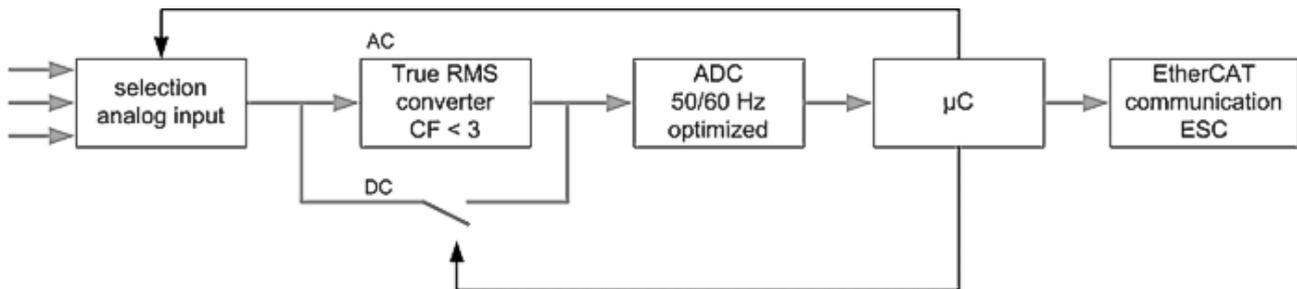


Abb. 5: Datenfluss EL3681

Einsatzhinweise

Für die Messung eines Signals mit 60 Hz Frequenz ist die entsprechende Einstellung im CoE (0x8000:0A [► 157]) vorzunehmen. Bei allen anderen Signalfrequenzen ist die 50 Hz-Einstellung anzuwenden, da dann die Integrationszeit länger ist. Die u.a. Genauigkeitsangaben beziehen sich auf ein Eingangssignal im Frequenzbereich >0 .. 1 KHz. Bei höheren Frequenz verringert sich die Messgenauigkeit (-3 dB >500 kHz).

Es kann auch ein nicht-sinus-förmiges AC-Eingangssignal gemessen werden, wenn es einen Crest Faktor (Scheitelfaktor) von 3 nicht überschreitet. Die u.a. Genauigkeitsangaben beziehen sich auf einen Crest Faktor von max. 2.

Der gleichzeitige elektrische Anschluss von beiden Strompfaden (10, 1 A) und dem Spannungspfad mit dann abwechselnder Messung der anliegenden Größen ist technisch möglich. Sie wird aber nicht empfohlen, da bei Vorliegen von Wechselanteilen in den Signalen unter Umständen ein Übersprechen von einem Pfad auf den anderen eintreten kann. Die Prozessdatenaktualisierungszeit nach Umschaltung kann bis zu 1 Sekunde betragen.

Spezifikationen

Genauigkeit

Für eine möglichst genaue Auswertung und um Störeinflüsse zu minimieren, sollte der jeweils unbenutzte Messeingang mit dem COM-Anschluss der Klemme verbunden werden.

- Mögliche Messeingänge der Klemme:

- Spannungsmessung 300 mV – 300 V (Anschlusspunkt 1 + 5)
- Strommessung 100 mA – 1 A (Anschlusspunkt 7)
- Strommessung 10 A (Anschlusspunkt 3)

Die Messgenauigkeit ist abhängig von der Art des zu messenden Signals und von den Einstellungen der Klemme.

Die Genauigkeitsangaben der folgenden Tabelle gelten für die Default-Einstellungen der Klemmen-Parameter:

- Enable vendor calibration	true
- Enable filter	true
- Frequency	50 Hz
- Zero compensation interval	Off (0)
- Presentation	Scaled (1Bit/1µV) (2)

Zu messendes Signal		typ. max. Abweichung in % MBE ¹⁾		typ. Temperaturdrift ²⁾⁶⁾
Messart	Messbereich	40°C ³⁾	0 .. 55°C	ppm/°C
DC	3 V - 300 V ⁸⁾	0,01	0,2	35
	300 mV ⁸⁾	0,05	0,2	35
	100 mA ⁷⁾	0,1	0,5	50
	1 A	0,1	0,5	50
	10 A	0,2	1,2	170
AC ⁴⁾⁵⁾	3 V - 300 V	0,25	0,75	130
	300 mV	0,25	0,5	50
	100 mA	0,5	1	50
	1 A	0,5	0,7	50
	10 A	0,5	1,2	150

Tab. 1: Messtoleranzen in Abhängigkeit von Temperaturen. MBE = Messbereichsendwert.

- 1) Im 60 Hz- Modus des ADC ist zur angegebenen Abweichung 0,02 zu addieren
- 2) Werte gelten für eine Mindest-Aufwärmzeit der Klemme von 30 min
- 3) Abgleichtemperatur ist 40 °C
- 4) Alle Wechselspannungs- und Wechselstrombereiche sind für den Bereich von 5% bis 100% spezifiziert
- 5) Scheitelfaktor < 2
- 6) Im 60 Hz Betrieb muss mit einer zusätzlichen Temperaturdrift von 20 ppm / °C gerechnet werden.
- 7) Die maximale Abweichung unter EMV-Testbedingungen nach IEC 61131 beträgt 1 %
- 8) Die maximale Abweichung unter EMV-Testbedingungen nach IEC 61131 beträgt 0,2 %

Messverfahren

Das Messverfahren in der Klemme beruht auf dem Dual-Slope-Verfahren.

Die Funktion „Zero Offset Compensation“ liest den internen ADC-Offset aus und korrigiert den analogen Wert entsprechend. Zyklisch oder extern angesteuert kann so die zusätzliche Temperaturdrift teilweise kompensiert werden.

Einsatzbedingungen

- Zur Vermeidung von Störungen müssen für die Analogsignale geschirmte Leitungen verwendet werden und diese dürfen nicht länger als 30 m sein.
- Bei Gleichspannungsmessungen darf der Wechselanteil nicht größer als 150 V_{pp} betragen.
- Bei Wechselspannungsmessungen darf der Gleichanteil nicht größer als 150 V bei Sinusspannung betragen.
- Die Spitzenspannung (bezogen auf die COM-Anschlussklemme) darf 600 V nicht überschreiten.

Innenwiderstand

Messart	Messbereich	Innenwiderstand
DC	300 mV - 300 V	12,5 MΩ
	100 mA - 1 A	0,2 Ω
	10 A	3 mΩ
AC ^{4) 5)}	300 mV - 300 V	1 MΩ, ca. 33 pF
	100 mA - 1 A	0,2 Ω
	10 A	3 mΩ

Tab. 2: Innenwiderstände

Sicherung

Hinweise zum Austausch der Sicherung finden sie im Kapitel [Zubehör](#) [▶ 171].

Default Einstellung

Die Multimeter-klemme ist ab Werk so parametrierung, dass Spannungen bis 300 V_{DC} ohne weitere Einstellungen direkt gemessen werden können. Die Autorange-Funktion ist aktiv und wählt den Messbereich automatisch. Der Messwert wird mit 1 Bit / μV dargestellt, d.h. eine Anpassung des Wertes ist nicht notwendig. Abb. *Darstellung des Messwertes („Value“) in TwinCAT* zeigt beispielhaft die Messwertdarstellung im TwinCAT-Baum. Im Beispiel entspricht der Wert 10448400 dem Spannungswert 10,448400 V

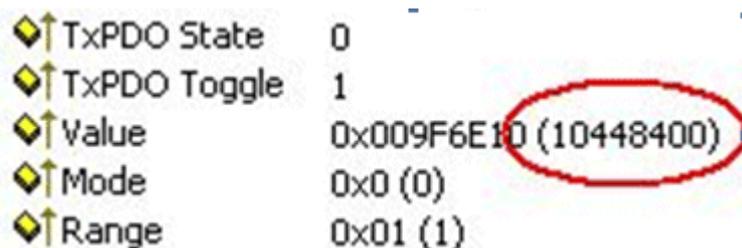


Abb. 6: Darstellung des Messwertes („Value“) in TwinCAT

Im beigefügten [Beispielprogramm](#) [▶ 166] können die Prozessdaten der EL3681 verändert und die Klemme umparametriert werden.

2.4 Hinweis zu Beckhoff Kalibrierzertifikaten

Grundsätzlich wird jedes Beckhoff Analog-Gerät (Eingang oder Ausgang) justiert, d.h. in der Produktion einem Abgleich unterzogen. Allerdings wird dieser Vorgang nicht einzeln dokumentiert. Diese Dokumentation als Kalibrierzertifikat erfolgt nur bei Geräten die ausdrücklich mit Zertifikat ausgeliefert werden.

Das Kalibrierzertifikat (auch: Kalibrierschein) benennt die nach der Justage/Abgleich verbleibende Restabweichung zum verwendeten Normal (Referenzgerät). Das Kalibrierzertifikat (als PDF Dokument) ist über eine eindeutige Nummer dem Gerät zuzuordnen. Es ist also keine Aussage über eine Geräteklasse wie z.B. eine Zulassung, sondern immer nur für ein einzelnes, benanntes Gerät zutreffend. Es steht über die Beckhoff Website zum [Download](#) bereit.

Das Kalibrierzertifikat dokumentiert die Messgenauigkeit zum Zeitpunkt der Zertifikatserstellung und enthält u. a. Angaben zu den Umgebungsbedingungen und dem verwendeten Referenzgerät. Es enthält keine Aussage über das Verhalten bzw. die Veränderung der Messgenauigkeit in der Zukunft. Ein Kalibrierzertifikat dient der Rückbetrachtung auf den vorangegangenen Verwendungszeitraum. Wird der Zertifizierungsvorgang über Jahre mehrmals wiederholt (ohne das Gerät neu zu justieren) erlaubt er Rückschlüsse auf das Alterungsverhalten, die sog. Kalibrierhistorie.

Leistungsstufen der Kalibrierzertifikate

Es sind verschiedene „Qualitäten“ eines Kalibrierzertifikats üblich:

- Beckhoff Werkskalibrierzertifikate
Solche IP20 Klemmen sind in der Regel an der Produktendung -0020 erkennbar. Das Zertifikat wird in der Beckhoff Produktion als PDF ausgestellt.
Die Klemmen können über Beckhoff bezogen und über den Beckhoff Service recalibriert werden.
- ISO17025 Kalibrierzertifikate
Solche IP20 Klemmen sind in der Regel an der Produktendung -0030 erkennbar. Das Zertifikat wird von einem Dienstleister im Auftrag für Beckhoff als Teil der Beckhoff Produktion ausgestellt und von Beckhoff als PDF ausgeliefert.
Die Klemmen können über Beckhoff bezogen und über den Beckhoff Service recalibriert werden.
- DAkkS Kalibrierzertifikate (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH)
Solche IP20 Klemmen sind in der Regel an der Produktendung -0030 erkennbar. Das Zertifikat wird von einem akkreditierten Dienstleister im Auftrag für Beckhoff als Teil der Beckhoff Produktion ausgestellt und von Beckhoff als PDF ausgeliefert.
Die Klemmen können über Beckhoff bezogen und über den Beckhoff Service recalibriert werden.

Eindeutige Gerätenummer

Je nach Gerät werden folgende Nummern zur Identifizierung verwendet:

- EL/ELM-Klemmen bis Baujahr 2020: die ID-Nummer die seitlich aufgelasert ist.



Abb. 7: ID-Nummer

- Ab Baujahr 2021 ersetzt die BTN-Nummer (Beckhoff Traceability Nummer) nach und nach die ID-Nummer, auch diese ist seitlich aufgelasert.

Beckhoff produziert eine große Auswahl an analogen Ein/Ausgangsgeräten als IP20 Klemme oder IP67 Box. Eine Auswahl davon ist auch mit Werk/ISO/DAkkS-Kalibrierzertifikaten lieferbar. Konkrete Angaben dazu und Verfügbarkeit siehe techn. Daten der Geräte oder über den Beckhoff Vertrieb.

i Hinweis zum Sprachgebrauch

Im US-amerikanischen Sprachumfeld wird mit „Calibration“ oder „Alignment“ der Abgleich/die Justage bezeichnet, also das verändernde Einwirken auf das Gerät. „Verification“ ist dagegen das beobachtende Ermitteln und Dokumentieren des verbliebenden Restfehlers, das im deutschen Sprachgebrauch als *Kalibrierung* bezeichnet wird.

2.5 Start

Zur Inbetriebsetzung:

- montieren Sie den EL3681 wie im Kapitel [Montage und Verdrahtung \[► 38\]](#) beschrieben
- konfigurieren Sie den EL3681 in TwinCAT wie im Kapitel [Inbetriebnahme \[► 145\]](#) beschrieben.

3 Grundlagen der Kommunikation

3.1 EtherCAT-Grundlagen

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

3.2 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 + 90 + 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 4 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 Cross-Over-Kabel verwenden.

● Empfohlene Kabel



Es wird empfohlen die entsprechenden Beckhoff Komponenten zu verwenden, z. B.

- Kabelsätze ZK1090-9191-xxxx bzw.
- feldkonfektionierbare RJ45 Stecker ZS1090-0005
- 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 vorberechnete theoretische maximale E-Bus-Strom angezeigt. Eine Unterschreitung wird durch 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 I
9	Term 9 (EL6740-...)	1009	EL6740-0010	2.0	2.0	-580 I

Abb. 8: System Manager Stromberechnung

HINWEIS

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

3.3 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 (so vorhanden) in einen gegebenenfalls vorgebbaren Zustand schaltet, in Abhängigkeit vom Gerät und Einstellung z. B. auf FALSE (aus) oder einen Ausgabewert.

Der EtherCAT Slave Controller (ESC) verfügt dazu über zwei Watchdogs:

- SM-Watchdog (default: 100 ms)
- PDI-Watchdog (default: 100 ms)

Deren Zeiten werden in TwinCAT wie folgt einzeln parametrier:

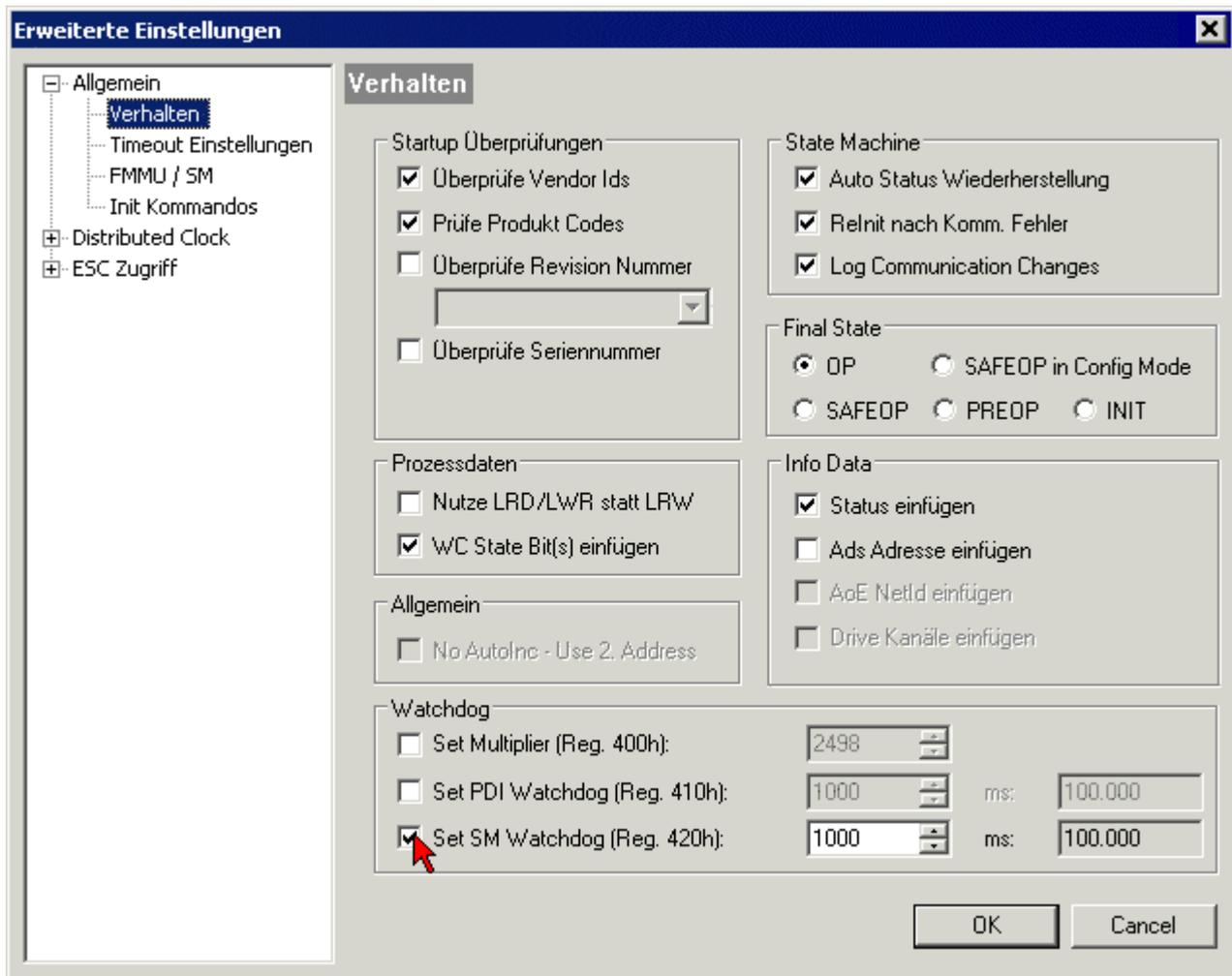


Abb. 9: Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten --> Watchdog

Anmerkungen:

- der Multiplier Register 400h (hexadezimal, also x0400) 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 x0400/0410/0420 eingesehen werden:
ESC Access -> Memory

SM-Watchdog (SyncManager-Watchdog)

Der SyncManager-Watchdog wird bei jeder erfolgreichen EtherCAT-Prozessdaten-Kommunikation mit der Klemme zurückgesetzt. Findet z. B. durch eine Leitungsunterbrechung länger als die eingestellte und aktivierte SM-Watchdog-Zeit keine EtherCAT-Prozessdaten-Kommunikation 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 mit dem ESC von der EtherCAT-Seite aus betrachtet.

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 Reg.

400/420 parametrieren, aber vom μC ausgeführt und kann deutlich darunter liegen. Außerdem kann die Ausführung dann einer gewissen Zeitunsicherheit unterliegen. Da der TwinCAT-Dialog ggf. Eingaben bis 65535 zulässt, wird ein Test der gewünschten Watchdog-Zeit empfohlen.

PDI-Watchdog (Process Data Watchdog)

Findet länger als die eingestellte und aktivierte PDI-Watchdog-Zeit keine PDI-Kommunikation mit dem EtherCAT Slave Controller (ESC) statt, löst dieser Watchdog aus.

PDI (Process Data Interface) 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, aber von der Applikations-Seite aus betrachtet.

Berechnung

Watchdog-Zeit = $[1/25 \text{ MHz} * (\text{Watchdog-Multiplier} + 2)] * \text{PDI/SM Watchdog}$

Beispiel: Default-Einstellung Multiplier=2498, SM-Watchdog=1000 -> 100 ms

Der Wert in Multiplier + 2 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 Version -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!

3.4 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 und
- Operational
- Boot

Regulärer Zustand eines jeden EtherCAT Slaves nach dem Hochlauf ist der Status OP.

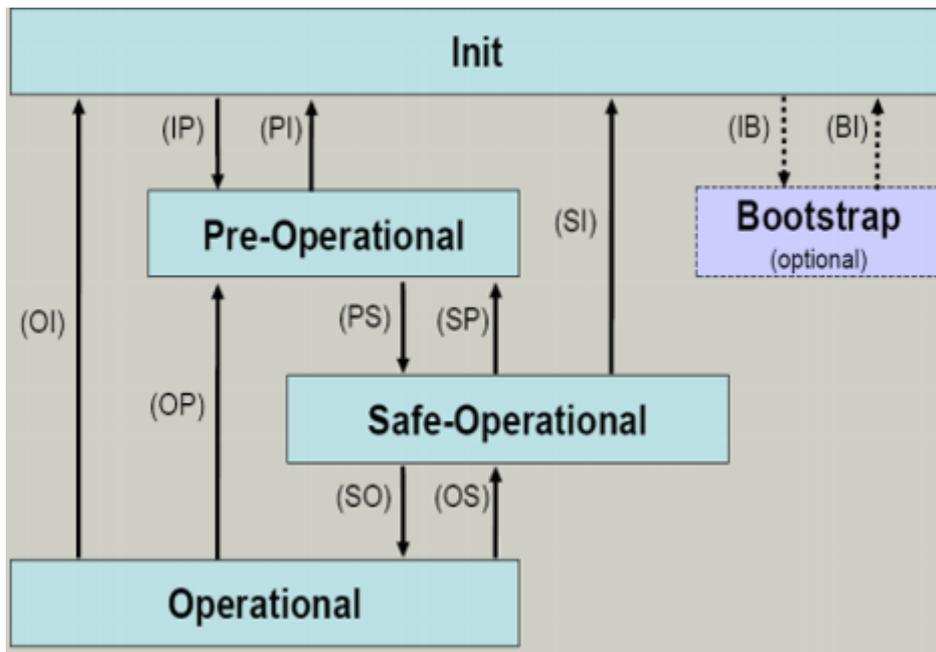


Abb. 10: Zustände der EtherCAT State Machine

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 Prozessdaten-Kommunikation möglich. Der EtherCAT-Master initialisiert die Sync-Manager-Kanäle für Prozessdaten (ab Sync-Manager-Kanal 2), die FMMU-Kanäle und falls der Slave ein konfigurierbares Mapping unterstützt das PDO-Mapping 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 Defaulteinstellungen 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. ob die Einstellungen für die Distributed-Clocks korrekt sind. Bevor er den Zustandswechsel quittiert, kopiert der EtherCAT-Slave aktuelle Inputdaten in die entsprechenden DP-RAM-Bereiche des EtherCAT-Slave-Controllers (ECSC).

Im Zustand *Safe-Op* ist Mailbox- und Prozessdaten-Kommunikation 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 Watchdogüberwachung bringt die Ausgänge im 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 Watchdogüberwachung im Modul 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 Mailbox-Kommunikation 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-Kommunikation und keine Prozessdaten-Kommunikation.

3.5 CoE-Interface

Allgemeine Beschreibung

Das CoE-Interface (CAN application protocol over EtherCAT) 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 lesbar 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-Parameter 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 Messung oder Passwörter.

Die Ordnung erfolgt in zwei Ebenen über hexadezimale Nummerierung: zuerst wird der (Haupt)Index genannt, dann der Subindex. Die Wertebereiche sind

- Index: 0x0000...0xFFFF (0...65535_{dez})
- SubIndex: 0x00...0xFF (0...255_{dez})

Üblicherweise wird ein so lokalisierter Parameter geschrieben als 0x8010:07 mit voranstehendem „0x“ als Kennzeichen des hexadezimalen Zahlenraumes und Doppelpunkt zwischen Index und Subindex.

Die für den EtherCAT-Feldbusanwender wichtigen Bereiche sind

- 0x1000: hier sind feste Identitäts-Informationen 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 („Eingang“ aus Sicht des EtherCAT-Masters)
- 0x7000: hier liegen die Ausgangs-PDO („Ausgang“ 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:

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x00FA1389 (16389001)
1008	Device name	RO	EL2502-0000
1009	Hardware version	RO	
100A	Software version	RO	
1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
1018:0	Identity	RO	> 4 <
1018:01	Vendor ID	RO	0x00000002 (2)
1018:02	Product code	RO	0x09C63052 (163983442)
1018:03	Revision	RO	0x00130000 (1245184)
1018:04	Serial number	RO	0x00000000 (0)
10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
1400:0	PwM RxDPO-Par Ch.1	RO	> 6 <
1401:0	PwM RxDPO-Par Ch.2	RO	> 6 <
1402:0	PwM RxDPO-Par h.1 Ch.1	RO	> 6 <
1403:0	PwM RxDPO-Par h.1 Ch.2	RO	> 6 <
1600:0	PwM RxDPO-Map Ch.1	RO	> 1 <

Abb. 11: Karteireiter „CoE-Online“

In der oberen Abbildung sind die im Gerät „EL2502“ verfügbaren CoE-Objekte von 0x1000 bis 0x1600 zusehen, die Subindizes von 0x1018 sind aufgeklappt.

HINWEIS

Veränderungen im CoE-Verzeichnis (CAN over EtherCAT), Programmzugriff

Beachten Sie bei Verwendung/Manipulation der CoE-Parameter die allgemeinen CoE-Hinweise im Kapitel „CoE-Interface“ der EtherCAT-System-Dokumentation:

- StartUp-Liste führen für den Austauschfall,
- Unterscheidung zwischen Online/Offline Dictionary,
- Vorhandensein aktueller XML-Beschreibung (Download von der [Beckhoff Website](#)),
- "CoE-Reload" zum Zurücksetzen der Veränderungen
- Programmzugriff im Betrieb über die PLC (s. [TwinCAT3 | PLC-Bibliothek: Tc2 EtherCAT](#) und [Beispielprogramm R/W CoE](#))

Datenerhaltung und Funktion „NoCoeStorage“

Einige, insbesondere die vorgesehenen Einstellungsparameter des Slaves sind veränderlich und beschreibbar. Dies kann schreibend/lesend geschehen

- über den System Manager (Abb. Karteireiter „CoE-Online“) durch Anklicken
Dies bietet sich bei der Inbetriebnahme der Anlage/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/PLC über ADS z. B. durch die Bausteine aus der TcEtherCAT.lib Bibliothek
Dies wird für Änderungen während der Anlangenlaufzeit 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 (Repower) 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 EEPROM 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 dieser Dokumentation zu entnehmen.

- wird unterstützt: die Funktion ist per einmaligem Eintrag des Codeworts 0x12345678 in CoE 0xF008 zu aktivieren und solange aktiv, wie das Codewort nicht verändert wird. 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 nicht unterstützt: eine fortlaufende Änderung von CoE-Werten ist angesichts der o.a. Lebensdauerergrenze nicht zulässig.

i Startup List

Veränderungen im lokalen CoE-Verzeichnis der Klemme gehen im Austauschfall mit der alten Klemme verloren. Wird im Austauschfall eine neue Klemme mit Werkseinstellungen ab Lager Beckhoff eingesetzt, bringt diese die Standardeinstellungen mit. Es ist deshalb empfehlenswert, alle Veränderungen im CoE-Verzeichnis eines EtherCAT Slave in der Startup List des Slaves zu verankern, die bei jedem Start des EtherCAT Feldbus abgearbeitet wird. So wird auch ein im Austauschfall ein neuer EtherCAT Slave automatisch mit den Vorgaben des Anwenders parametrierung.

Wenn EtherCAT Slaves verwendet werden, die lokal CoE-Wert 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.

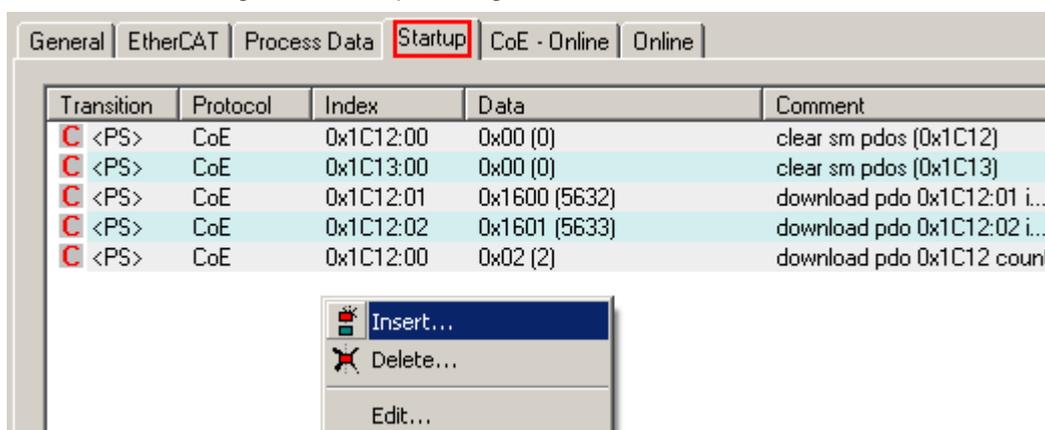


Abb. 12: StartUp-Liste im TwinCAT System Manager

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 angelegt werden.

Online/Offline Verzeichnis

Während der Arbeit mit dem TwinCAT System Manager ist zu unterscheiden ob das EtherCAT-Gerät gerade „verfügbar“, also angeschaltet und über EtherCAT verbunden und damit **online** ist oder ob ohne angeschlossene Slaves eine Konfiguration **offline** erstellt wird.

In beiden Fällen ist ein CoE-Verzeichnis nach Abb. „Karteireiter ‚CoE-Online‘“ zu sehen, die Konnektivität wird allerdings als offline/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** zu sehen

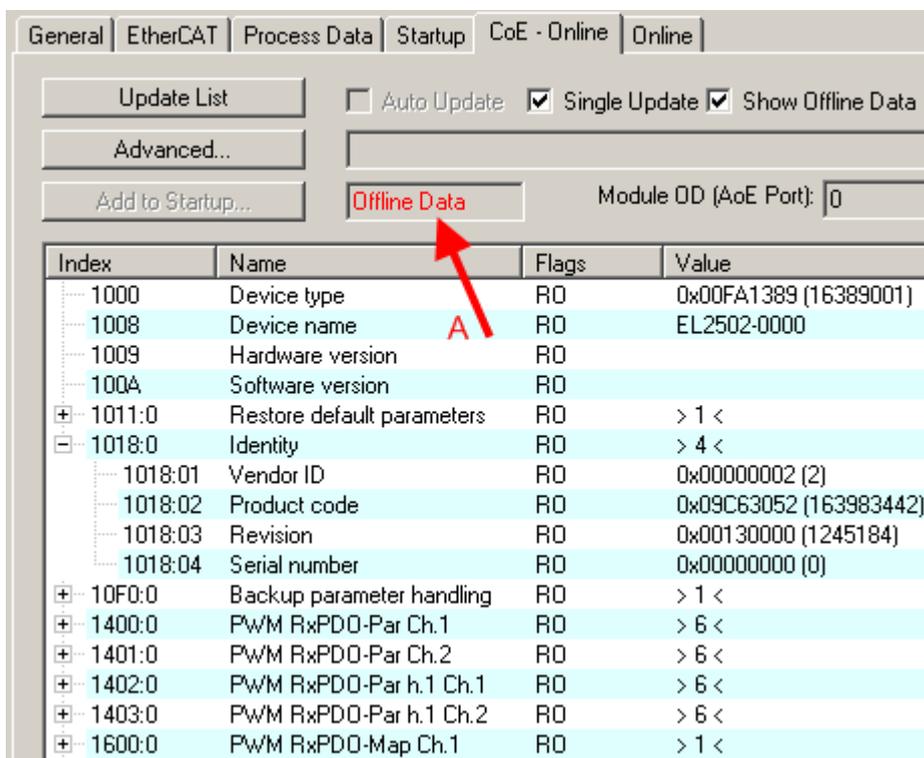


Abb. 13: Offline-Verzeichnis

- 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 laut elektronischer Auskunft angezeigt
 - ist ein grünes **Online** zu sehen

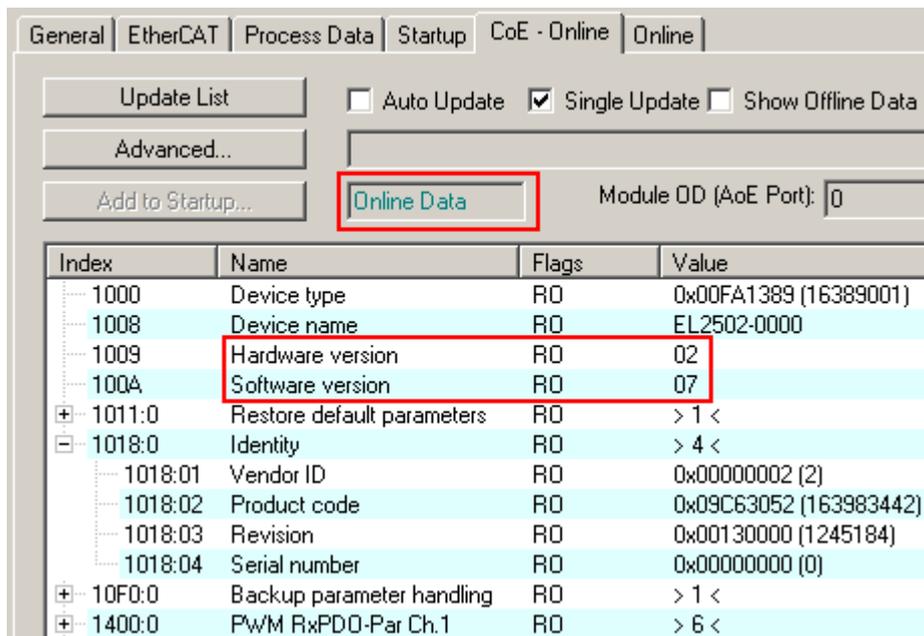


Abb. 14: Online-Verzeichnis

Kanalweise Ordnung

Das CoE-Verzeichnis ist in EtherCAT Geräten angesiedelt, die meist mehrere funktional gleichwertige Kanäle umfassen. z. B. hat eine 4 kanalige Analogeingangsklemme 0...10 V auch vier logische Kanäle und damit vier gleiche Sätze an Parameterdaten für die Kanäle. Um in den Dokumentationen nicht jeden Kanal auflisten zu müssen, wird gerne der Platzhalter „n“ für die einzelnen Kanalnummern verwendet.

Im CoE-System sind für die Menge aller Parameter eines Kanals eigentlich immer 16 Indizes mit jeweils 255 Subindizes ausreichend. Deshalb ist die kanalweise Ordnung in 16_{dez}/10_{hex}-Schritten eingerichtet. Am Beispiel des Parameterbereichs 0x8000 sieht man dies deutlich:

- Kanal 0: Parameterbereich 0x8000:00 ... 0x800F:255
- Kanal 1: Parameterbereich 0x8010:00 ... 0x801F:255
- Kanal 2: Parameterbereich 0x8020:00 ... 0x802F:255
- ...

Allgemein wird dies geschrieben als 0x80n0.

Ausführliche Hinweise zum CoE-Interface finden Sie in der [EtherCAT-Systemdokumentation](#) auf der Beckhoff Website.

3.6 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](#).

4 Montage und Verdrahtung

4.1 Hinweise zum ESD-Schutz

HINWEIS

Zerstörung der Geräte durch elektrostatische Aufladung möglich!

Die Geräte enthalten elektrostatisch gefährdete Bauelemente, die durch unsachgemäße Behandlung beschädigt werden können.

- Sie müssen beim Umgang mit den Komponenten elektrostatisch entladen sein; vermeiden Sie außerdem die Federkontakte (s. Abb.) direkt zu berühren.
- Vermeiden Sie den Kontakt mit hoch isolierenden Stoffen (Kunstfaser, Kunststofffolien etc.)
- Beim Umgang mit den Komponenten ist auf gute Erdung der Umgebung zu achten (Arbeitsplatz, Verpackung und Personen)
- Jede Busstation muss auf der rechten Seite mit der Endkappe [EL9011](#) oder [EL9012](#) abgeschlossen werden, um Schutzart und ESD-Schutz sicher zu stellen.

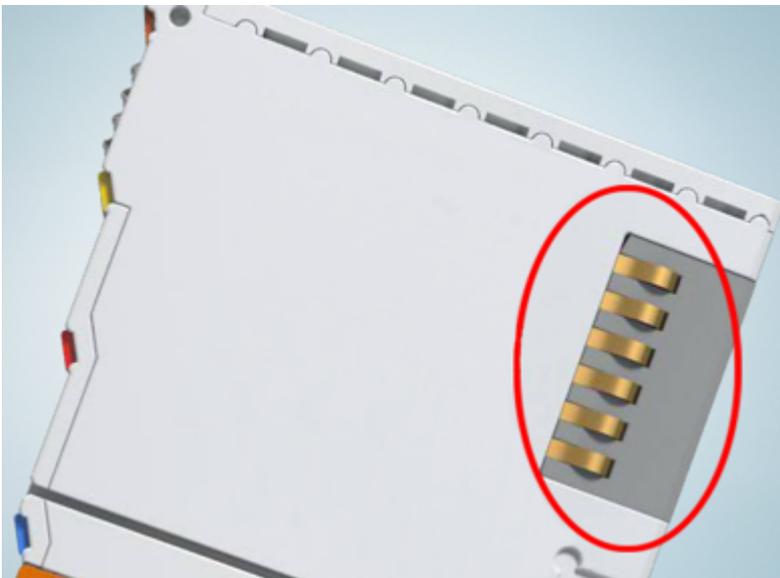


Abb. 15: Federkontakte der Beckhoff I/O-Komponenten

4.2 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

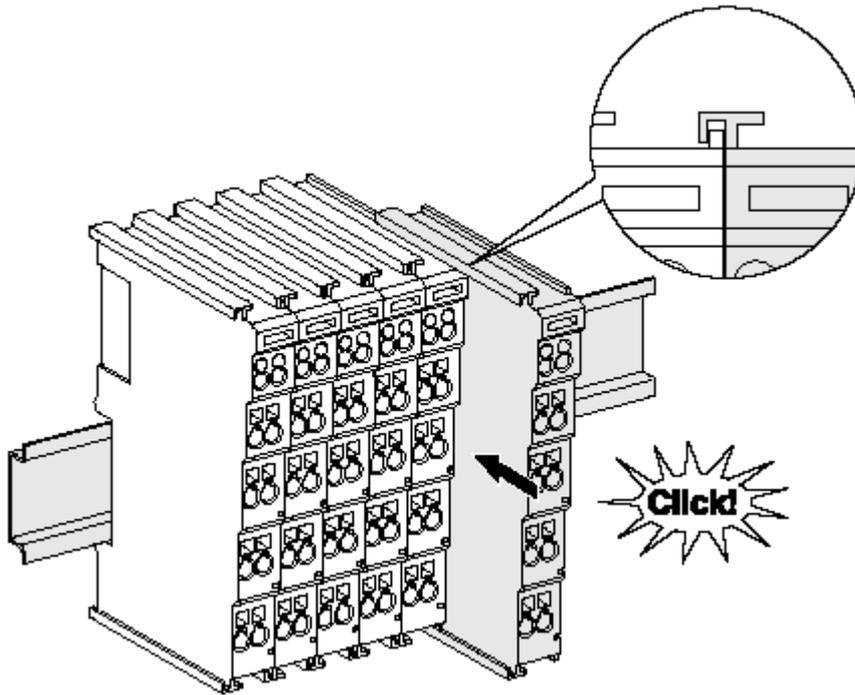


Abb. 16: Montage auf Tragschiene

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 das Nut und Feder ineinander greifen, wird keine funktionsfähige Verbindung hergestellt! Bei richtiger Montage darf kein nennenswerter Spalt zwischen den Gehäusen zu sehen sein.

i Tragschienenbefestigung

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

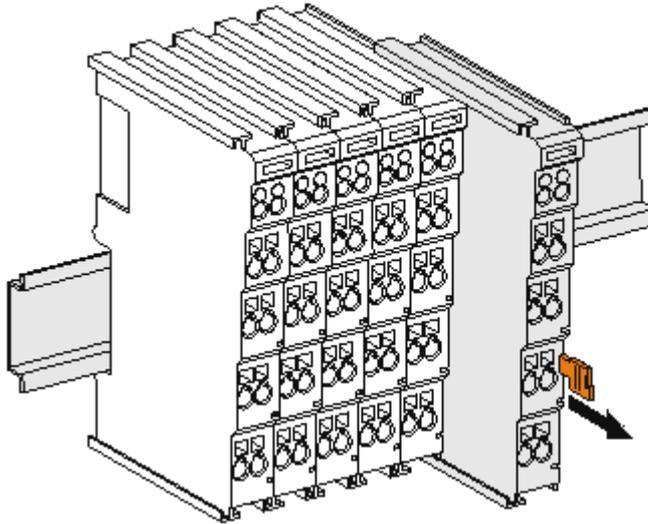


Abb. 17: Demontage von Tragschiene

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 Tragschienenverriegelung 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 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 Klemmen auf dem 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.

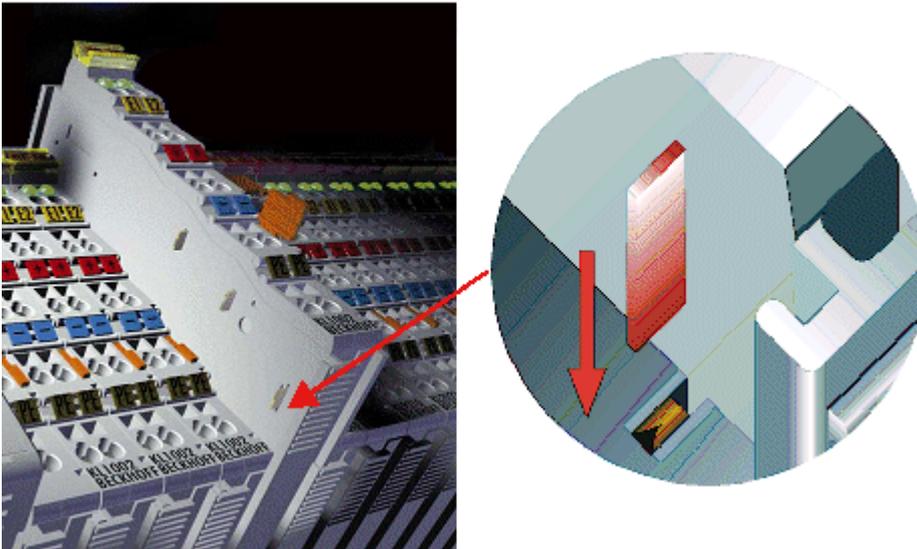


Abb. 18: Linksseitiger Powerkontakt

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!

4.3 Anschluss

4.3.1 Anlusstechnik

⚠️ 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. 19: Standardverdrahtung

Die Klemmen der Serien ELxxxx und KLxxxx sind seit Jahren bewährt und integrieren die schraublose Federkrafttechnik zur schnellen und einfachen Montage.

Steckbare Verdrahtung (ESxxxx / KSxxxx)



Abb. 20: 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 mm² bis 2,5 mm² 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. 21: 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.

Ultraschall-litzenverdichtete Leiter

● Ultraschall-litzenverdichtete Leiter

i An die Standard- und High-Density-Klemmen können auch ultraschall-litzenverdichtete (ultraschallverschweißte) Leiter angeschlossen werden. Beachten Sie die Tabellen zum [Leitungsquerschnitt](#) ▶ 43!

4.3.2 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

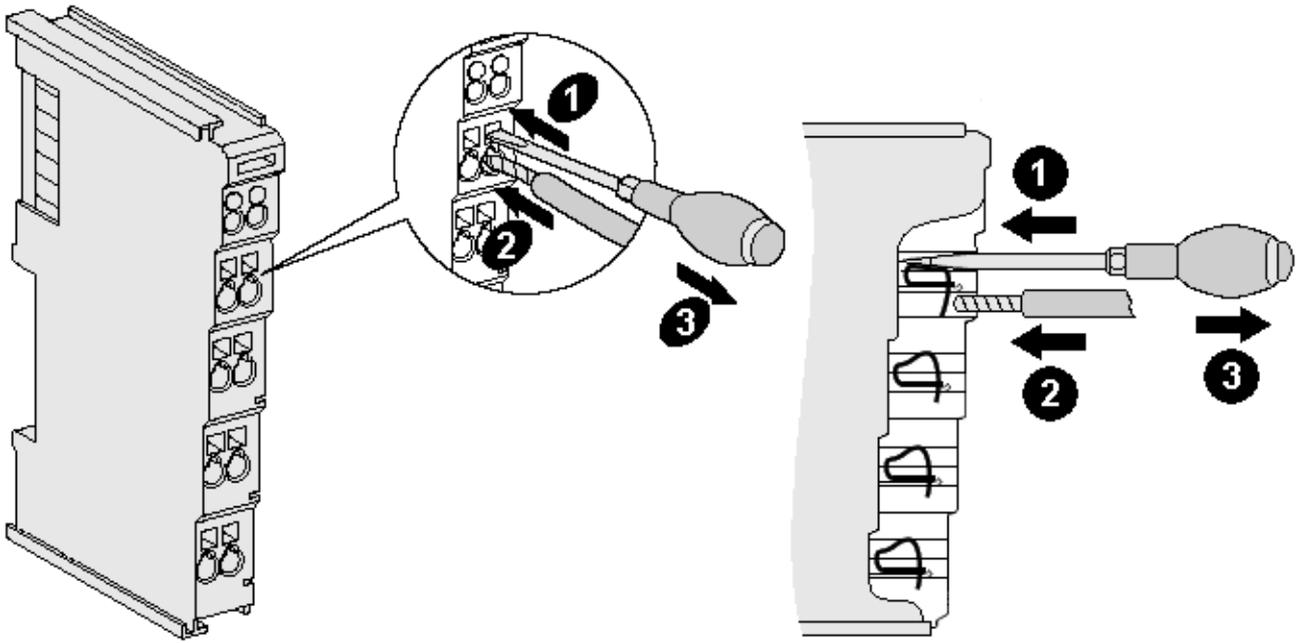


Abb. 22: Anschluss einer Leitung an eine Klemmstelle

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:

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 Rücknahme des Druckes 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 ²	0,08 ... 2,5 mm ²
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,08 ... 2,5 mm ²	0,08 ... 2,5 mm ²
Leitungsquerschnitt (Aderleitung mit Aderendhülse)	0,14 ... 1,5 mm ²	0,14 ... 1,5 mm ²
Abisolierlänge	8 ... 9 mm	9 ... 10 mm

High-Density-Klemmen (HD-Klemmen [▶ 42]) 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 Leitungen 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 ²
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,25 ... 1,5 mm ²
Leitungsquerschnitt (Aderleitung mit Aderendhülse)	0,14 ... 0,75 mm ²
Leitungsquerschnitt (ultraschall-litzenverdichtet)	nur 1,5 mm ² (siehe Hinweis [► 42])
Abisolierlänge	8 ... 9 mm

4.3.3 Schirmung

● Schirmung

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

4.4 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. Zu erkennen sind diese Klemmen an der nicht vorhandenen Stromaufnahme aus dem E-Bus. 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)

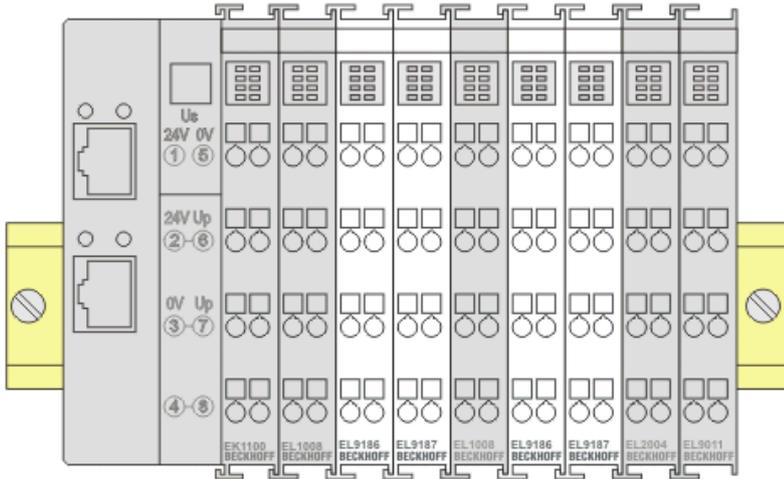


Abb. 23: Korrekte Positionierung

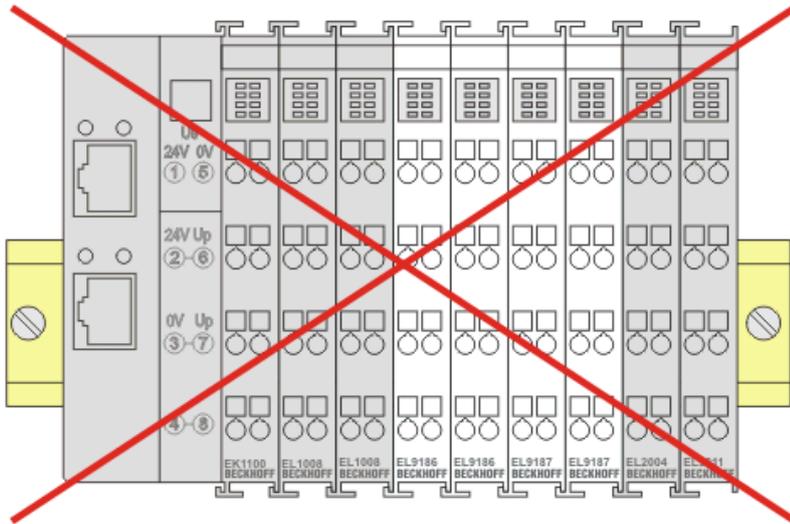


Abb. 24: Inkorrekte Positionierung

4.5 Einbaulagen

HINWEIS

Einschränkung von Einbaulage und Betriebstemperaturbereich

Entnehmen Sie den technischen Daten zu einer Klemme, ob sie Einschränkungen bei Einbaulage und/oder Betriebstemperaturbereich unterliegt. Sorgen Sie bei der Montage von Klemmen mit erhöhter thermischer Verlustleistung dafür, dass im Betrieb oberhalb und unterhalb der Klemmen ausreichend Abstand zu anderen Komponenten eingehalten wird, so dass die Klemmen ausreichend belüftet werden!

Optimale Einbaulage (Standard)

Für die optimale Einbaulage wird die Tragschiene waagrecht montiert und die Anschlussflächen der EL/KL-Klemmen weisen nach vorne (siehe Abb. *Empfohlene Abstände bei Standard-Einbaulage*). Die Klemmen werden dabei von unten nach oben durchlüftet, was eine optimale Kühlung der Elektronik durch Konvektionslüftung ermöglicht. Bezugsrichtung „unten“ ist hier die Erdbeschleunigung.

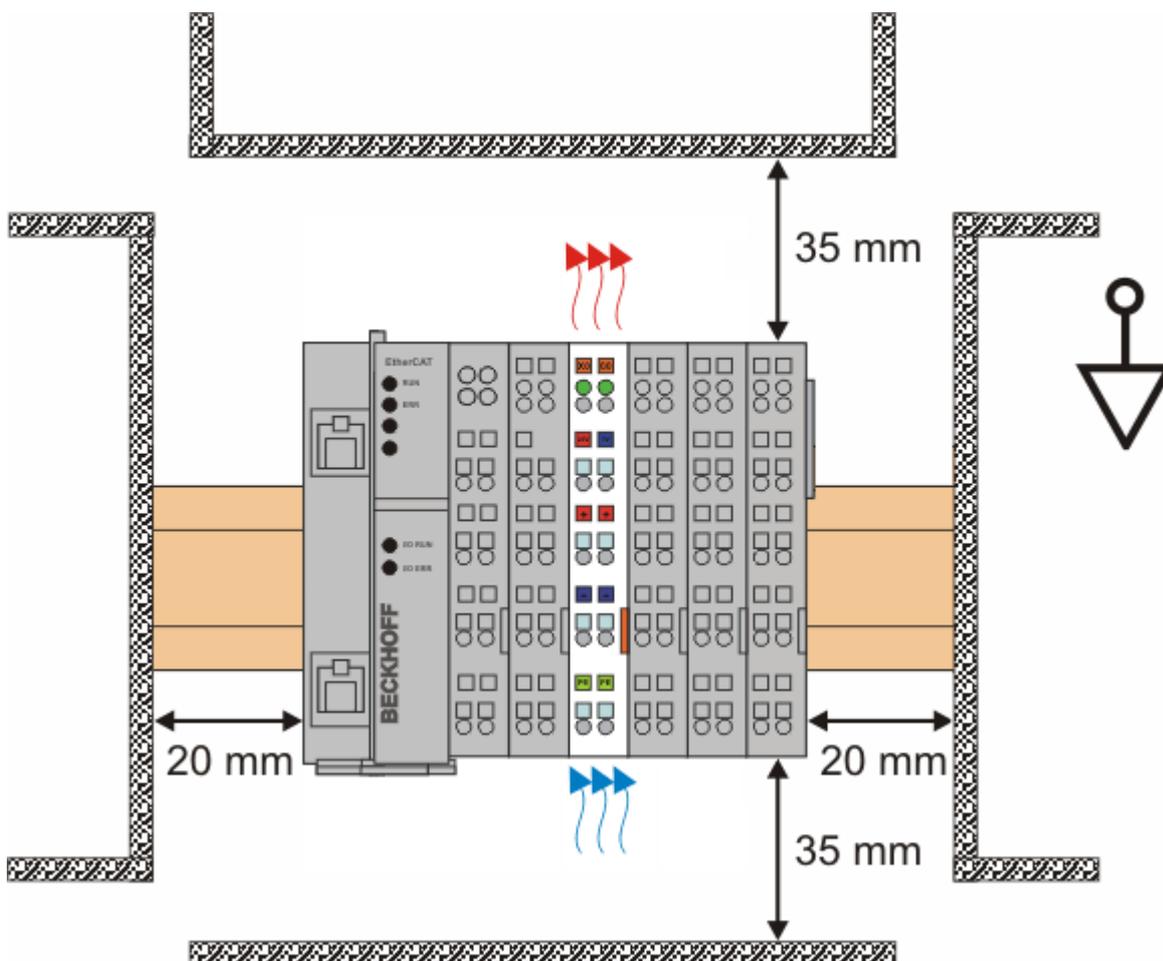


Abb. 25: Empfohlene Abstände bei Standard-Einbaulage

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.

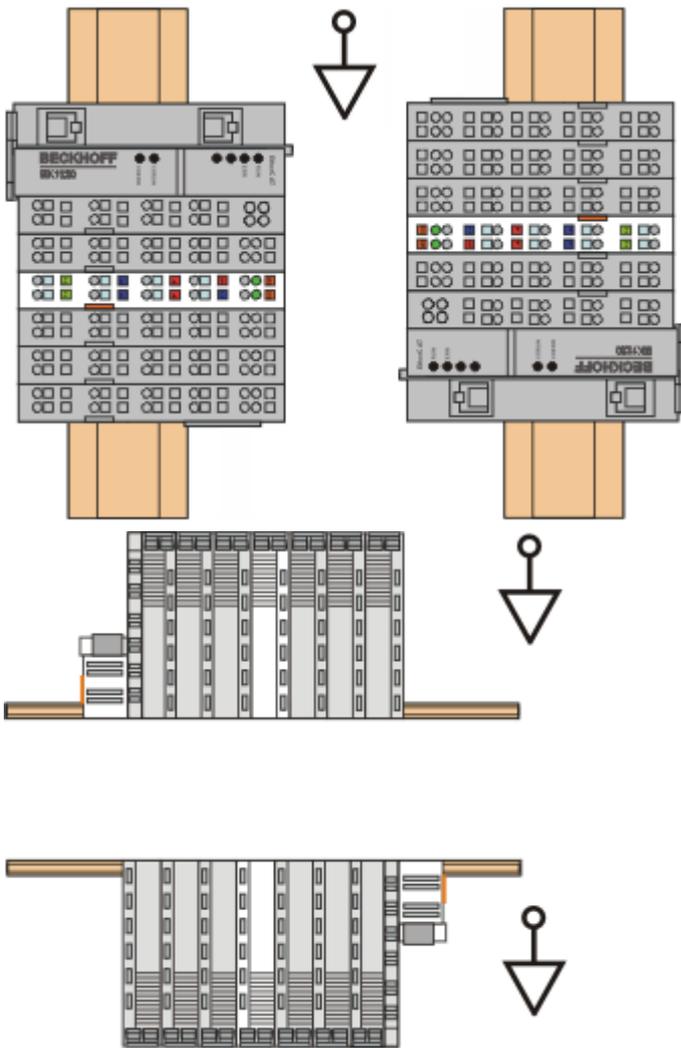


Abb. 26: Weitere Einbaulagen

4.6 LEDs und Anschlussbelegung

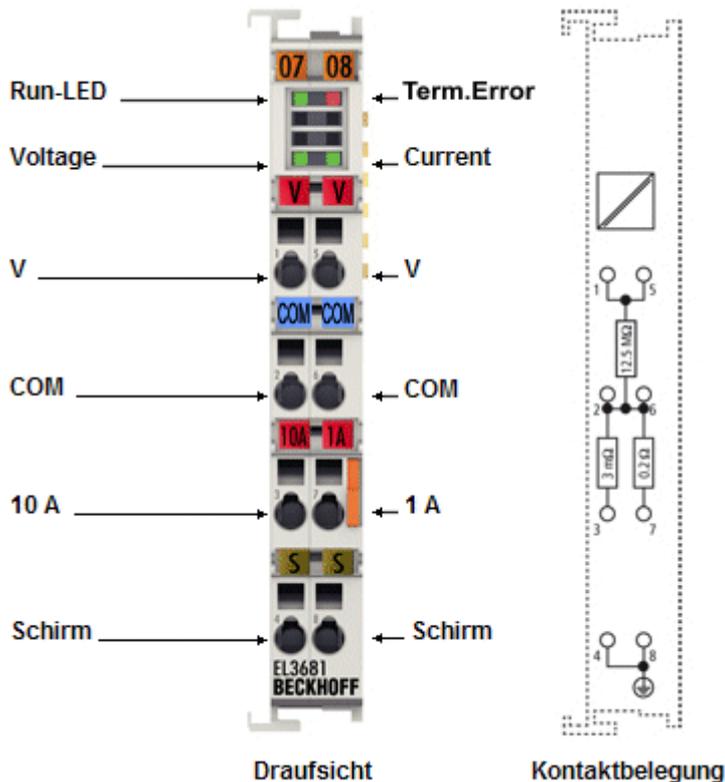


Abb. 27: EL3681 Anschlussbelegung

Anschlussbelegung EL3681

Klemmstelle	Nr.	Kommentar
V	1	Anschlusspunkt für Spannungsmessung (intern verbunden mit Klemmstelle 5)
COM	2	Masse (intern verbunden mit Klemmstelle 6)
10 A	3	Anschlusspunkt für Strommessung, 10 A Bereich
Shield	4	Schirm (intern verbunden mit Klemmstelle 8)
V	5	Anschlusspunkt für Spannungsmessung (intern verbunden mit Klemmstelle 1)
COM	6	Masse (intern verbunden mit Klemmstelle 2)
1 A	7	Anschlusspunkt für Strommessung, 1 A Bereich
Shield	8	Schirm (intern verbunden mit Klemmstelle 4)

LEDs

LED	Farbe	Bedeutung	
RUN	grün	Diese LED gibt den Betriebszustand der Klemme wieder:	
		aus	Zustand der EtherCAT State Machine [► 29] : INIT = Initialisierung der Klemme oder BOOTSTRAP = Funktion für Firmware-Updates [► 174] der Klemme
		blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: PREOP = Funktion für Mailbox-Kommunikation und abweichende Standard-Einstellungen gesetzt
		Einzelblitz	Zustand der EtherCAT State Machine: SAFEOP = Überprüfung der Kanäle des Sync-Managers [► 102] und der Distributed Clocks. Ausgänge bleiben im sicheren Zustand
an	Zustand der EtherCAT State Machine: OP = normaler Betriebszustand; Mailbox- und Prozessdatenkommunikation ist möglich		
Term. Error	rot	Es ist ein Fehler aufgetreten (siehe Kapitel " Fehlerbehandlung und Diagnose [► 170] ")	
Voltage	grün	Anzeige für Spannungsmessung	
Current	grün	Anzeige für Strommessung	

4.7 Entsorgung



Mit einer durchgestrichenen Abfalltonne gekennzeichnete 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.

5 Inbetriebnahme

5.1 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 Switche → 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 Switche → FC900x – PCI-Karten für Ethernet → Installation → Geräte suchen

Vom Anwender –PC bis zu den einzelnen Steuerungselementen ist folgender Zusammenhang vorgesehen:

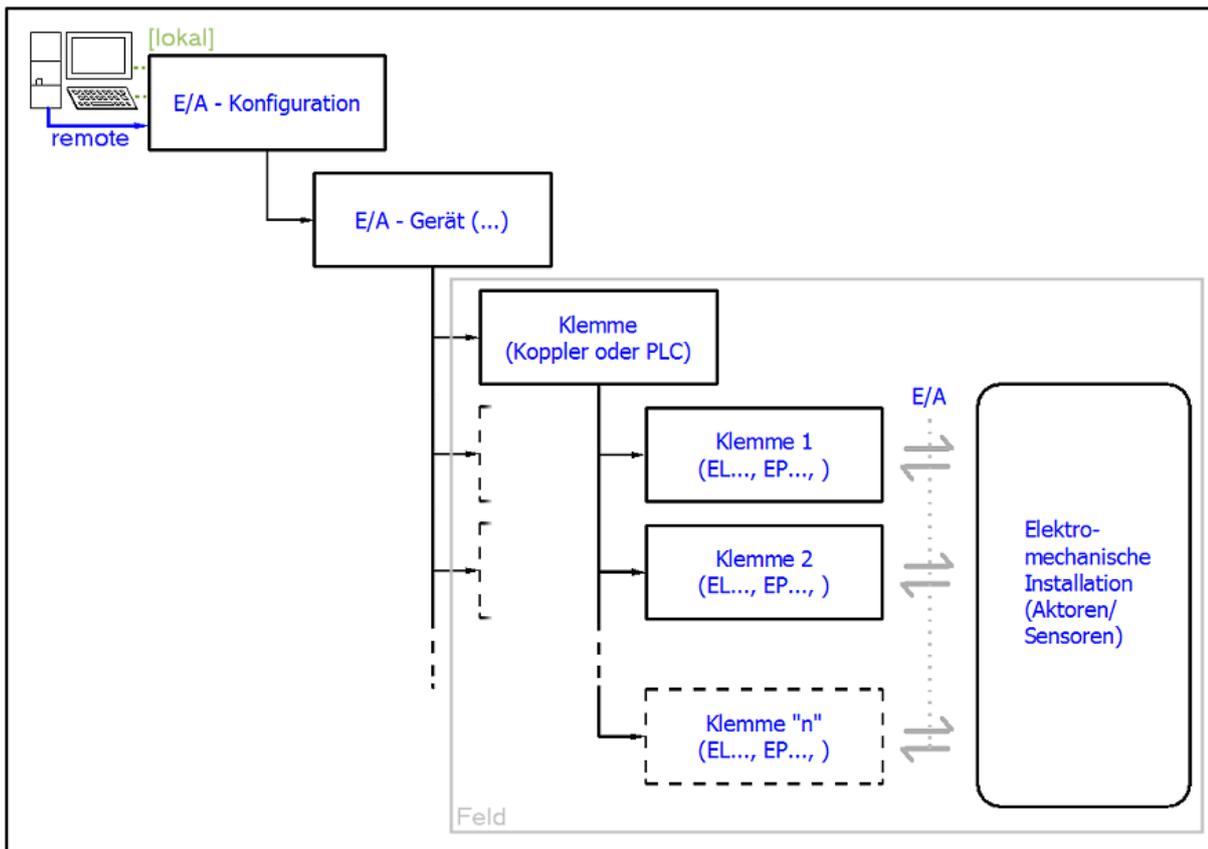


Abb. 28: Bezug von der Anwender Seite (Inbetriebnahme) zur Installation

Das anwenderseitige Einfügen bestimmter Komponenten (E/A – Gerät, Klemme, Box,...) erfolgt bei TwinCAT 2 und TwinCAT 3 auf die gleiche Weise. In den nachfolgenden Beschreibungen wird ausschließlich der „online“ Vorgang angewandt.

Beispielkonfiguration (realer Aufbau)

Ausgehend von der folgenden Beispielkonfiguration wird in den anschließenden Unterkapiteln das Vorgehen für TwinCAT 2 und TwinCAT 3 behandelt:

- Steuerungssystem (PLC) **CX2040** inkl. Netzteil **CX2100-0004**
- Rechtsseitig angebunden am CX2040 (E-Bus):
EL1004 (4-Kanal-Digital-Eingangsklemme 24 V_{DC})
- Über den X001 Anschluss (RJ-45) angeschlossen: **EK1100** EtherCAT-Koppler
- Rechtsseitig angebunden am EK1100 EtherCAT-Koppler (E-Bus):
EL2008 (8-Kanal-Digital-Ausgangsklemme 24 V_{DC}; 0,5 A)
- (Optional über X000: ein Link zu einen externen PC für die Benutzeroberfläche)

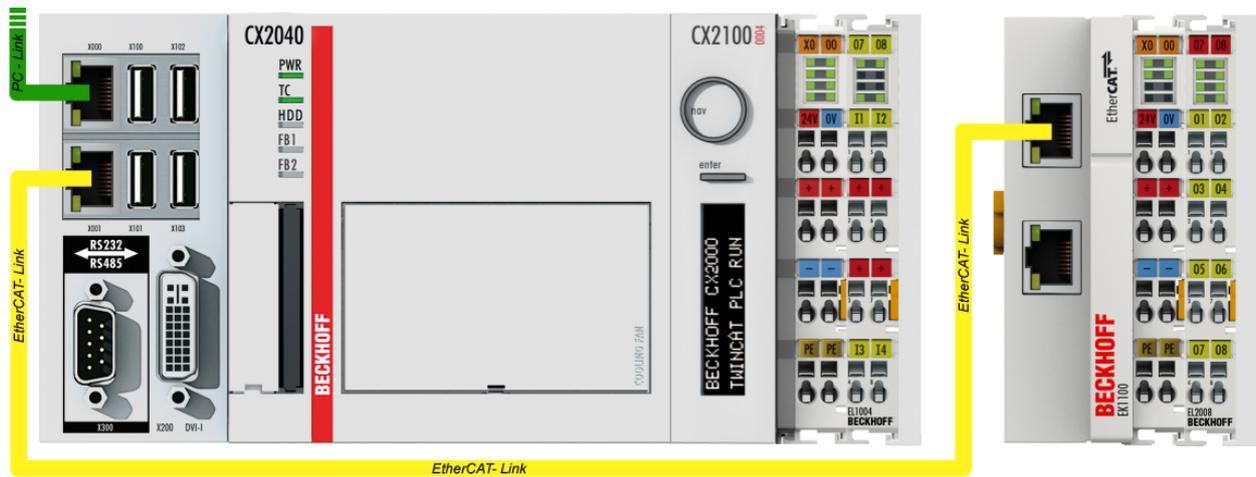


Abb. 29: Aufbau der Steuerung mit Embedded-PC, Eingabe (EL1004) und Ausgabe (EL2008)

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.

5.1.1 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:

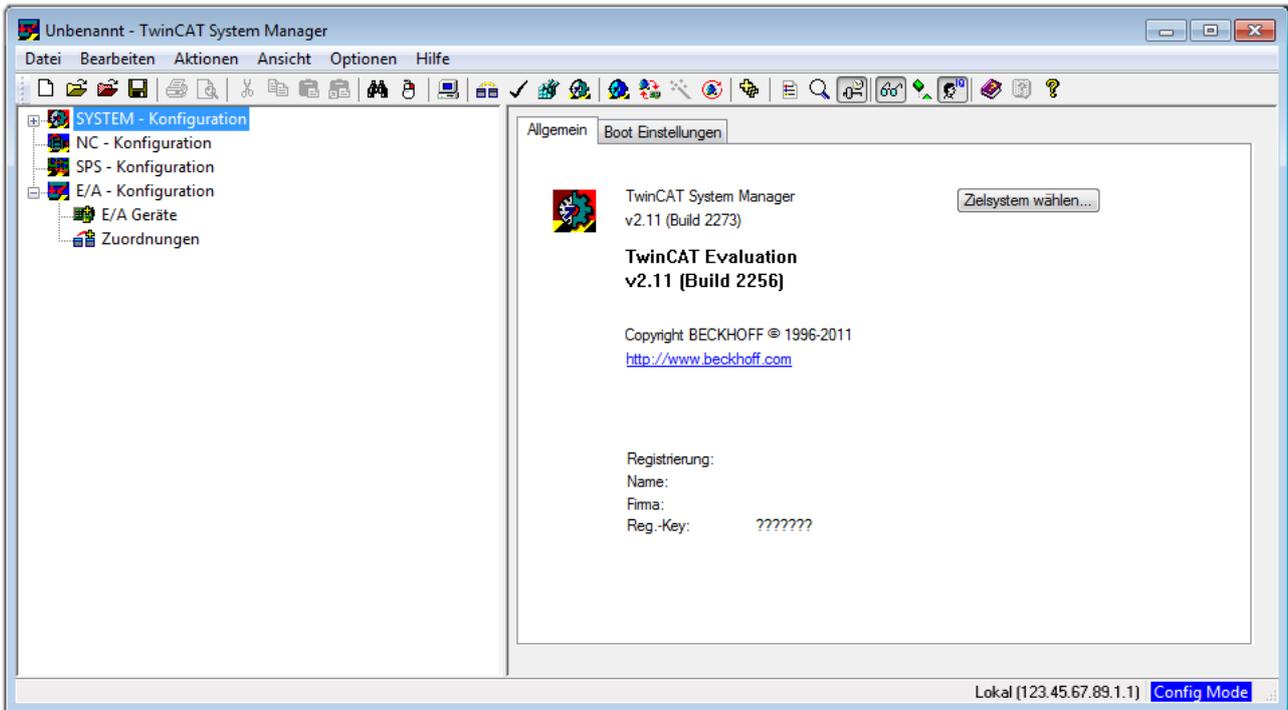


Abb. 30: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 2

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 [► 55]“ 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:

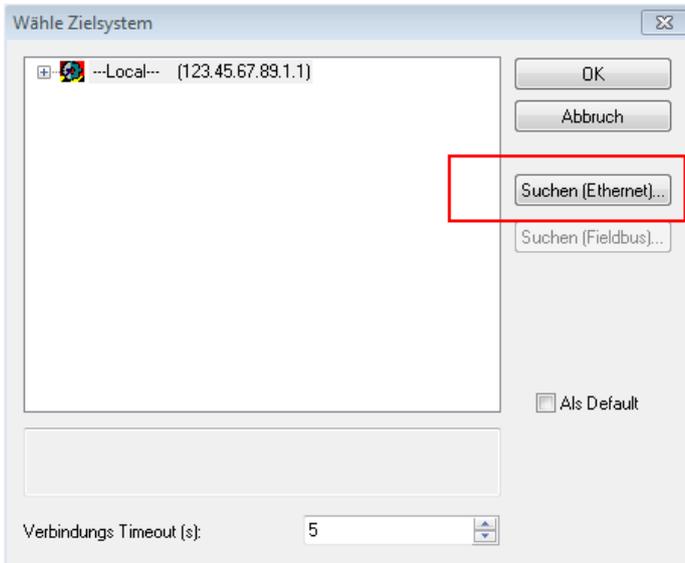


Abb. 31: Wähle Zielsystem

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

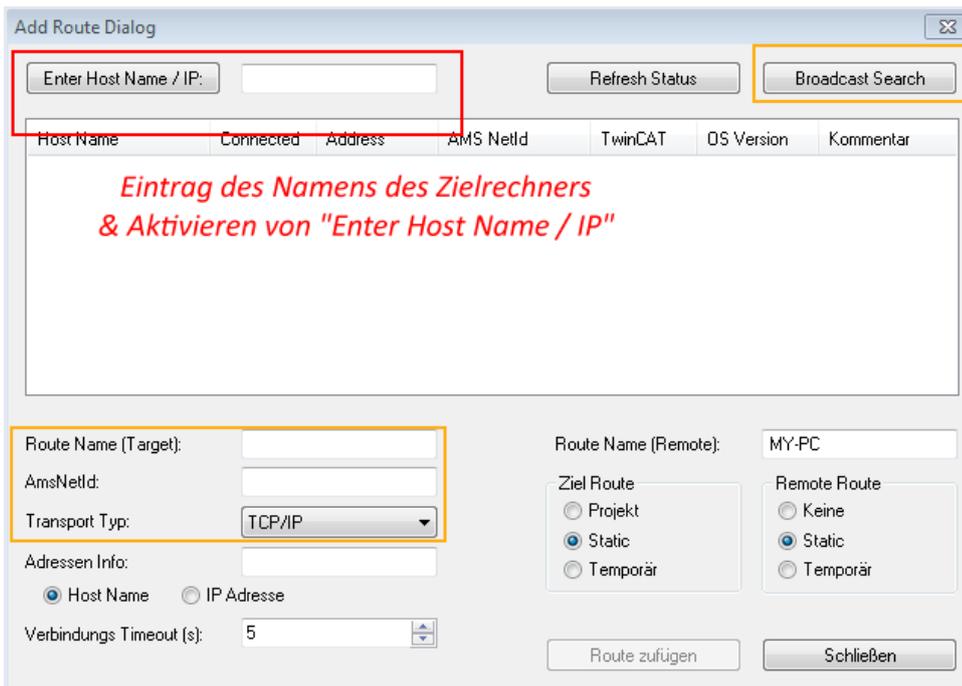
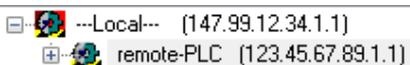


Abb. 32: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

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.

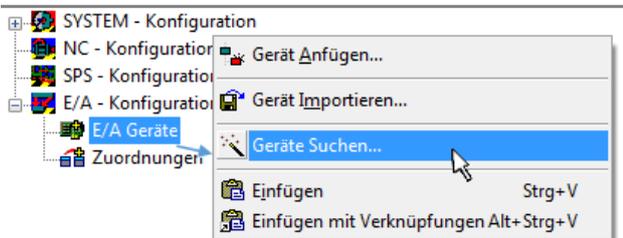


Abb. 33: Auswahl „Gerät Suchen...“

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

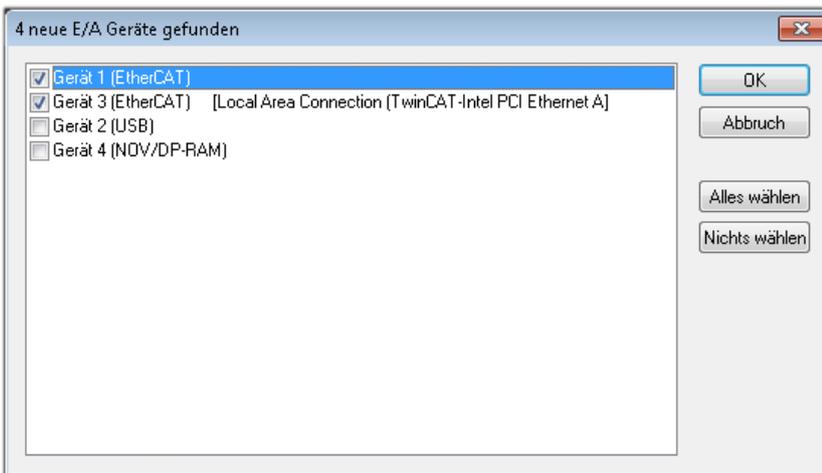


Abb. 34: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

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

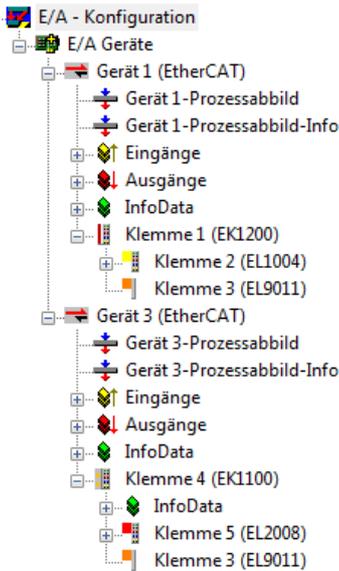


Abb. 35: Abbildung der Konfiguration im TwinCAT 2 System Manager

Der gesamte Vorgang setzt sich aus zwei Stufen zusammen, die auch separat ausgeführt werden können (erst das Ermitteln der Geräte, dann das Ermitteln der daran befindlichen Elemente wie Boxen, Klemmen o. ä.). So kann auch durch Markierung von „Gerät ...“ aus dem Kontextmenü eine „Suche“ Funktion (Scan) ausgeführt werden, die hierbei dann lediglich die darunter liegenden (im Aufbau vorliegenden) Elemente einliest:

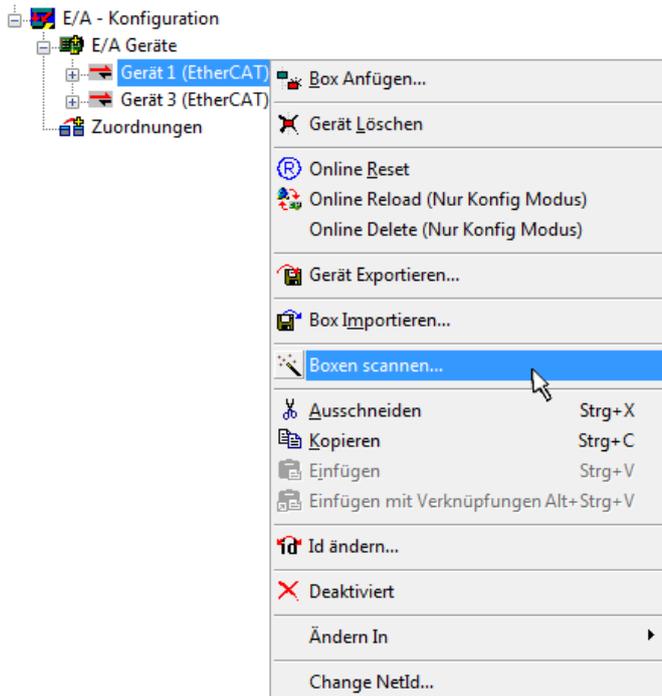


Abb. 36: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

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:

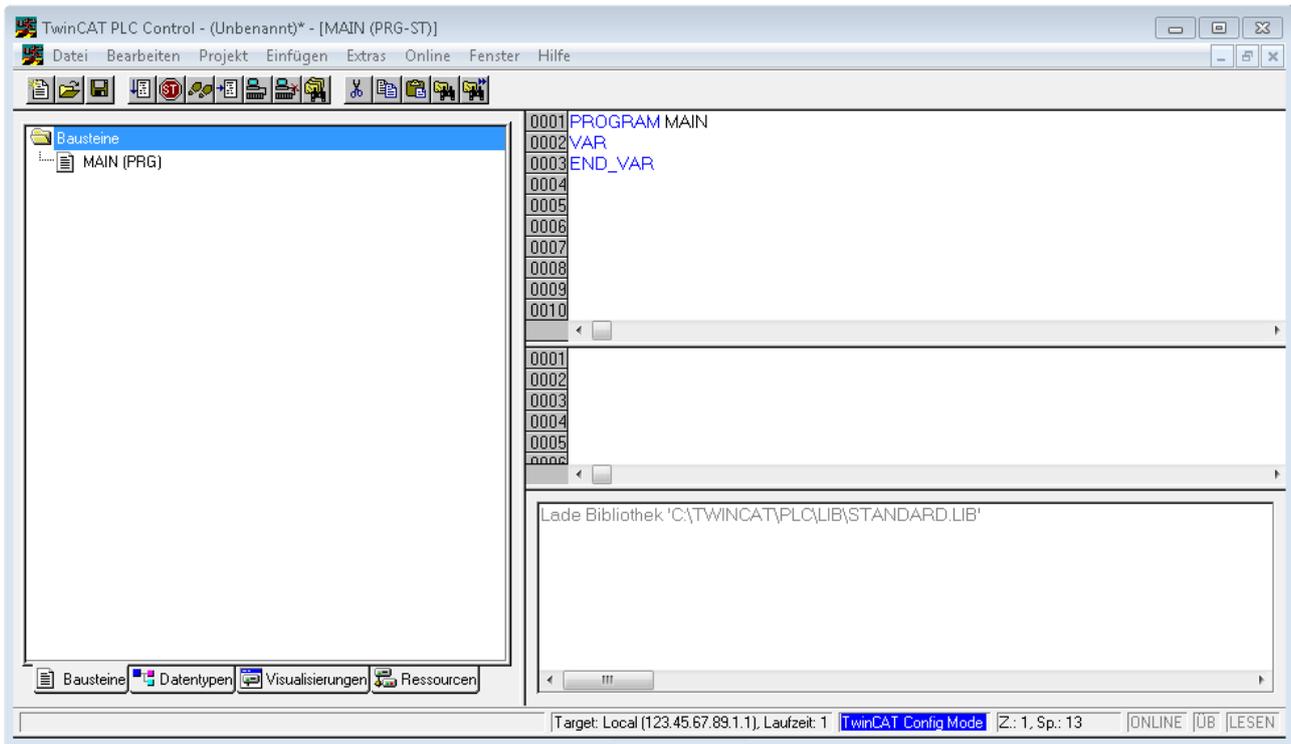


Abb. 37: TwinCAT PLC Control nach dem Start

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

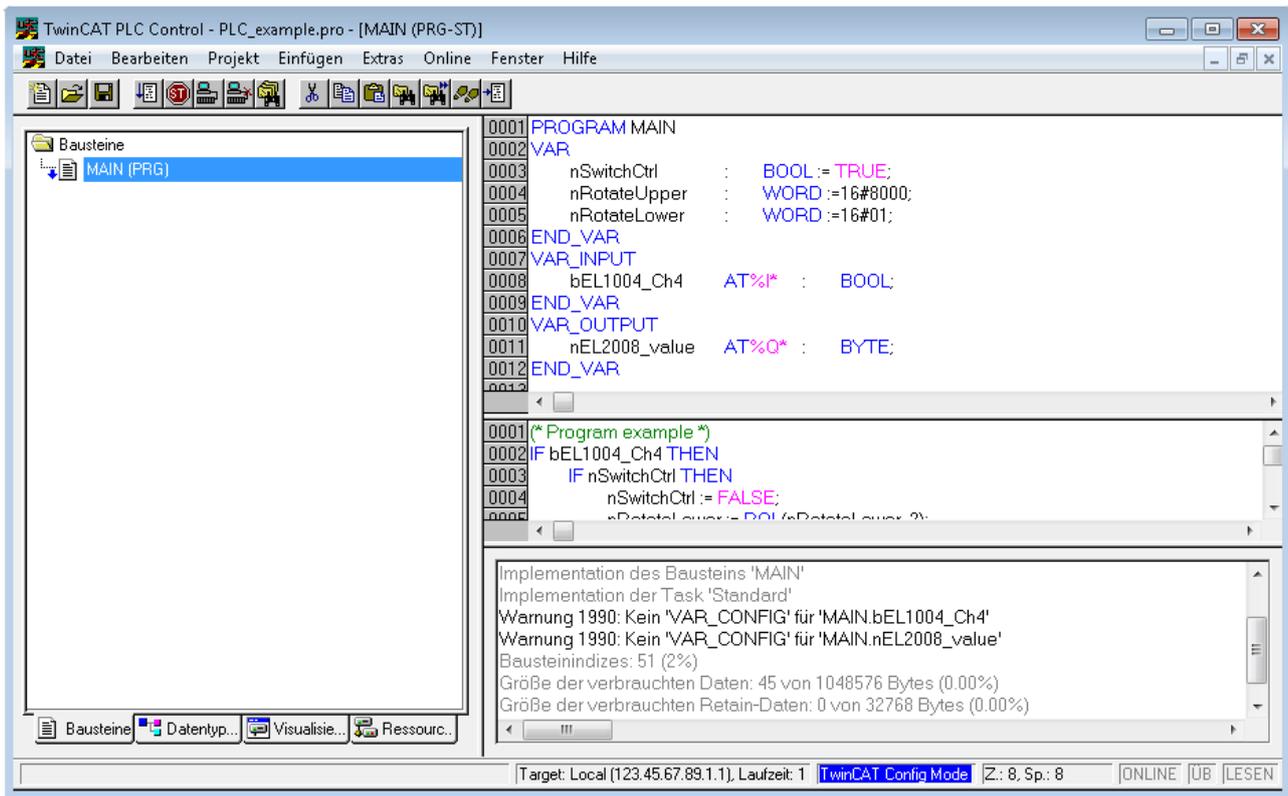


Abb. 38: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

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...“:

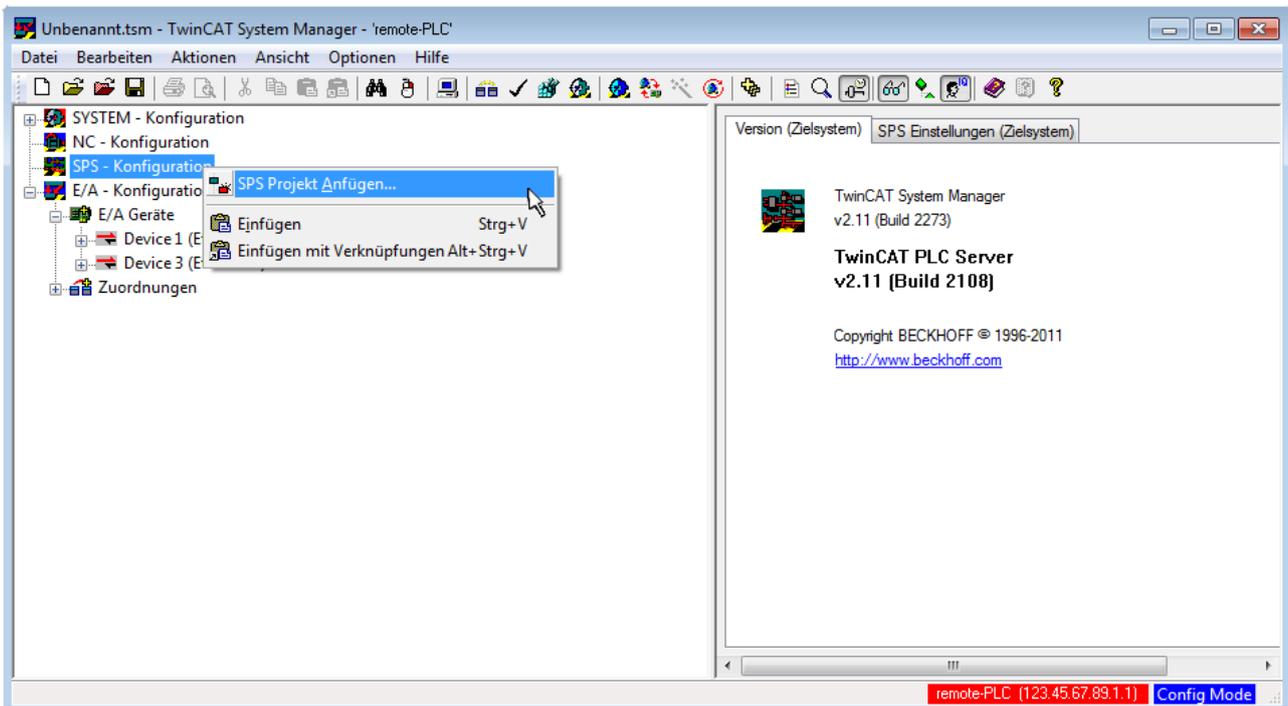


Abb. 39: Hinzufügen des Projektes des TwinCAT PLC Control

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:

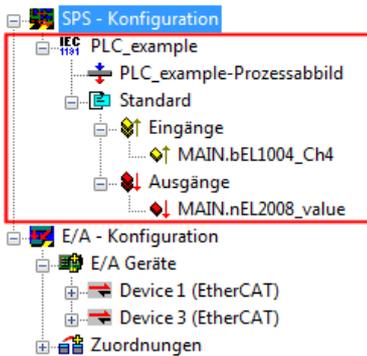


Abb. 40: Eingebundenes PLC-Projekt in der SPS-Konfiguration des System Managers

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:

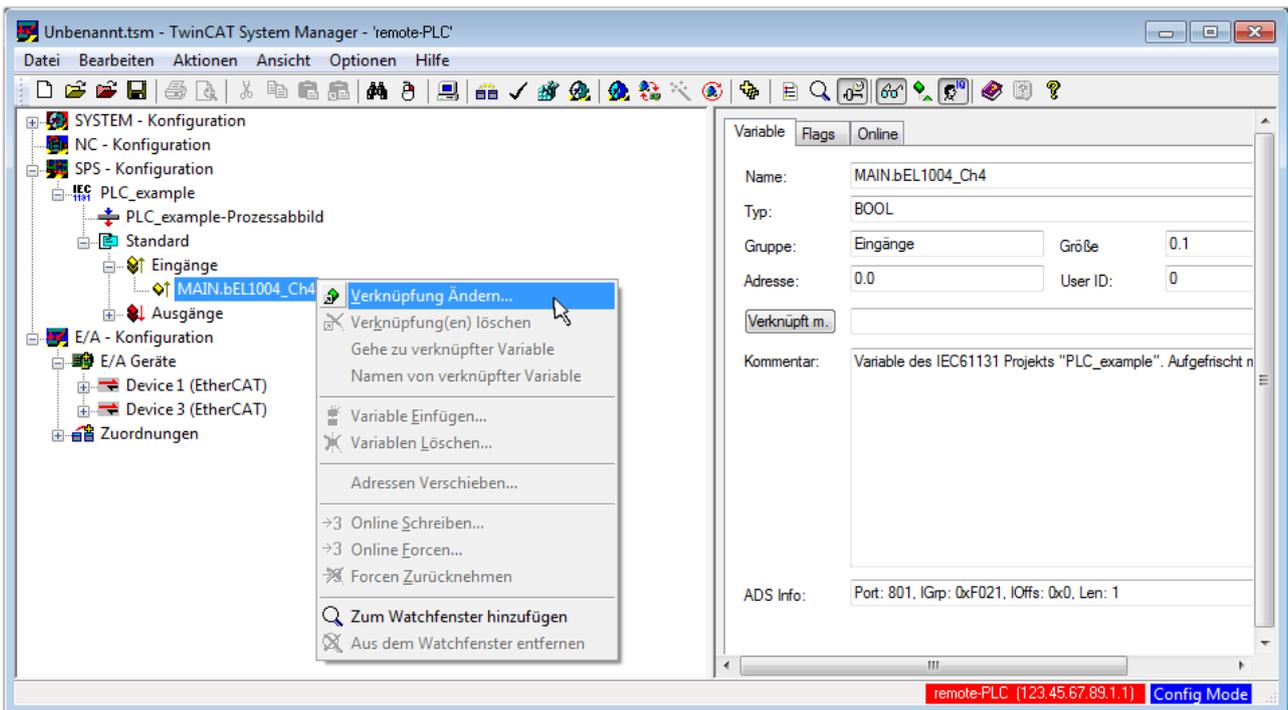


Abb. 41: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

In dem dadurch geöffneten Fenster kann aus dem SPS-Konfigurationsbaum das Prozessobjekt für die Variable „bEL1004_Ch4“ vom Typ BOOL selektiert werden:

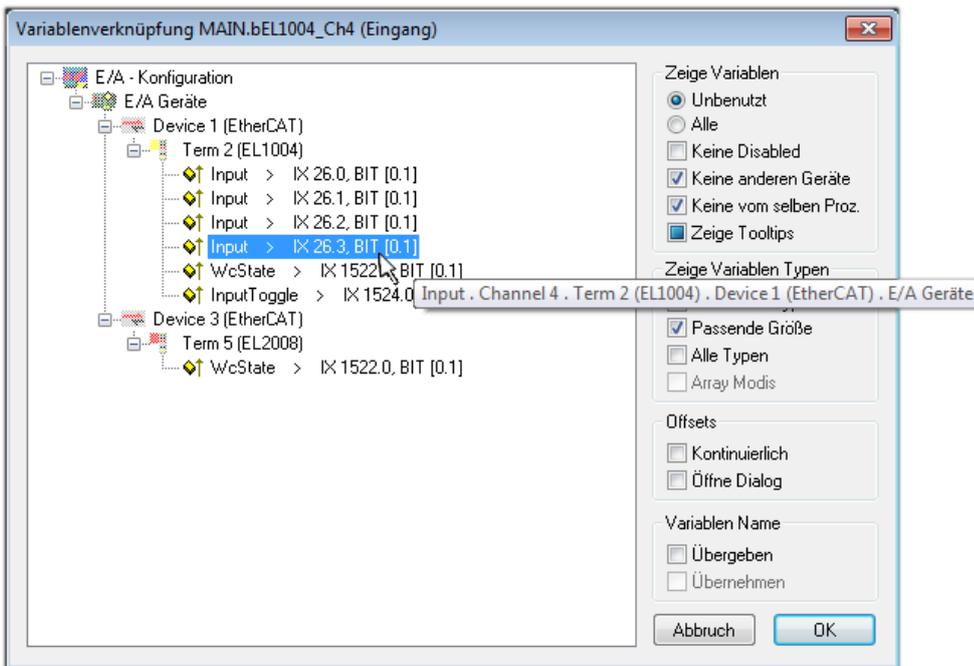


Abb. 42: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

Entsprechend der Standarteinstellungen 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:

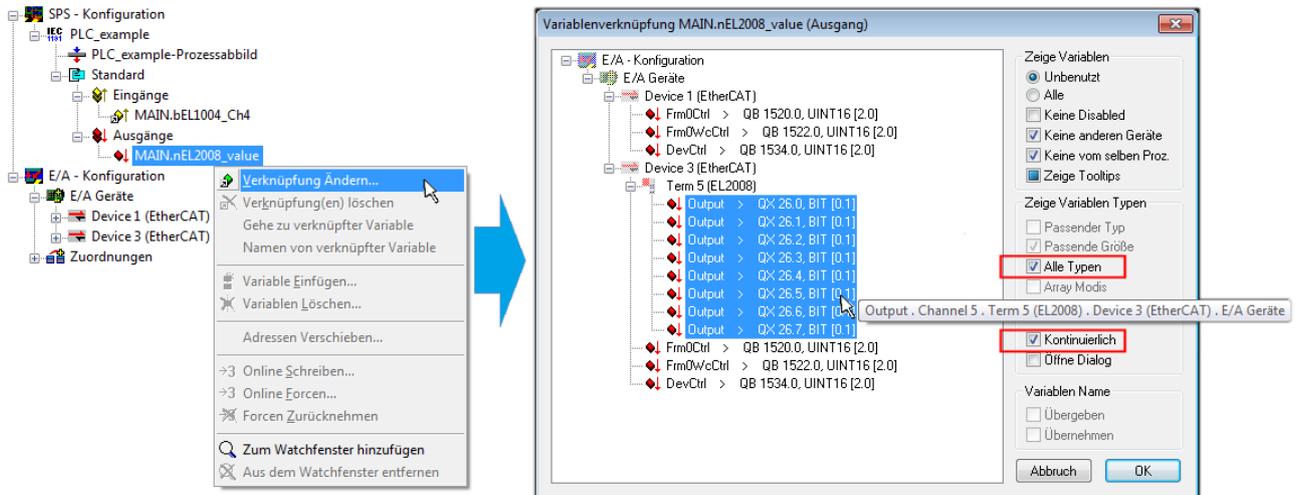


Abb. 43: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

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:

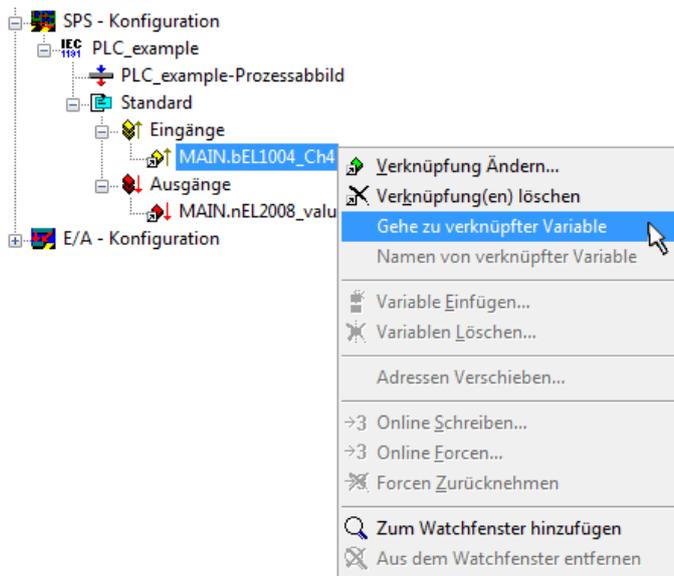


Abb. 44: Anwendung von „Goto Link Variable“ am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“

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:

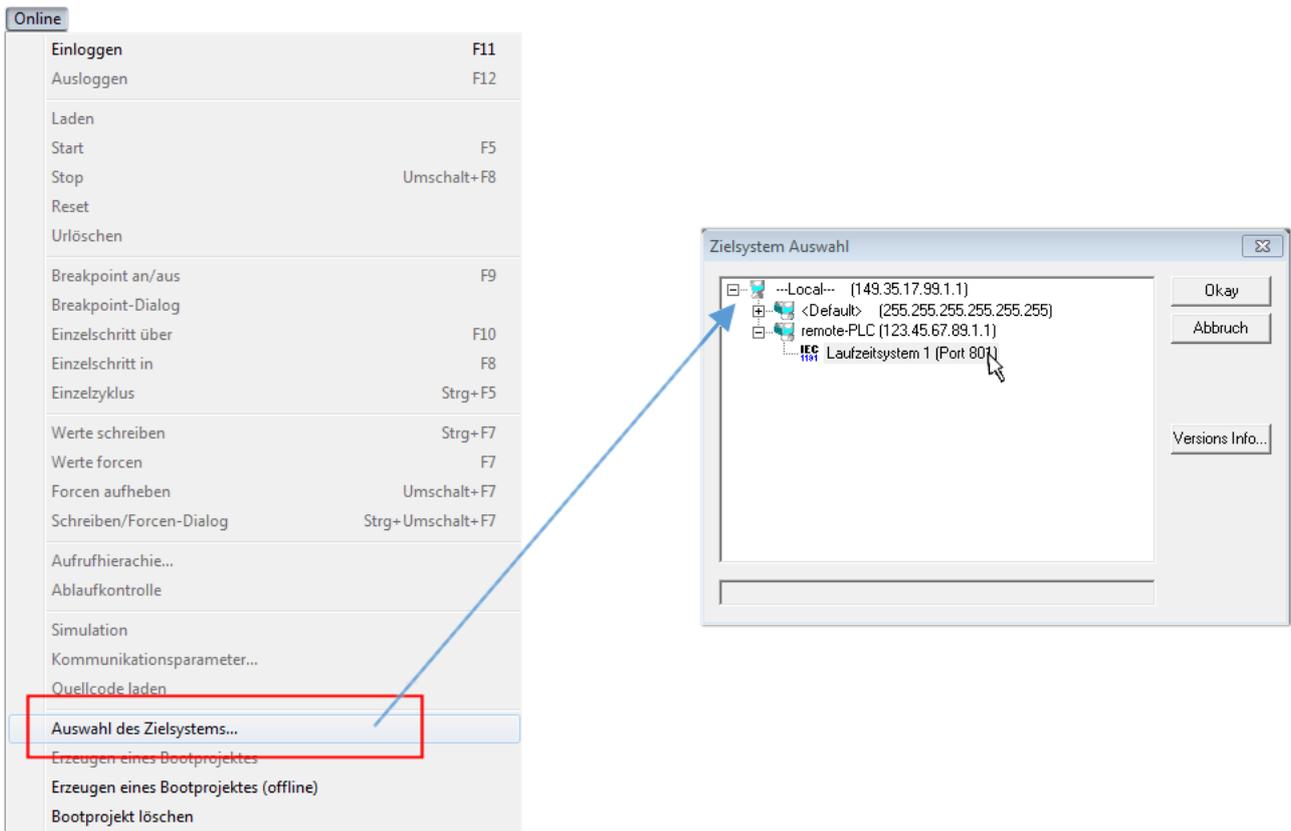


Abb. 45: Auswahl des Zielsystems (remote)

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:

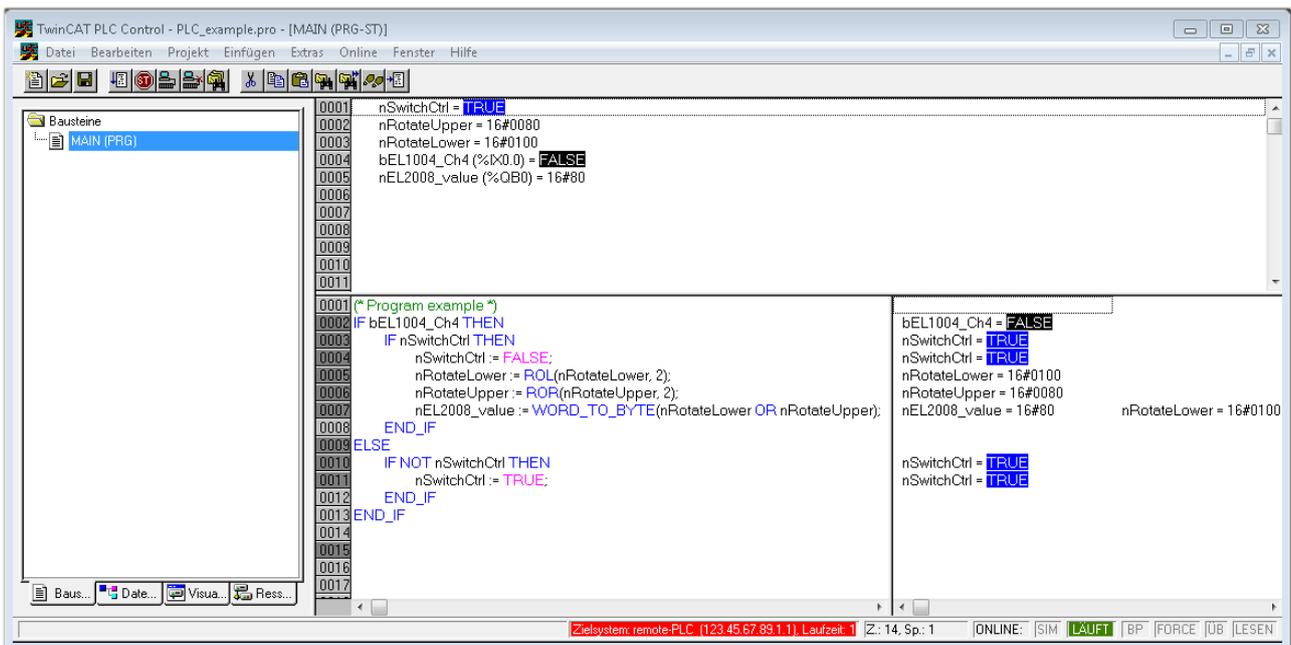


Abb. 46: PLC Control Logged-in, bereit zum Programmstart

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

5.1.2 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:

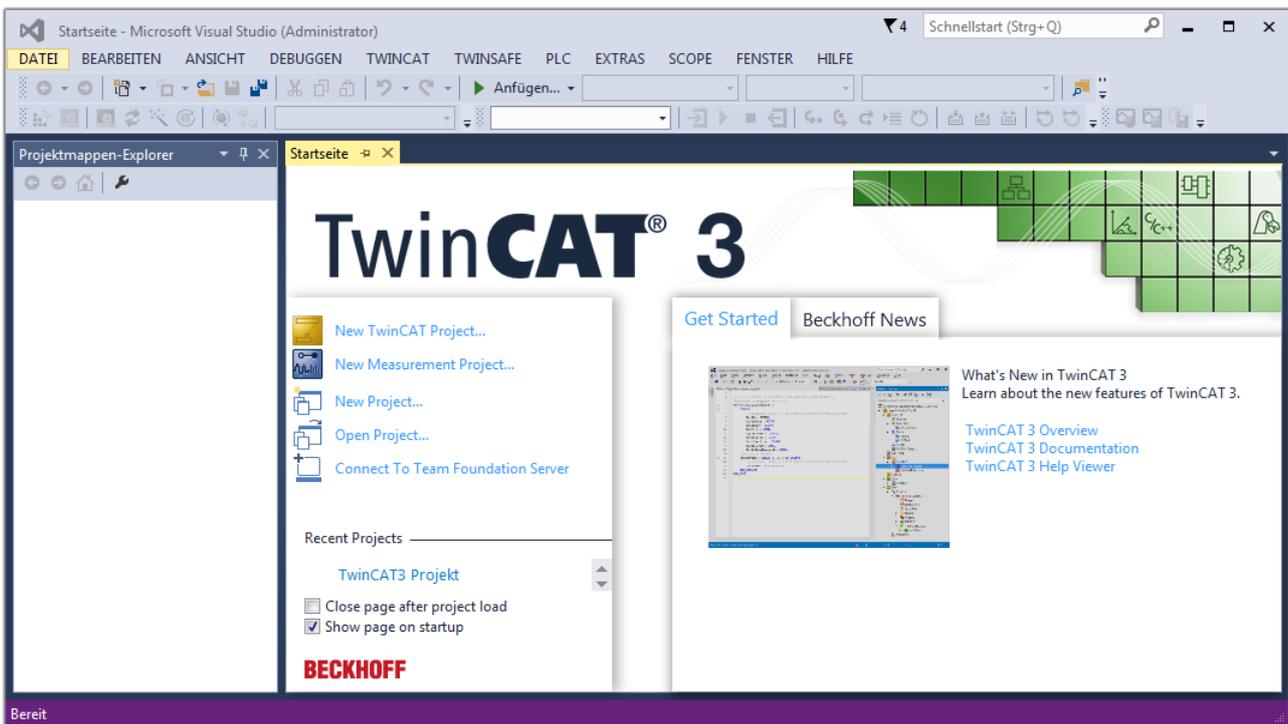


Abb. 47: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 3

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):

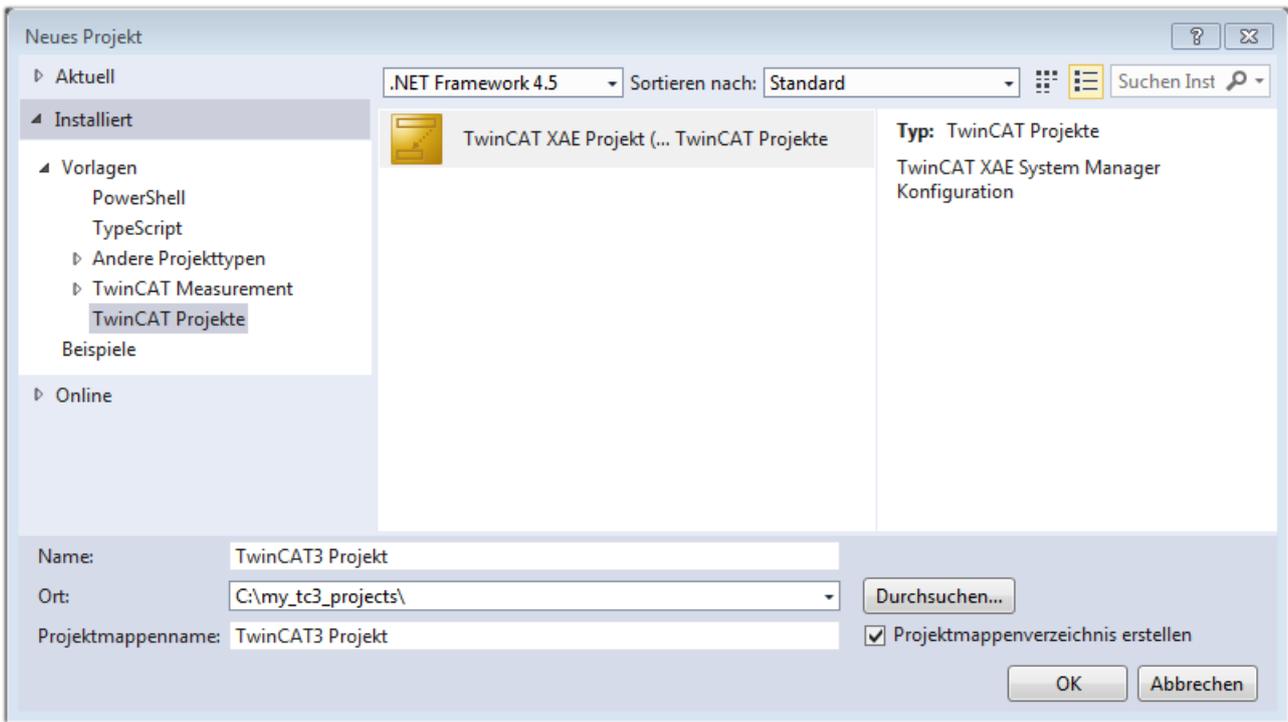


Abb. 48: Neues TwinCAT 3 Projekt erstellen

Im Projektmappen-Explorer liegt sodann das neue Projekt vor:

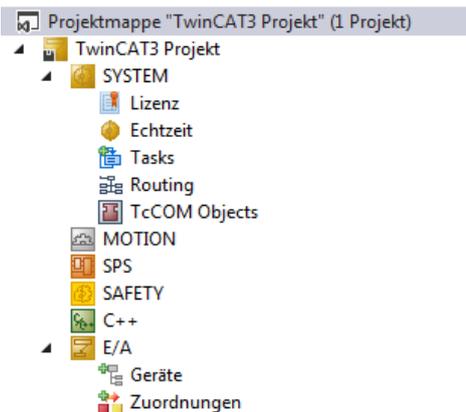


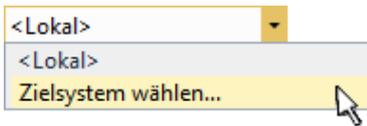
Abb. 49: Neues TwinCAT 3 Projekt im Projektmappen-Explorer

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 |> 66|“ 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:

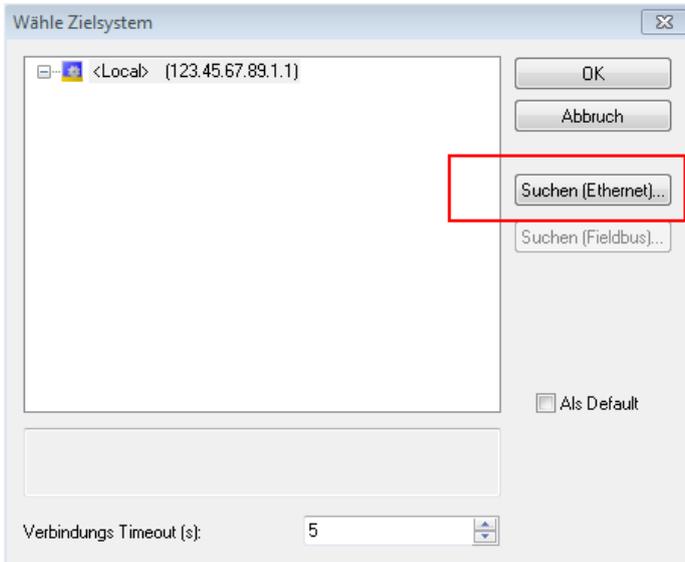


Abb. 50: Auswahldialog: Wähle Zielsystem

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

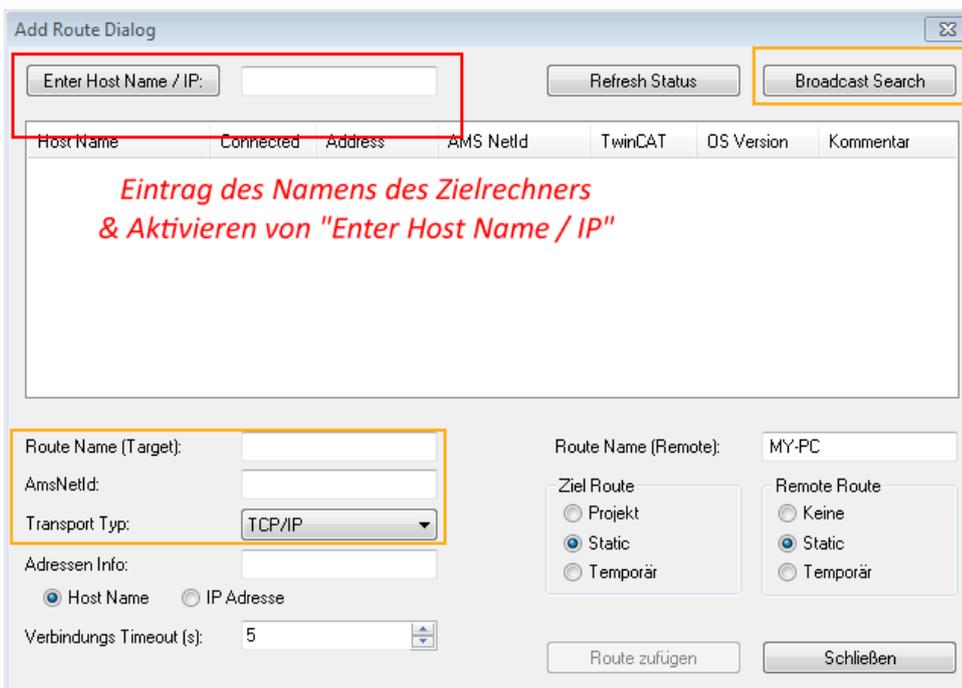
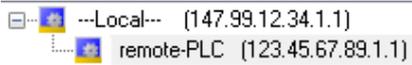


Abb. 51: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

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.

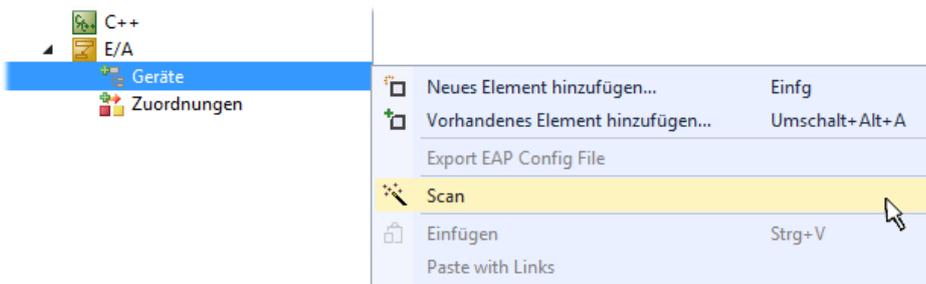


Abb. 52: Auswahl „Scan“

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

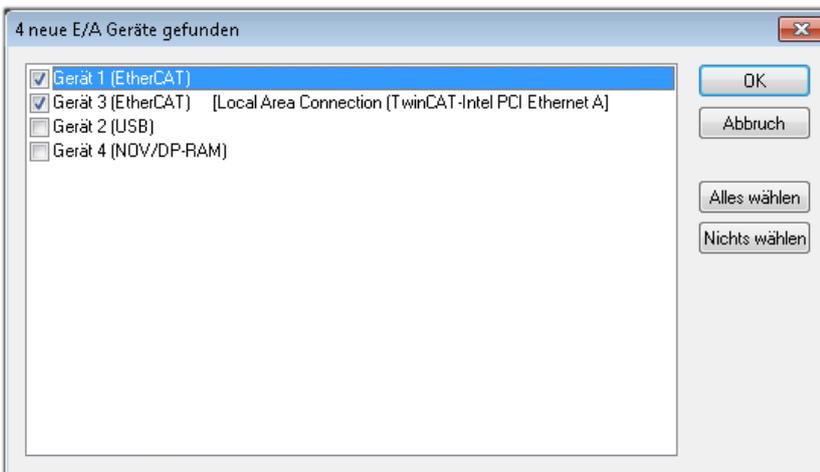


Abb. 53: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

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

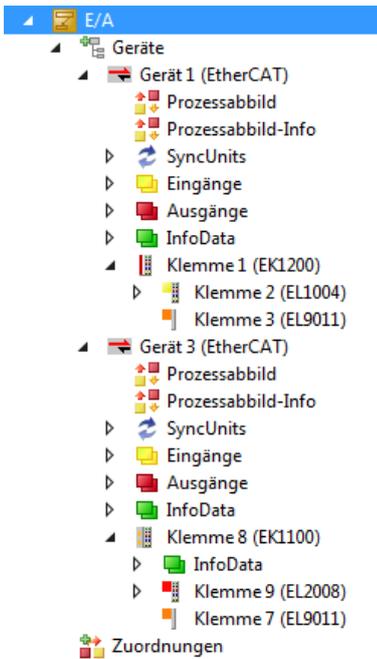


Abb. 54: Abbildung der Konfiguration in VS Shell der TwinCAT 3 Umgebung

Der gesamte Vorgang setzt sich aus zwei Stufen zusammen, die auch separat ausgeführt werden können (erst das Ermitteln der Geräte, dann das Ermitteln der daran befindlichen Elemente wie Boxen, Klemmen o. ä.). So kann auch durch Markierung von „Gerät ...“ aus dem Kontextmenü eine „Suche“ Funktion (Scan) ausgeführt werden, die hierbei dann lediglich die darunter liegenden (im Aufbau vorliegenden) Elemente einliest:

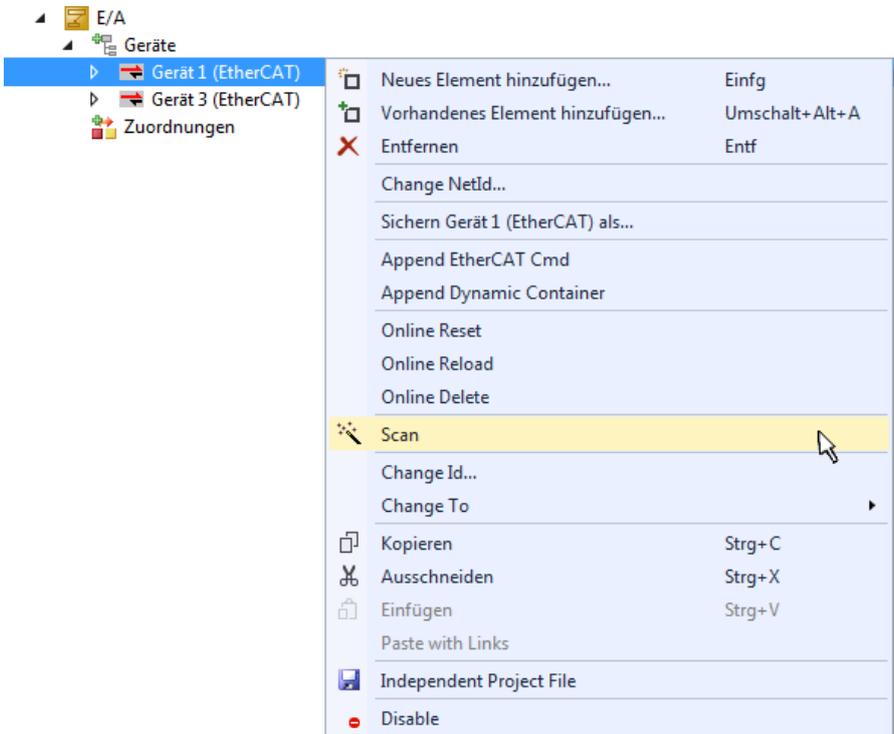


Abb. 55: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

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:

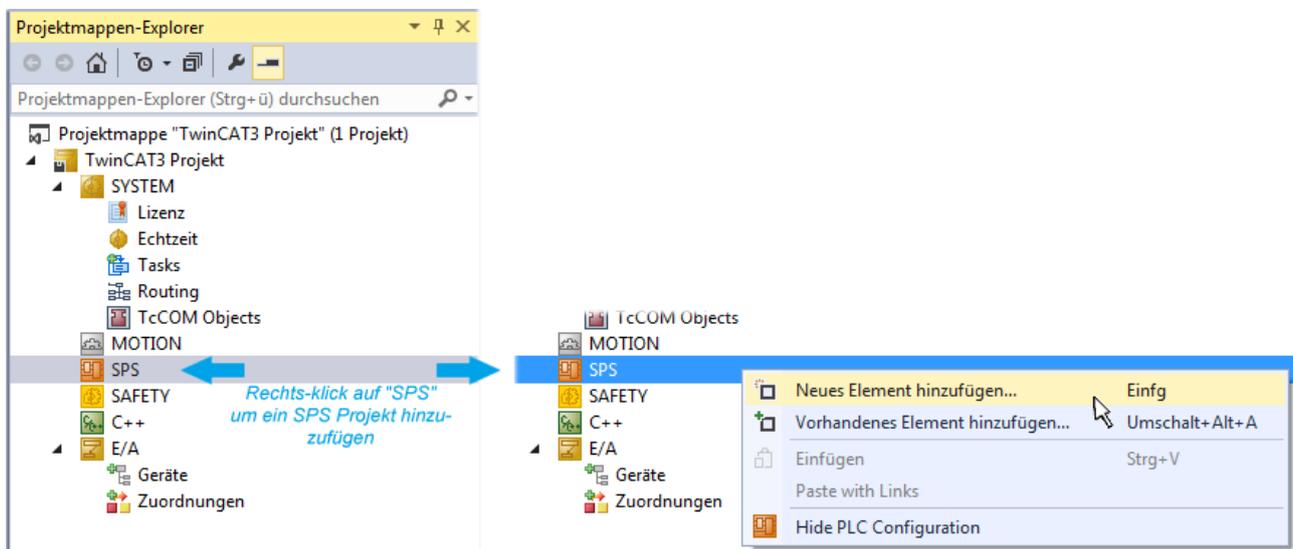


Abb. 56: Einfügen der Programmierumgebung in „SPS“

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

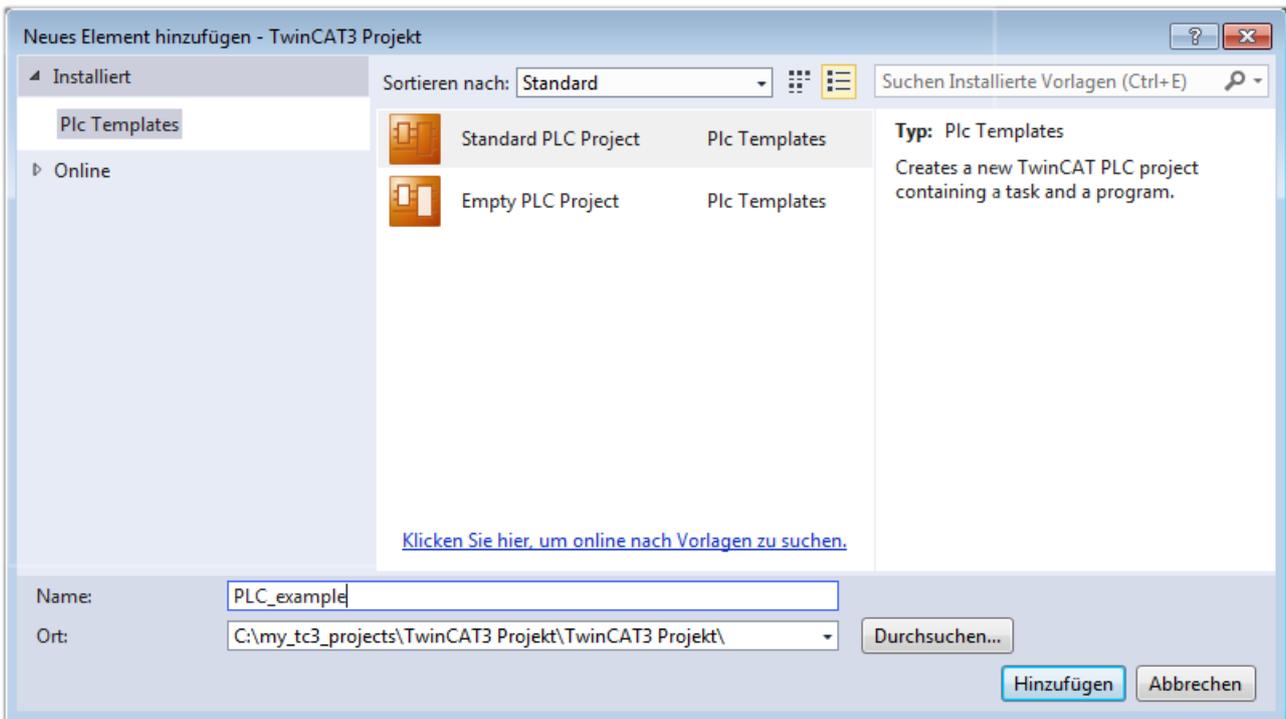


Abb. 57: Festlegen des Namens bzw. Verzeichnisses für die PLC Programmierungsumgebung

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:

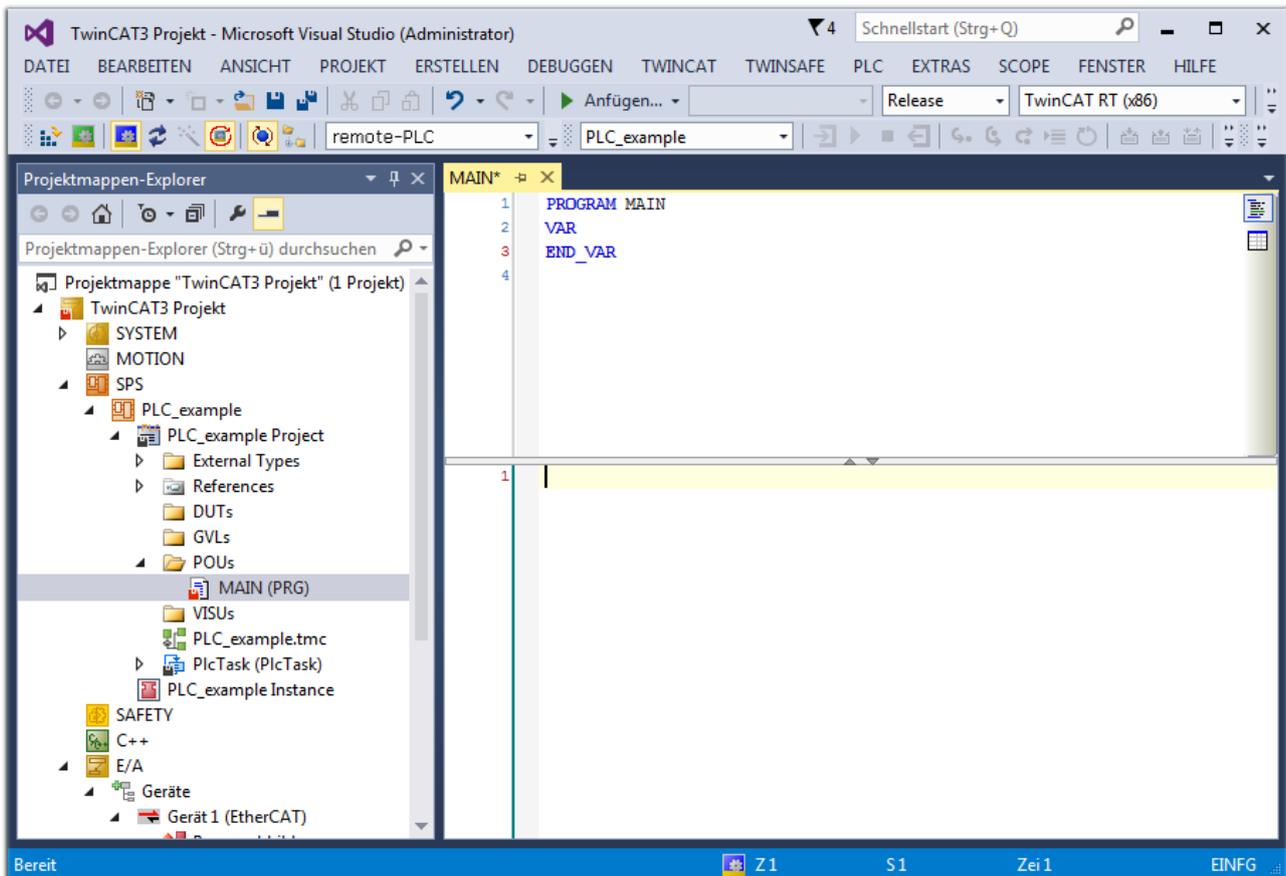


Abb. 58: Initiales Programm „Main“ des Standard PLC Projektes

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

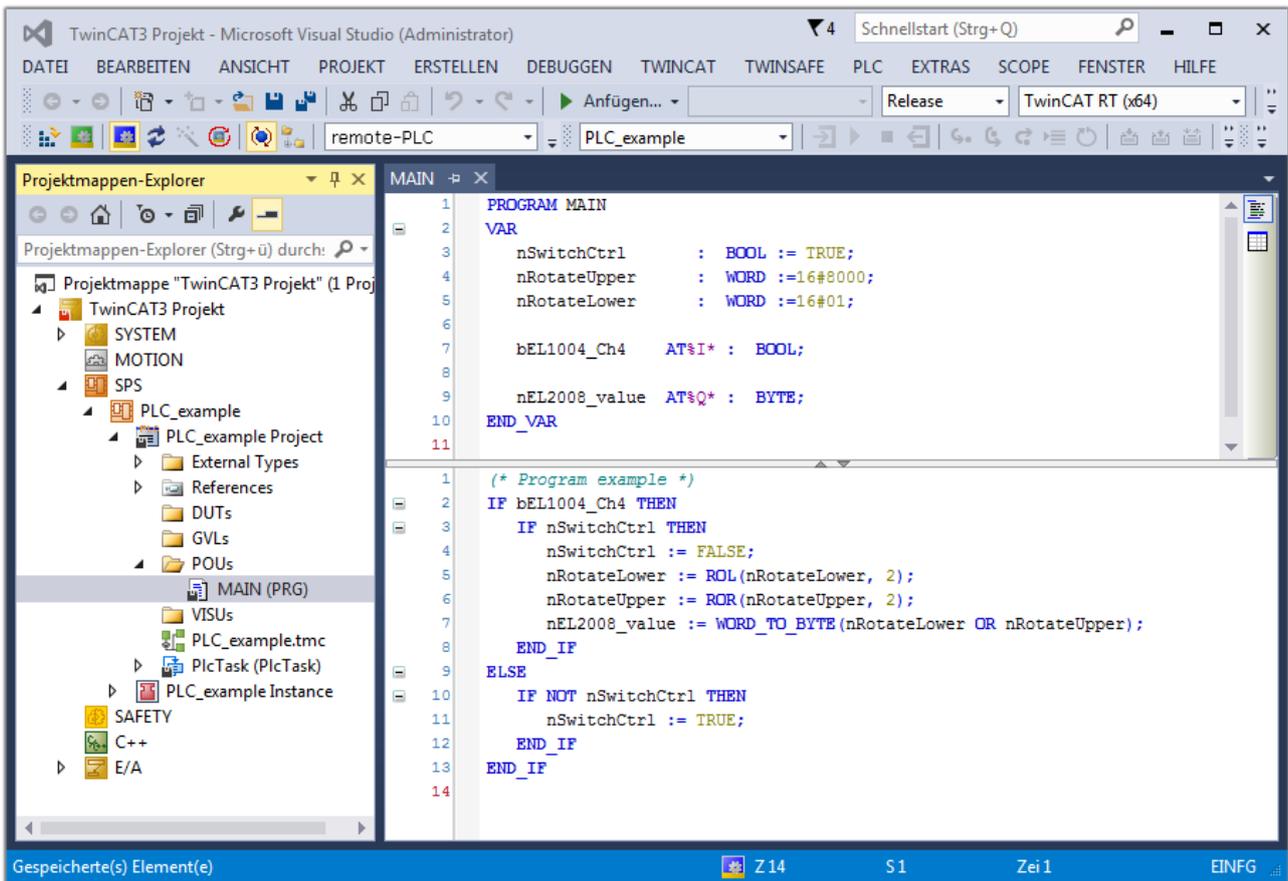


Abb. 59: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

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

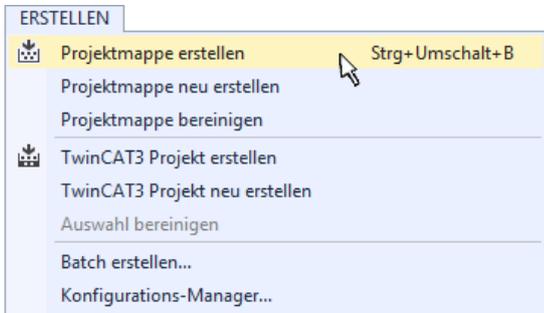
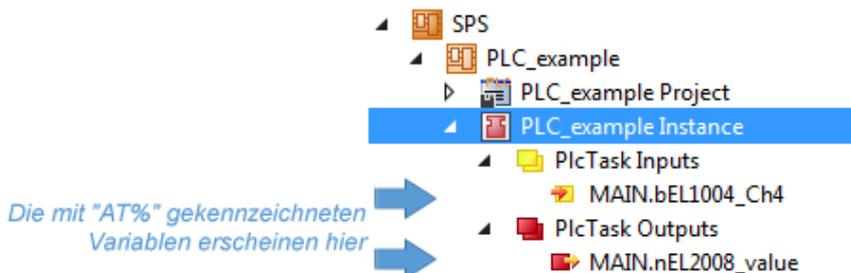


Abb. 60: Kompilierung des Programms starten

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:

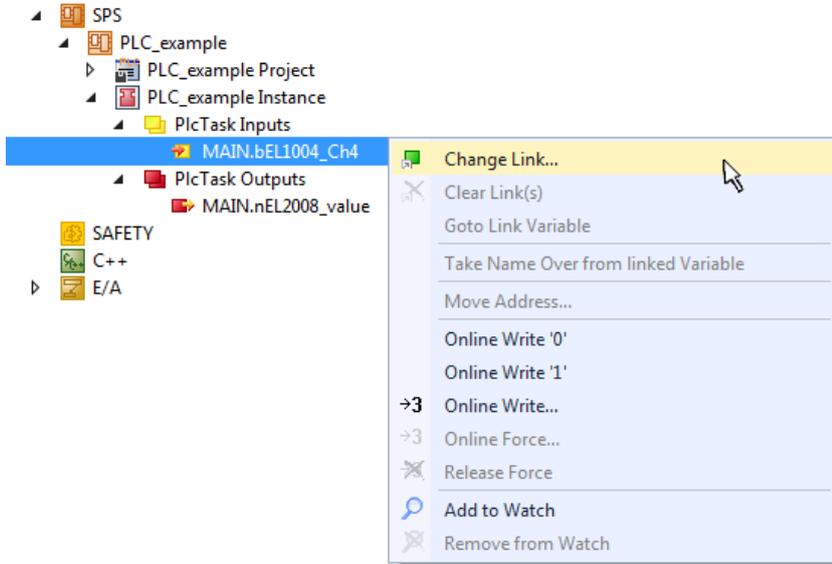


Abb. 61: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

In dem dadurch geöffneten Fenster kann aus dem SPS-Konfigurationsbaum das Prozessobjekt für die Variable „bEL1004_Ch4“ vom Typ BOOL selektiert werden:

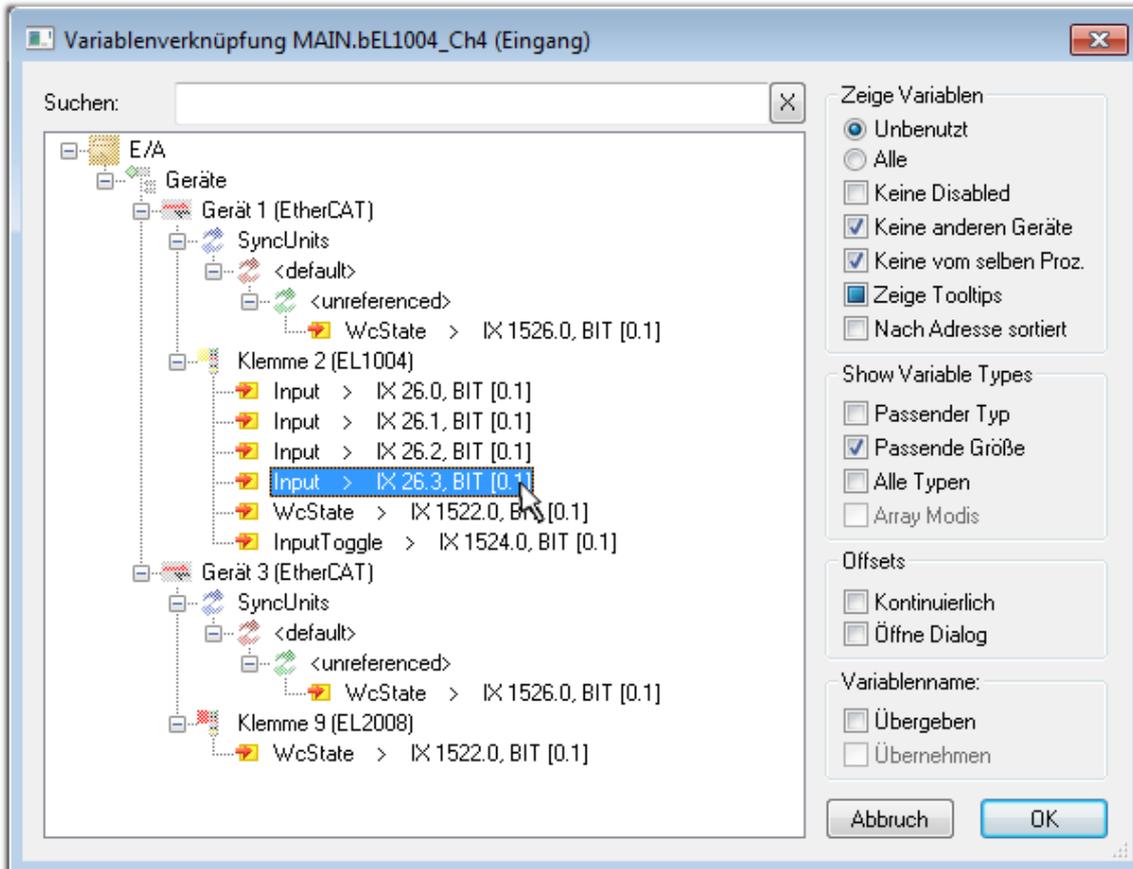


Abb. 62: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

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:

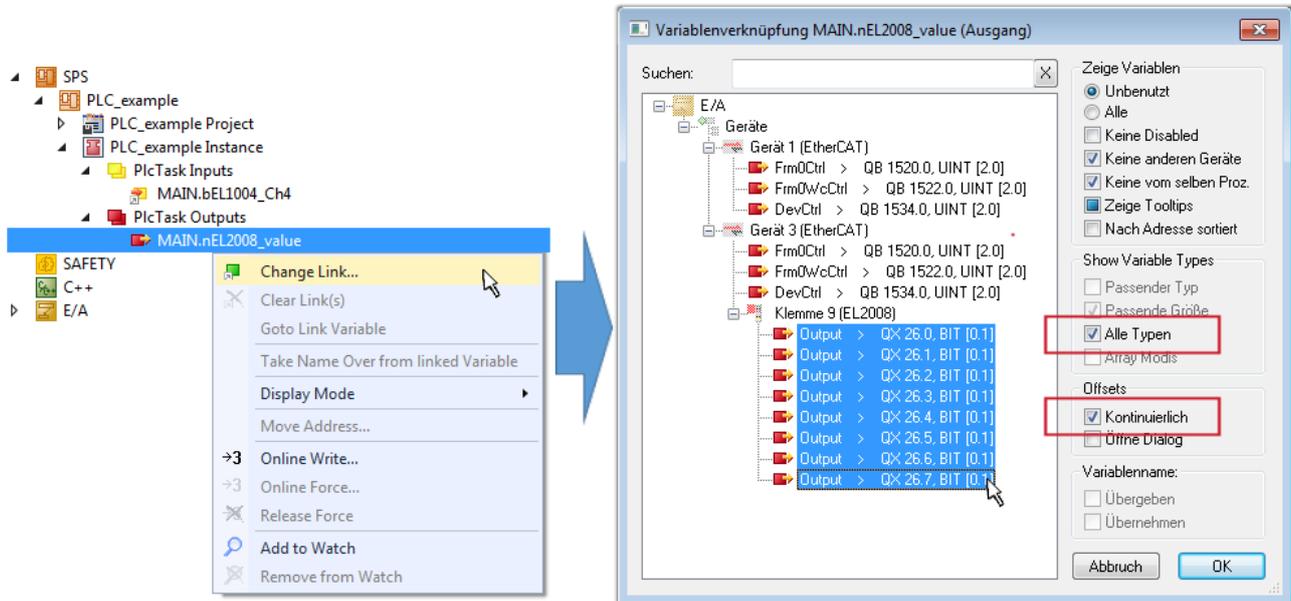


Abb. 63: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

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:

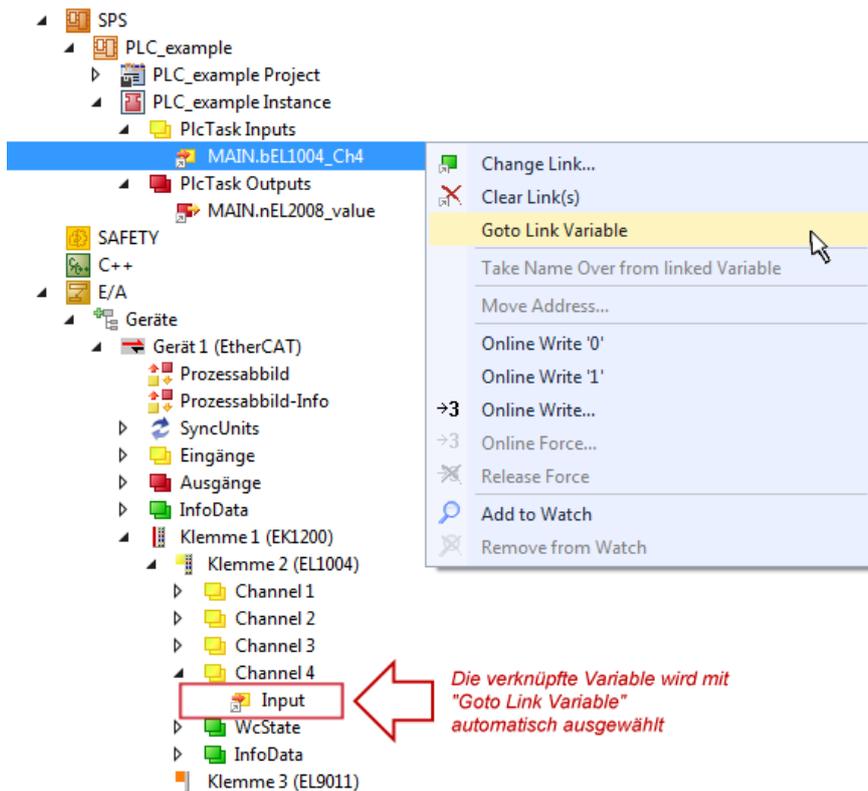


Abb. 64: Anwendung von "Goto Link Variable" am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“

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.

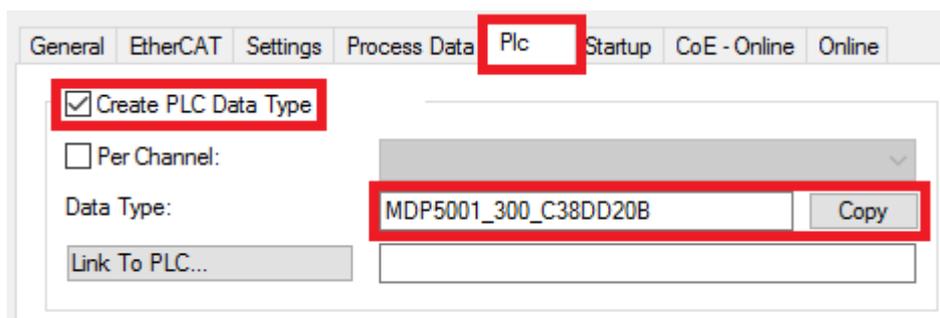


Abb. 65: Erzeugen eines SPS Datentyps

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

```

MAIN  ▸ ×
1  PROGRAM MAIN
2  VAR
3      EL3001 : MDP5001_300_C38DD20B;
4  END_VAR
    
```

Abb. 66: 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.

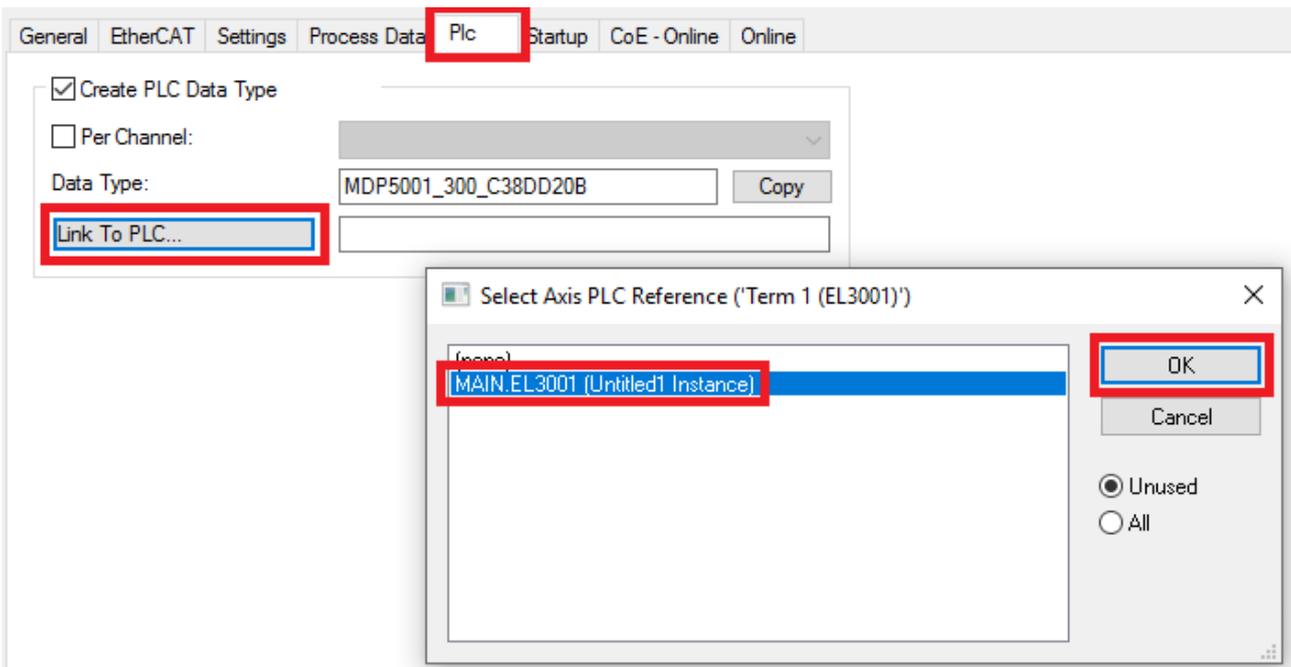


Abb. 67: Verknüpfung der Struktur

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

```

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

```

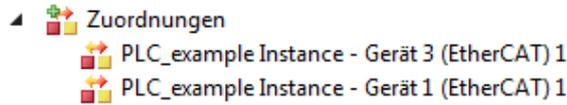
1  nVoltage := EL3001.MDP5001_300_Input.
2
3
4
    
```

Abb. 68: 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:

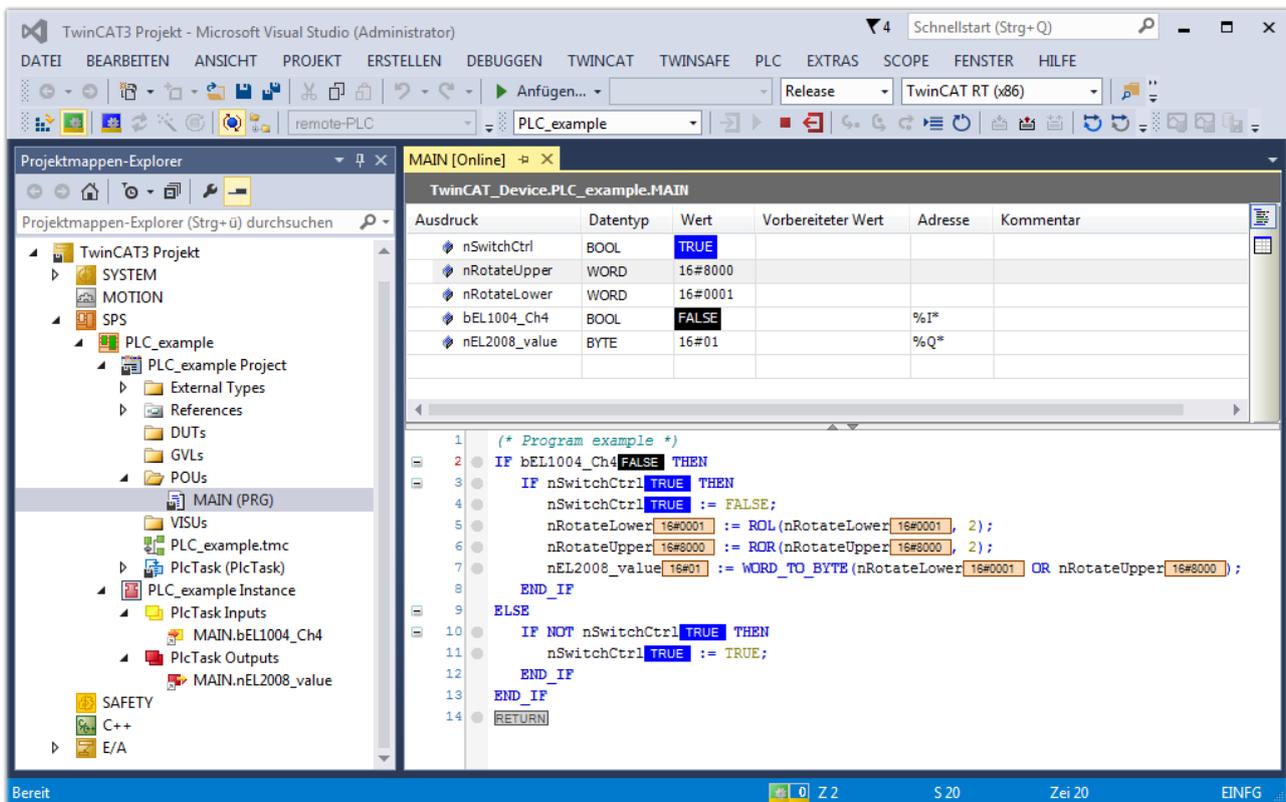


Abb. 69: TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung (VS Shell): Logged-in, nach erfolgten Programmstart

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).

5.2 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/>.

5.2.1 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.

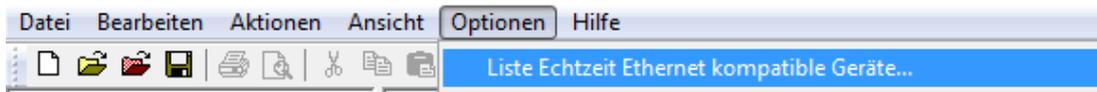


Abb. 70: Aufruf im System Manager (TwinCAT 2)

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

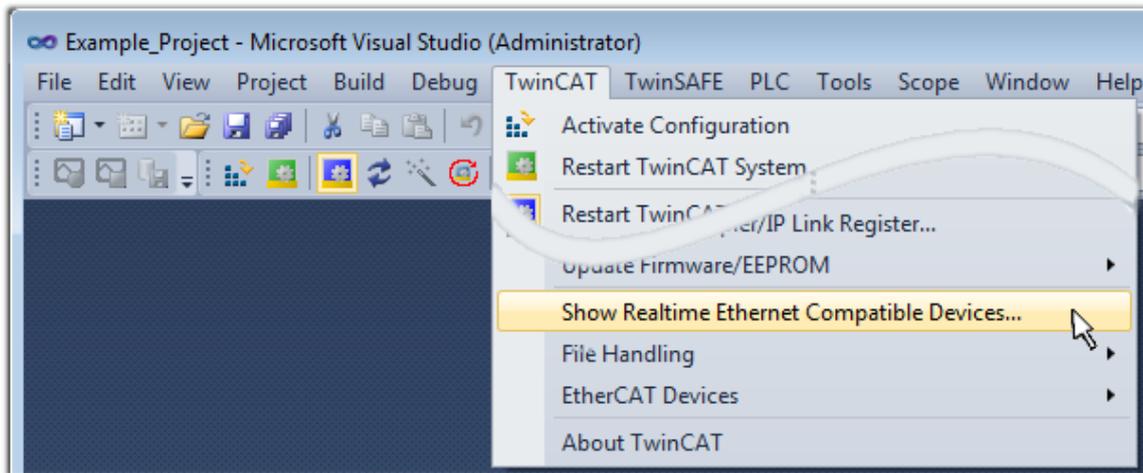


Abb. 71: Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3)

B: Über TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

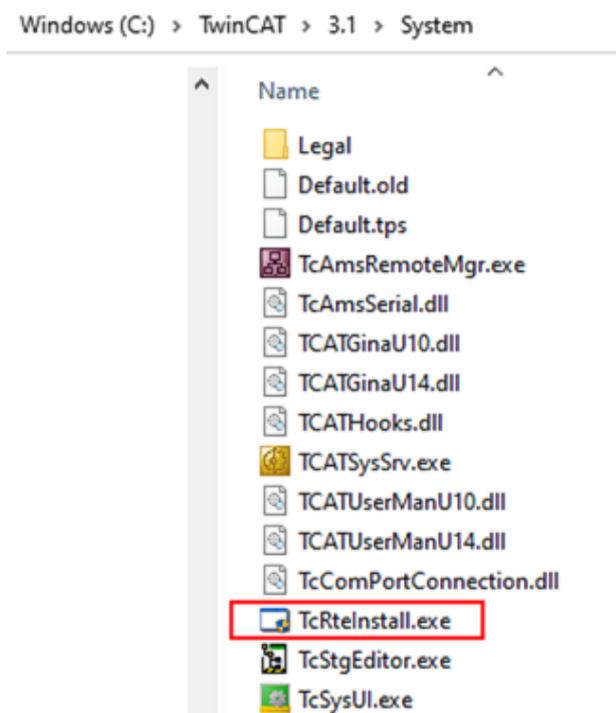


Abb. 72: TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

In beiden Fällen erscheint der folgende Dialog:

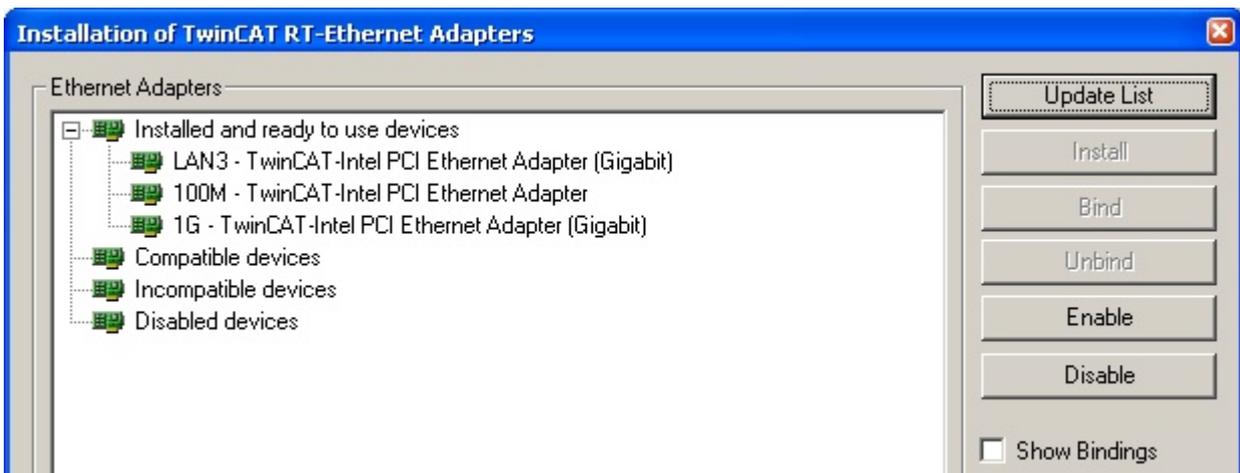


Abb. 73: Übersicht Netzwerkschnittstellen

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

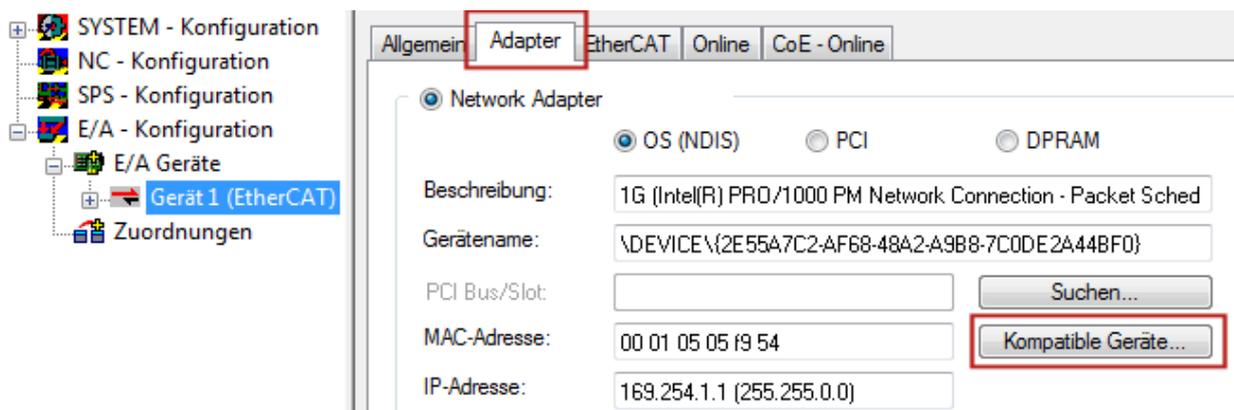
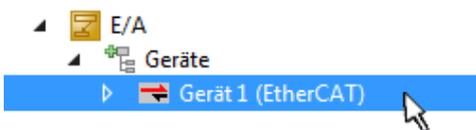


Abb. 74: Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte...“ von „Adapter“

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)

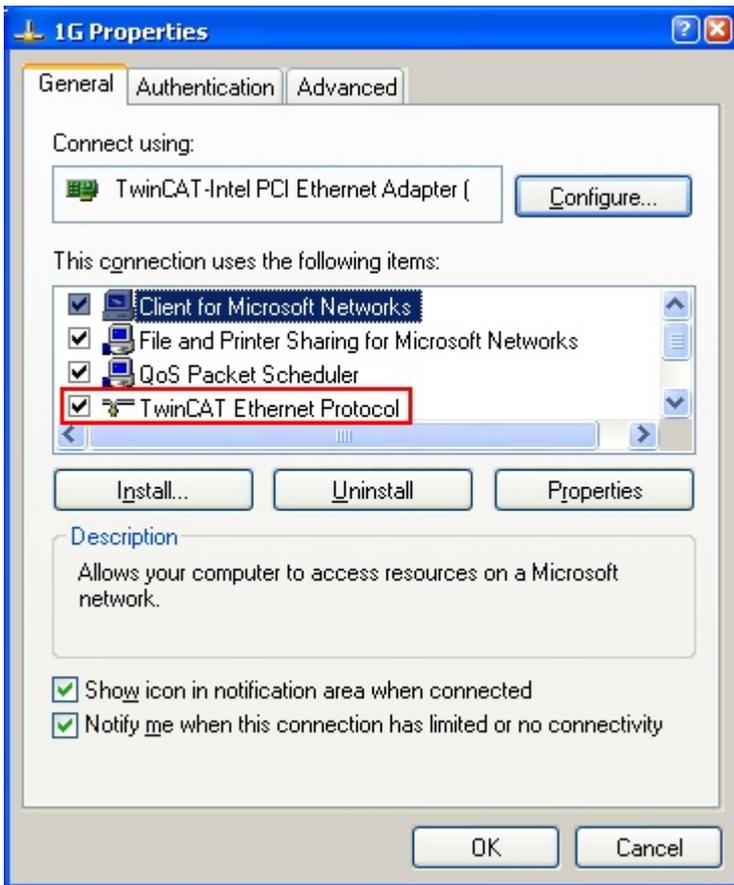


Abb. 75: Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle

Eine korrekte Einstellung des Treibers könnte wie folgt aussehen:

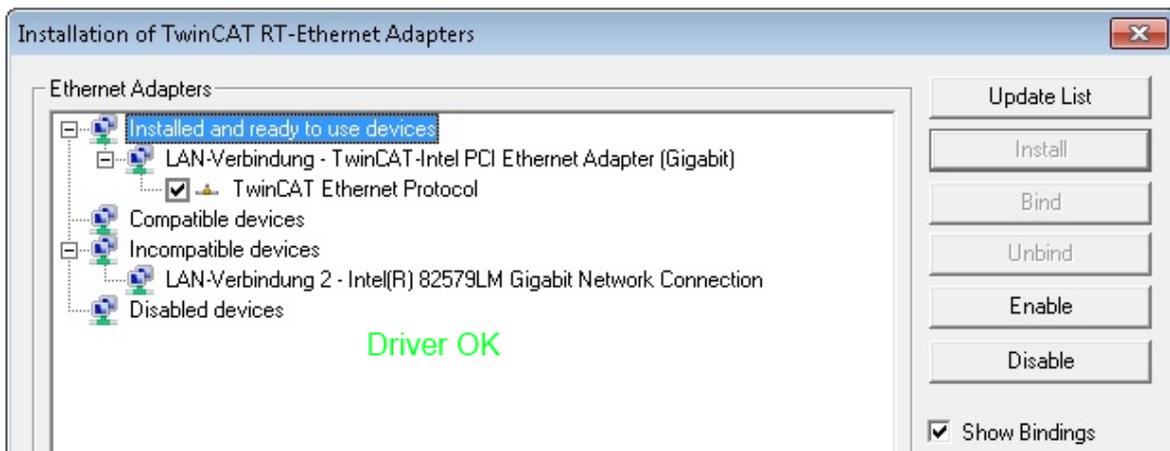


Abb. 76: Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports

Andere mögliche Einstellungen sind zu vermeiden:

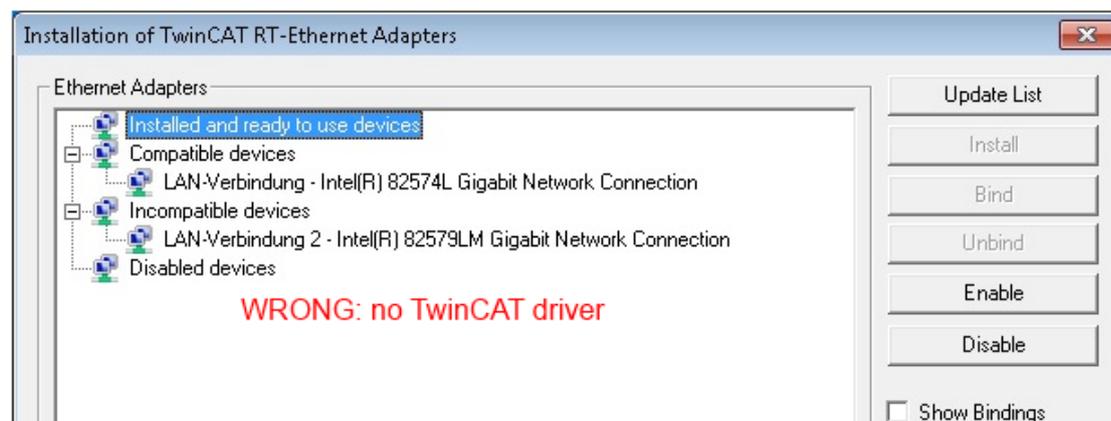
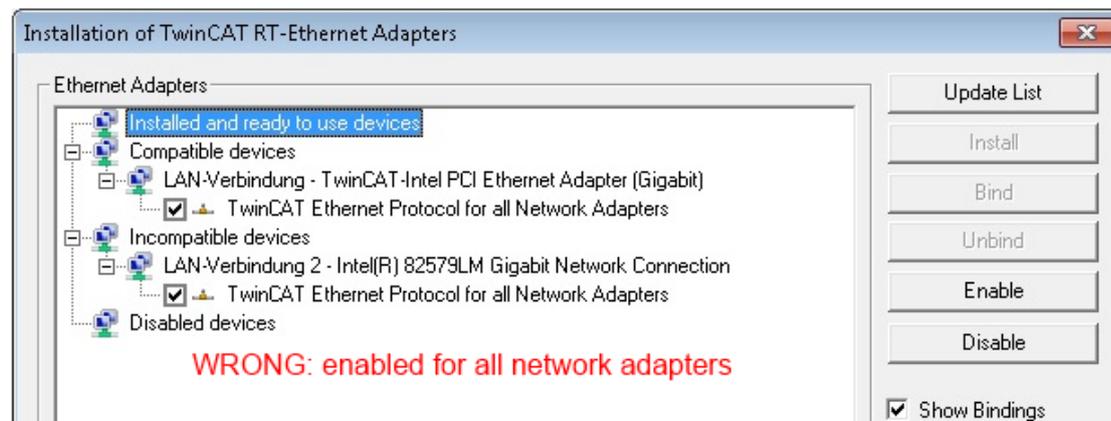
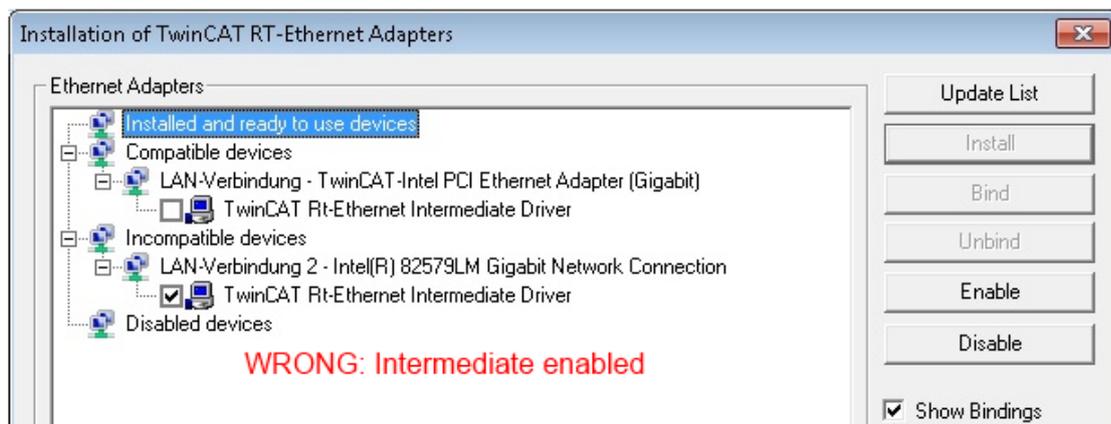
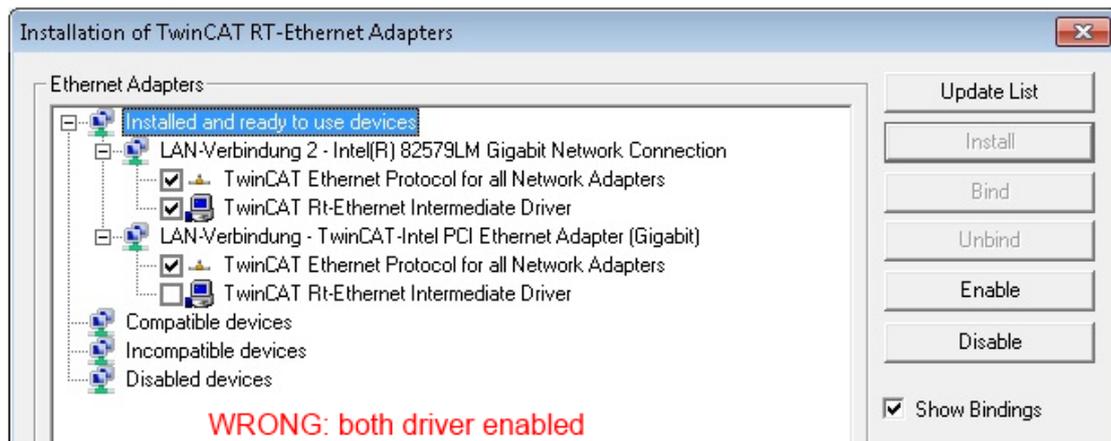


Abb. 77: Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports

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.

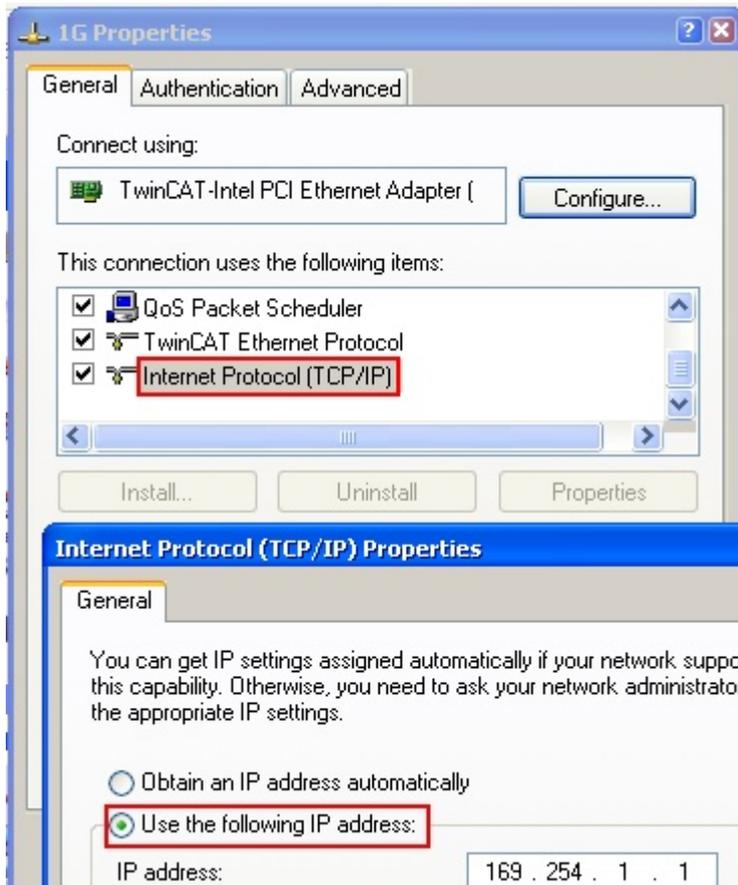


Abb. 78: TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports

5.2.2 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 \[► 87\]](#) 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“

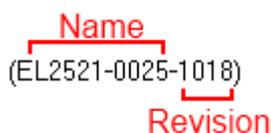


Abb. 79: Gerätebezeichnung: Struktur

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.

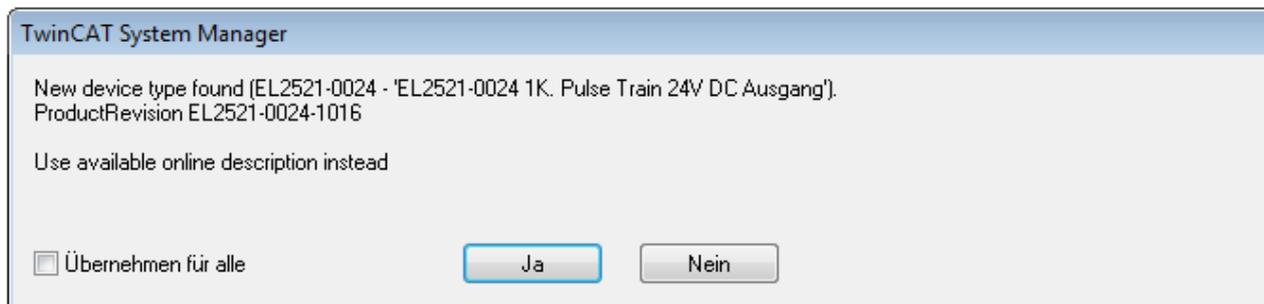


Abb. 80: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2)

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

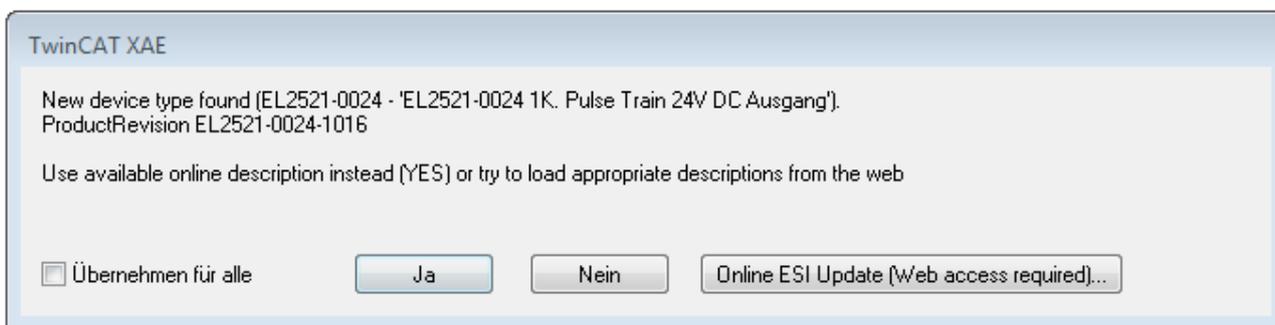


Abb. 81: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3)

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 \[► 88\]](#)“.

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. 82: 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. 83: 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.

OnlineDescription unter TwinCAT 3.x

i 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.

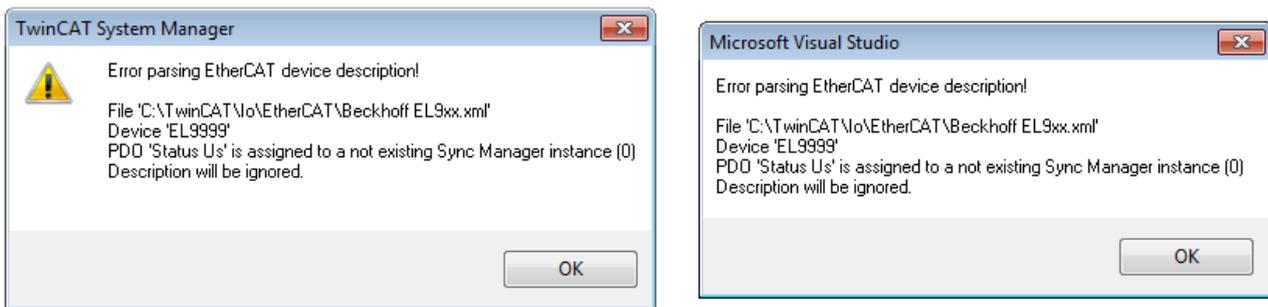


Abb. 84: Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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

5.2.3 TwinCAT ESI Updater

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

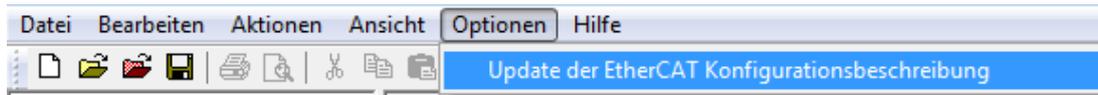


Abb. 85: Anwendung des ESI Updater (>=TwinCAT 2.11)

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

Auswahl bei TwinCAT 3:

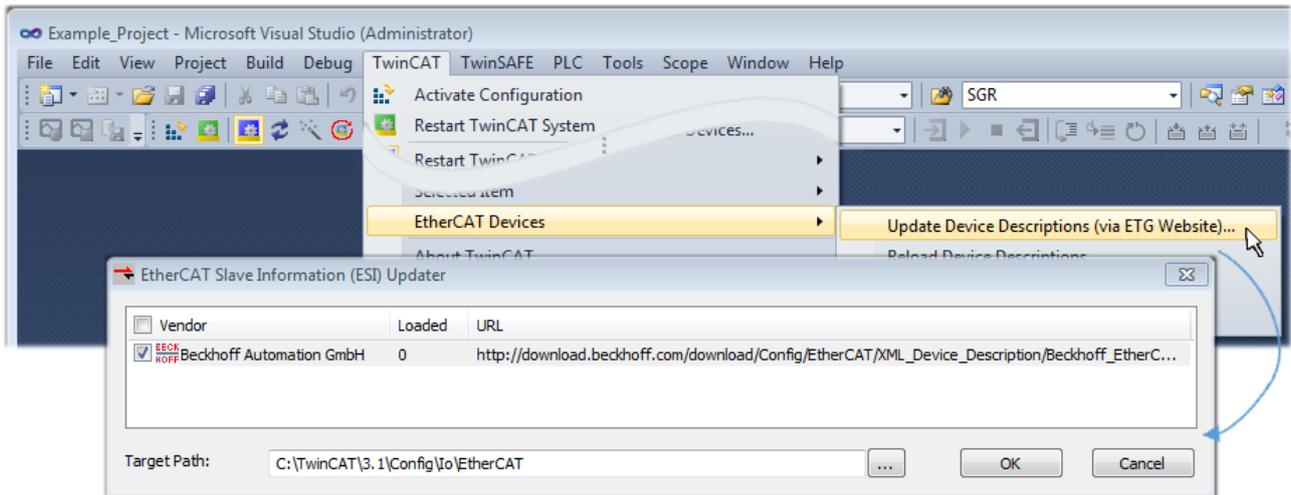


Abb. 86: Anwendung des ESI Updater (TwinCAT 3)

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-ULR-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)...“.

5.2.4 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“ [► 83].

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 [▶ 93] (Ethernet-Port am IPC)
- Erkennen der angeschlossenen EtherCAT-Teilnehmer [▶ 94]. Dieser Schritt kann auch unabhängig vom vorangehenden durchgeführt werden.
- Problembehandlung [▶ 97]

Auch kann der Scan bei bestehender Konfiguration [▶ 98] zum Vergleich durchgeführt werden.

5.2.5 OFFLINE Konfigurationserstellung

Anlegen des Geräts EtherCAT

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



Abb. 87: 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.

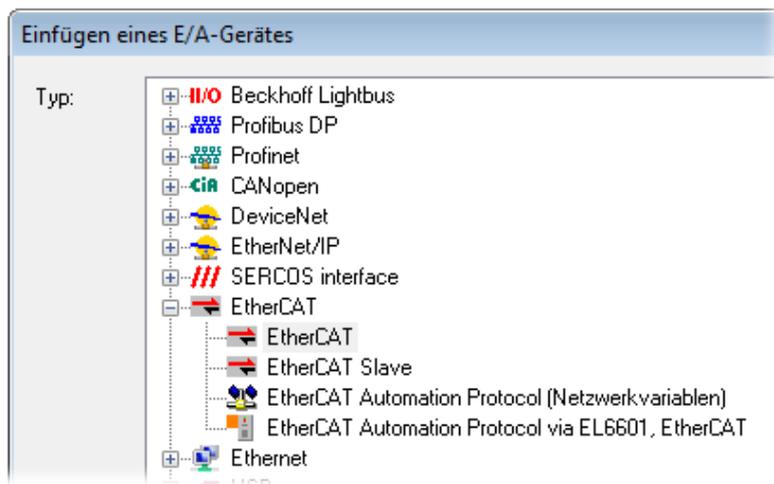


Abb. 88: Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

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

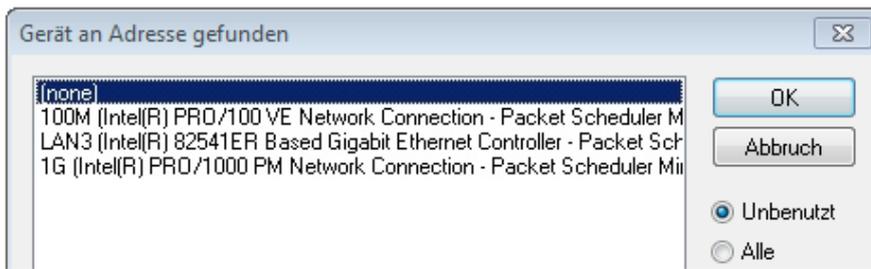


Abb. 89: Auswahl Ethernet Port

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)“.

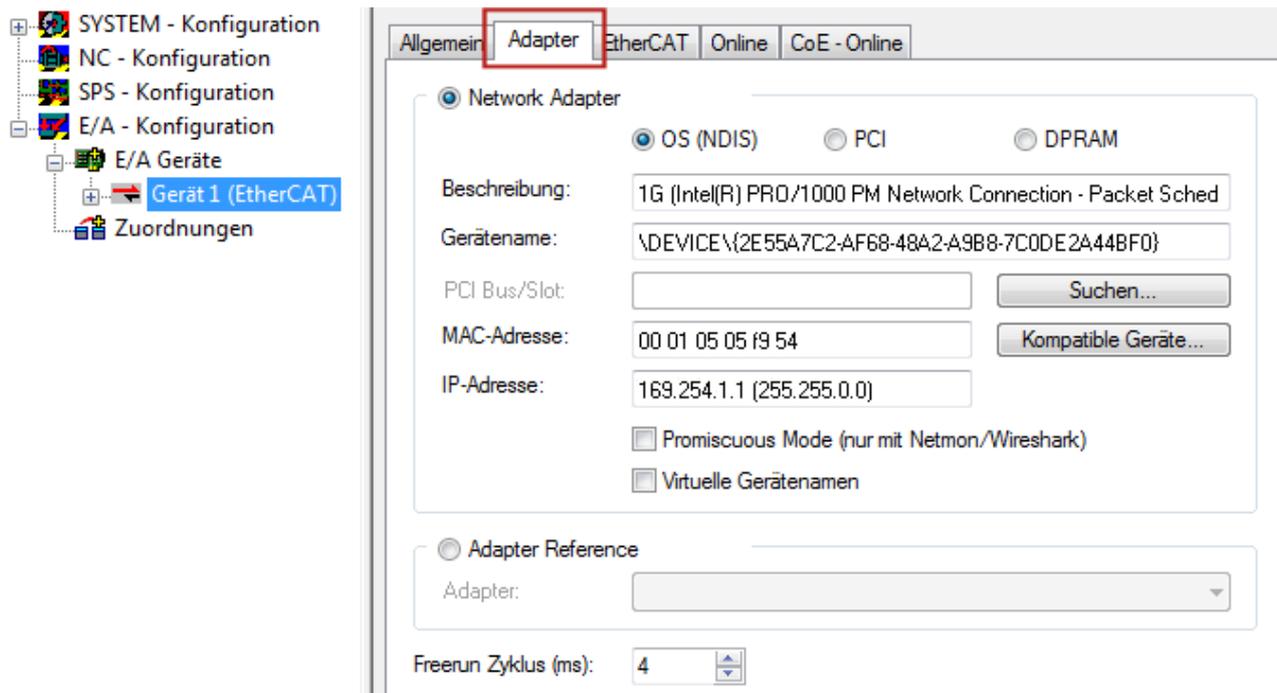
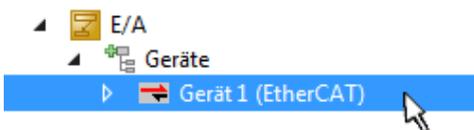


Abb. 90: Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2)

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](#) [|> 77](#).

Definieren von EtherCAT Slaves

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

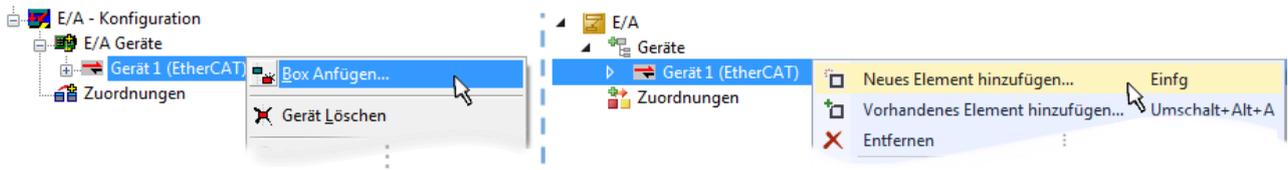


Abb. 91: Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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).

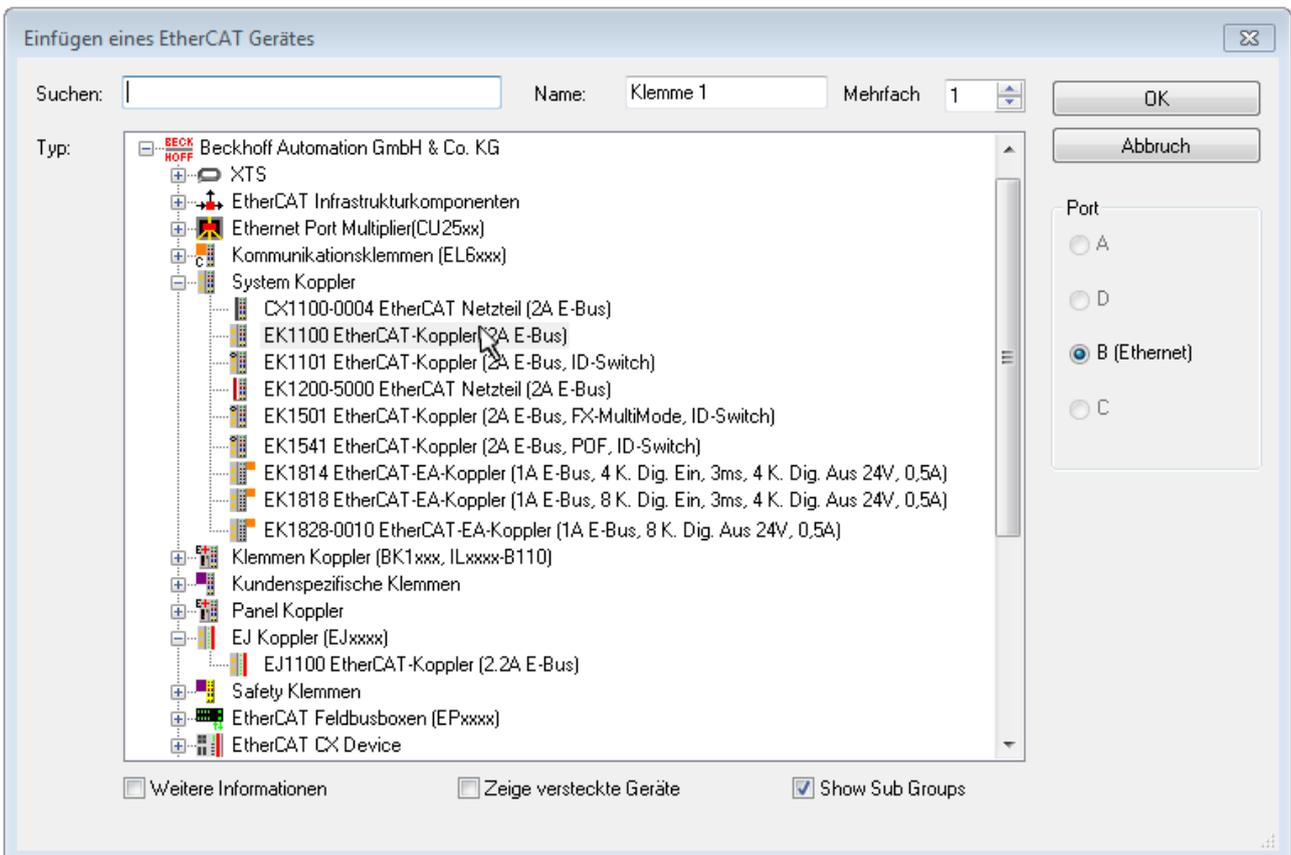


Abb. 92: Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät

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.

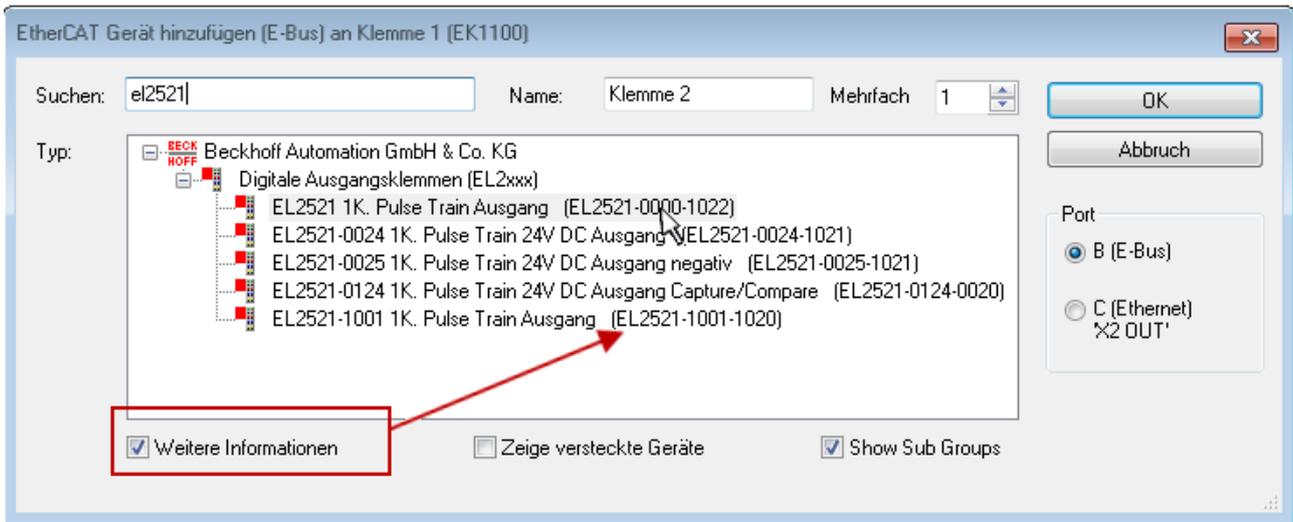


Abb. 93: Anzeige Geräte-Revision

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“.

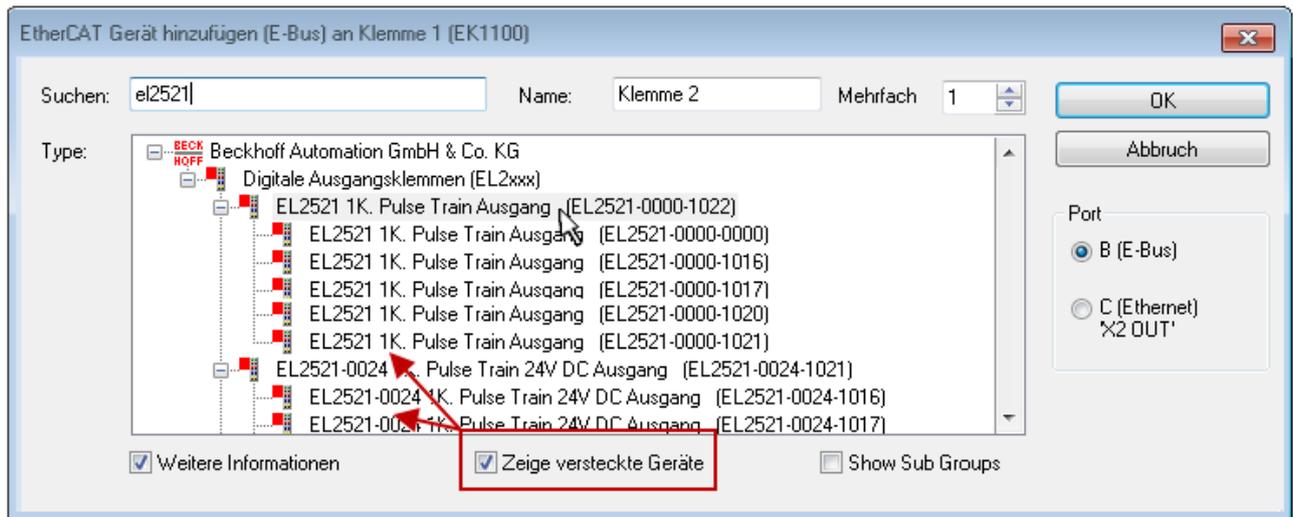


Abb. 94: Anzeige vorhergehender Revisionen

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.

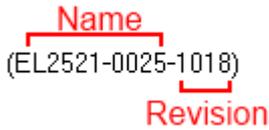


Abb. 95: Name/Revision Klemme

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 parametriert werden: Verlinkung mit der Task, CoE/DC-Einstellungen, PlugIn-Definition, StartUp-Einstellungen, ...

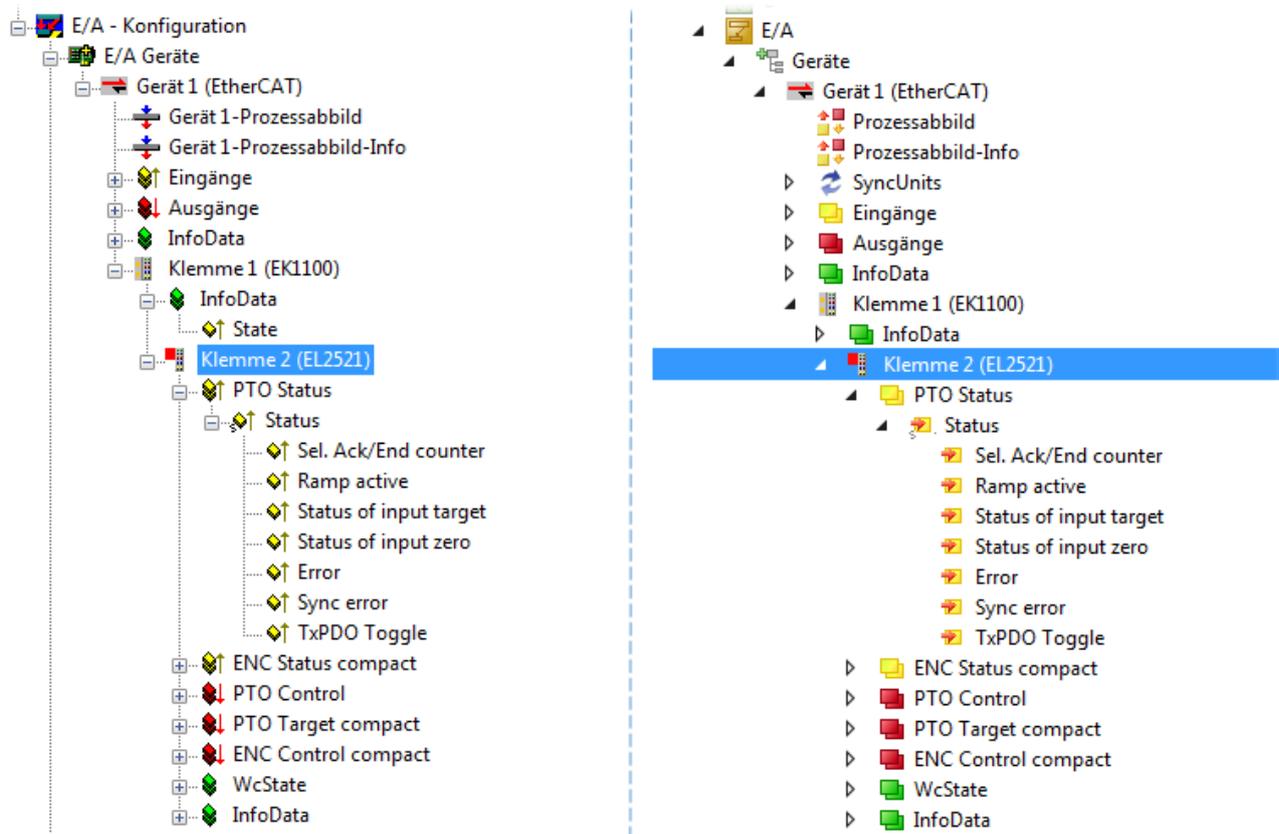


Abb. 96: EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

5.2.6 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. 97: 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.

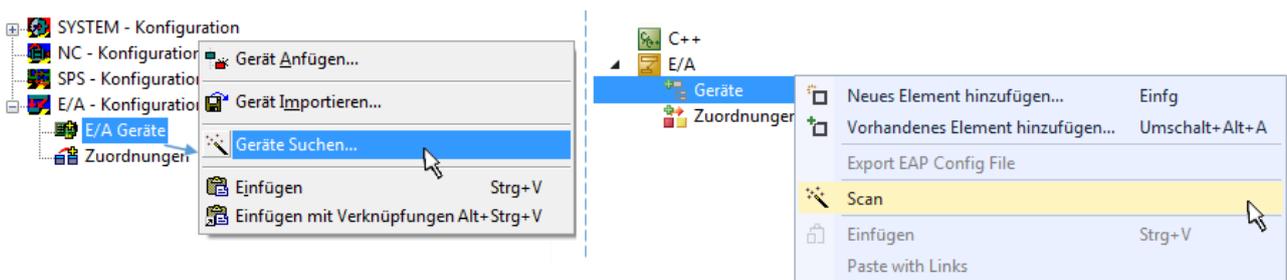


Abb. 98: Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

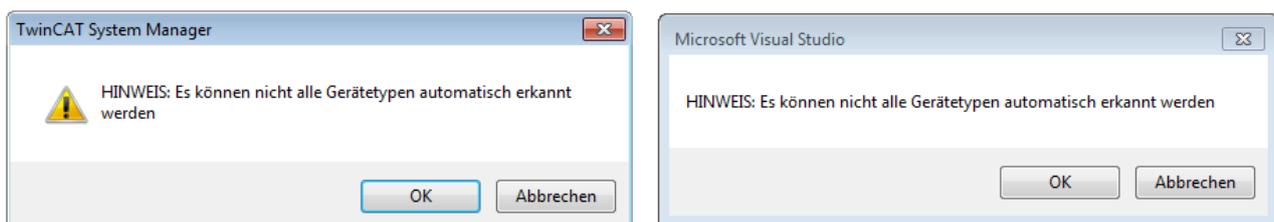


Abb. 99: Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

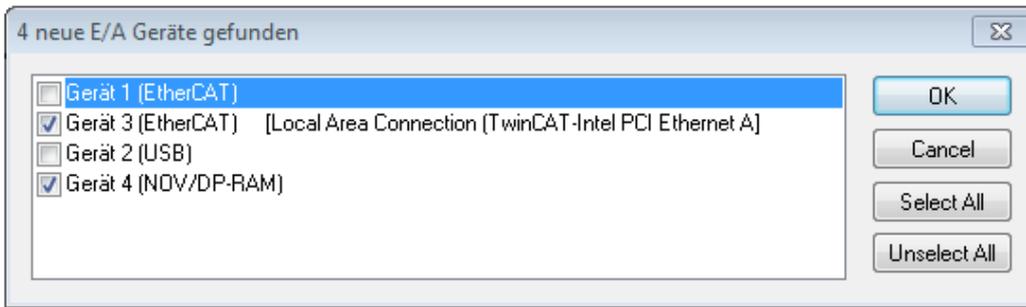


Abb. 100: Erkannte Ethernet-Geräte

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](#) [► 77].

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.

Name
(EL2521-0025-1018)
Revision

Abb. 101: 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 Serienmaschinenaufbau bzw. bei Reproduktion der Anlage sollte die Funktion aber nicht mehr zur Konfigurationserstellung verwendet werden sondern ggf. zum [Vergleich](#) [► 98] 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:

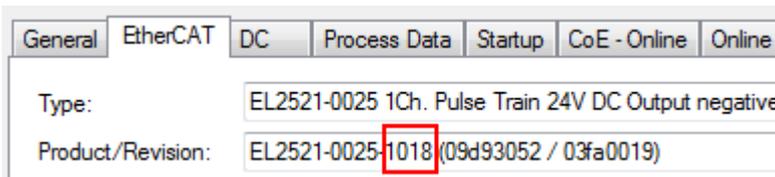


Abb. 102: Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018

Ebenso werden in der Prototypentestphase Funktionen und Eigenschaften dieser Klemme durch die Programmierer/Inbetriebnehmer getestet und ggf. genutzt d. h. aus der PLC „B.pro“ oder der NC angesprochen. (sinngemäß gilt das gleiche für die TwinCAT 3-Solution-Dateien).

Nun wird die Prototypenentwicklung abgeschlossen und der Serienbau der Maschine B gestartet, Beckhoff liefert dazu weiterhin die EL2521-0025-0018. Falls die Inbetriebnehmer der Abteilung Serienmaschinenbau immer einen Scan durchführen, entsteht dabei bei jeder Maschine wieder ein eine inhaltsgleiche B-Konfiguration. Ebenso werden eventuell von A weltweit Ersatzteillager für die kommenden Serienmaschinen mit Klemmen EL2521-0025-1018 angelegt.

Nach einiger Zeit erweitert Beckhoff die EL2521-0025 um ein neues Feature C. Deshalb wird die FW geändert, nach außen hin kenntlich durch einen höheren FW-Stand **und eine neue Revision -1019**. Trotzdem unterstützt das neue Gerät natürlich Funktionen und Schnittstellen der Vorgängerversion(en), eine Anpassung von „B.tsm“ oder gar „B.pro“ ist somit nicht nötig. Die Serienmaschinen können weiterhin mit „B.tsm“ und „B.pro“ gebaut werden, zur Kontrolle der aufgebauten Maschine ist ein vergleichender Scan [► 98] 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:

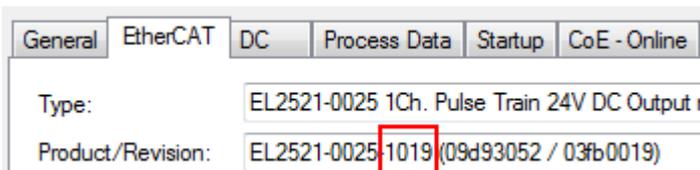


Abb. 103: Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019

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

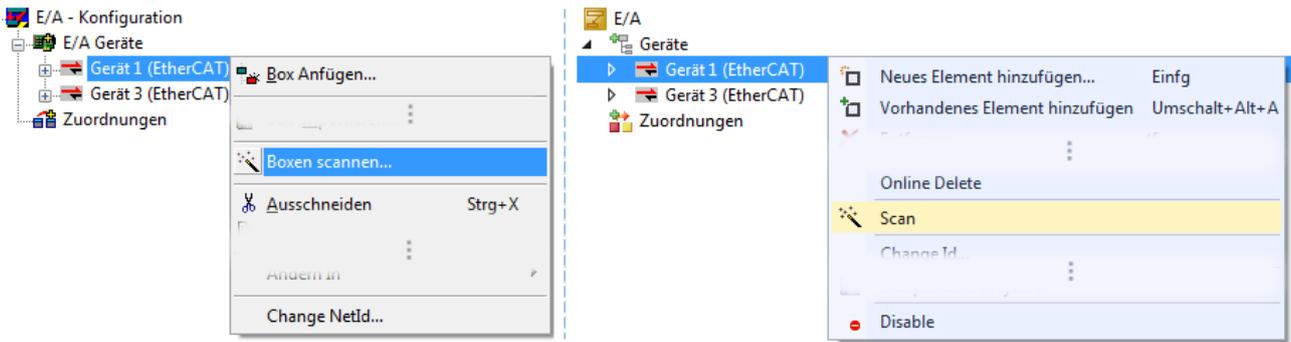


Abb. 105: Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3)

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



Abb. 106: Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2

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



Abb. 107: 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. 108: Anzeige des Wechsels zwischen „Free Run“ und „Config Mode“ unten rechts in der Statusleiste



Abb. 109: 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.

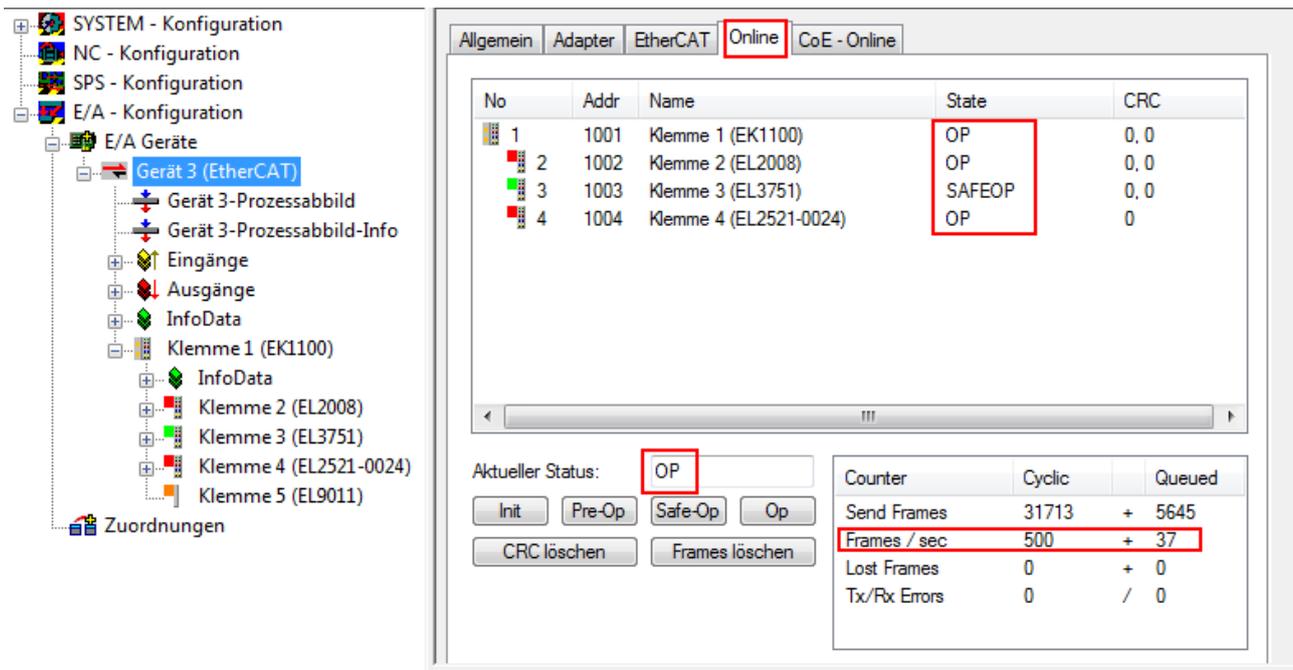


Abb. 110: Beispielhafte Online-Anzeige

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 \[▶ 88\]](#) 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.

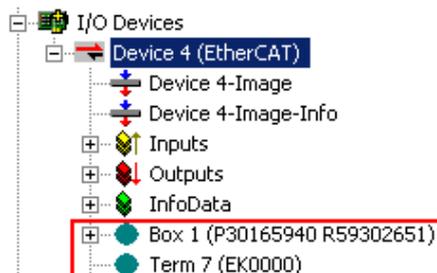


Abb. 111: Fehlerhafte Erkennung

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

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

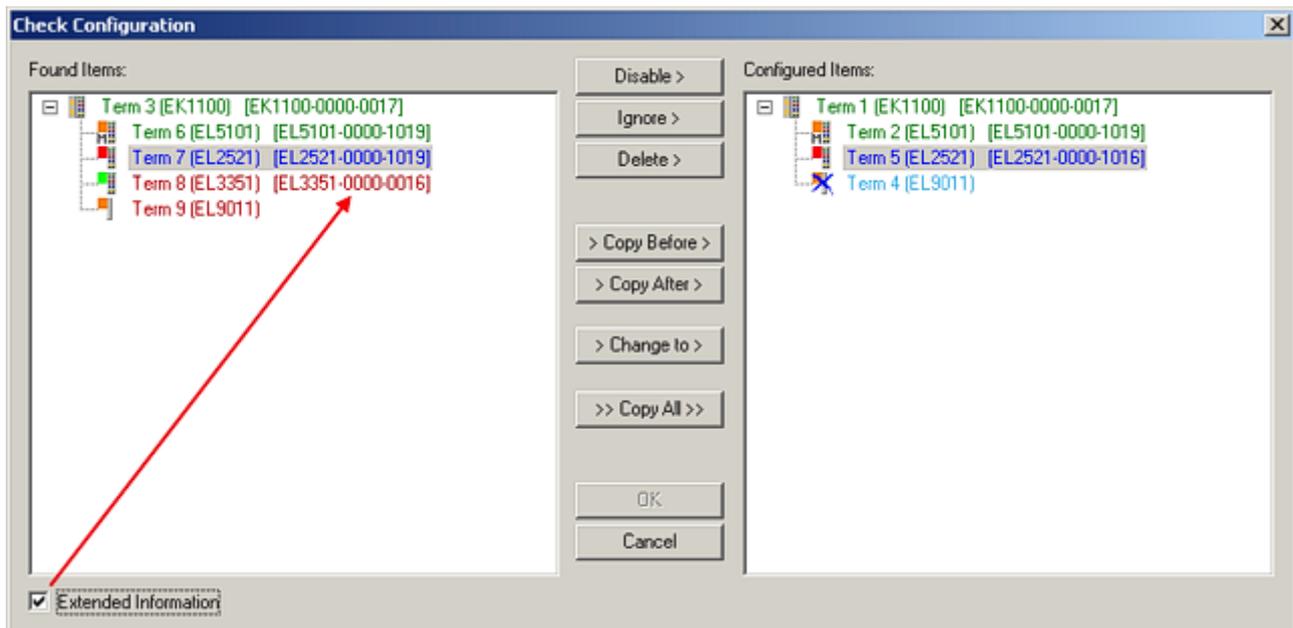


Abb. 113: Korrekturdialog

Die Anzeige der „Extended Information“ wird empfohlen, weil dadurch Unterschiede in der Revision sichtbar werden.

Farbe	Erläuterung
grün	Dieser EtherCAT Slave findet seine Entsprechung auf der Gegenseite. Typ und Revision stimmen überein.
blau	Dieser EtherCAT Slave ist auf der Gegenseite vorhanden, aber in einer anderen Revision. Diese andere Revision kann andere Default-Einstellungen der Prozessdaten und andere/zusätzliche Funktionen haben. Ist die gefundene Revision > als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz unter Berücksichtigung der Kompatibilität möglich. Ist die gefundene Revision < als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz vermutlich nicht möglich. Eventuell unterstützt das vorgefundene Gerät nicht alle Funktionen, die der Master von ihm aufgrund der höheren Revision erwartet.
hellblau	Dieser EtherCAT Slave wird ignoriert (Button „Ignore“)
rot	<ul style="list-style-type: none"> Dieser EtherCAT Slave ist auf der Gegenseite nicht vorhanden Er ist vorhanden, aber in einer anderen Revision, die sich auch in den Eigenschaften von der angegebenen unterscheidet. <p>Auch hier gilt dann das Kompatibilitätsprinzip: Ist die gefundene Revision > als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz unter Berücksichtigung der Kompatibilität möglich, da Nachfolger-Geräte die Funktionen der Vorgänger-Geräte unterstützen sollen.</p> <p>Ist die gefundene Revision < als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz vermutlich nicht möglich. Eventuell unterstützt das vorgefundene Gerät nicht alle Funktionen, die der Master von ihm aufgrund der höheren Revision erwartet.</p>

i Geräte-Auswahl nach Revision, Kompatibilität

Mit der ESI-Beschreibung wird auch das Prozessabbild, die Art der Kommunikation zwischen Master und Slave/Gerät und ggf. Geräte-Funktionen definiert. Damit muss das reale Gerät (Firmware wenn vorhanden) die Kommunikationsanfragen/-einstellungen des Masters unterstützen. Dies ist abwärtskompatibel der Fall, d. h. neuere Geräte (höhere Revision) sollen es auch unterstützen, wenn der EtherCAT Master sie als eine ältere Revision anspricht. Als Beckhoff-Kompatibilitätsregel für EtherCAT-Klemmen/ Boxen/ EJ-Module ist anzunehmen:

Geräte-Revision in der Anlage >= Geräte-Revision in der Konfiguration

Dies erlaubt auch den späteren Austausch von Geräten ohne Veränderung der Konfiguration (abweichende Vorgaben bei Antrieben möglich).

Beispiel

In der Konfiguration wird eine EL2521-0025-**1018** vorgesehen, dann kann real eine EL2521-0025-**1018** oder höher (-**1019**, -**1020**) eingesetzt werden.

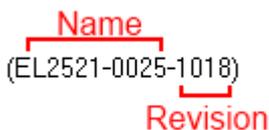


Abb. 114: Name/Revision Klemme

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.

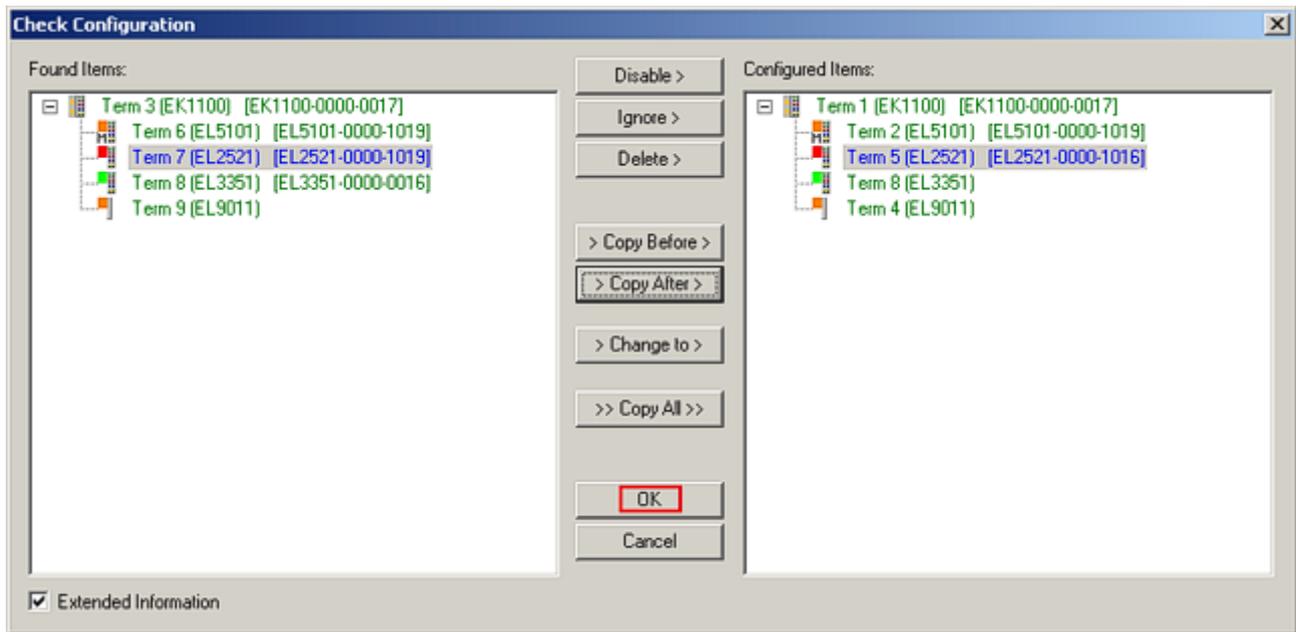


Abb. 115: Korrekturdialog mit Änderungen

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.

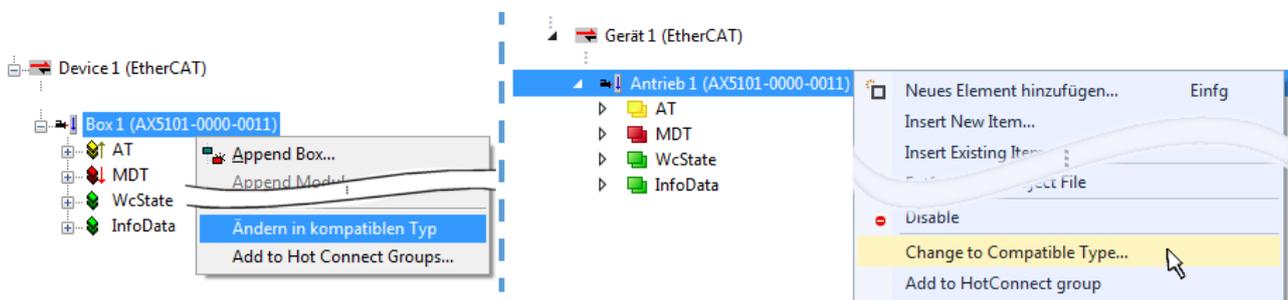


Abb. 116: Dialog „Change to Compatible Type...“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

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

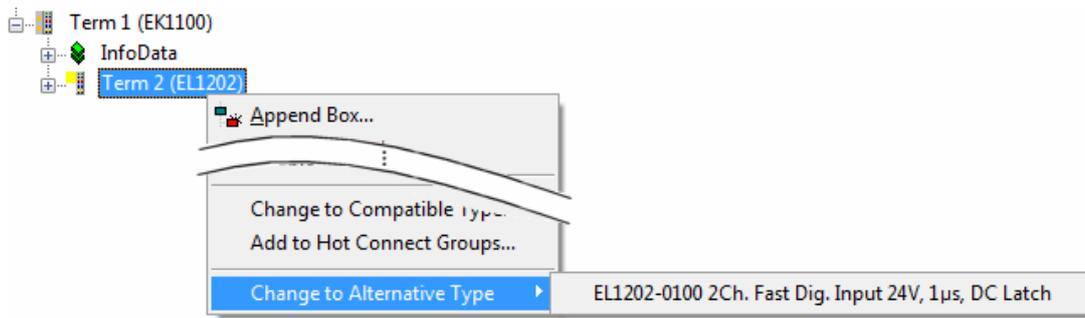


Abb. 117: TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type

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.

5.2.7 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. 118: „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“

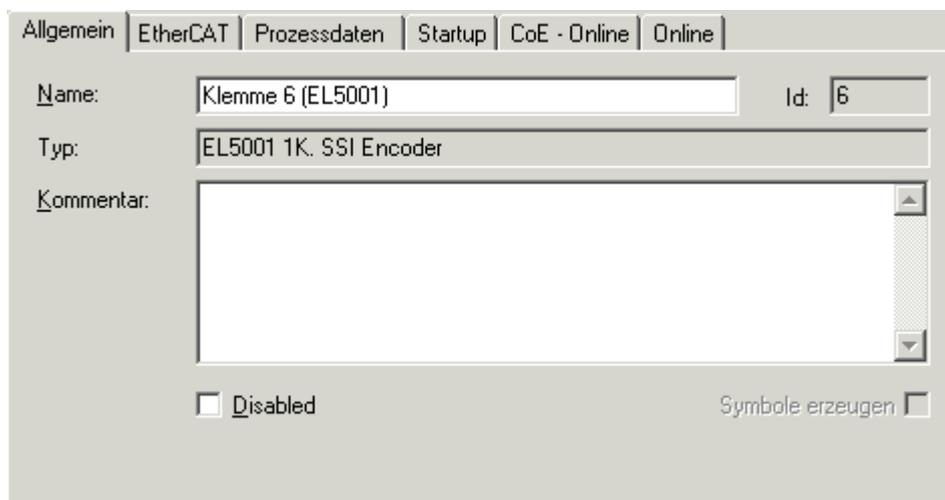


Abb. 119: Karteireiter „Allgemein“

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

Karteireiter „EtherCAT“

Abb. 120: Karteireiter „EtherCAT“

Typ	Typ des EtherCAT-Geräts
Product/Revision	Produkt- und Revisions-Nummer des EtherCAT-Geräts
Auto Inc Adr.	Auto-Inkrement-Adresse des EtherCAT-Geräts. Die Auto-Inkrement-Adresse kann benutzt werden, um jedes EtherCAT-Gerät anhand seiner physikalischen Position im Kommunikationsring zu adressieren. Die Auto-Inkrement-Adressierung wird während der Start-Up-Phase benutzt, wenn der EtherCAT-master die Adressen an die EtherCAT-Geräte vergibt. Bei der Auto-Inkrement-Adressierung hat der erste EtherCAT-Slave im Ring die Adresse 0000 _{hex} und für jeden weiteren Folgenden wird die Adresse um 1 verringert (FFFF _{hex} , FFFE _{hex} usw.).
EtherCAT Adr.	Feste Adresse eines EtherCAT-Slaves. Diese Adresse wird vom EtherCAT-Master während der Start-Up-Phase vergeben. Um den Default-Wert zu ändern, müssen Sie zuvor das Kontrollkästchen links von dem Eingabefeld markieren.
Vorgänger Port	Name und Port des EtherCAT-Geräts, an den dieses Gerät angeschlossen ist. Falls es möglich ist, dieses Gerät mit einem anderen zu verbinden, ohne die Reihenfolge der EtherCAT-Geräte im Kommunikationsring zu ändern, dann ist dieses Kombinationsfeld aktiviert und Sie können das EtherCAT-Gerät auswählen, mit dem dieses Gerät verbunden werden soll.
Weitere Einstellungen	Diese Schaltfläche öffnet die Dialoge für die erweiterten Einstellungen.

Der Link am unteren Rand des Karteireiters führt Sie im Internet auf die Produktseite dieses EtherCAT-Geräts.

Karteireiter „Prozessdaten“

Zeigt die (Allgemeine Slave PDO-) Konfiguration der Prozessdaten an. Die Eingangs- und Ausgangsdaten des EtherCAT-Slaves werden als CANopen Prozess-Daten-Objekte (**P**rocess **D**ata **O**bjects, 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.

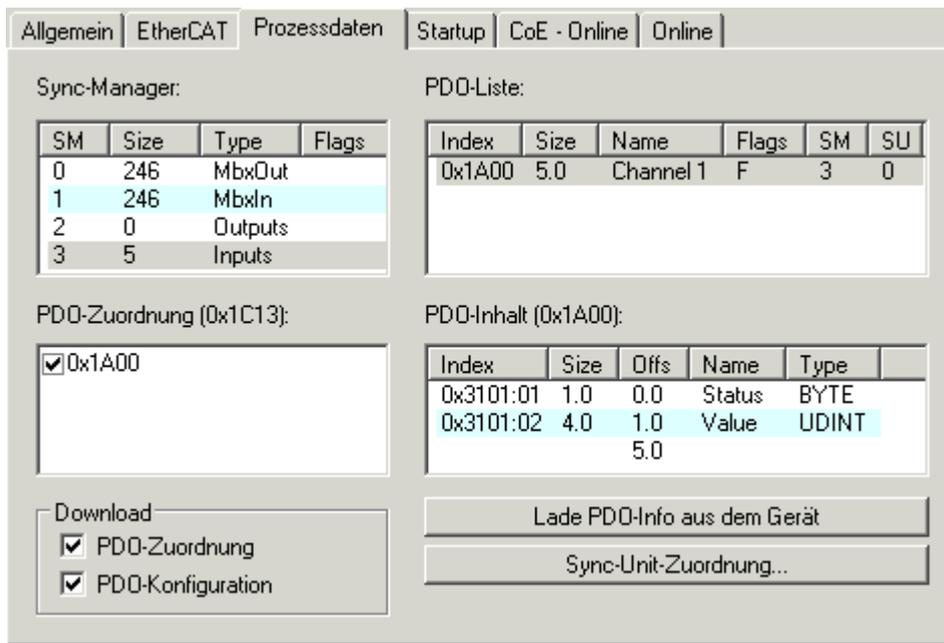


Abb. 121: Karteireiter „Prozessdaten“

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.

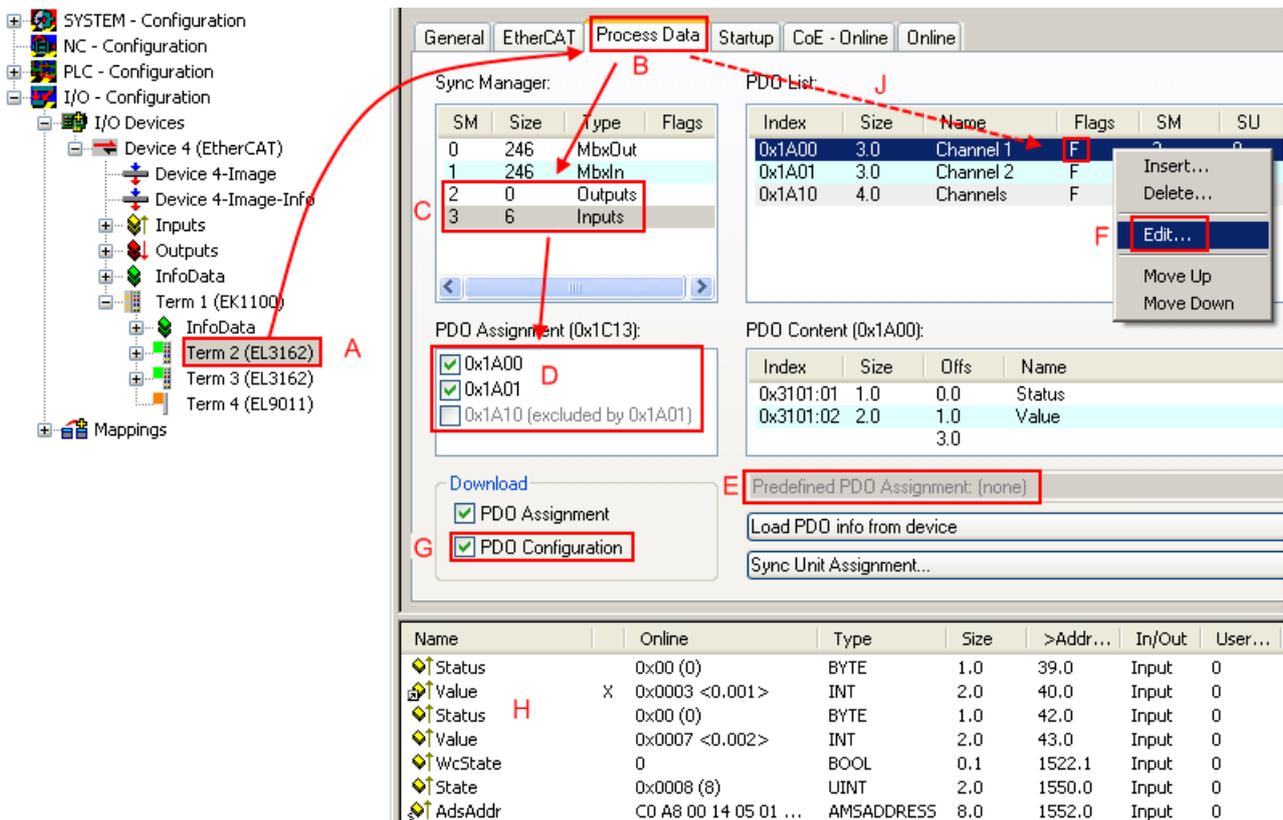


Abb. 122: Konfigurieren der Prozessdaten

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](#) [► 109] 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.

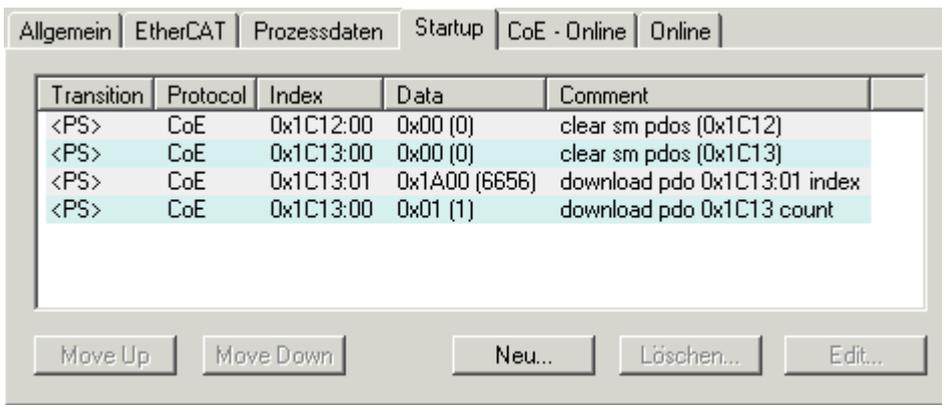


Abb. 123: Karteireiter „Startup“

Spalte	Beschreibung
Transition	Übergang, in den der Request gesendet wird. Dies kann entweder <ul style="list-style-type: none"> • der Übergang von Pre-Operational to Safe-Operational (PS) oder • der Übergang von Safe-Operational to Operational (SO) sein. Wenn der Übergang in „<>“ eingeschlossen ist (z. B. <PS>), dann ist der Mailbox Request fest und kann vom Anwender nicht geändert oder gelöscht werden.
Protokoll	Art des Mailbox-Protokolls
Index	Index des Objekts
Data	Datum, das zu diesem Objekt heruntergeladen werden soll.
Kommentar	Beschreibung des zu der Mailbox zu sendenden Requests

- Move Up** Diese Schaltfläche bewegt den markierten Request in der Liste um eine Position nach oben.
- Move Down** Diese Schaltfläche bewegt den markierten Request in der Liste um eine Position nach unten.
- New** Diese Schaltfläche fügt einen neuen Mailbox-Download-Request, der während des Startups gesendet werden soll hinzu.
- Delete** Diese Schaltfläche löscht den markierten Eintrag.
- Edit** Diese Schaltfläche editiert einen existierenden Request.

Karteireiter „CoE - Online“

Wenn der EtherCAT-Slave das Protokoll *CANopen over EtherCAT* (CoE) unterstützt, wird der zusätzliche Karteireiter *CoE - Online* angezeigt. Dieser Dialog listet den Inhalt des Objektverzeichnisses des Slaves auf (SDO-Upload) und erlaubt dem Anwender den Inhalt eines Objekts dieses Verzeichnisses zu ändern. Details zu den Objekten der einzelnen EtherCAT-Geräte finden Sie in den gerätespezifischen Objektbeschreibungen.

Index	Name	Flags	Wert
1000	Device type	RO	0x00000000 (0)
1008	Device name	RO	EL5001-0000
1009	Hardware version	RO	V00.01
100A	Software version	RO	V00.07
1011:0	Restore default parame...	RW	> 1 <
1011:01	Restore all	RW	0
1018:0	Identity object	RO	> 4 <
1018:01	Vendor id	RO	0x00000002 (2)
1018:02	Product code	RO	0x13893052 (327757906)
1018:03	Revision number	RO	0x00000000 (0)
1018:04	Serial number	RO	0x00000001 (1)
1A00:0	TxPDO 001 mapping	RO	> 2 <
1A00:01	Subindex 001	RO	0x3101:01, 8
1A00:02	Subindex 002	RO	0x3101:02, 32
1C00:0	SM type	RO	> 4 <
1C00:01	Subindex 001	RO	0x01 (1)
1C00:02	Subindex 002	RO	0x02 (2)
1C00:03	Subindex 003	RO	0x03 (3)
1C00:04	Subindex 004	RO	0x04 (4)
1C13:0	SM 3 PDO assign (inputs)	RW	> 1 <
1C13:01	Subindex 001	RW	0x1A00 (6656)
3101:0	Inputs	RO P	> 2 <
3101:01	Status	RO P	0x41 (65)
3101:02	Value	RO P	0x00000000 (0)
4061:0	Feature bits	RW	> 4 <
4061:01	disable frame error	RW	FALSE
4061:02	enable power failure Bit	RW	FALSE
4061:03	enable inhibit time	RW	FALSE
4061:04	enable test mode	RW	FALSE
4066	SSI-coding	RW	Gray code (1)
4067	SSI-baudrate	RW	500 kBaud (3)
4068	SSI-frame type	RW	Multiturn 25 bit (0)
4069	SSI-frame size	RW	0x0019 (25)
406A	Data length	RW	0x0018 (24)
406B	Min. inhibit time[μs]	RW	0x0000 (0)

Abb. 124: 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.

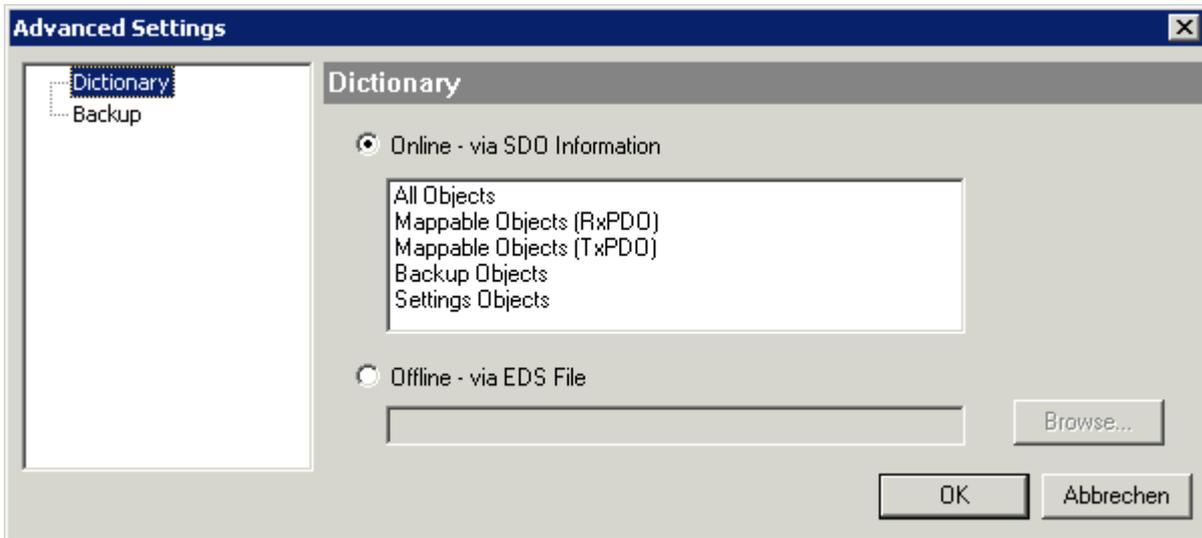


Abb. 125: Dialog „Advanced settings“

- 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“

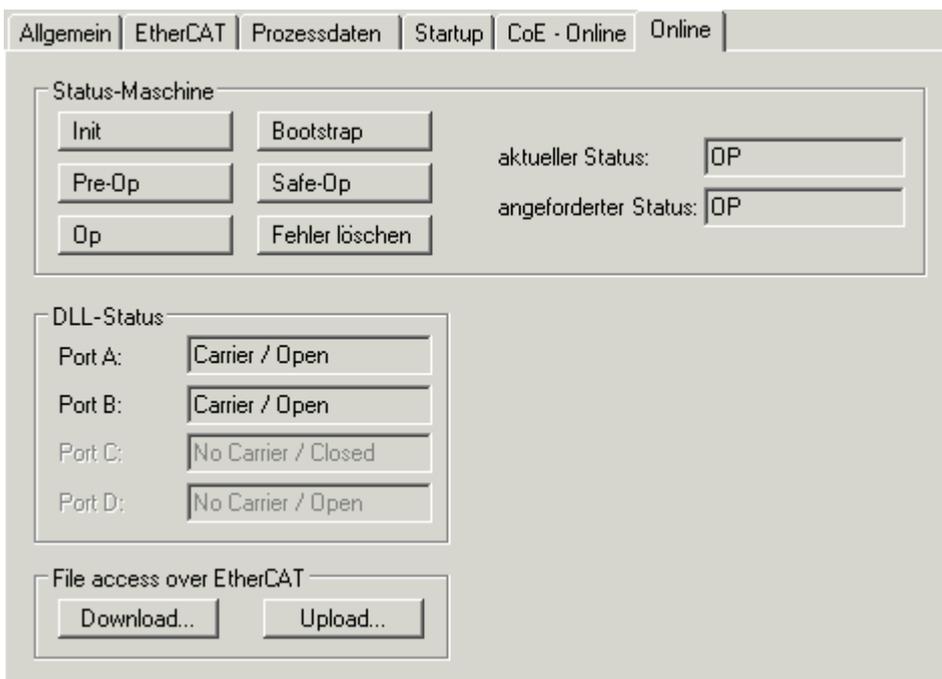


Abb. 126: Karteireiter „Online“

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.
- Angefordertes 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)

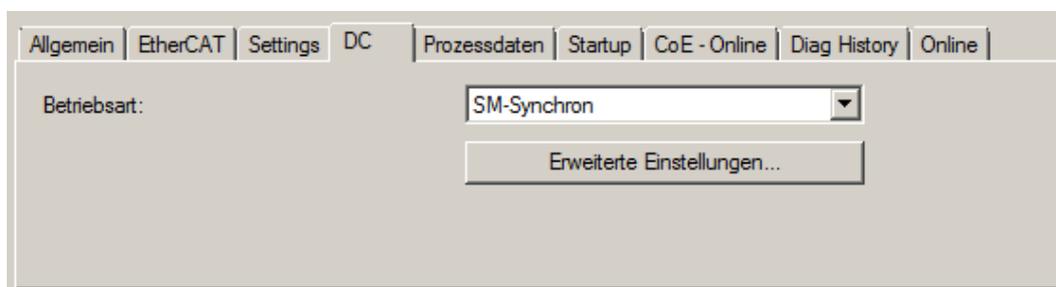


Abb. 127: Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)

Betriebsart	Auswahlmöglichkeiten (optional): <ul style="list-style-type: none"> • FreeRun • SM-Synchron • DC-Synchron (Input based) • DC-Synchron
Erweiterte Einstellungen...	Erweiterte Einstellungen für die Nachregelung der echtzeitbestimmende TwinCAT-Uhr

Detaillierte Informationen zu Distributed Clocks sind unter <http://infosys.beckhoff.de> angegeben:

Feldbuskomponenten → EtherCAT-Klemmen → EtherCAT System Dokumentation → Distributed Clocks

5.2.7.1 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.

● 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 \[► 107\]](#))

b) der System-Manager die EtherCAT-Slaves neu laden

(Schaltfläche  bei TwinCAT 2 bzw.  bei TwinCAT 3)

PDO-Liste

Liste aller von diesem EtherCAT-Gerät unterstützten PDOs. Der Inhalt des ausgewählten PDOs wird der Liste *PDO-Content* angezeigt. Durch Doppelklick auf einen Eintrag können Sie die Konfiguration des PDO ändern.

Spalte	Beschreibung	
Index	Index des PDO.	
Size	Größe des PDO in Byte.	
Name	Name des PDO. Wenn dieses PDO einem Sync-Manager zugeordnet ist, erscheint es als Variable des Slaves mit diesem Parameter als Namen.	
Flags	F	Fester Inhalt: Der Inhalt dieses PDO ist fest und kann nicht vom System-Manager geändert werden.
	M	Obligatorisches PDO (Mandatory). Dieses PDO ist zwingend Erforderlich und muss deshalb einem Sync-Manager Zugeordnet werden! Als Konsequenz können Sie dieses PDO nicht aus der Liste <i>PDO-Zuordnungen</i> streichen
SM	Sync-Manager, dem dieses PDO zugeordnet ist. Falls dieser Eintrag leer ist, nimmt dieses PDO nicht am Prozessdatenverkehr teil.	
SU	Sync-Unit, der dieses PDO zugeordnet ist.	

PDO-Inhalt

Zeigt den Inhalt des PDOs an. Falls das Flag F (fester Inhalt) des PDOs nicht gesetzt ist, können Sie den Inhalt ändern.

Download

Falls das Gerät intelligent ist und über eine Mailbox verfügt, können die Konfiguration des PDOs und die PDO-Zuordnungen zum Gerät herunter geladen werden. Dies ist ein optionales Feature, das nicht von allen EtherCAT-Slaves unterstützt wird.

PDO-Zuordnung

Falls dieses Kontrollkästchen angewählt ist, wird die PDO-Zuordnung die in der PDO-Zuordnungsliste konfiguriert ist beim Startup zum Gerät herunter geladen. Die notwendigen, zum Gerät zu sendenden Kommandos können in auf dem Karteireiter [Startup \[► 104\]](#) 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.

5.2.8 Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI

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

5.2.8.1 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):

The screenshot shows the TwinCAT configuration interface for a device. The following table represents the 'PDO List' shown in the interface:

Index	Size	Name
0x1B00	2.0	Ch1 CycleCount
0x1A00	2.0	Ch1 Sample 0
0x1A01	2.0	Ch1 Sample 1
0x1A02	2.0	Ch1 Sample 2
0x1A03	2.0	Ch1 Sample 3
0x1A04	2.0	Ch1 Sample 4
0x1A05	2.0	Ch1 Sample 5

The 'PDO Assignment (0x1C12)' section shows the following entries:

- 0x1AE0
- 0x1AE1
- 0x1AE2
- 0x1AE3
- 0x1B10

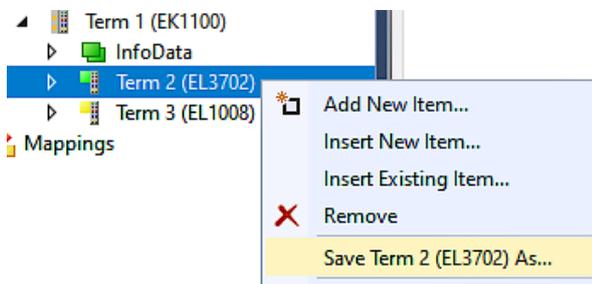
The 'Name' table at the bottom shows the following entries:

Name	Online	Type	Size	>Addr...
Ch1 CycleCount		UINT	2.0	58.0
Ch1 Value		INT	2.0	60.0
Ch1 Value		INT	2.0	62.0
Ch2 CycleCount		UINT	2.0	64.0
Ch2 Value		INT	2.0	66.0
Ch2 Value		INT	2.0	68.0
StartTimeNextLa...		UDINT	4.0	70.0
WcState		BIT	0.1	1522.2

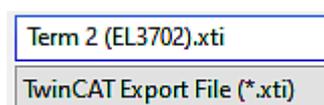
Die beiden genannten Methoden für den Export und Import der veränderten Klemme werden im Folgenden demonstriert.

5.2.8.2 Das Vorgehen innerhalb TwinCAT mit xti-Dateien

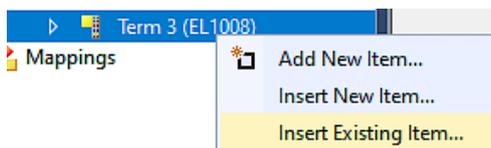
Jedes IO Gerät kann einzeln exportiert/abgespeichert werden:



Die xti-Datei kann abgelegt:



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



5.2.8.3 Das Vorgehen innerhalb und außerhalb TwinCAT mit sci-Datei

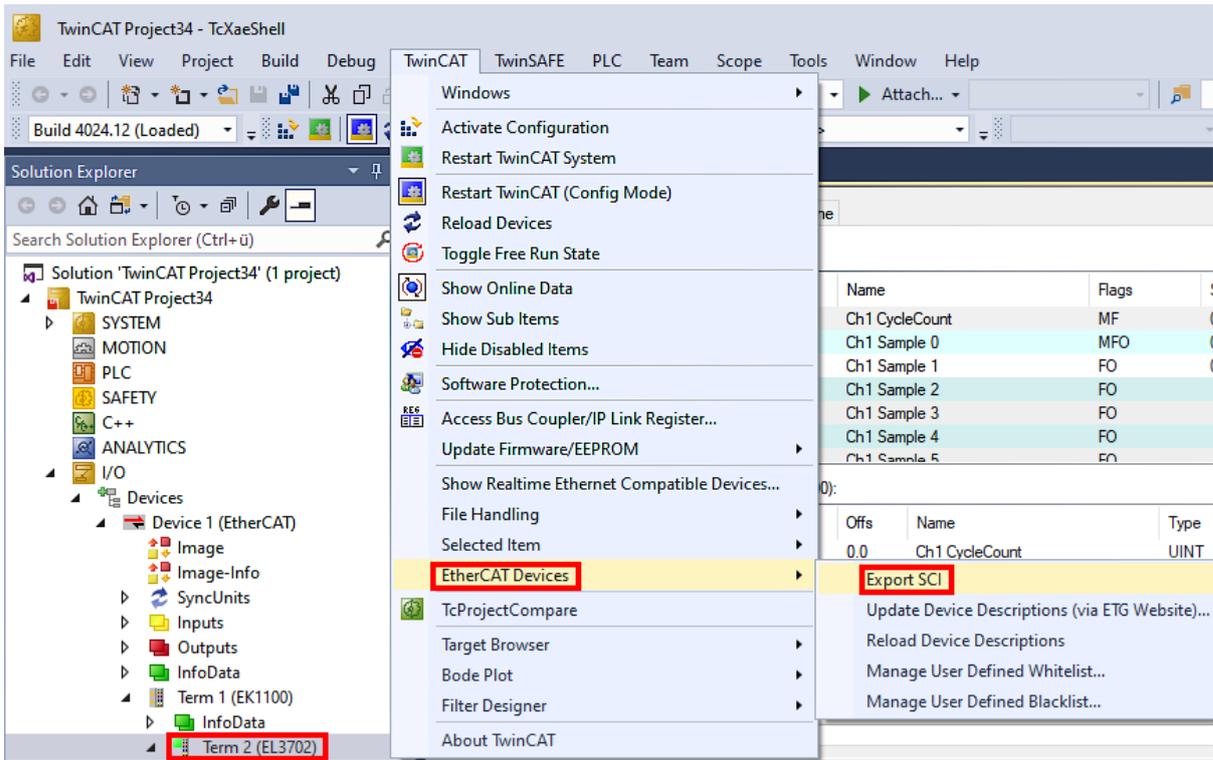
Hinweis Verfügbarkeit (2021/01)

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

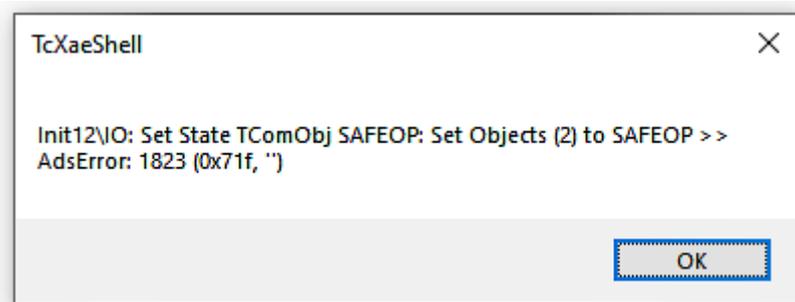
Die Slave Configuration Information (SCI) beschreibt eine bestimmte vollständige Konfiguration für einen EtherCAT Slave (Klemme, Box, Antrieb...) basierend auf den Einstellungsmöglichkeiten der Gerätebeschreibungdatei (ESI, EtherCAT Slave Information). Das heißt, sie umfasst PDO, CoE, Synchronisierung.

Export:

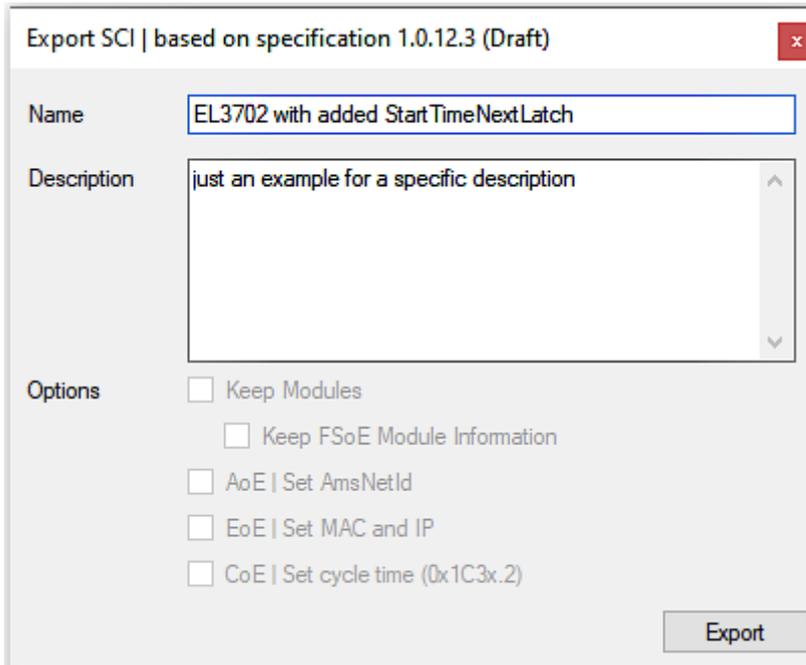
- einzelnes Gerät (auch Mehrfachauswahl möglich) über das Menü auswählen:
TwinCAT → EtherCAT Devices → Export SCI.



- 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:



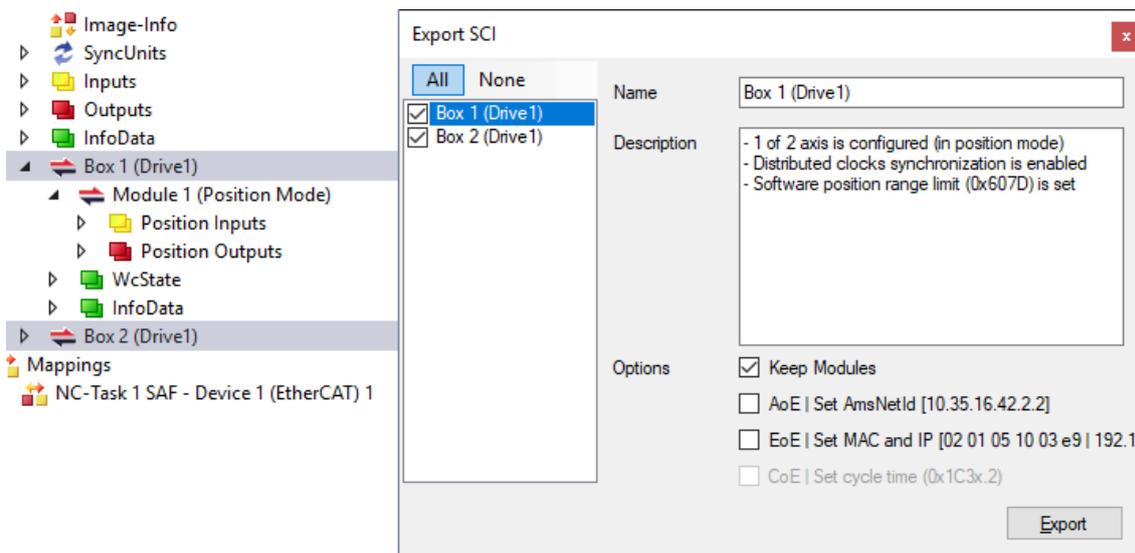
- Im Weiteren kann eine Beschreibung angegeben werden:



- 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*):

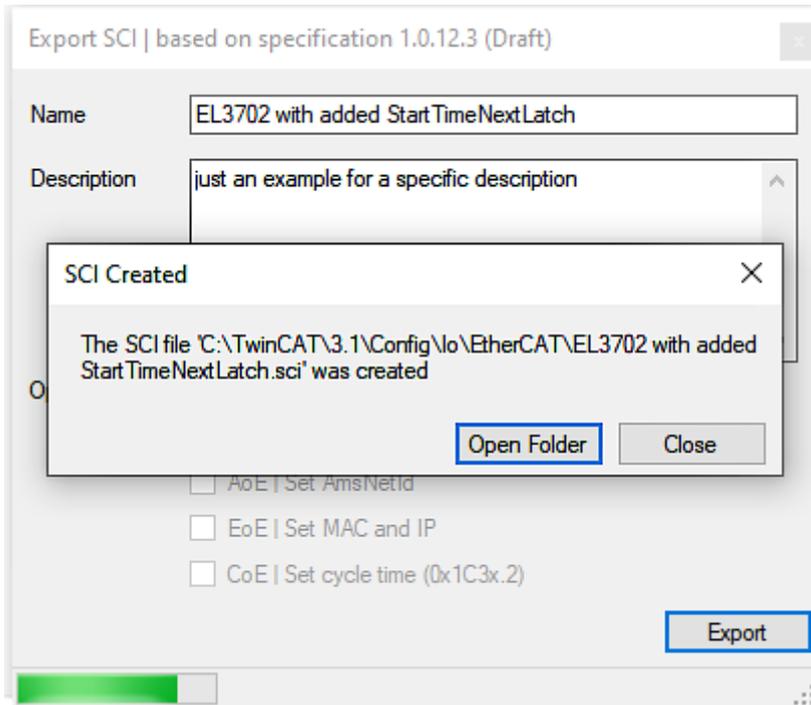


- Auswahl der zu exportierenden Slaves:

- All:
Es werden alle Slaves für den Export selektiert.
- None:
Es werden alle Slaves abgewählt.
- Die sci-Datei kann lokal abgespeichert werden:

Dateiname:
 Dateityp:

- Es erfolgt der Export:

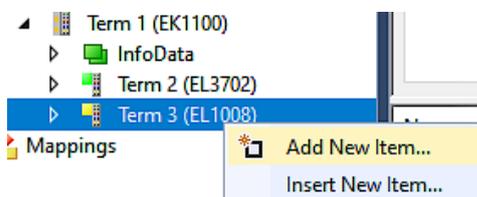


Import

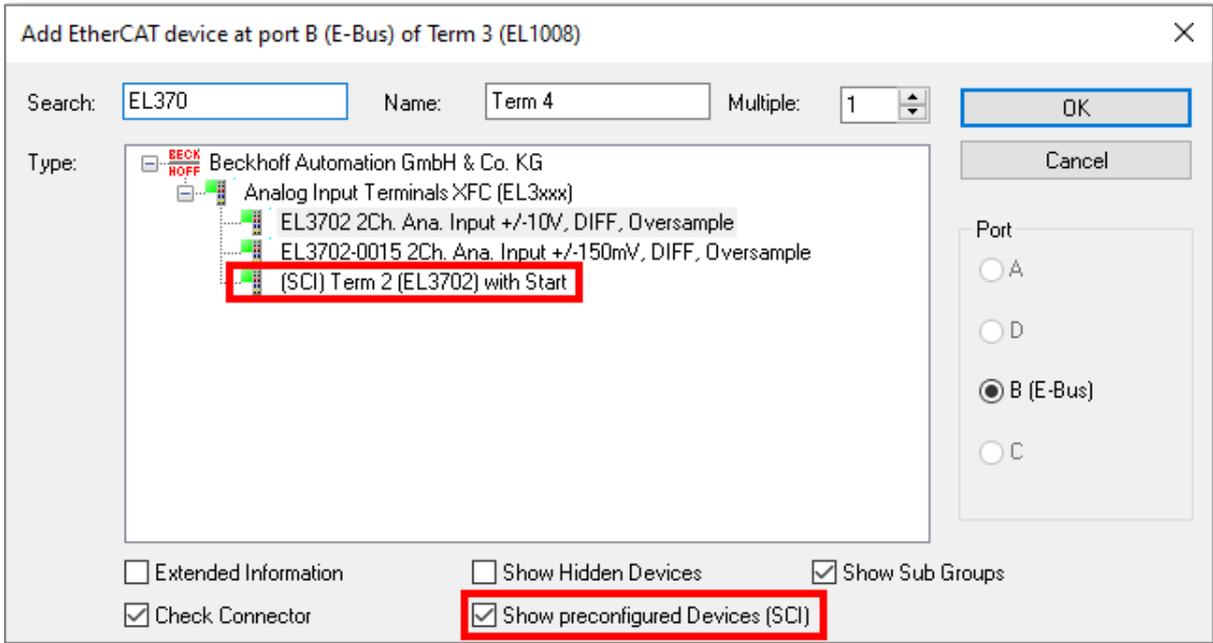
- Eine sci-Beschreibung kann wie jede normale Beckhoff-Gerätebeschreibung manuell in die TwinCAT-Konfiguration eingefügt werden.
- Die sci-Datei muss im TwinCAT-ESI-Pfad liegen, i.d.R. unter:
C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

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

- Öffnen des Auswahl-Dialogs:

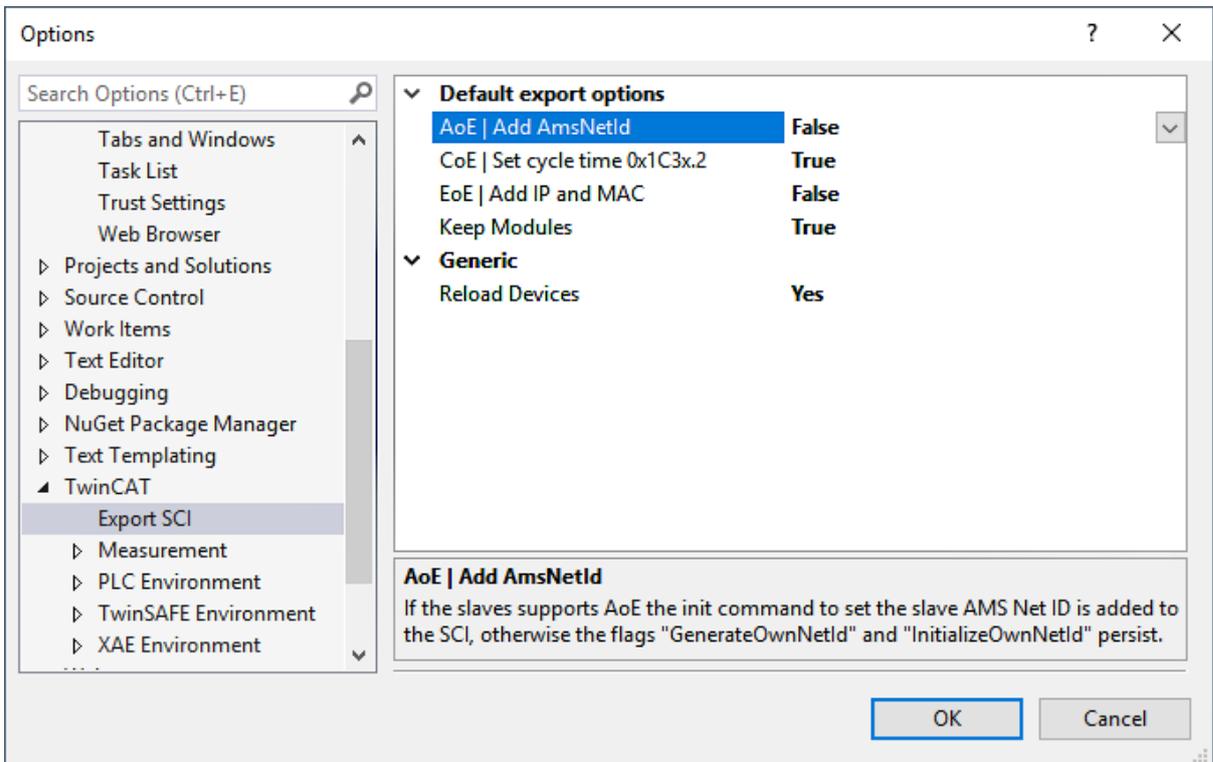


- SCI-Geräte anzeigen und gewünschtes Gerät auswählen und einfügen:



Weitere Hinweise

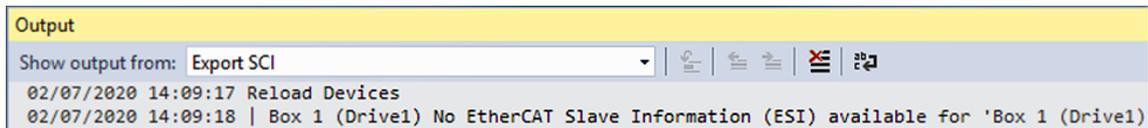
- Einstellungen für die SCI-Funktion können über den allgemeinen Options Dialog vorgenommen werden (Tools → Options → TwinCAT → Export SCI):



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:



5.3 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 ihrer 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.

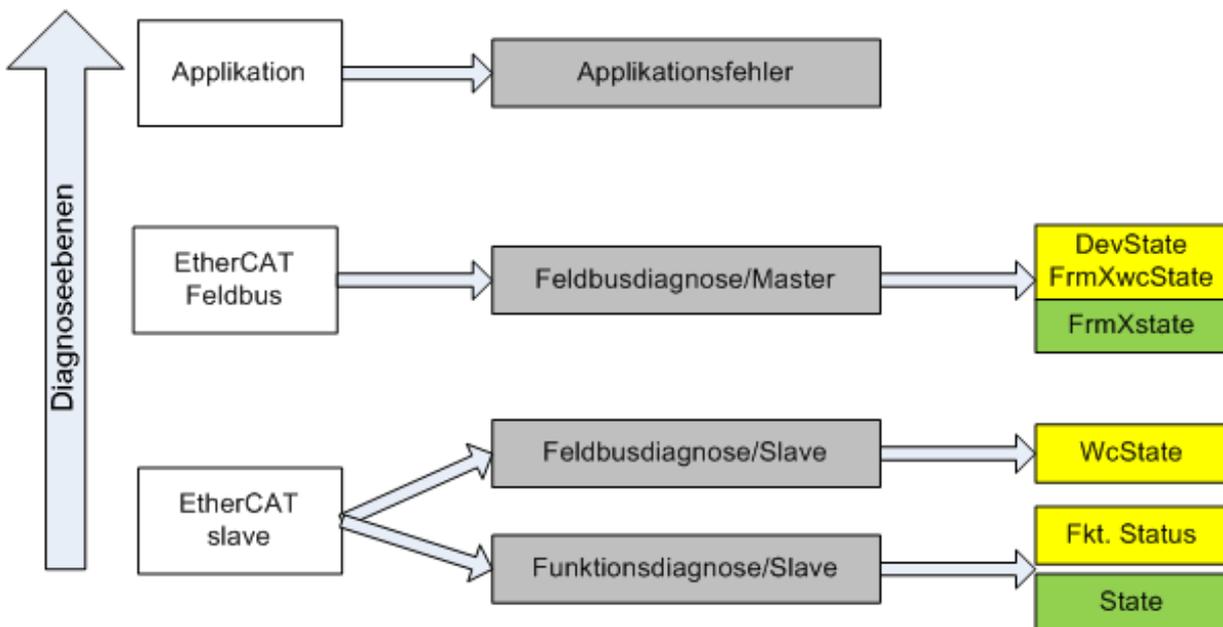


Abb. 128: Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT Slave

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 Slave* 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
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 Beispielimplementierung 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.

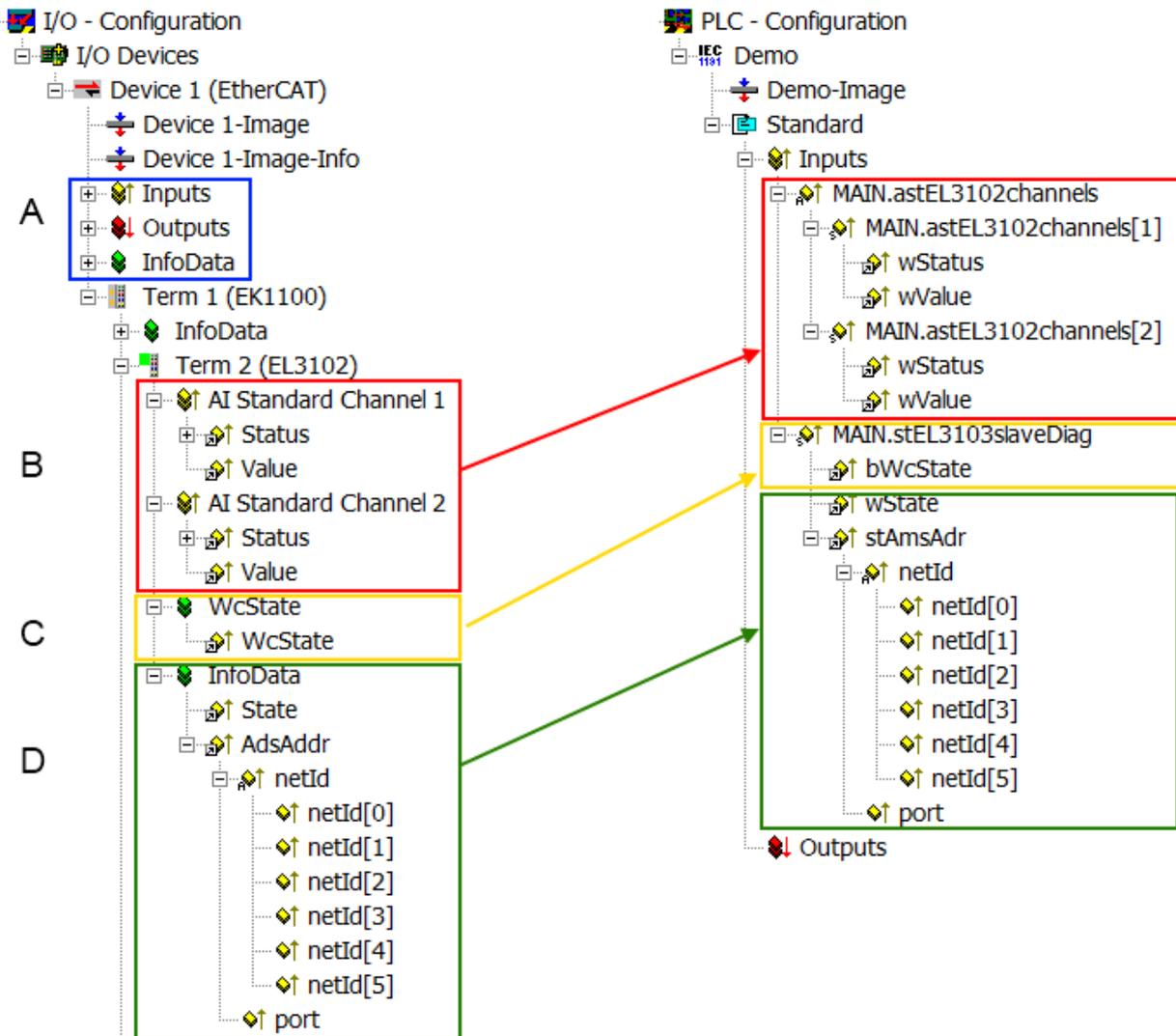


Abb. 129: Grundlegende EtherCAT Slave Diagnose in der PLC

Dabei werden folgende Aspekte abgedeckt:

Kennzeichen	Funktion	Ausprägung	Anwendung/Auswertung
A	Diagnoseinformationen des EtherCAT Master zyklisch aktualisiert (gelb) oder azyklisch bereitgestellt (grün).		Zumindest der DevState ist in der PLC zyklusaktuell auszuwerten. Die Diagnoseinformationen des EtherCAT Master bieten noch weitaus mehr Möglichkeiten, die in der EtherCAT-Systemdokumentation behandelt werden. Einige Stichworte: <ul style="list-style-type: none"> • CoE im Master zur Kommunikation mit/über die Slaves • Funktionen aus <i>TcEtherCAT.lib</i> • OnlineScan durchführen
B	Im gewählten Beispiel (EL3102) umfasst die EL3102 zwei analoge Eingangskanäle, die einen eigenen Funktionsstatus zyklusaktuell übermitteln.	Status <ul style="list-style-type: none"> • die Bitdeutungen sind der Gerätedokumentation zu entnehmen • andere Geräte können mehr oder keine slave-typischen Angaben liefern 	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Funktionsstatus ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
C	Für jeden EtherCAT Slave mit zyklischen Prozessdaten zeigt der Master durch einen so genannten WorkingCounter an, ob der Slave erfolgreich und störungsfrei am zyklischen Prozessdatenverkehr teilnimmt. Diese elementar wichtige Information wird deshalb im System Manager zyklusaktuell <ol style="list-style-type: none"> 1. am EtherCAT Slave als auch inhaltsidentisch 2. als Sammelvariable am EtherCAT Master (siehe Punkt A) 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"> • nur selten/nie verändert werden, außer beim Systemstart • selbst auf azyklischem Weg ermittelt werden (z.B. EtherCAT Status) 	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*:

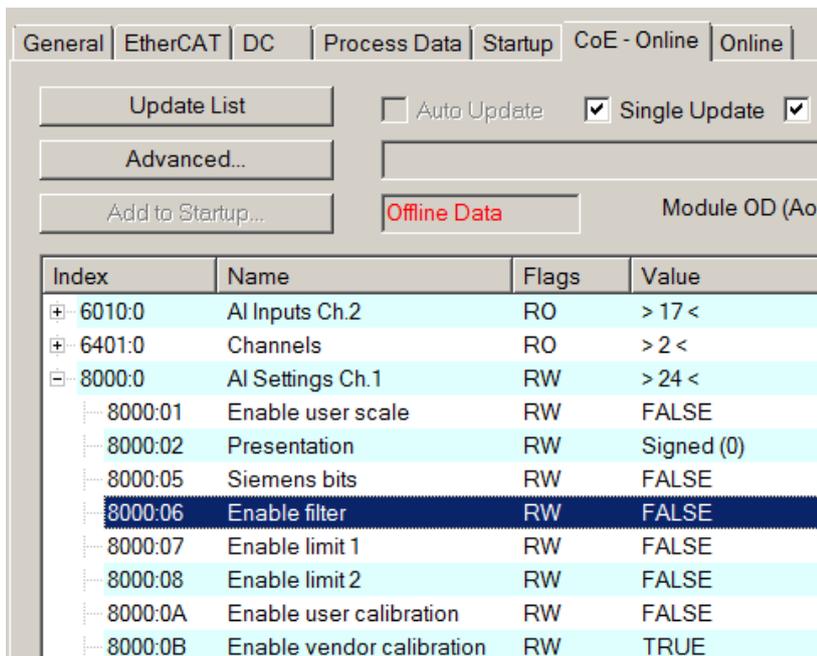


Abb. 130: EL3102, CoE-Verzeichnis

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 in TwinCAT System Managern ab TwinCAT 2.11R2 verfügbar. Sie werden über entsprechend erweiterte ESI-Konfigurationsdateien in den System Manager integriert.

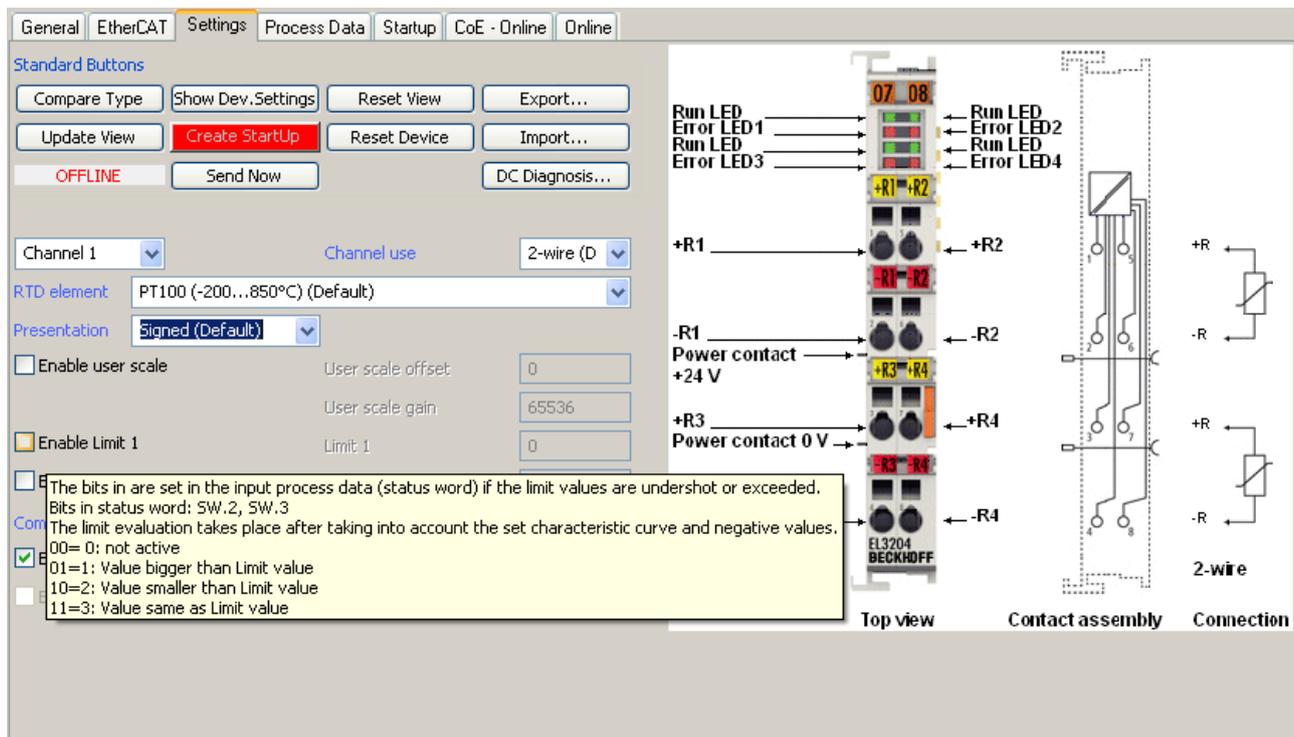


Abb. 131: Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204

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 Stati

- 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 [► 29]. 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.

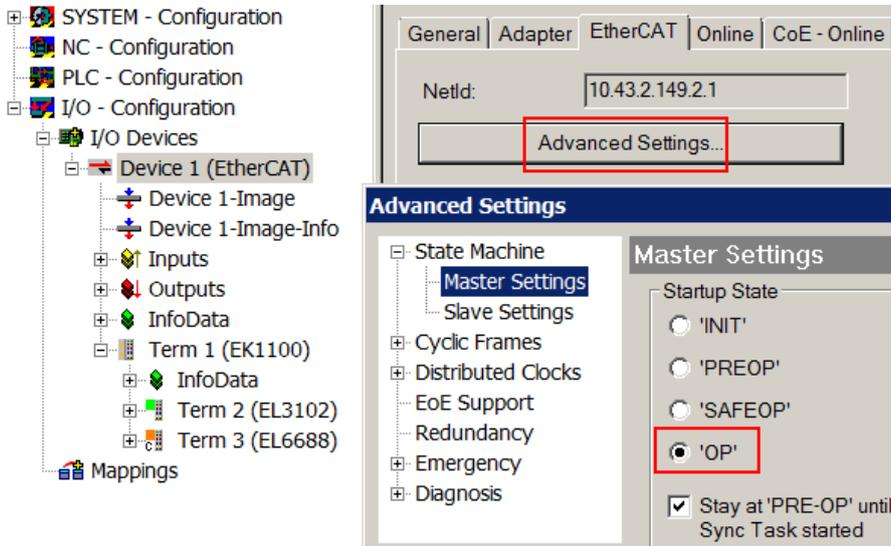


Abb. 132: Default Verhalten System Manager

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

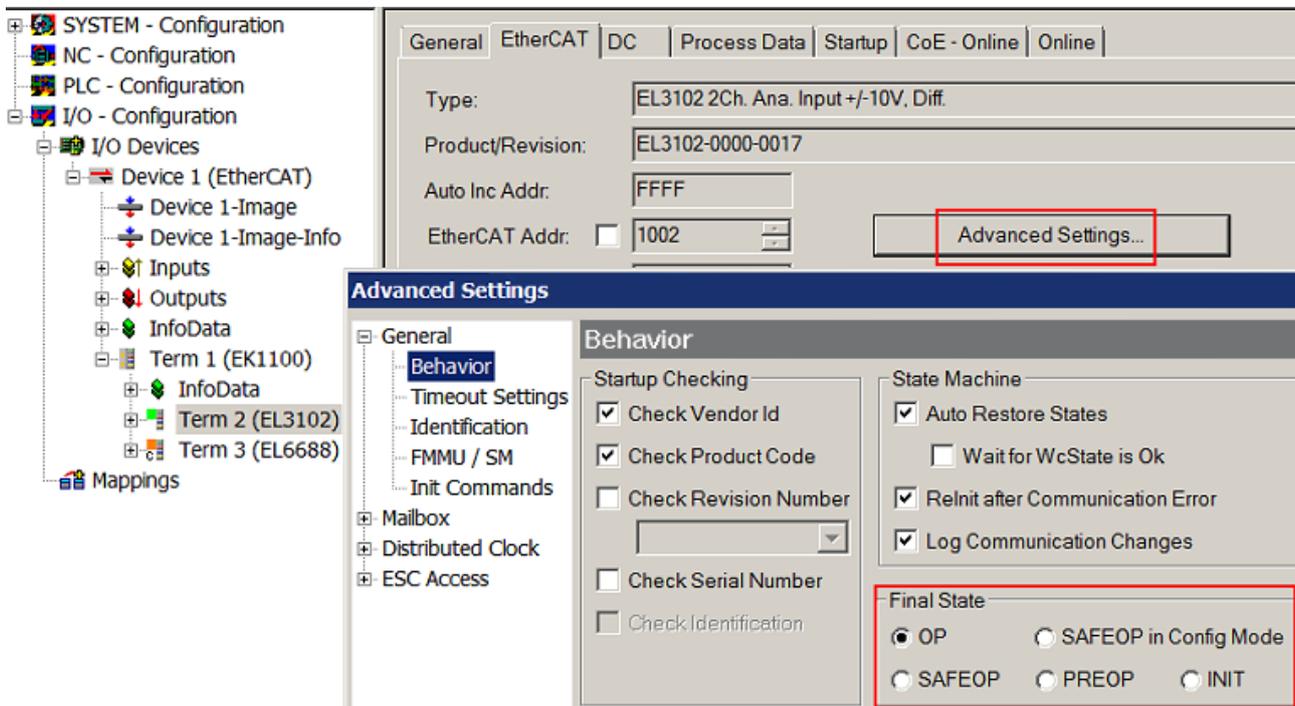


Abb. 133: Default Zielzustand im Slave

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.

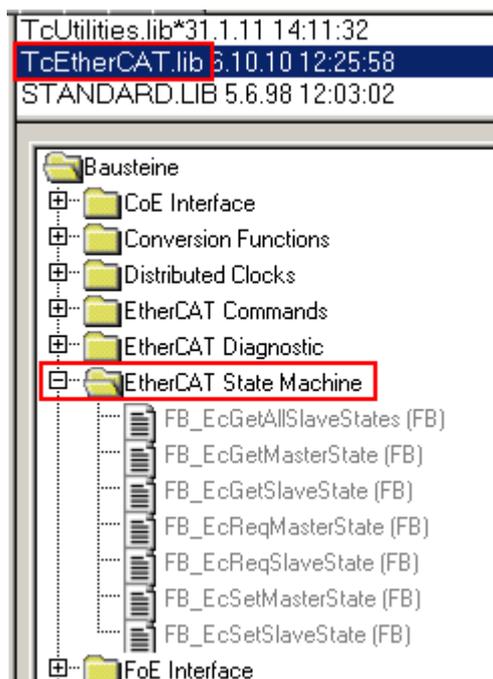


Abb. 134: PLC-Bausteine

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. 135: 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. 136: Warnmeldung E-Bus-Überschreitung

HINWEIS

Achtung! Fehlfunktion möglich!

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

5.4 Hinweise zu analogen Spezifikationen

Beckhoff IO-Geräte (Klemmen, Box-Module, Module) mit analogen Ein- und Ausgängen sind durch eine Reihe technischer Kenndaten charakterisiert, siehe dazu die Technischen Daten in den jeweiligen Dokumentationen.

Zur korrekten Interpretation dieser Kenndaten werden im Folgenden einige Erläuterungen gegeben.

Soweit nicht anders angegeben sind die Erläuterungen sinngemäß auf Ein- und Ausgangssignale anwendbar.

5.4.1 Messbereichsendwert (MBE), Ausgabeendwert (AEW)

Ein IO-Gerät mit analogem Eingang misst über einen nominellen Messbereich, der durch eine obere und eine untere Schranke (Anfangswert und Endwert) begrenzt wird die meist schon der Gerätebezeichnung entnommen werden kann.

Der Bereich zwischen beiden Schranken wird Messspanne genannt und entspricht der Formel (Endwert - Anfangswert). Entsprechend zu Zeigergeräten ist dies die Messskala (vgl. IEC 61131) oder auch der Dynamikumfang.

Für analoge IO-Geräte von Beckhoff gilt, dass als Messbereichsendwert (MBE, englisch: FSV = full scale value) des jeweiligen Produkts (auch: Bezugswert) die betragsmäßig größte Schranke des nominellen Messbereichs gewählt und mit positivem Vorzeichen versehen wird. Dies gilt für symmetrische und asymmetrische Messspannen.

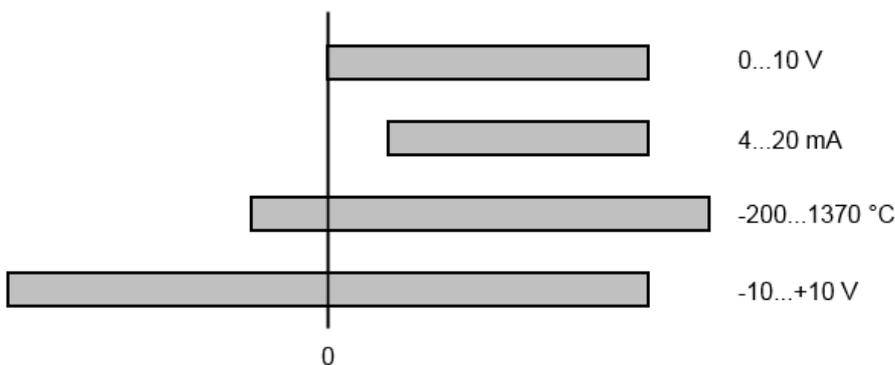


Abb. 137: Messbereichsendwert, Messspanne

Für die obigen **Beispiele** bedeutet dies:

- Messbereich 0...10 V: asymmetrisch unipolar, MBE = 10 V, Messspanne = 10 V
- Messbereich 4...20 mA: asymmetrisch unipolar, MBE = 20 mA, Messspanne = 16 mA
- Messbereich -200...1370°C: asymmetrisch bipolar, MBE = 1370°C, Messspanne = 1570°C
- Messbereich -10...+10 V: symmetrisch bipolar, MBE = 10 V, Messspanne = 20 V

Je nach Funktionsumfang kann ein Analogeingangskanal einen technischen Messbereich aufweisen, der über den nominellen Messbereich hinausgeht, z.B. um mehr Diagnoseinformationen über das Signal zu gewinnen.

Die fallweisen Angaben in der Gerätedokumentation zum Verhalten außerhalb des nominellen Messbereichs (Messunsicherheit, Anzeigewert) sind zu beachten.

Die o.a. Gedanken sind entsprechend auf analoge Ausgabegeräte anwendbar:

- Der Messbereichsendwert (MBE) wird zum Ausgabeendwert (AEW)
- Auch hier kann es zum nominellen Ausgabebereich einen (größeren) technischen Ausgabebereich geben

5.4.2 Messfehler/Messabweichung/Messunsicherheit, Ausgabeunsicherheit

● Analoge Ausgabe



Die folgenden Angaben gelten sinngemäß auch für den Ausgabeendwert (AEW) analoger Ausgabegeräte.

Der relative Messfehler als Spezifikationswert eines Beckhoff-Analoggeräts wird angegeben in % vom nominellen MBE (AEW) und berechnet als Quotient aus der zahlenmäßig größten wahrscheinlich möglichen Abweichung vom wahren Messwert (Ausgabewert) in Bezug auf den MBE (AEW):

$$\text{Messfehler} = \frac{|\text{max. Abweichung}|}{\text{MBE}}$$

Hier ist anzumerken, dass der „wahre Messwert“ auch nicht unendlich genau bestimmt werden kann, sondern nur über Referenzgeräte mit höherem Aufwand an Technik und Messdauer und somit deutlich geringerer Messunsicherheit ermittelt wird.

Der Wert beschreibt also das Ergebnisfenster, in dem der vom betrachteten Gerät (Beckhoff-Analoggerät) ermittelte Messwert mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit in Relation zum „wahren Wert“ liegt. Es handelt sich dabei also umgangssprachlich um einen „typischen“ Wert (typ.); damit wird ausgedrückt, dass die große statistische Mehrheit der Werte im Spezifikationsfenster liegen wird, es aber in seltenen Fällen auch zu Abweichungen außerhalb des Fensters kommen kann/wird.

Deshalb hat sich mittlerweile auch eher der Begriff „Messunsicherheit“ für dieses Fenster etabliert, denn mit „Fehler“ werden mittlerweile eher bekannte und damit i.d.R. systematisch abstellbare Störeffekte bezeichnet.

Die Messunsicherheitsangabe ist immer auch in Abhängigkeit von potenziellen Umgebungseinflüssen zu sehen:

- unveränderliche elektrische Kanaleigenschaften wie Temperaturempfindlichkeit,
- veränderliche Einstellungen des Kanals (Rauschen via Filtern, Samplingrate, ...).

Messunsicherheitsangaben ohne weitere Betriebseingrenzung (auch „Gebrauchsfehlergrenze“ genannt) können als Wert „über alles“ angenommen werden: gesamter zulässige Betriebstemperaturbereich, Default-Einstellung, etc.

Das Fenster ist immer als Positiv/Negativ-Spanne mit „±“ zu verstehen, auch wenn fallweise als „halbes“ Fenster ohne „±“ angegeben.

Die maximale Abweichung kann auch direkt angegeben werden.

Beispiel: Messbereich 0...10 V (MBE = 10 V) und Messunsicherheit $< \pm 0,3\%_{\text{MBE}}$ → die zu erwartende, maximale übliche Abweichung beträgt ± 30 mV im zulässigen Betriebstemperaturbereich.

● Geringere Messunsicherheit möglich



Falls diese Angabe auch die Temperaturdrift beinhaltet, kann bei Sicherstellung einer konstanten Umgebungstemperatur des Geräts und thermischer Stabilisierung in der Regel nach einem Anwenderabgleich von einem signifikant geringeren Messfehler ausgegangen werden.

5.4.3 Temperaturkoeffizient tK [ppm/K]

Eine elektronische Schaltung ist in der Regel mehr oder weniger temperaturabhängig. Im Bereich der analogen Messtechnik bedeutet dies, dass der mittels einer elektronischen Schaltung ermittelte Messwert reproduzierbar in seiner Abweichung vom „wahren“ Wert von der Umgebungs-/Betriebstemperatur abhängig ist.

Lindern kann ein Hersteller dies durch Verwendung höherwertiger Bauteile oder Software-Maßnahmen.

Der von Beckhoff ggf. angegebene Temperaturkoeffizient erlaubt es dem Anwender den zu erwartenden Messfehler außerhalb der Grundgenauigkeit zu berechnen. Die Grundgenauigkeit ist meist für 23°C Umgebungstemperatur angegeben, in Sonderfällen auch bei anderer Temperatur.

Aufgrund der umfangreichen Unsicherheitsbetrachtungen, die in die Bestimmungen der Grundgenauigkeit eingehen, empfiehlt Beckhoff eine quadratische Summierung.

Beispiel: Grundgenauigkeit sei $\pm 0,01\%$ typ. (MBE), $tK = 20 \text{ ppm/K}$ typ., bei 23°C, gesucht ist die Genauigkeit G35 bei 35°C, somit $\Delta T = 12\text{K}$

$$G35 = \sqrt{(0,01\%)^2 + (12\text{K} \cdot 20 \frac{\text{ppm}}{\text{K}})^2} = 0,026\% \text{ MBE, typ.}$$

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

5.4.4 Langzeiteinsatz

Analoge Baugruppen (Eingänge, Ausgänge) unterliegen im Betrieb beständiger Umwelteinwirkung (Temperatur, Temperaturwechsel, Schock/Vibration, Einstrahlung etc.). Dies kann Einfluss auf die Funktion, insbesondere die analoge Genauigkeit (auch: Mess- bzw. Ausgabeunsicherheit) haben.

Als Industrieprodukte sind Beckhoff Analoggeräte für den 24h/7d Dauereinsatz ausgelegt. Die Geräte zeigen, dass sie insbesondere die Genauigkeitsspezifikation in der Regel auch im Langzeiteinsatz einhalten. Eine zeitlich unbeschränkte Funktionszusicherung (betrifft auch die Genauigkeit) kann wie üblich für technischen Geräte allerdings nicht gegeben werden.

Beckhoff empfiehlt die Verwendungsfähigkeit in Bezug auf das Einsatzziel im Rahmen üblicher Anlagenwartung z.B. alle 12-24 Monate zu prüfen.

5.4.5 Massebezug: Typisierung SingleEnded / Differentiell

Beckhoff unterscheidet analoge Eingänge grundsätzlich in den zwei Typen *Single-Ended* (SE) und *Differentiell* (DIFF) und steht hier für den unterschiedlichen elektrischen Anschluss bezüglich der Potenzialdifferenz.

In dieser Abbildung sind ein SE und ein DIFF-Modul als 2-kanalige Variante aufgezeigt, exemplarisch für alle mehrkanaligen Ausführungen.

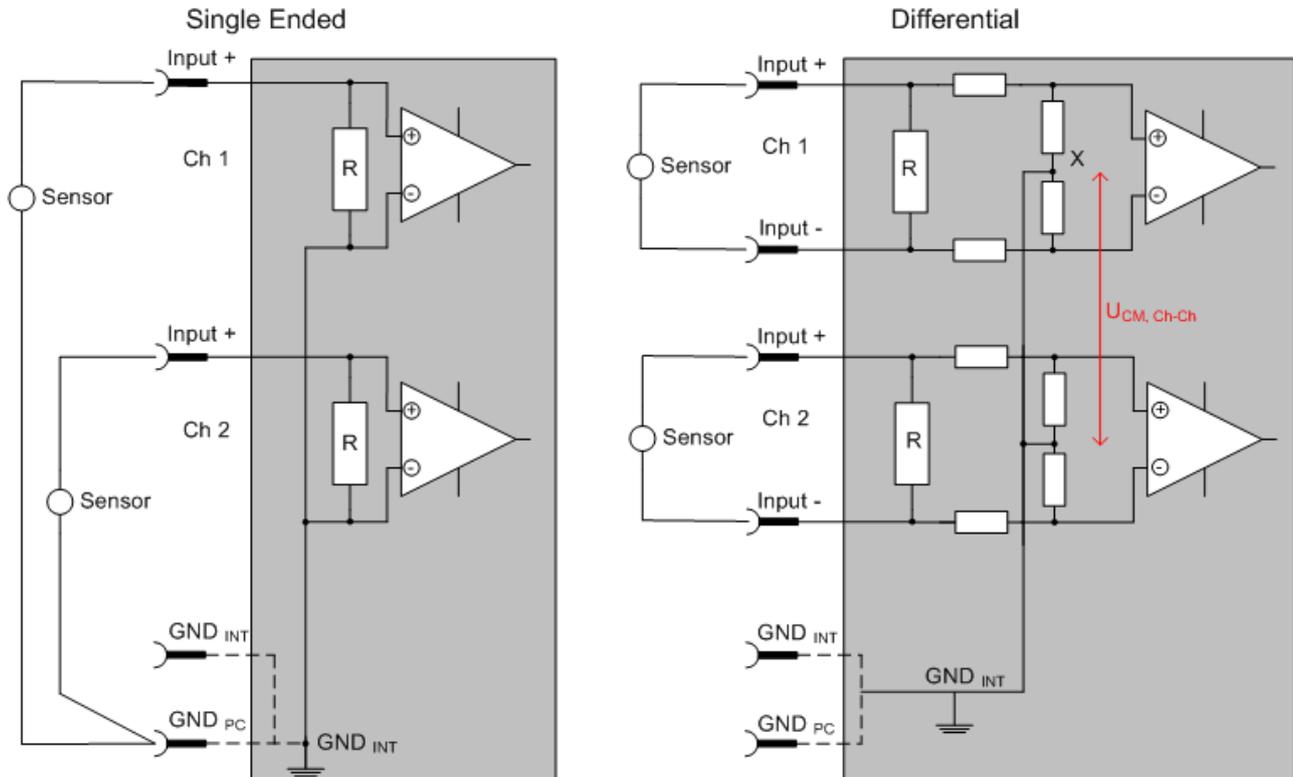


Abb. 138: SE und DIFF-Modul als 2-kanalige Variante

Hinweis: gestrichelte Linien bedeuten, dass diese Verbindung nicht unbedingt in jedem SE- oder DIFF-Modul vorhanden sein muss. Galvanisch getrennte Kanäle arbeiten grundsätzlich in differentieller Art, nur dass überhaupt kein direkter (galvanischer) Massebezug im Modul hergestellt ist. Spezifikationsangaben zu empfohlenen und maximalen Spannungen sind jeweils allerdings zu beachten.

Grundsätzlich gilt

- Die analoge Messung erfolgt immer als Spannungsmessung zwischen zwei Potenzialpunkten. Bei einer Spannungsmessung ist R groß gewählt, um eine hohe Impedanz zu gewährleisten, bei einer Strommessung ist R als Shunt niedrig gewählt. Ist der Messzweck eine Widerstandsbestimmung, erfolgt die Betrachtung entsprechend.
 - Dabei sind diese beiden Punkte bei Beckhoff üblicherweise als Input+/SignalPotenzial und Input-/BezugsPotenzial gekennzeichnet.
 - Für die Messung zwischen zwei Potenzialpunkten sind auch zwei Potenziale heranzuführen.
 - Bei den Begrifflichkeiten „1-Leiter-Anschluss“ oder „3-Leiter-Anschluss“ ist bezüglich der reinen Analog-Messung zu beachten: 3- oder 4-Leiter können zur Sensorversorgung dienen, haben aber mit der eigentlichen Analog-Messung nichts zu tun, diese findet immer zwischen zwei Potenzialen/Leitungen statt. Dies gilt insbesondere auch für SE, auch wenn hier die Benennung suggeriert, dass nur eine Leitung benötigt wird.
- Es ist im Vorfeld der Begriff der "galvanischen Trennung" klarzustellen. Beckhoff I/O-Geräte verfügen über 1 bis 8 oder mehr analoge Kanäle; bei Betrachtungen bezüglich des Kanalanschlusses ist zu unterscheiden
 - wie sich die Kanäle INNERHALB eines Moduls zueinander stellen oder

- wie sich die Kanäle MEHRERER Module zueinander stellen.
Ob die Kanäle zueinander direkt in Verbindung stehen, wird u. a. mit der Eigenschaft der galvanischen Trennung spezifiziert.
- Beckhoff I/O-Geräte sind immer mit einer galvanischen Trennung von Feld/Analog-Seite zu Bus/EtherCAT-Seite ausgerüstet. Wenn zwei analoge I/O-Geräte also nicht über die Powerkontakte/Powerleitung miteinander galvanisch verbunden sind, besteht faktisch eine galvanische Trennung zwischen ihnen.
- Falls Kanäle innerhalb eines Geräts galvanisch getrennt sind oder ein einkanaliges Gerät keine Powerkontakte aufweist, handelt es sich faktisch immer um differentielle Kanäle, siehe dazu auch folgende Erläuterungen. Differentielle Kanäle sind nicht zwangsläufig galvanisch getrennt.
- Analoge Messkanäle unterliegen technischen Grenzen sowohl bezüglich des empfohlenen bestimmungsgemäßen Betriebsbereichs (Dauerbetrieb) als auch der Zerstörgrenze. Entsprechende Hinweise in den Dokumentationen der Geräte sind zu beachten.

Erläuterung

• Differentiell (DIFF)

- Die differentielle Messung ist das flexibelste Konzept. Beide Anschlusspunkte Input+/Signalpotenzial und Input-/Bezugspotenzial sind vom Anwender im Potenzial im Rahmen der technischen Spezifikation frei wählbar.
- Ein differentieller Kanal kann auch als SE betrieben werden, wenn das Bezugspotenzial von mehreren Sensoren verbunden wird. Dieser Verbindungspunkt kann auch Anlagen-GND sein.
- Da ein differentieller Kanal intern symmetrisch aufgebaut ist (siehe Abb. SE und DIFF-Modul als 2-kanalige Variante) stellt sich in der Mitte zwischen den beiden zugeführten Potenzialen ein Mittel-Potenzial ein (X), das gleichbedeutend mit dem internen Ground/Bezugsmasse dieses Kanals ist. Wenn mehrere DIFF-Kanäle ohne galvanische Trennung in einem Modul verbaut sind, kennzeichnet die technische Eigenschaft „ U_{CM} (common mode Spannung)“, wie weit die Kanäle in Ihrer Mittenspannung auseinander liegen dürfen.
- Die interne Bezugsmasse kann gegebenenfalls als Anschlusspunkt am Gerät zugänglich sein, um ein definiertes GND-Potenzial im Gerät zu stabilisieren. Es ist allerdings dann besonders auf die Qualität dieses Potenzials (Rauschfreiheit, Spannungskonstanz) zu achten. An diesen GND-Punkt kann auch eine Leitung angeschlossen werden die dafür sorgt, dass bei der differentiellen Sensorleitung die $U_{CM,max}$ nicht überschritten wird.
Sind differentielle Kanäle nicht galvanisch getrennt, ist i. d. R nur eine $U_{CM,max}$ zulässig. Bei galvanischer Trennung sollte dieses Limit nicht vorhanden sein und die Kanäle dürfen nur bis zur spezifizierten Trennungsgrenze auseinander liegen.
- Differentielle Messung in Kombination mit korrekter Sensorleitungsverlegung hat den besonderen Vorteil, dass Störungen die auf das Sensorkabel wirken (idealerweise sind Hin- und Rückleitung nebeneinander verlegt, so dass beide Leitungen von Störsignalen gleich getroffen werden) sehr wenig effektive Auswirkung auf die Messung haben, weil beide Leitungen gemeinsam (= common) im Potenzial verschoben werden - umgangssprachlich: Gleichtaktstörungen wirken auf beide Leitungen gleichzeitig in Amplitude und Phasenlage.
- Trotzdem unterliegt die Unterdrückung von Gleichtaktstörungen innerhalb eines Kanals oder zwischen Kanälen technischen Grenzen, die in den technischen Daten spezifiziert sind.
- Weitere hilfreiche Ergänzungen dazu sind der Dokumentationsseite *Beschaltung von 0/4...20 mA Differenzeingängen* (siehe z. B. Dokumentation zu den Klemmen EL30xx) zu entnehmen.

• Single-Ended (SE)

- Ist die Analog-Schaltung als SE konzipiert, ist die Input-/Bezugsleitung intern fest auf ein bestimmtes nicht änderbares Potenzial gelegt. Dieses Potenzial muss an mindestens einer Stelle des Geräts von außen zum Anschluss des Bezugspotenzials zugänglich sein, z. B. über die Powerkontakte/Powerleitung.
- SE bietet dem Anwender die Möglichkeit, bei mehreren Kanälen zumindest eine der beiden Sensorleitungen nicht bis zum Gerät zurückführen zu müssen wie bei DIFF, sondern die Bezugsleitung bereits an den Sensoren zusammenzufassen, z. B. im Anlagen-GND.
- Nachteilig dabei ist, dass es über die getrennte Vor- und Rückleitung zu Spannungs-/Stromveränderungen kommen kann, die von einem SE-Kanal nicht mehr erfasst werden können, siehe Gleichtaktstörung. Ein U_{CM} -Effekt kann nicht auftreten da die interne Schaltung der Kanäle eines Gerätes ja immer durch Input-/Bezugspotenzial hart miteinander verbunden sind.

Typisierung 2/3/4-Leiter-Anschluss von Stromsensoren

Stromgeber/Sensoren/Feldgeräte (im Folgenden nur „Sensor“ genannt) mit der industriellen 0/4-20mA-Schnittstelle haben typisch eine interne Wandlungselektronik von der physikalischen Messgröße (Temperatur, Strom...) auf den Stromregelausgang. Diese interne Elektronik muss mit Energie (Spannung, Strom) versorgt werden. Die Zuleitungsart dieser Versorgung trennt die Sensoren somit in *selbstversorgende* oder *extern versorgte* Sensoren:

Selbstversorgende Sensoren

- Die Energie für den Eigenbetrieb bezieht der Sensor über die Sensor-/Signal-Leitung + und – selbst. Damit immer genug Energie für den Eigenbetrieb zur Verfügung steht und eine Drahtbruchererkennung möglich ist, wurde bei der 4-20 mA-Schnittstelle als untere Grenze 4 mA festgelegt, das heißt minimal lässt der Sensor 4 mA, maximal 20 mA Strom passieren.
- 2-Leiter-Anschluss siehe Abb. *2-Leiter-Anschluss*, vgl. IEC60381-1
- Solche Stromgeber stellen in der Regel eine Stromsenke dar, möchten also als „variable Last“ zwischen + und – sitzen. Siehe dazu Angaben des Sensorherstellers.

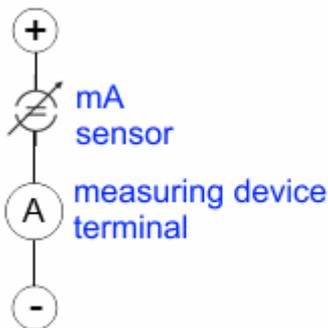


Abb. 139: 2-Leiter-Anschluss

Sie sind deshalb nach der Beckhoff-Terminologie wie folgt anzuschließen:

bevorzugt an „**single ended**“-Eingänge, wenn die +Supply-Anschlüsse des Geräts gleich mitgenutzt werden sollen - anzuschließen an +Supply und Signal.

Sie können aber auch an „**differentielle**“ Eingänge angeschlossen werden, wenn der Schluss nach GND dann applikationsseitig selbst hergestellt wird – polrichtig anzuschließen an +Signal und –Signal. Unbedingt die Hinweisseite *Beschaltung von 0/4...20 mA Differenzeingängen* (siehe z. B. Dokumentation zu den Klemmen EL30xx) beachten!

Extern versorgte Sensoren

- 3- und 4-Leiter-Anschluss siehe Abb. *Anschluss extern versorgte Sensoren*, vgl. IEC60381-1
- Die Energie/Betriebsspannung für den Eigenbetrieb bezieht der Sensor aus zwei eigenen Versorgungsleitungen. Für die Signalübertragung der Stromschleife werden ein oder zwei weitere Sensorleitungen verwendet:
 - 1 Sensorleitung: nach der Beckhoff-Terminologie sind solche Sensoren an „**single ended**“-Eingänge anzuschließen in 3 Leitungen mit +/-Signal und ggf. FE/Schirm.
 - 2 Sensorleitungen: Bei Sensoren mit 4-Leiter-Anschluss nach +Supply/-Supply/+Signal/-Signal ist zu prüfen ob der +Signal mit +Supply oder der –Signal-Anschluss mit –Supply verbunden werden darf.
Ja:
Dann kann entsprechend an einen Beckhoff „**single ended**“-Eingang angeschlossen werden.
Nein:
es ist der Beckhoff „**differentiell**“ Eingang für +Signal und –Signal zu wählen, +Supply und –Supply sind über extra Leitungen anzuschließen.
Unbedingt die Hinweisseite *Beschaltung von 0/4...20 mA Differenzeingängen* (siehe z. B. Dokumentation zu den Klemmen EL30xx) beachten!

Hinweis: fachspezifische Organisationen wie NAMUR fordern einen nutzbaren Messbereich $<4 \text{ mA}/>20 \text{ mA}$ zur Fehlererkennung und Justage, vgl. NAMUR NE043.

Es ist in der Beckhoff Gerätedokumentation einzusehen, ob das jeweilige Gerät solch einen erweiterten

Signalbereich unterstützt.

Bei unipolaren Klemmen/ Box-Modulen (und verwandten Produktgruppen) ist üblicherweise eine interne Diode vorhanden, dann ist die Polarität/Stromrichtung zu beachten:

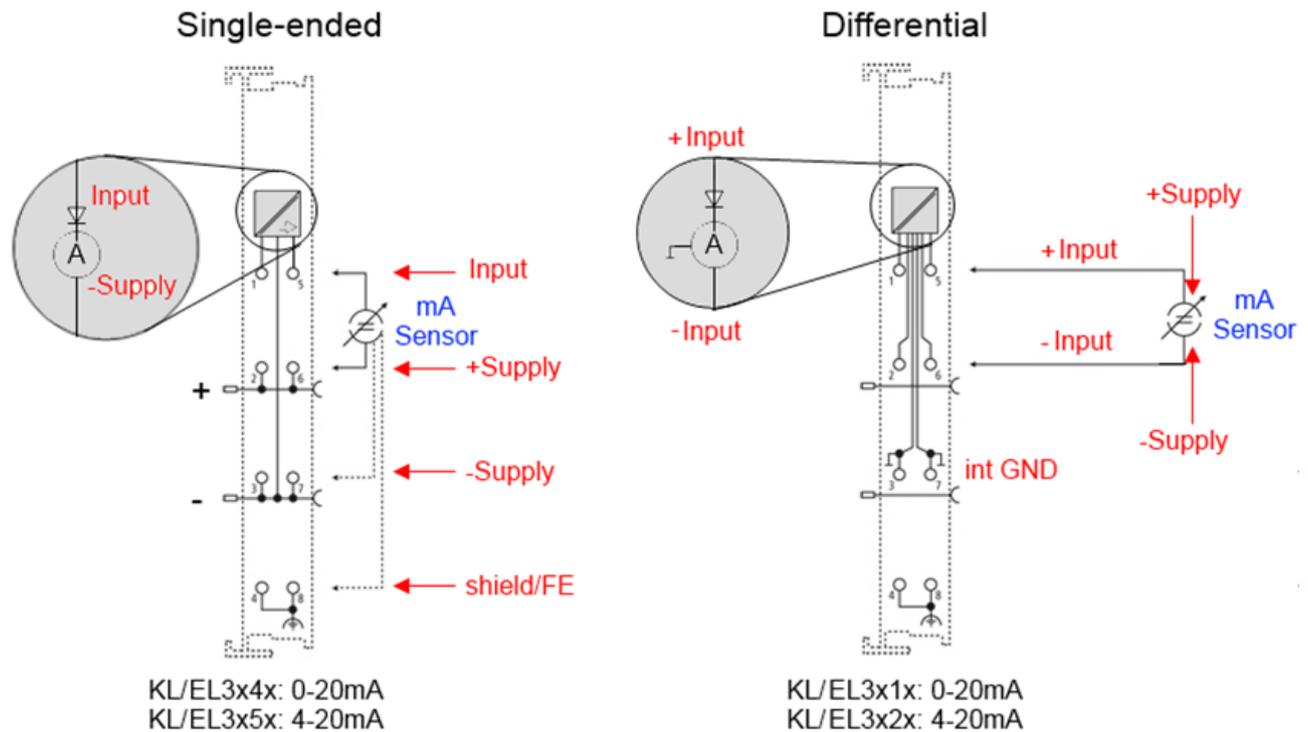


Abb. 140: Anschluss extern versorgte Sensoren

Einordnung der Beckhoff-Klemmen/ Box-Module - Beckhoff 0/4-20mA Klemmen/ Box-Module (und verwandten Produktgruppen) sind als **Differentiell** und **Single-Ended** verfügbar:

Single-Ended

EL3x4x: 0-20 mA, EL3x5x: 4-20 mA, genauso KL und verwandten Produktgruppen

Stromvorzugsrichtung da interne Diode

Sind für den Anschluss von extern versorgenden Sensoren im 3/4-Leiter-Anschluss konzipiert.

Sind für den Anschluss von selbstversorgenden Sensoren im 2-Leiter-Anschluss konzipiert

Differentiell

EL3x1x: 0-20 mA, EL3x2x: 4-20 mA, genauso KL und verwandten Produktgruppen

Stromvorzugsrichtung da interne Diode

Die Klemme/ Box ist eine passive differentielle Strommessvorrichtung, „passiv“ bedeutet, dass keine Sensorspeisung erfolgt.

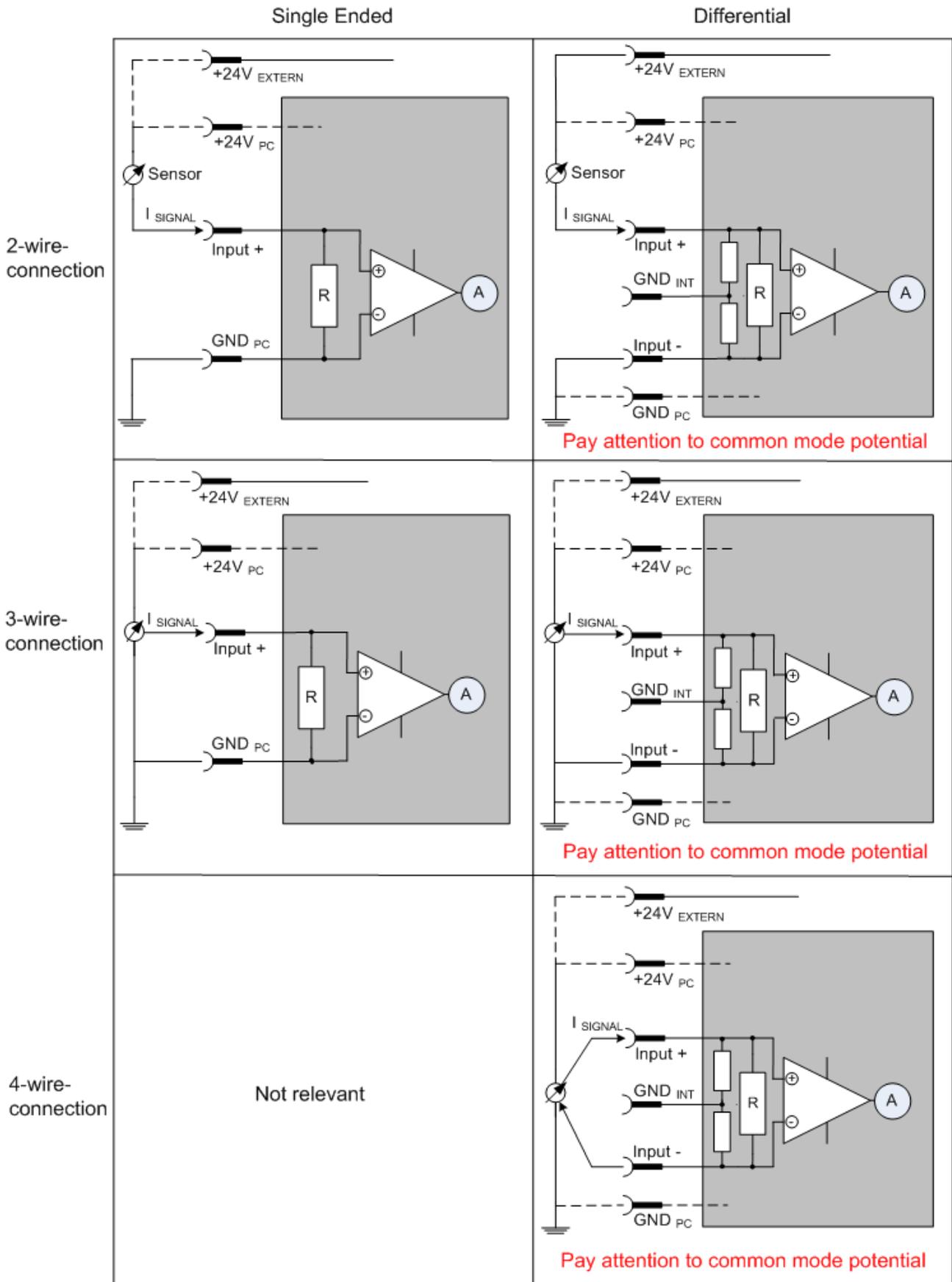


Abb. 141: 2-, 3- und 4-Leiter-Anschluss an Single-Ended- und Differenziell-Eingängen

5.4.6 Gleichtaktspannung und Bezugsmasse (bezogen auf Differenzeingänge)

Gleichtaktspannung (CommonMode, U_{cm}) wird als der Mittelwert der Spannungen an den einzelnen Anschlüssen/Eingängen definiert und wird gegen eine Bezugsmasse gemessen/angegeben.

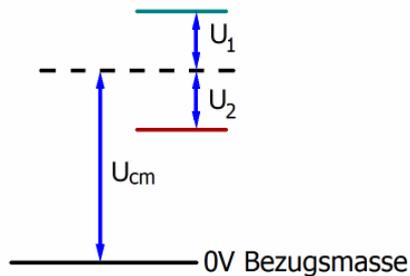


Abb. 142: Gleichtaktspannung (U_{cm})

Bei der Definition des zulässigen Gleichtaktspannungsbereiches und bei der Messung der Gleichtaktunterdrückung (CMRR, common mode rejection ratio) bei differenziellen Eingängen ist die Definition der Bezugsmasse wichtig.

Die Bezugsmasse ist auch das Potential, gegen welches der Eingangswiderstand und die Eingangsimpedanz bei Single-Ended-Eingängen bzw. der Gleichaktwiderstand und die Gleichaktimpedanz bei differenziellen Eingängen gemessen werden.

Die Bezugsmasse ist in der Regel am oder beim I/O-Gerät zugänglich. Orte dafür können Klemmkontakte, Powerkontakte/ Powerleitung oder auch nur eine Tragschiene sein. Zur Verortung siehe Dokumentation, die Bezugsmasse sollte beim betrachteten Gerät angegeben sein.

Bei mehrkanaligen I/O-Geräten mit resistiver (= direkter, ohmscher, galvanischer) oder kapazitiver Verbindung zwischen den Kanälen ist die Bezugsmasse vorzugsweise der Symmetriepunkt aller Kanäle, unter Betrachtung der Verbindungswiderstände.

Beispiele für Bezugsmassen bei Beckhoff IO Geräten

1. Internes AGND (analog GND) herausgeführt:
EL3102/EL3112, resistive Verbindung der Kanäle untereinander
2. 0 V-Powerkontakt:
EL3104/EL3114, resistive Verbindung der Kanäle untereinander an AGND, AGND niederohmig verbunden mit 0 V-Powerkontakt
3. Erde bzw. SGND (shield GND):
 - EL3174-0002: Kanäle haben keine resistive Verbindung untereinander, aber sind kapazitiv durch Ableitkondensatoren an SGND gekoppelt
 - EL3314: keine interne Masse auf die Klemmpunkte herausgeführt, aber kapazitive Kopplung an SGND

5.4.7 Spannungsfestigkeit

Es ist zu unterscheiden zwischen:

- Spannungsfestigkeit (Zerstörgrenze): eine Überschreitung kann irreversible Veränderungen an der Elektronik zur Folge haben, Wertbetrachtung dabei
 - gegen eine festgelegte Bezugsmasse oder
 - differentiell
- Empfohlener Einsatzspannungsbereich: Bei einer Überschreitung kann nicht mehr von einem spezifikationsgemäßen Betrieb ausgegangen werden, Wertbetrachtung dabei
 - gegen eine festgelegte Bezugsmasse oder
 - differentiell

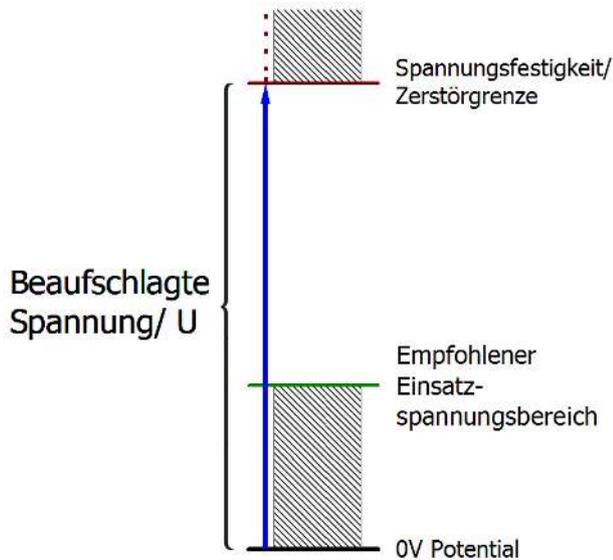


Abb. 143: Empfohlener Einsatzspannungsbereich

Es können in den Gerätedokumentationen besondere Spezifikationsangaben dazu und zur Zeitangabe gemacht werden, unter Berücksichtigung von:

- Eigenerwärmung
- Nennspannung
- Isolationsfestigkeit
- Flankensteilheit der Anlege-Spannung bzw. Haltedauern
- Normatives Umfeld (z. B. PELV)

5.4.8 Zeitliche Aspekte der analog/digital bzw. digital/analog Wandlung

● Analoge Ausgabe



Die folgenden Angaben gelten sinngemäß auch für die analoge Signalausgabe per DAC (digital-analog-converter).

Die Umwandlung des stetigen analogen elektrischen Eingangssignals in eine wertdiskrete digitale und maschinenlesbare Form wird in den Beckhoff analogen Eingangsbaugruppen EL/KL/EP mit sog. ADC (analog digital converter) umgesetzt. Obgleich verschiedene ADC-Technologien gängig sind, haben sie alle aus Anwendersicht ein gemeinsames Merkmal: nach dem Ende der Umwandlung steht ein bestimmter digitaler Wert zur Weiterverarbeitung in der Steuerung bereit. Dieser Digitalwert, das sog. Analoge Prozessdatum, steht in einem festen zeitlichen Zusammenhang mit der „Ur-Größe“, dem elektrischen Eingangswert. Deshalb können für Beckhoff analoge Eingangsgeräte auch entsprechende zeitliche Kenndaten ermittelt und spezifiziert werden.

In diesen Prozess sind mehrere funktionale Komponenten involviert, die mehr oder weniger stark ausgeprägt in jeder AI (analog input) Baugruppe wirken:

- die elektrische Eingangsschaltung
- die Analog/Digital-Wandlung
- die digitale Weiterverarbeitung
- die finale Bereitstellung der Prozess- und Diagnosedaten zur Abholung an den Feldbus (EtherCAT, K-Bus etc.)

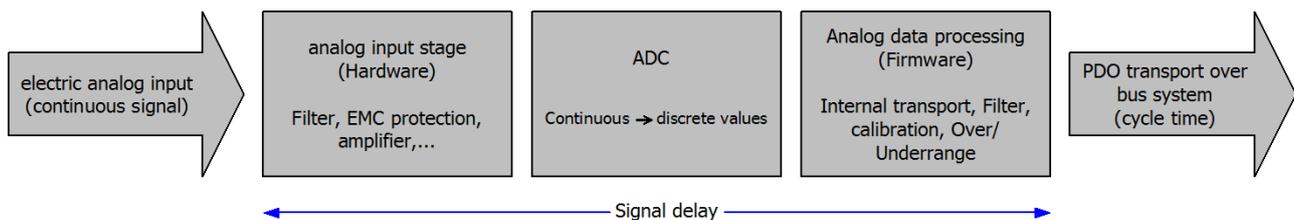


Abb. 144: Signalverarbeitung Analogeingang

Aus Anwendersicht sind dabei zwei Aspekte entscheidend:

- „Wie oft bekomme ich neue Werte?“, also eine Sampling-Rate im Sinne einer Schnelligkeit in Bezug auf das Gerät/den Kanal
- Wieviel Verzögerung verursacht die (gesamte) AD-Wandlung des Gerätes/des Kanals? Also Hard- und Firmware-Teile in toto. Aus technologischen Gründen muss zur Bestimmung dieser Angabe die Signalcharakteristik betrachtet werden: je nach Signalfrequenz kann es zu unterschiedlichen Laufzeiten durch das System kommen.

Dies ist die „äußere“ Betrachtung des Systems „Beckhoff AI Kanal“ – intern setzt sich insbesondere die Signalverzögerung aus den verschiedenen Anteilen Hardware, Verstärker, Wandlung selbst, Datentransport und Verarbeitung zusammen. Auch kann ggf. intern eine höhere Abtastrate verwendet werden (z.B. bei deltaSigma-Wandlern) als „außen“ aus Anwendersicht angeboten wird. Dies ist aber für eine nutzseitige Betrachtung der Komponente „Beckhoff AI Kanal“ normalerweise ohne Belang bzw. wird entsprechend spezifiziert, falls es doch für die Funktion relevant ist.

Damit können für Beckhoff AI Geräte folgende Spezifikationsangaben zum AI Kanal aus zeitlicher Sicht für den Anwender angegeben werden:

1. Minimale Wandlungszeit [ms, µs]

Dies ist der Kehrwert der maximalen **Sampling-Rate** [Sps, Samples per second]:

Gibt an, wie oft der analoge Kanal einen neu festgestellten Prozessdatenwert zur Abholung durch den Feldbus bereitstellt. Ob der Feldbus (EtherCAT, K-Bus) diesen dann auch genauso schnell (also im Gleichtakt), schneller (weil der AI Kanal im langsamen FreeRun läuft) oder langsamer (z.B. bei Oversampling) abholt, ist dann eine Frage der Einstellung des Feldbusses und welche Betriebsmodi das AI Gerät unterstützt.

Bei EtherCAT Geräten zeigt das sog. ToggleBit bei den Diagnose-PDO an (indem es toggelt), dass ein neu ermittelter Analogwert vorliegt.

Entsprechend kann eine maximale Wandlungszeit, also eine minimal vom AI Gerät unterstützte Samplingrate spezifiziert werden.

Entspricht IEC 61131-2 Kap 7.10.2 2) „Abtast-Wiederholzeit“

2. Typ. Signalverzögerung

Entspricht IEC 61131-2 Kap 7.10.2 1) „Abtastdauer“. Sie inkludiert nach dieser Betrachtung alle geräteinternen Hard- und Firmware-Anteile, aber nicht „äußere“ Verzögerungsanteile aus dem Feldbus oder der Steuerung (TwinCAT).

Diese Verzögerung ist insbesondere relevant für absolute Zeitbetrachtungen, wenn AI Kanäle zum Amplitudenwert auch einen zugehörigen Zeitstempel (timestamp) mitliefern – von dem ja angenommen werden darf, dass er in seinem Zeitwert, zu dem außen ehemals physikalisch anliegenden Amplitudenwert passt.

Aufgrund der frequenzabhängigen Laufzeit eines Signals, kann ein dezidierter Wert nur für ein gegebenes Signal spezifiziert werden. Der Wert ist auch abhängig von ggf. veränderlichen Filtereinstellungen des Kanals.

Eine typische Charakterisierung in der Gerätedokumentation kann sein:

2.1 Signalverzögerung (Sprungantwort)

Stichwort Einschwingzeit:

Das Rechtecksignal kann extern mit einem Frequenzgenerator (Impedanz beachten!) erzeugt werden.

Als Erkennungsschwelle wird die 90% Grenze verwendet.

Die Signalverzögerung [ms, μ s] ist dann der zeitliche Abstand zwischen dem (idealen) elektrischen Rechtecksignal und der Zeitpunkt wo der analoge Prozesswert die 90% Amplitude erreicht hat.

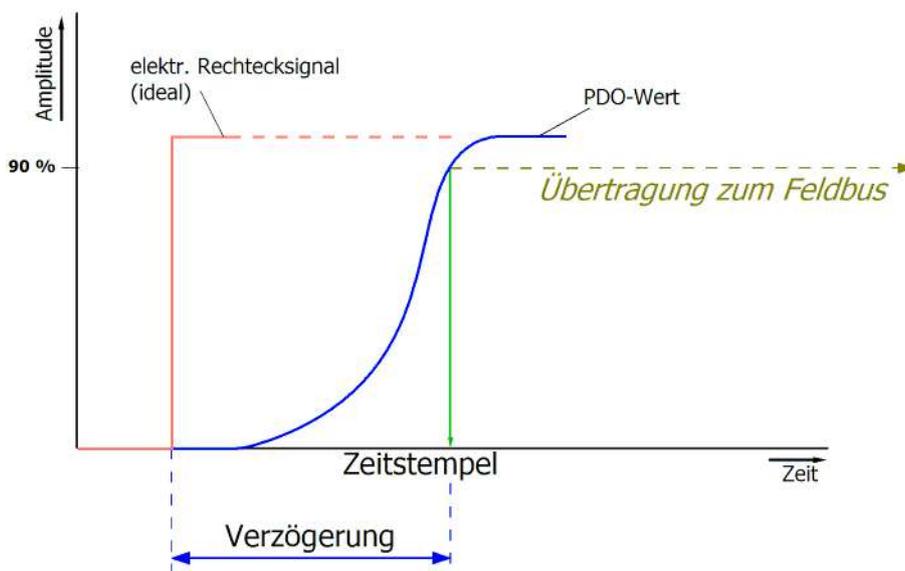


Abb. 145: Diagramm Signalverzögerung (Sprungantwort)

2.2 Signalverzögerung (linear)

Stichwort Gruppenlaufzeit:

Beschreibt die Verzögerung eines frequenzkonstanten Signals

Testsignal kann extern mit einem Frequenzgenerator erzeugt werden, z. B. als Sägezahn oder Sinus.

Referenz wäre dann ein zeitgleiches Rechtecksignal.

Die Signalverzögerung [ms, μ s] ist dann der zeitliche Abstand zwischen dem eingespeisten elektrischen Signal einer bestimmten Amplitude und dem Moment, bei dem der analoge Prozesswert denselben Wert erreicht.

Dazu muss die Testfrequenz in einem sinnvollen Bereich gewählt werden; diese kann z. B. bei 1/20 der maximalen Sampling-Rate liegen.

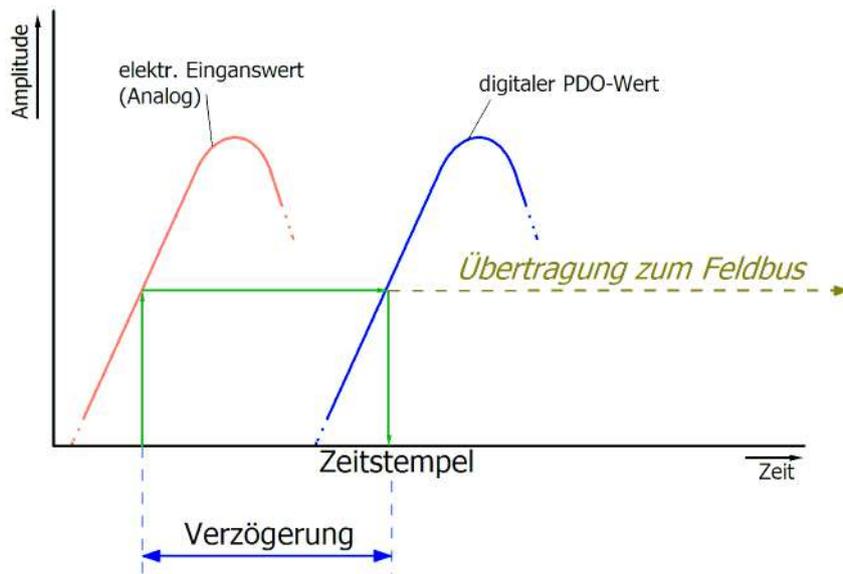


Abb. 146: Diagramm Signalverzögerung (linear)

3. Weitere Angaben

Weitere Angaben können in der Spezifikation optional angeführt sein, wie z. B.

- Tatsächliche Sampling-Rate des ADC (wenn unterschiedlich von der Kanal-Sampling-Rate)
- Zeit-Korrekturwerte für Laufzeiten bei unterschiedlichen Filtereinstellungen
- usw.

5.4.9 Begriffsklärung GND/Ground

IO Geräte haben immer irgendwo ein Referenzpotential. Schließlich entsteht die arbeitsfähige elektrische Spannung erst dadurch, dass zwei Orte unterschiedliche Potentiale annehmen – der eine Ort sei dann Referenzpotential/Bezugspotential genannt.

Im Beckhoff IO Bereich und insbesondere bei den Analogprodukten werden verschiedene Bezugspotentiale verwendet und benannt, diese seien hier definiert, benannt und erläutert.

Hinweis: aus historischen Gründen werden bei verschiedenen Beckhoff IO Produkten unterschiedliche Benennungen verwendet. Die nachfolgenden Erläuterungen stellen diese auf ein einheitliches technisches Fundament.

SGND

- Auch genannt: FE, Functional Earth, Shield GND, Shield.
- Verwendung: Ableitung von Störungen und Abstrahlungen, vorrangig stromlos.
- Symbol: .
- Hinweise und Empfehlungen zu SGND/FE sind im separaten Analog-Handbuch im Kapitel „Analogtechnische Hinweise – Schirm und Erde“ genannt.
- SGND endet i.d.R. am Ende in den baulichen Erdungsternpunkt.
- Um bestimmungsgemäß verwendet werden zu können, sollte SGND selbst eine rauscharme/ rauschfreie, „saubere“ Strom- und Spannungssenke sein.

PE

- Auch genannt: Protective Earth.
- Verwendung: Schutzmaßnahme gegen das Auftreten von gefährlichen Berührungsspannungen, indem diese Berührungsspannungen abgeleitet werden und dann vorgeschaltete Schutzeinrichtungen auslösen. Bei korrekter Installation ist der PE-Leiter stromlos, muss aber für den Schutzfall vorgabegemäß stromtragfähig sein.
- Symbol: .
- PE endet i.d.R. am Ende in den baulichen Erdungsternpunkt.
- Vorgaben und Hinweise zu PE siehe einschlägiges Regelwerk.

PGND, AGND

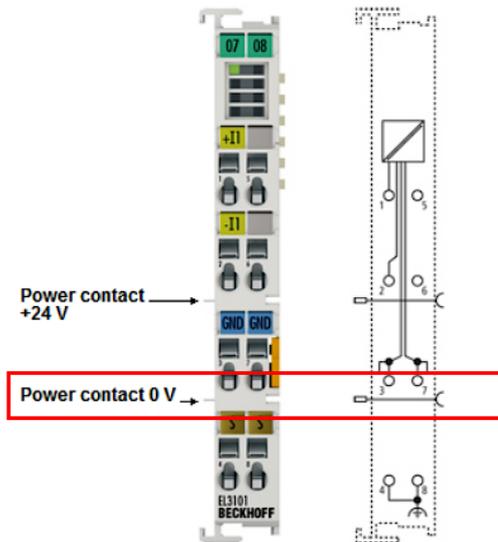
- Verwendung: Bezugsmasse oder Rückleitung von analogen oder digitalen Signalen.
- Je nach Verwendung nominell stromlos als Bezugspotential oder stromführend als Rückleitung.
- Im Analogbereich können das sog. Normsignale 0...10 V und 4...20 mA, Messbrückensignale und Thermoelemente im Bereich weniger mV und Widerstandsmessung in beliebigem Ohm-Bereich sowie Spannungen von μV bis einige 1000 V usw. sein.
- Im Digitalbereich können das z.B. 0/24 V, -5/+5 V usw. sein.
- Symbole:

bevorzugt: .

selten auch noch verwendet, aber eigentlich Erdbodenpotential bedeutend: .

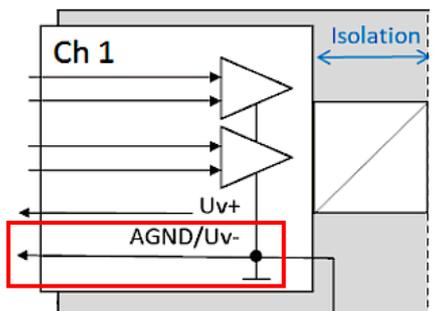
- Es kann in der Anlage mehrere, also voneinander galvanisch getrennte PGND/AGND Netze geben.
- Verfügt ein Gerät wegen kanalweiser Trennung über mehreren AGND, können diese nummeriert sein: AGND1, AGND2, ...
- PGND
 - auch genannt: GND_{PC} , 0 V, Powerkontakt 0 V, „-“ (Gegenseite dazu: positiver Powerkontakt „+“).
 - Ausführung: PGND ist eine bauliche Beschreibung für die „negative“ Powerkontaktschiene des Busklemmensystems.

- kann mit der Geräteelektronik verbunden sein z.B. zur Geräteversorgung oder als Signlrückführung (siehe Kapitel „Inbetriebnahme“/ „Hinweise zu analogen Messwerten“/ „Hinweise zu analogen Spezifikationen“/ „Typisierung SingleEnded / Differentiell“ [► 130]). Siehe dazu die jeweilige Gerätedokumentation.
- Beispiel: PGND ist nicht mit der Geräteelektronik verbunden, das Analogsignal bezieht sich auf davon getrenntes AGND:



• AGND

- Auch genannt: GND_{int} , GND , analoge Masse, Analog-Ground, GND_{analog} .
- AGND kennzeichnet elektrisch die analoge Bezugsmasse des Geräts.
- AGND kann intern z.B. mit PGND verbunden sein, oder auf einer Anschlussstelle liegen damit es extern mit einem gewünschten Potential verbunden werden kann. Dabei sind elektrische Einschränkungen lt. Gerätedokumentation zu beachten, z.B. CommonMode-Grenzen.
- AGND ist meist ein stromloses Bezugspotential. Das Einwirken von Störungen auf AGND ist zu vermeiden.
- Beispiel, AGND wird auf dem Gerätestecker herausgeführt:



5.4.10 Samplingart: Simultan vs. Multiplex

Analoge Ein- und Ausgänge bei Beckhoff-Geräten können zeitlich untereinander gesehen auf zwei verschiedene Arten arbeiten: „simultan samplend“ oder „multiplex samplend“. Diese sogenannte Samplingart hat entscheidenden Einfluss auf die Performance eines solchen Geräts und muss bei der Produktauswahl berücksichtigt werden, zumindest wenn es um sehr anspruchsvolle zeitliche Steuerungsaufgaben geht. Ob ein Analoggerät simultan oder multiplex arbeitet, kann der jeweiligen Gerätdokumentation entnommen werden.

Diese Frage ist sowohl bei Regelungsaufgaben sowie auch bei Messaufgaben (DataRecording) von Relevanz, wenn der Zeitpunkt der Analogwerterfassung sensibel ist.

Hinweis: Die Begriffe „simultan“ und „multiplex“ werden seit langer Zeit und in vielen Kontexten verwendet, haben also je nach historischem Hintergrund und Fachbereich unterschiedliche Bedeutung. In diesem Kapitel und in Bezug auf I/O werden die Begriffe so verwendet wie Beckhoff sie als I/O-Hersteller zum Nutzen für den Anwender versteht:

- wird an ein mehrkanaliges Gerät ein Testsignal an alle Kanäle elektrisch gleichzeitig angelegt und die Messungen in Software ausgewertet z.B. im TwinCAT Scope betrachtet, und ist dann kein wesentlicher Versatz/Delay zwischen den Kanälen zu beobachten, ist es ein **simultan sampelndes** Gerät ¹⁾
- ist ein Versatz zu sehen, ist es ein **multiplex samplendes** Gerät
- am einfachsten ist ein **Test** mit einem Rechtecksignal durchführbar, weil ein Versatz dann einfach beobachtet werden kann. Es könnte allerdings der seltene Sonderfall auftreten (insbesondere, wenn das Testsignal aus einer EL2xxx/EL4xxx aus dem gleichen IO- Strang erzeugt wird), dass das Rechtecksignal über mehrere Minuten synchron zum EtherCAT läuft und dann kein Versatz zu sehen ist.
Absolut sicher ist ein Test mit einem Sinussignal, allerdings muss dann berücksichtigt werden, dass Messabweichungen (bezogen auf die Amplitude) der Kanäle im Gerät untereinander auch als Zeit-Versatz dargestellt werden!
Idealerweise konzentriert man sich dabei also auf den Nulldurchgang.
- 1-kanalige Geräte werden per Definition als simultan sampelnd angesetzt

Erläuterung am Beispiel „analoger Eingang“: wenn ein kontinuierliches analoges Signal digitalisiert und damit der weiteren programmatischen Bearbeitung zugeführt werden soll, wird es in durch einen sogenannten ADC (AnalogDigitalConverter) digitalisiert, z.B. mit 16 Bit Auflösung:



Abb. 147: Schematische Darstellung Sampling mit ADC-Konverter

Dies stellt einen für sich funktionsfähigen analogen Eingangskanal dar. Er sampelt (misst) so oft wie gewünscht, z.B. 1.000x in der Sekunde und schickt so 1000 Messwerte zeitäquidistant (= in gleichen Zeitabständen) zur Weiterverarbeitung.

Oftmals werden in einem Gerät mehrere Kanäle kombiniert, in diesem Fall stellt sich die Frage nach der Samplingart: simultan oder multiplex.

¹⁾ Für Experten: so ein Gerät könnte auch mit einem multiplexenden ADC ausgerüstet sein, der aber mit Sample-und-Hold auf allen Kanälen arbeitet. Dann ist technisch multiplex eingebaut, von außen betrachtet arbeitet das Gerät aber simultan, weil alle Kanäle elektrisch gleichzeitig eingelesen werden.

Simultan

Wie im 1-kanaligen Beispiel kann jeder Kanal einen eigenen ADC erhalten, hier gezeigt für 4 Kanäle:

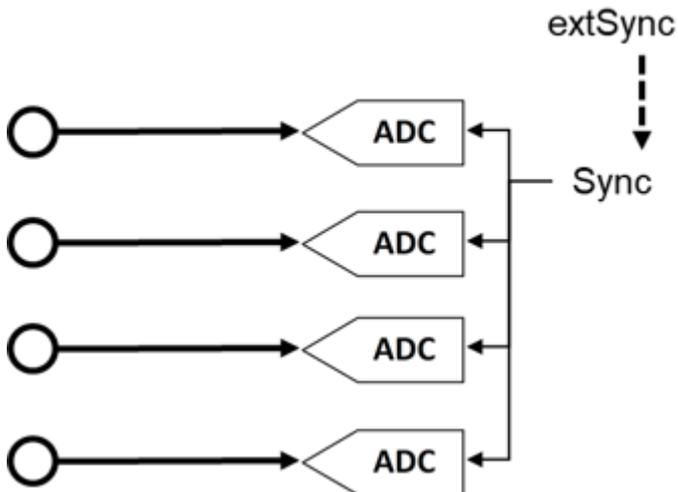


Abb. 148: Schematische Darstellung simultanes Sampling mit 4 ADC-Konvertern

Diese ADC laufen zeitlich gesehen selten frei und sampeln unabhängig, sondern werden normalerweise in irgendeiner Form getriggert (die Messung wird angestoßen), um den meistgewünschten Effekt zu erreichen, dass die n Kanäle gleichzeitig sampeln. Dadurch hat das analoge Eingangsgerät die Eigenschaft, dass alle (4) Messwerte zum gleichen Zeitpunkt gewonnen werden. Dies ergibt einen zeitlich konsistenten Blick auf die Maschinsituation und macht Messwertbewertungen in der Steuerung sehr einfach. Wenn die ADC gleichzeitig durch das Sync-Signal getriggert werden, bezeichnet man dies als simultanes (gleichzeitiges) Sampling.

Ein besonderer Mehrwert entsteht, wenn solche Geräte extern synchronisiert werden, z.B. über EtherCAT DistributedClocks und dann alle Analogkanäle aller Geräte einer Anlage simultan arbeiten: entweder wirklich gleichzeitig ohne Versatz untereinander oder mit derselben Frequenz aber mit konstantem, bekanntem und damit kompensierbarem Offset untereinander.

Wie oben dargestellt, ist dafür eine umfangreiche, mehrfach gleich aufgebaute Elektronik erforderlich. Aus diesem Grund sind parallel aufgebaute Analoggeräte in der Regel immer simultan sampelnd. Freilaufende oder ungetriggert arbeitende, mehrfach vorhandene ADC wären denkbar (und dann nicht mehr „simultan“ zu nennen), sind aber eher unüblich.

Multiplex

Für einfache Automatisierungsaufgaben ist oft kein simultanes Sampling gefordert. Sei es, weil aus Kostengründen einfachste Analogelektronik eingesetzt werden soll, oder die Steuerungszykluszeit relativ langsam gegenüber der Wandlungszeit im ADC ist. Dann können die Vorteile des Multiplex-Konzepts genutzt werden: Statt 4 wird nur ein ADC verbaut, dafür muss ein Kanalschalter (vom Gerätehersteller) installiert werden, der die 4 Eingangskanäle zum ADC schnell im μs -Bereich hintereinander durchschaltet. Der Durchschaltvorgang wird vom Gerät selbst durchgeführt und ist in der Regel nicht von außen zugänglich.

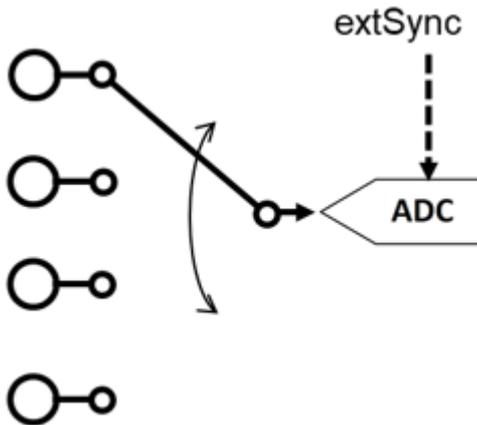


Abb. 149: Schematische Darstellung des multiplexen Samplings mit einem ADC-Konverter

Es handelt sich dabei also um einen Zeit-Multiplex. In der Regel sampelt der ADC gleichtaktend, die zeitlichen Abstände der Kanäle untereinander sind also gleich, wobei der Start von Kanal 1 in der Regel durch den Kommunikationszyklus (EtherCAT) oder DistributedClocks erfolgt. Weitere Angaben dazu ggf. in der Gerätedokumentation.

Vorteil: günstigere Elektronik im Vergleich zum simultanen Aufbau.

Nachteil: die Messwerte werden nicht mehr gleichzeitig, sondern nacheinander erfasst.

Beide Schaltungen haben ihre technische und wirtschaftliche Berechtigung, für zeitlich anspruchsvolle Automatisierungsaufgaben sollten immer simultane Schaltungen gewählt werden, da bei ihnen einfacher der zeitliche Überblick behalten werden kann.

Für analoge Ausgänge gelten entsprechend der gleichen Erklärungen, auch sie können mehrfach mit simultanen DAC ausgerüstet sein oder einen multiplexed DAC auf mehrere Ausgänge ausgeben.

5.5 Funktionsgrundlagen/Funktionsbeschreibung

⚠️ WARNUNG

WARNUNG: Gefahr für Personen durch Stromschlag!

Bei Spannungen über 25 V Wechselspannung (42 V Spitze) oder 60 V Gleichspannung muss die Sicherungsöffnung durch eine weitere Klemme oder die Endklemme EL9011 abgedeckt werden! Es besteht die Gefahr eines Stromschlages!

Die Sicherung darf nur getauscht werden, wenn sich die Busklemme in einen sicheren, spannungslosen Zustand befindet!

HINWEIS

ACHTUNG: Beschädigung des Gerätes möglich!

Der 10 A Zweig ist nicht abgesichert. Eine Belastung des 10 A Bereiches mit mehr als 10 A ist nicht zulässig und kann das Gerät beschädigen!

5.5.1 Messbereiche und Ausgabe

Neue Messwerte liegen an, wenn das Toggle-Bit (Index [0x6000:10](#) [[▶ 160](#)]) seinen Zustand geändert hat (0->1, 1->0). Im Falle eines Fehlers (i.d.R. Messbereichsüberschreitung) werden die entsprechenden Fehlerbits [[▶ 170](#)] gesetzt. Neue Messwerte liegen etwa alle 0,5 Sekunden an. Wird durch Autorange oder Anwendereinwirkung der Messbereich während einer Filterperiode umgestellt, beginnt die Filterzeit erneut. Schwankt der Wert im Autorange-Modus zu stark, kann u.U. kein neuer Messwert ermittelt werden. Abhilfe schafft das Abschalten des Filters.

Die Klemme besitzt einen erweiterten Messbereich, wenn ein größerer Messbereich vorhanden ist (Bsp.: Im 30 V Bereich, größerer Messbereich ist 300 V). Im Autorange-Betrieb dient der erweiterte Messbereich als Hysterese-Bereich. Im erweiterten Messbereich werden die Über- und Unterlaufbits bzw. das Error-Bit erst bei 115% des normalen Messbereiches gesetzt.

● **Effektivwert im AC-Messbereich**

I Im AC-Modus wird nur der Effektivwert der Wechselspannung angezeigt (Kein Gleichspannungsanteil).

● **Fehlerbits**

I Fehler-Bits sind "Underrange" (Index [0x6000:01](#) [[▶ 160](#)]) und "Overrange" (Index [0x6000:02](#) [[▶ 160](#)]), "Data invalid" (Index [0x6000:04](#) [[▶ 160](#)]) und "TxPDO State" (Index [0x6000:0F](#) [[▶ 160](#)]). Das "Error"-Bit (Index [0x6000:07](#) [[▶ 160](#)]) wird zusammen mit diesen Bits gesetzt. Es kann vorkommen, dass gleichzeitig mehrere Bits bei einem Fehler gesetzt werden (z. B. "Overrange" und "Data invalid"). Siehe dazu auch das Kapitel "[Fehlerbehandlung und Diagnose](#) [[▶ 170](#)]".

● **Fehlerkompensation**

I Da die Klemme den Eingangswert über einen Zeitraum von 20 ms (16,66 ms im 60 Hz Modus) integriert, können überlagernde Störungen der Eingangswerte aus dem Versorgungsnetz zu großen Teilen kompensiert werden.

5.5.2 Messbereichsauswahl

Messbereichsauswahl (Index [0x8000:0D](#) [[▶ 157](#)], [0x8000:11](#) [[▶ 157](#)])

Der Messbereich kann wahlweise über die Prozessdaten (default) oder über das CoE gewählt werden. Werden die SAI Range Output-Prozessdaten genutzt, wird der Messbereich daraus gewählt. Um den Messbereich über das CoE zu wählen, muss das Prozessdatum [0x1600](#) [[▶ 162](#)] (TwinCAT System Manager -> Reiter Prozessdaten, Sync Manager: 2, PDO Zuordnung) abgewählt werden (anschließend "Reload"-Button oder "F4" drücken um Einstellung zu übernehmen). Andernfalls sind die CoE-Einträge gegen Schreibzugriffe gesperrt. Die Auswahl des Messbereiches über CoE oder Prozessdaten ist gleich; "Mode" (Index [0x8000:0D](#) [[▶ 157](#)]) wählt die Messart, "Range" (Index [0x8000:11](#) [[▶ 157](#)]) den Messbereich:

Wert		Messart (Mode)
dez	hex	
0	0x00	Spannung DC
1	0x01	Spannung AC
2	0x02	Strom DC
3	0x03	Strom AC

Wert		Messbereich (Range)
dez	hex	
255	0xFF	300 mV / 100 mA
0	0x00	3 V / 1 A
1	0x01	30 V / 10 A
2	0x02	300 V (nur Spannung)

Tab. 3: Messart und Messbereiche



Messbereich (Range)

Der Range-Wert kann als Zehner-Exponent (10^x) verstanden werden.

5.5.3 Autorange

Die Autorange-Funktion kann nur innerhalb der gewählten Messart den besten Messbereich wählen. Die Strom-Messbereiche stellen im Autorange-Betrieb eigene Messarten dar, d.h. ein Sprung von 1 A nach 10 A oder zurück ist nicht möglich (Grund: andere Eingangskontakte, 1 A Bereich abgesichert mit 1,25 A).



Deaktivierung Autorange (Index [0x8000:09](#) [[▶ 157](#)], siehe Anmerkung)

Die Autorange-Funktion wird deaktiviert, wenn der Messbereich nicht übertragen wird (Tx PDO [0x1A00](#) [[▶ 163](#)] gewählt) und die Darstellung „scaled“ nicht aktiv ist.

Die Grenzen zum Wechseln des Messbereiches liegen bei 10% über Messbereichsendwert (erweiterter Messbereich, größerer Range) und 10% des Messbereichsendwertes (kleinerer Range). Wird die Darstellung „Linksbündig“ gewählt, liegen die Grenzen bei 100% bzw. 5% des Messbereichsendwertes.

5.5.4 Filter

Filter (Index [0x8000:04](#) [[▶ 157](#)])

Der eingebaute Filter mittelt die Werte der letzten halben Sekunde. Im Falle einer Messbereichsumschaltung wird der Filter neu gestartet. Standardmäßig ist der Filter aktiv. Bei abgeschaltetem Filter liefert die Klemme ca. 16 Messwerte pro Sekunde.

5.5.5 Frequenz

Frequenz (Frequency), Index [0x8000:0A](#) [[▶ 157](#)]

Je nach Filterbit (50/60 Hz) beträgt die Integrationszeit 20 ms (Einstellung 50 Hz) bzw. 16 2/3 ms (Einstellung 60 Hz) und ergibt jeweils einen Messwert. Störende Einflüsse der Netzspannung können durch die Wahl der Integrationszeit vermieden werden. Mehrere Messwerte werden zusammengefasst und alle ca. 500 ms als Prozessdatum ausgegeben, wenn der Filter aktiviert ist. Bei deaktiviertem Filter liefert die EL3681 ca. 16 Messwerte /Sekunde.

5.5.6 Darstellung

Darstellung (Presentation), Index [0x8000:1D](#) [[▶ 157](#)]

Die Darstellung der Werte in den Prozessdaten kann geändert werden:

Wert	Bezeichnung	Bedeutung
0	„left aligned“	Linksbündige Darstellung: Messbereichsendwert entspricht 0x7FFFE000 (0x7FFFFFFF) bzw. 0x80000000
1	„right aligned“	Rechtsbündige Darstellung: 18 Bit Auflösung des Messbereiches, Messbereichsendwert entspricht 0x0003FFFF (262143 _{dez}) bzw. 0xFFFC0000 (-262144 _{dez}). Im erweiterten Messbereich werden diese Grenzen überschritten!
2	„scaled“	Skalierte Darstellung: Die Darstellung entspricht einem Bit pro μV / μA , Beispiele: Mode 0, Autorange, 2,5 V: 2.500.000 dezimal Mode 2, 800 mA: 800.000 dezimal

Tab. 4 : Darstellung (Presentation) des Messwertes

Die skalierte Darstellung ist voreingestellt.

● Verrechnung der Faktoren und erweiterter Messbereich

i Nur die skalierte Darstellung verrechnet die Faktoren 0,1/1/10/100 zwischen den Messbereichen!
Die Linksbündige Darstellung schließt die Nutzung des erweiterten Messbereiches aus!

5.5.7 Zero Compensation Interval

Zero Compensation Interval (Index [0x8000:19](#) [[▶ 157](#)])

● Zero Compensation Interval und 50 Hz Modus

i Im 50 Hz Modus wird empfohlen, die Funktion nicht zu benutzen (0: Off)!

Die Abgleichfunktion kompensiert die interne Offset-Drift des ADCs. Die Intervall Länge ist wählbar. Wird die Einstellung 4 "Triggered by PDO" verwendet, kann über das Prozessdatenbit „Start Calibration“ (Index [0x7000:02](#)) [[▶ 161](#)] der Zeitpunkt zum Lesen des internen Offsets manuell gewählt werden.

5.5.8 Abgleich

Abgleich (Indizes [0x8002](#) [[▶ 159](#)] und [0x800F](#) [[▶ 159](#)])

Die Klemme besitzt sowohl Hersteller- als auch einen Anwenderabgleich, die beide unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet werden können. Die Abgleichung kann immer nur für alle Messbereiche ein- oder ausgeschaltet werden. Die Anpassung im 60 Hz Modus sowie die Kompensation des AC-System-Offsets können nicht abgeschaltet werden.

5.6 Prozessdaten

5.6.1 Prozessabbild

Das Default-Prozessabbild der EL3681 verfügt über 3 Inputs (Status, Setting und Value) und einen Output (Control).

Status/Setting tragen in den einzelnen Bits spezielle Informationen - ab TwinCAT 2.11 sind diese Bits im System Manager explizit zugänglich (s. Abb. *Default-Prozessabbild EL3681*), allerdings kann auch das gesamte Status-Word bzw. Settings und Control mit entsprechenden PLC-Variablen verknüpft werden.

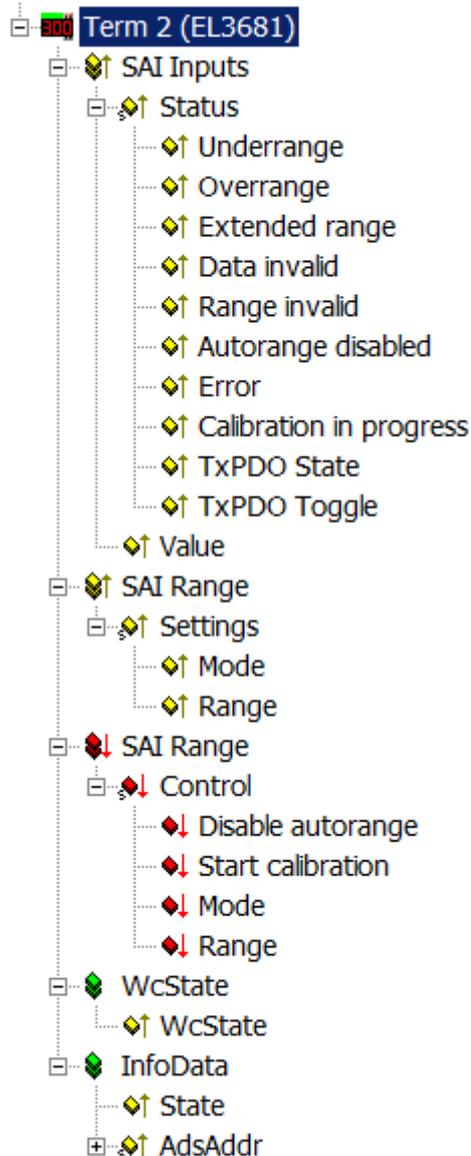


Abb. 150: Default-Prozessabbild EL3681

Über die PDO-Auswahl kann das übertragene Prozessabbild verkleinert werden, s. Abb. *PDO-Auswahl TwinCAT System Manager*.

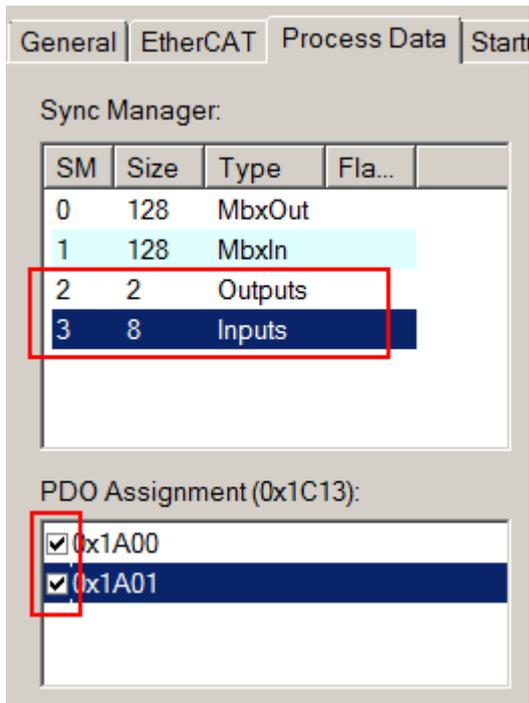


Abb. 151: PDO-Auswahl TwinCAT System Manager

5.6.2 Control, Status, Settings-Word

Control-Word

Das Control-Word (CB) befindet sich im Ausgangsprozessabbild und wird von der Steuerung zur Klemme übertragen.

Bit	CB.15	CB.14	CB.13	CB.12	CB.11	CB.10	CB.9	CB.8	CB.7	CB.6	CB.5	CB.4	CB.3	CB.2	CB.1	CB.0
Name	Select range								Select mode				-	-	Start Calibration	Disable Autorange

Zur Erläuterung siehe die Einträge in der [Objektübersicht, Index 0x7000](#) [► 161].

Status-Word

Das Status-Word (SB) befindet sich im Eingangsprozessabbild und wird von der Klemme zur Steuerung übertragen.

Bit	SB.15	SB.14	SB.13	SB.12	SB.11	SB.10	SB.9	SB.8	SB.7	SB.6	SB.5	SB.4	SB.3	SB.2	SB.1	SB.0
Name	TxPdo Toggle	TxPdo State	-	-	-	-	-	-	Calibration in progress	Error	Autorange disabled	Range invalid	Data invalid	Extended Range	Overrange	Underrange

Zur Erläuterung siehe die Einträge in der [Objektübersicht, Index 0x6000](#) [► 160]

Settings-Word

Das Settings-Word (SB) befindet sich im Eingangsprozessabbild und wird von der Klemme zur Steuerung übertragen.

Bit	SB.15	SB.14	SB.13	SB.12	SB.11	SB.10	SB.9	SB.8	SB.7	SB.6	SB.5	SB.4	SB.3	SB.2	SB.1	SB.0
Name	Current Range								Current mode				-	-	-	-

Zur Erläuterung siehe die Einträge in der [Objektübersicht, Index 0x6001](#) [► 160]

5.6.3 PDO-Zuordnung

Die Prozessdaten werden aus dem CoE-Verzeichnis entnommen, die Objektnummern lauten wie folgt:

SM2, PDO-Zuordnung 0x1C12				
Index	Index ausgeschlossener PDOs	Größe (Byte.Bit)	Name	PDO Inhalt
0x1600	-	2.0	SAI Range	Index 0x7000:01 [▶ 161] - Control__Disable autorange
				Index 0x7000:02 [▶ 161] - Control__Start calibration
				Index 0x7000:05 [▶ 161] - Control__Mode
				Index 0x7000:09 [▶ 161] - Control__Range

SM2, PDO-Zuordnung 0x1C13				
Index	Index ausgeschlossener PDOs	Größe (Byte.Bit)	Name	PDO Inhalt
0x1A00	-	6.0	SAI Inputs	Index 0x6000:01 [▶ 160] - Status__Underrange
				Index 0x6000:02 [▶ 160] - Status__Overrange
				Index 0x6000:03 [▶ 160] - Status__Extended range
				Index 0x6000:04 [▶ 160] - Status__Data invalid
				Index 0x6000:05 [▶ 160] - Status__Range invalid
				Index 0x6000:06 [▶ 160] - Status__Autorange disabled
				Index 0x6000:07 [▶ 160] - Status__Error
				Index 0x6000:08 [▶ 160] - Status__Calibration in progress
				Index 0x1800:07 - Status__TxPDO State
				Index 0x1800:09 - Status__TxPDO Toggle
				Index 0x6000:11 [▶ 160] - Value
0x1A01	-	2.0	SAI Range	Index 0x6001:05 [▶ 160] - Settings__Mode
				Index 0x6001:09 [▶ 160] - Settings__Range

Tab. 1: PDO-Zuordnung der SyncManager

5.6.4 Berechnung der Prozessdaten

Die Berechnung der Prozessdaten benötigt bis zu sieben Schritte zwischen dem Lesen des ADCs und der Ausgabe der Prozessdaten:

Bezeichnung	Berechnungsformel	nicht aktiv
Offset-Korrektur	$Y_Z = X_{ADC} - (B_Z - B_{ZCal})$	$Y_Z = X_{ADC}$
Filter Mittelwertbildung über 8 Werte	$Y_F = \frac{1}{8} \cdot \sum_{i=0}^8 Y_{Zi}$	$Y_F = Y_Z$
60 Hz Modus Anpassung	$Y_{60} = (Y_F - B_F) \cdot \frac{7}{8} + (Y_F - B_F) \cdot A_F$	$Y_{60} = Y_F$
Kalibrierung aktiv	$Y_H = (Y_{60} - B_K) \cdot \frac{7}{8} + (Y_{60} - B_K) \cdot A_K$	$Y_H = Y_{60}$
	$Y_A = (Y_H - B_A) \cdot \frac{7}{8} + (Y_H - B_A) \cdot A_A$	$Y_A = Y_H$
AC-System-Offset	$Y = (Y_A - X_{SO}) \cdot 2$ für $0 < Y_A < 2 \cdot X_{SO}$	$Y = Y_A$ (Bedingung nicht erfüllt)
Skalierung	$Y_{Scal} = Y \cdot \frac{F_{Scal}}{2^{18}} \cdot 10^{Range}$	-

Tab. 1: Formeln zur Berechnung der Prozessdaten

Die Skalierung beinhaltet die durch den Range gewählten Zehnerpotenzen.

Alle Gain-Faktoren müssen also 1/8 entsprechen um einen gesamten Faktor von 1 zu erhalten. Der Wert 8192 (0x2000) bewirkt einen Gesamt Faktor von 1.

Tab. 1: Legende zu Tabelle 1

Bezeichnung	Bedeutung	CoE-Index	Bezeichnung	Bedeutung	CoE-Index
X _{ADC}	Ausgabewert des A/D-Wandlers	0x800E:01 [▶ 161]			
Y _Z	Messwert nach ADC-Offset Korrektur		B _Z	Aktueller ADC Zero Wert	0x800E:02 [▶ 161]
			B _{Zcal}	ADC Zero zum Kalibrierungszeitpunkt	0x800F:20 [▶ 159]
Y _F	Messwert nach Mittelwertbildung				
Y ₆₀	Messwert nach Anpassung der 60 Hz Integrationszeit		B _F	60 Hz Offset	0x800F:1D [▶ 159]
			A _F	60 Hz Gain	0x800F:1E [▶ 159]
Y _H	Messwert nach Herstellerkalibrierung		B _K	Hersteller Offset	0x800F [▶ 159] (ungerade Subindizes)
			A _K	Hersteller Gain	0x800F [▶ 159] (gerade Subindizes)
Y _A	Messwert nach Anwenderkalibrierung		B _A	Anwender Offset	0x8002 [▶ 157] (ungerade Subindizes)
			A _A	Anwender Gain	0x8002 [▶ 157] (gerade Subindizes)
Y	Messwert nach AC-System-Offset		X _{SO}	AC-System-Offset	0x800F:1F [▶ 159]
Y _{Scale}	Messwert nach Skalierung		F _{Scal}	Endwert in 1 Bit pro 1µV / 1µA	

Tab. 2: Legende zu Tabelle 1

5.6.5 Ermittlung der (Anwender)-Gain-Werte

Die Klemme verfügt über ein Anwenderabgleich-Wertepaar pro Messbereich und Messart, also insgesamt 14 Paare. Um die Auflösung des Gain-Wertes zu erhöhen wird auf das „+1“ (0x4000) verzichtet. Da auch Gain-Werte kleiner als 1 vorkommen können, wird der Gain-Wert mit einem Offset von 1/8 versehen. Für eine Verstärkung von 1 muss der Gain-Wert entsprechend 0x2000 betragen: Für Verstärkung $G = 1$ gilt:

$$A_A = (G - \frac{7}{8}) \cdot 2^{16}$$

$$A_A = 0x2000$$

Für andere Werte muss „G“ durch den gewünschten Verstärkungsfaktor ersetzt werden. Vor dem Abgleich sollte die Darstellung der Werte auf „Rechtsbündig“ eingestellt werden: CoE-Index 0x8000:1D | 157 (Presentation = 1).

5.7 Objektbeschreibung und Parametrierung

● **EtherCAT XML Device Description**



Die Darstellung entspricht der Anzeige der CoE-Objekte aus der EtherCAT XML Device Description. Es wird empfohlen, die entsprechende aktuelle XML-Datei im Download-Bereich auf der [Beckhoff Website](#) herunterzuladen und entsprechend der Installationsanweisungen zu installieren.

Einführung

In der CoE-Übersicht sind Objekte mit verschiedenem Einsatzzweck enthalten:

- Objekte die zur Parametrierung bei der Inbetriebnahme nötig sind:
 - Restore Objekt Index 0x1011
 - Konfigurationsdaten Index 0x80n0
- Objekte die zum regulären Betrieb z.B. durch ADS-Zugriff bestimmt sind.
- Profilspezifische Objekte:
 - Konfigurationsdaten (herstellerspezifisch) Index 0x80nF
 - Eingangsdaten Index 0x60n0
 - Informations- und Diagnostikdaten Index 0x80nE, 0xF000, 0xF008, 0xF010
- Standardobjekte

Im Folgenden werden zuerst die im normalen Betrieb benötigten Objekte vorgestellt, dann die für eine vollständige Übersicht noch fehlenden Objekte.

Die Parametrierung der Klemme kann im CoE (CAN over EtherCAT)-Verzeichnis eingestellt werden.

● **Parametrierung über das CoE-Verzeichnis (CAN over EtherCAT)**



Die Parametrierung der Klemme wird über den [CoE - Online Reiter \[▶ 105\]](#) (mit Doppelklick auf das entsprechende Objekt) bzw. über den [Prozessdatenreiter \[▶ 102\]](#) (Zuordnung der PDOs) vorgenommen. Beachten Sie bei Verwendung/Manipulation der CoE-Parameter die allgemeinen CoE-Hinweise:

- StartUp-Liste führen für den Austauschfall
 - Unterscheidung zwischen Online/Offline Dictionary, Vorhandensein aktueller [XML-Beschreibung](#)
 - "[CoE-Reload \[▶ 186\]](#)" zum Zurücksetzen der Veränderungen
-

Folgende CoE-Einstellungen aus dem Objekt [0x8000 \[▶ 157\]](#) sind möglich und hier in den Default-Einstellungen wiedergegeben:

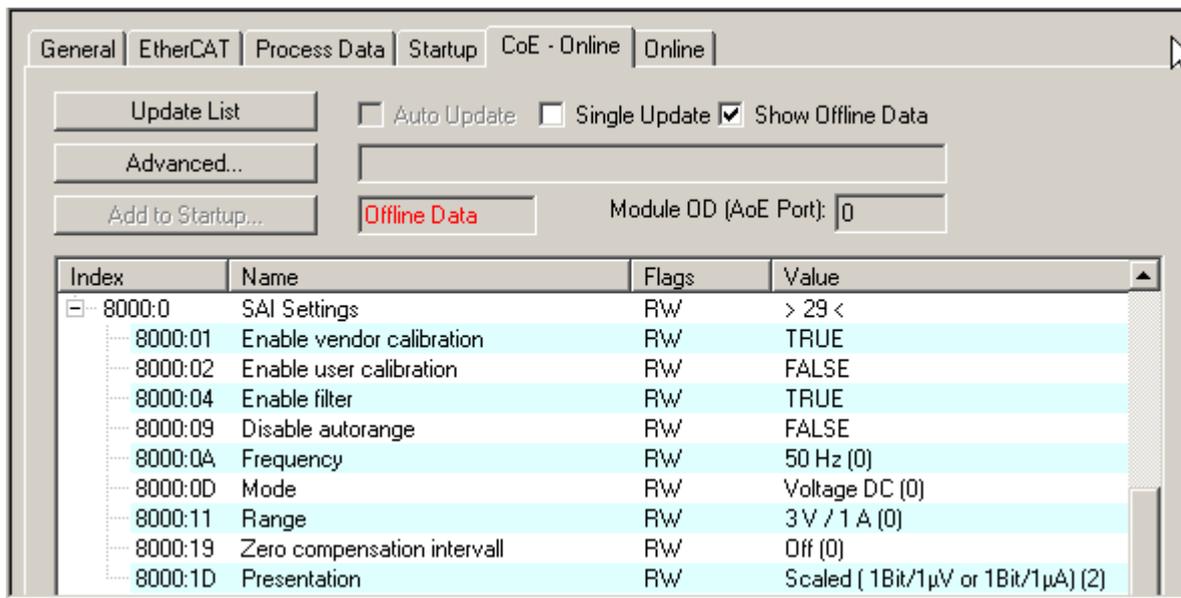


Abb. 152: Reiter CoE - Online, TwinCAT System Manager

● Prozessdatenbeschreibung

i Die Prozessdaten werden aus den CoE-Objekten [0x6000 \[► 160\]](#) (Inputs) und [0x7000 \[► 161\]](#) (Outputs) generiert.

5.7.1 Restore Objekt

Index 1011 Restore default parameters

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1011:0	Restore default parameters [► 186]	Herstellen der Defaulteinstellungen	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
1011:01	SubIndex 001	Wenn Sie dieses Objekt im Set Value Dialog auf „ 0x64616F6C “ setzen, werden alle Backup Objekte wieder in den Auslieferungszustand gesetzt.	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

5.7.2 Konfigurationsdaten

Index 8000 SAI Settings

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8000:0	SAI Settings	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x1D (29 _{dez})
8000:01	Enable vendor calibration [▶ 159]	Freigabe des Hersteller-Abgleichs	BOOLEAN	RW	0x01 (1 _{dez})
8000:02	Enable user calibration [▶ 157]	Freigabe des Anwender-Abgleichs	BOOLEAN	RW	0x00 (0 _{dez})
8000:04	Enable filter [▶ 146]	Filter aktivieren, dadurch reduziert sich die Anzahl der neuen Messwerte	BOOLEAN	RW	0x01 (1 _{dez})
8000:09	Disable autorange [▶ 146]**	Die automatische Messbereichsumschaltung ist deaktiviert	BOOLEAN	RW	0x00 (0 _{dez})
8000:0A	Frequency ** [▶ 146]	Auswahl der Netzfrequenz (50/60 Hz)	BIT1	RW	0x00 (0 _{dez})
8000:0D	Mode [▶ 145]**	Die Messart, in dem die nächste Messung durchgeführt werden soll.	BIT4	RW	0x00 (0 _{dez})
8000:11	Range [▶ 146]**	Der Messbereich, in dem die nächste Messung durchgeführt werden soll	UINT8	RW	0x00 (0 _{dez})
8000:19	Zero compensation intervall [▶ 147]	Zeitintervall zwischen den Messungen des internen ADC Offsets und Aktivierung der Verrechnung	BIT4	RW	0x00 (0 _{dez})
8000:1D	Presentation [▶ 147]	Auswahl der Darstellung Links/Rechtsbündig, Skaliert (z. B. 1 Bit / μ V)	BIT4	RW	0x02 (2 _{dez})

**) Die Wahl des Messbereiches kann nur bei abgeschaltetem SAI Range (Outputs) PDO [0x1600](#) [[▶ 162](#)] über das CoE erfolgen. Ist der SAI Range (Outputs) PDO aktiviert, enthalten die CoE-Einträge den verwendeten Range. Das Schreiben der CoE-Einträge „Disable autorange“, „Mode“ und „Range“ ist dann gesperrt.

Index 8002 SAI User data

Der „User data“ Index enthält für jeden Messbereich ein Offset/Gain Wertepaar, um für jeden Bereich einen Anwenderabgleich zu ermöglichen. Der Anwenderabgleich wird für alle Messbereiche über den Index [0x8000:02](#) [[▶ 157](#)] „Enable user calibration“ ein- und ausgeschaltet. Die voreingestellten Werte sind für Offset: 0x0000 sowie für Gain: 0x2000 (siehe „Abgleich“). Über den Eintrag [0x1011](#) [[▶ 156](#)] „Restore default parameters“ können alle Voreinstellungen wiederhergestellt werden.

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8002:0	SAI User data	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x1C (28 _{dez})
8002:01	300 mV DC offset	300 mV DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:02	300 mV DC gain	300 mV DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:03	3 V _{DC} offset	3 V _{DC} offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:04	3 V _{DC} gain	3 V _{DC} gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:05	30 V _{DC} offset	30 V _{DC} offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:06	30 V _{DC} gain	30 V _{DC} gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:07	300 V _{DC} offset	300 V _{DC} offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:08	300 V _{DC} gain	300 V _{DC} gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:09	300 mV AC offset	300 mV AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:0A	300 mV AC gain	300 mV AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:0B	3 V AC offset	3 V AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:0C	3 V AC gain	3 V AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:0D	30 V AC offset	30 V AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:0E	30 V AC gain	30 V AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:0F	300 V AC offset	300 V AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:10	300 V AC gain	300 V AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:11	100 mA DC offset	100 mA DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:12	100 mA DC gain	100 mA DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:13	1 A DC offset	1 A DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:14	1 A DC gain	1 A DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:15	10 A DC offset	10 A DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:16	10 A DC gain	10 A DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:17	100 mA AC offset	100 mA AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:18	100 mA AC gain	100 mA AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:19	1 A AC offset	1 A AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:1A	1 A AC gain	1 A AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
8002:1B	10 A AC offset	10 A AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
8002:1C	10 A AC gain	10 A AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})

5.7.3 Konfigurationsdaten (herstellerspezifisch)

Index 0x800F SAI Vendor data

Index 0x800F Der „Vendor data“ Eintrag enthält die für die herstellerseitige Kalibrierung notwendigen Daten. Eine Änderung der Daten ist nur durch den Hersteller möglich. Der Herstellerabgleich kann über den Eintrag 0x8000:01 [► 157] „Enable vendor calibration“ ein- und ausgeschaltet werden.

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
800F:0	SAI Vendor data	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
800F:01	300 mV DC offset	300 mV DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:02	300 mV DC gain	300 mV DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:03	3 V _{DC} offset	3 V _{DC} offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:04	3 V _{DC} gain	3 V _{DC} gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:05	30 V _{DC} offset	30 V _{DC} offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:06	30 V _{DC} gain	30 V _{DC} gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:07	300 V _{DC} offset	300 V _{DC} offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:08	300 V _{DC} gain	300 V _{DC} gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:09	300 mV AC offset	300 mV AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:0A	300 mV AC gain	300 mV AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:0B	3 V AC offset	3 V AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:0C	3 V AC gain	3 V AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:0D	30 V AC offset	30 V AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:0E	30 V AC gain	30 V AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:0F	300 V AC offset	300 V AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:10	300 V AC gain	300 V AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:11	100 mA DC offset	100 mA DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:12	100 mA DC gain	100 mA DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:13	1 A DC offset	1 A DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:14	1 A DC gain	1 A DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:15	10 A DC offset	10 A DC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:16	10 A DC gain	10 A DC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:17	100 mA AC offset	100 mA AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:18	100 mA AC gain	100 mA AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:19	1 A AC offset	1 A AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
800F:1A	1 A AC gain	1 A AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:1B	10 A AC offset	10 A AC offset	INT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:1C	10 A AC gain	10 A AC gain	UINT16	RW	0x2000 (8192 _{dez})
800F:1D	Frequency adjust offset	Frequency adjust offset	INT16	RW	0x06E5 (1765 _{dez})
800F:1E	Frequency adjust gain	Frequency adjust gain	UINT16	RW	0x53AB (21419 _{dez})
800F:1F	AC system offset	AC system offset	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
800F:20	ADC internal offset	ADC internal offset	INT16	RW	0x0178 (376 _{dez})
800F:29	Frequency adjust offset	Offset-Wert zur Anpassung der Integrationszeiten im 60 Hz Modus	INT16	RW	0x06E5(1765 _{dez})
800F:30	Frequency adjust gain	Gain Wert zur Anpassung der Integrationszeiten im 60 Hz Modus	UINT16	RW	0x53AB(21419 _{dez})
800F:31	AC system offset	Enthält den Offset des AC-Zweiges	UINT16	RW	0x0000(0 _{dez})
800F:32	ADC internal offset	Enthält den internen Offset des ADCs zum Kalibrierzeitpunkt	INT16	RW	0x007C(124 _{dez})

5.7.4 Eingangsdaten

Index 6000 SAI Inputs

Zur besseren Verknüpfbarkeit der Statusbits sind diese in den Prozessdaten zu einem 16-Bit Statuswort zusammengefasst. Per Mausklick auf das „+“ zeigt TwinCAT (ab Version 2.11) die einzelnen Statusbits an. Der Extended Range steht nur zur Verfügung, wenn ein größerer Messbereich existiert. In den Messbereichen 300 V, 1 A und 10 A (DC und AC) ist der Extended Range nicht nutzbar.

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
6000:0	SAI Inputs	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x11 (17 _{dez})
6000:01	Underrange	Zeigt ein Unterschreiten des elektrischen Messbereiches an (Keine Funktion im AC Modus)	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:02	Overrange	Zeigt ein Überschreiten des elektrischen Messbereiches an	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:03	Extended range	Der erweiterte Messbereich (~10 % des Endwertes) wird genutzt (Hysterese-Bereich der Autorange-Funktion)	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:04	Data invalid	Ungültige Prozessdaten, z. B. Datum ungültig, z. B. Filter Latency, Hochlauf	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:05	Range invalid	Der durch die SAI-Range-Outputs oder das CoE gewählte Bereich existiert nicht	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:06	Autorange disabled	Die Autorange-Funktion wird nicht verwendet	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:07	Error	Messbereichsüberschreitung, Over- oder Underrange, die Error-LED leuchtet oder Wandlungsfehler oder ungültiger Mesbereich	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:08	Calibration in progress	Der Interne Offset des ADCs wird gelesen.	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:0F	TxPDO State	Gültigkeit der Daten der zugehörigen TxPDO (0=valid, 1=invalid).	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:10	TxPDO Toggle	Ein neuer Messwert liegt an (wenn Toggle-Bit geändert). Status-Bits werden z.T. unabhängig vom Toggle Bit geändert.	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
6000:11	Value	Enthält den Messwert, Skalierung siehe Darstellung (Presentation).	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index 6001 SAI Range

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
6001:0	SAI Range	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x09 (9 _{dez})
6001:05	Mode	Enthält die gewählte Messart (z. B. DC Voltage)	BIT4	RO	0x00 (0 _{dez})
6001:09	Range	Enthält den gewählten Messbereich (z. B. 10 ²)	INT8	RO	0x00 (0 _{dez})

5.7.5 Ausgangsdaten

Index 7000 SAI Range

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
7000:0	SAI Range	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x09 (9 _{dez})
7000:01	Disable autorange	Deaktiviert die Autorange-Funktion in der gewählten Messart (z. B. DC Voltage)	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
7000:02	Start calibration	Initialisiert eine automatische Korrektur des internen Messbereiches (nur wenn 0x8000:19 [►_157] = 4 _{dez})	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})
7000:05	Mode	Auswahl Messart	BIT4	RO	0x00 (0 _{dez})
7000:09	Range	Auswahl Messbereich	INT8	RO	0x00 (0 _{dez})

5.7.6 Informations - Diagnostikdaten

Index 800E SAI Internal data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
800E:0	SAI Internal data	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
800E:01	Raw value	Der nicht verrechnete Wert des ADCs	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
800E:02	Zero value	Der interne Offset des ADCs (wird automatisch korrigiert, wenn 0x8000:19 [►_157] ungleich 0).	INT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
800E:03	Sampling time	Dauer der letzten Wandlung(en) in ms.	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})

Index F000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16 _{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	0x0001 (1 _{dez})

Index F008 Code word

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F008:0	Code word	Code Wort (reserviert)	UINT32	RW	0x00000000 (0 _{dez})

Index F010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list	Maximaler Subindex	UINT8	RW	0x01 (1 _{dez})
F010:01	SubIndex 001	reserviert	UINT32	RW	0x00000168 (360 _{dez})

5.7.7 Standardobjekte (0x1000-0x1FFF)

Die Standardobjekte haben für alle EtherCAT-Slaves die gleiche Bedeutung.

Index 1000 Device type

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1000:0	Device type	Geräte-Typ des EtherCAT-Slaves: Das Lo-Word enthält das verwendete CoE Profil (5001). Das Hi-Word enthält das Modul Profil entsprechend des Modular Device Profile.	UINT32	RO	0x01681389 (23597961 _{dez})

Index 1008 Device name

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1008:0	Device name	Geräte-Name des EtherCAT-Slave	STRING	RO	EL3681

Index 1009 Hardware version

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1009:0	Hardware version	Hardware-Version des EtherCAT-Slaves	STRING	RO	03

Index 100A Software version

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
100A:0	Software version	Firmware-Version des EtherCAT-Slaves	STRING	RO	02

Index 1018 Identity

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1018:0	Identity	Informationen, um den Slave zu identifizieren	UINT8	RO	0x04 (4 _{dez})
1018:01	Vendor ID	Hersteller-ID des EtherCAT-Slaves	UINT32	RO	0x00000002 (2 _{dez})
1018:02	Product code	Produkt-Code des EtherCAT-Slaves	UINT32	RO	0x0E613052 (241250386 _{dez})
1018:03	Revision	Revisionsnummer des EtherCAT-Slaves, das Low-Word (Bit 0-15) kennzeichnet die Sonderklemmennummer, das High-Word (Bit 16-31) verweist auf die Gerätebeschreibung	UINT32	RO	0x00120000 (1179648 _{dez})
1018:04	Serial number	Seriennummer des EtherCAT-Slaves, das Low-Byte (Bit 0-7) des Low-Words enthält das Produktionsjahr, das High-Byte (Bit 8-15) des Low-Words enthält die Produktionswoche, das High-Word (Bit 16-31) ist 0	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index 10F0 Backup parameter handling

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F0:0	Backup parameter handling	Informationen zum standardisierten Laden und Speichern der Backup Entries	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
10F0:01	Checksum	Checksumme über alle Backup-Entries des EtherCAT-Slaves	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})

Index 1600 SAI RxPDO-Map Range

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1600:0	SAI RxPDO-Map Range	PDO Mapping RxPDO 1	UINT8	RO	0x05 (5 _{dez})
1600:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x7000 (SAI Range), entry 0x01 (Enable autorange))	UINT32	RO	0x7000:01, 1
1600:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (3 bits align)	UINT32	RO	0x7000:02, 1
1600:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x7000 (SAI Range), entry 0x05 (Mode))	UINT32	RO	0x0000:00, 2
1600:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x7000 (SAI Range), entry 0x09 (Range))	UINT32	RO	0x7000:05, 4
1600:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (object 0x7000 (SAI Range), entry 0x09 (Range))	UINT32	RO	0x7000:09, 8

Index 1A00 SAI TxPDO-Map Inputs

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1A00:0	SAI TxPDO-Map Inputs	PDO Mapping TxPDO 1	UINT8	RO	0x0C (12 _{dez})
1A00:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x6000 (AI Inputs), entry 0x01 (Underrange))	UINT32	RO	0x6000:01, 1
1A00:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x6000 (AI Inputs), entry 0x02 (Ovrange))	UINT32	RO	0x6000:02, 1
1A00:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x6000 (AI Inputs), entry 0x03 (Limit 1))	UINT32	RO	0x6000:03, 1
1A00:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x6000 (AI Inputs), entry 0x05 (Limit 2))	UINT32	RO	0x6000:04, 1
1A00:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (7 bits align)	UINT32	RO	0x6000:05, 1
1A00:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (object 0x1C32, entry 0x20)	UINT32	RO	0x6000:06, 1
1A00:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (object 0x1800, entry 0x07)	UINT32	RO	0x6000:07, 1
1A00:08	SubIndex 008	8. PDO Mapping entry (object 0x1800, entry 0x09)	UINT32	RO	0x6000:08, 1
1A00:09	SubIndex 009	9. PDO Mapping entry (object 0x6000 (AI Inputs), entry 0x11 (Value))	UINT32	RO	0x0000:00, 6
1A00:0A	SubIndex 010	10. PDO Mapping entry (object 0x6000 (AI Inputs), entry 0x11 (Value))	UINT32	RO	0x1800:07, 1
1A00:0B	SubIndex 011	11. PDO Mapping entry (object 0x6001 (SAI Range), entry 0x01 (Actual Range))	UINT32	RO	0x1800:09, 1
1A00:0C	SubIndex 012	12. PDO Mapping entry (object 0x6000 (SAI Inputs), entry 0x11 (Value))	UINT32	RO	0x6000:11, 32

Index 1A01 SAI TxPDO-Map Range

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1A01:0	SAI TxPDO-Map Range	PDO Mapping TxPDO 2	UINT8	RO	0x05 (5 _{dez})
1A01:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (1 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 1
1A01:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (1 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 1
1A01:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (2 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 2
1A01:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x6001 (SAI Range), entry 0x05 (Mode))	UINT32	RO	0x6001:05, 4
1A01:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (object 0x6001 (SAI Range), entry 0x09 (Range))	UINT32	RO	0x6001:09, 8

Index 1C00 Sync manager type

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C00:0	Sync manager type	Benutzung der Sync Manager	UINT8	RO	0x04 (4 _{dez})
1C00:01	SubIndex 001	Sync-Manager Type Channel 1: Mailbox Write	UINT8	RO	0x01 (1 _{dez})
1C00:02	SubIndex 002	Sync-Manager Type Channel 2: Mailbox Read	UINT8	RO	0x02 (2 _{dez})
1C00:03	SubIndex 003	Sync-Manager Type Channel 3: Process Data Write (Outputs)	UINT8	RO	0x03 (3 _{dez})
1C00:04	SubIndex 004	Sync-Manager Type Channel 4: Process Data Read (Inputs)	UINT8	RO	0x04 (4 _{dez})

Index 1C12 RxPDO assign

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C12:0	RxPDO assign	PDO Assign Outputs	UINT8	RW	0x01 (1 _{dez})
1C12:01	Subindex 001	1. zugeordnete RxPDO (enthält den Index des zugehörigen RxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1600 (5632 _{dez})

Index 1C13 TxPDO assign

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C13:0	TxPDO assign	PDO Assign Inputs	UINT8	RW	0x02 (2 _{dez})
1C13:01	Subindex 001	1. zugeordnete TxPDO (enthält den Index des zugehörigen TxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1A00 (6656 _{dez})
1C13:02	Subindex 002	2. zugeordnete TxPDO (enthält den Index des zugehörigen TxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1A01 (6657 _{dez})

Index 1C32 SM output parameter

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C32:0	SM output parameter	Synchronisierungsparameter der Outputs	UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
1C32:01	Sync mode	Aktuelle Synchronisierungsbetriebsart: <ul style="list-style-type: none"> • 0: Free Run • 1: Synchron with SM 2 Event • 2: DC-Mode - Synchron with SYNC0 Event • 3: DC-Mode - Synchron with SYNC1 Event 	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
1C32:02	Cycle time	Zykluszeit (in ns): <ul style="list-style-type: none"> • Free Run: Zykluszeit des lokalen Timers • Synchron with SM 2 Event: Zykluszeit des Masters • DC-Mode: SYNC0/SYNC1 Cycle Time 	UINT32	RW	0x000F4240 (1000000 _{dez})
1C32:03	Shift time	Zeit zwischen SYNC0 Event und Ausgabe der Outputs (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C32:04	Sync modes supported	Unterstützte Synchronisierungsbetriebsarten: <ul style="list-style-type: none"> • Bit 0 = 1: Free Run wird unterstützt 	UINT16	RO	0x0001 (1 _{dez})
1C32:05	Minimum cycle time	Minimale Zykluszeit (in ns)	UINT32	RO	0x000F4240 (1000000 _{dez})
1C32:06	Calc and copy time	Minimale Zeit zwischen SYNC0 und SYNC1 Event (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C32:07	Minimum delay time		UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C32:08	Command	<ul style="list-style-type: none"> • 0: Messung der lokalen Zykluszeit wird gestoppt • 1: Messung der lokalen Zykluszeit wird gestartet <p>Die Entries 0x1C32:03 [▶ 164], 0x1C32:05 [▶ 164], 0x1C32:06 [▶ 164], 0x1C32:09 [▶ 164], 0x1C33:03 [▶ 165], 0x1C33:06 [▶ 164], 0x1C33:09 [▶ 165] werden mit den maximal gemessenen Werten aktualisiert. Wenn erneut gemessen wird, werden die Messwerte zurückgesetzt</p>	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
1C32:09	Maximum Delay time	Zeit zwischen SYNC1 Event und Ausgabe der Outputs (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C32:0B	SM event missed counter	Anzahl der ausgefallenen SM-Events im OPERATIONAL (nur im DC Mode)	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
1C32:0C	Cycle exceeded counter	Anzahl der Zykluszeitverletzungen im OPERATIONAL (Zyklus wurde nicht rechtzeitig fertig bzw. der nächste Zyklus kam zu früh)	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
1C32:0D	Shift too short counter	Anzahl der zu kurzen Abstände zwischen SYNC0 und SYNC1 Event (nur im DC Mode)	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
1C32:20	Sync error	Im letzten Zyklus war die Synchronisierung nicht korrekt (Ausgänge wurden zu spät ausgegeben, nur im DC Mode)	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})

Index 1C33 SM input parameter

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C33:0	SM input parameter	Synchronisierungsparameter der Inputs	UINT8	RO	0x20 (32 _{dez})
1C33:01	Sync mode	Aktuelle Synchronisierungsbetriebsart: <ul style="list-style-type: none"> • 0: Free Run • 1: Synchron with SM 3 Event (keine Outputs vorhanden) • 2: DC - Synchron with SYNC0 Event • 3: DC - Synchron with SYNC1 Event • 34: Synchron with SM 2 Event (Outputs vorhanden) 	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
1C33:02	Cycle time	wie 0x1C32:02 [► 164]	UINT32	RW	0x000F4240 (1000000 _{dez})
1C33:03	Shift time	Zeit zwischen SYNC0-Event und Einlesen der Inputs (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C33:04	Sync modes supported	Unterstützte Synchronisierungsbetriebsarten: <ul style="list-style-type: none"> • Bit 0: Free Run wird unterstützt 	UINT16	RO	0x0001 (1 _{dez})
1C33:05	Minimum cycle time	wie 0x1C32:05 [► 164]	UINT32	RO	0x000F4240 (1000000 _{dez})
1C33:06	Calc and copy time	Zeit zwischen Einlesen der Eingänge und Verfügbarkeit der Eingänge für den Master (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C33:07	Minimum delay time		UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C33:08	Command	wie 0x1C32:08 [► 164]	UINT16	RW	0x0000 (0 _{dez})
1C33:09	Maximum Delay time	Zeit zwischen SYNC1-Event und Einlesen der Eingänge (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0 _{dez})
1C33:0B	SM event missed counter	wie 0x1C32:11	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
1C33:0C	Cycle exceeded counter	wie 0x1C32:12	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
1C33:0D	Shift too short counter	wie 0x1C32:13	UINT16	RO	0x0000 (0 _{dez})
1C33:20	Sync error	wie 0x1C32:32	BOOLEAN	RO	0x00 (0 _{dez})

5.8 Beispielprogramm

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.

 Download (<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el3681/Resources/2086769675.zip>)

Über die Visualisierung können alle Einstellungen der Klemme inklusive der CoE-Einträge eingestellt werden (Abb. *Visualisierung Beispielprogramm*):

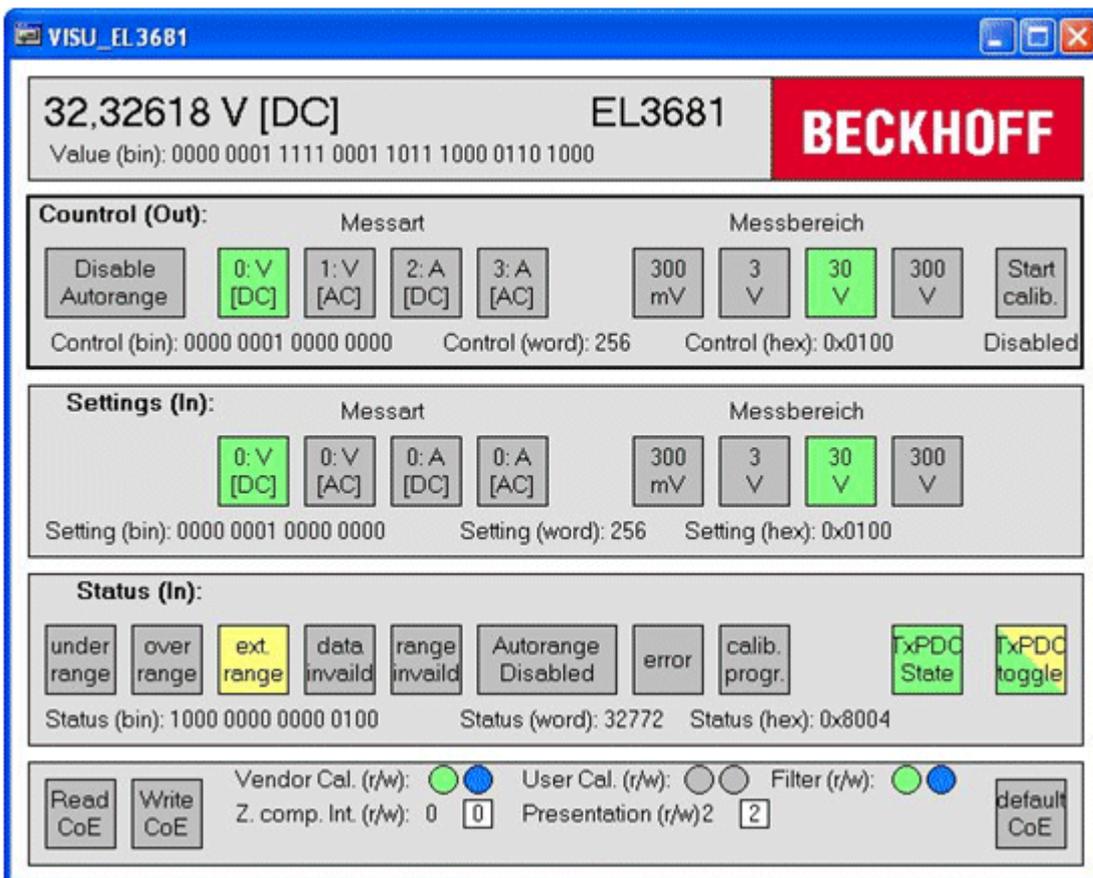


Abb. 153: Visualisierung Beispielprogramm

Anzeigebereich

Im Anzeigebereich wird der Messwert als String verarbeitet (Darstellung „Scaled“) oder hexadezimal sowie zusätzlich binär dargestellt.

Control-Bereich

Über die zehn Schaltflächen kann die Klemme per Prozessdaten gesteuert werden. Das Control-Word wird binär, dezimal und hexadezimal dargestellt.

Settings- und Status-Bereich

Der Settings-Bereich zeigt die Messart sowie den Messbereich an, die von der Klemme gemeldet werden. Der Status-Bereich zeigt die Status-Bits als farbige Flächen. Beide Bereiche enthalten das Settings- und Status-Word in binärer, dezimaler und hexadezimaler Darstellung.

CoE-Bereich

Im unteren Bereich können die CoE-Einstellungen gelesen, manipuliert und geschrieben werden.

Vorgehensweise zum Starten des Programms

- Nach Klick auf den Download-Button speichern Sie das Zip-Archiv lokal auf ihrer Festplatte und entpacken die *.TSM (Konfigurationsdatei) und *.PRO (PLC-Programmdatei) in einem temporären Arbeitsordner.
- Die *.pro-Datei kann per Doppelklick geöffnet werden oder über die TwinCAT PLC Control Anwendung mit die Menüauswahl „Datei/ Öffnen“. Die *.tsm-Datei ist für den der TwinCAT-System Manager vorgesehen (um hier Konfigurationen einzusehen oder zu übernehmen).
- Schließen Sie die Hardware an und verbinden Sie den Ethernet-Adapter ihres PCs mit dem EtherCAT-Koppler (weitere Hinweise hierzu finden sie in den entsprechenden Kopplerhandbüchern).
- Auswahl des lokalen Ethernet-Adapters (ggf. mit Echtzeit-Treiber) unter Systemkonfiguration, E/A - Konfiguration, E/A -Geräte, Gerät (EtherCAT); dann unter Karteireiter „Adapter“, „Suchen...“ den entsprechenden Adapter auswählen und bestätigen (siehe Abb. *Suchen des Ethernet-Adapters + Auswahl und Bestätigung des Ethernet-Adapters*).

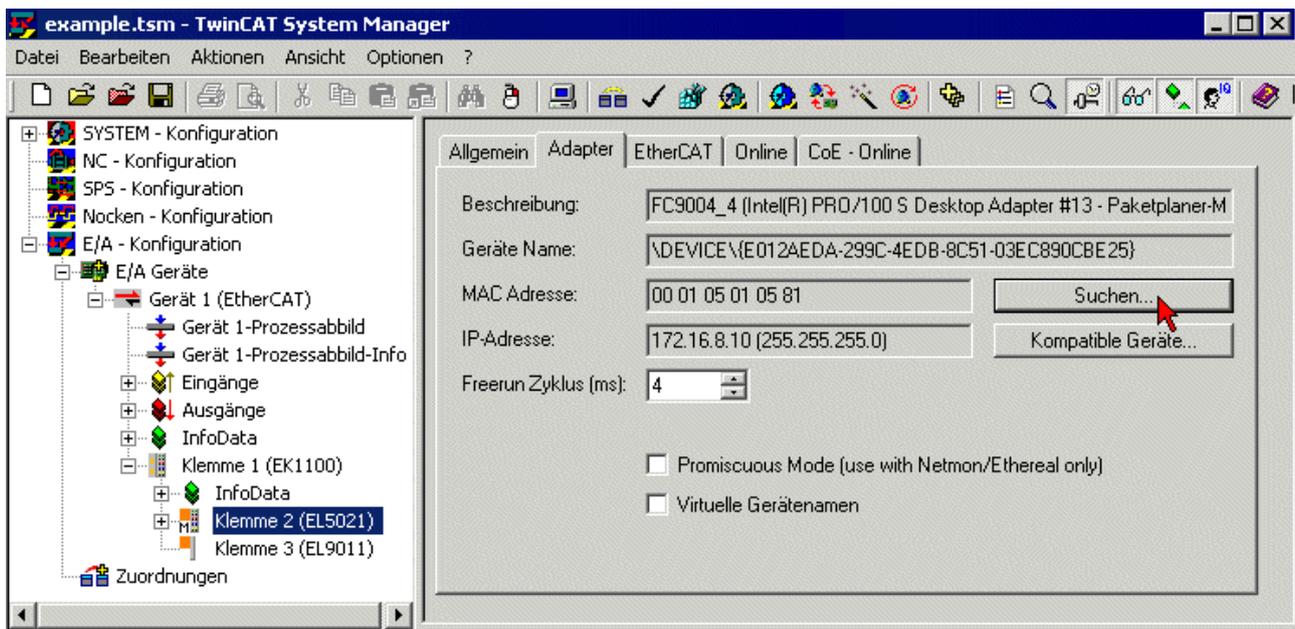


Abb. 154: Suchen des Ethernet-Adapters

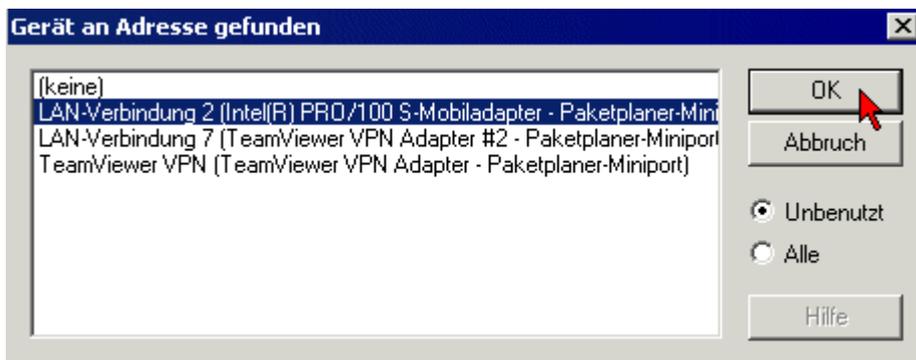


Abb. 155: Auswahl und Bestätigung des Ethernet-Adapters

- Aktivierung der Konfiguration und bestätigen (Abb. *Aktivierung der Konfiguration + Konfigurationsaktivierung bestätigen*)



Abb. 156: Aktivierung der Konfiguration



Abb. 157: Konfigurationsaktivierung bestätigen

- Neue Variablenzuordnung bestätigen, Neustart im RUN-Modus (Abb. *Variablenzuordnung erzeugen + Neustart TwinCAT im RUN-Modus*)



Abb. 158: Variablenzuordnung erzeugen



Abb. 159: Neustart TwinCAT im RUN-Modus

- In der TwinCAT PLC unter Menü „Projekt“ -> „Alles Übersetzen“ das Projekt übersetzen (Abb. *Projekt übersetzen*)

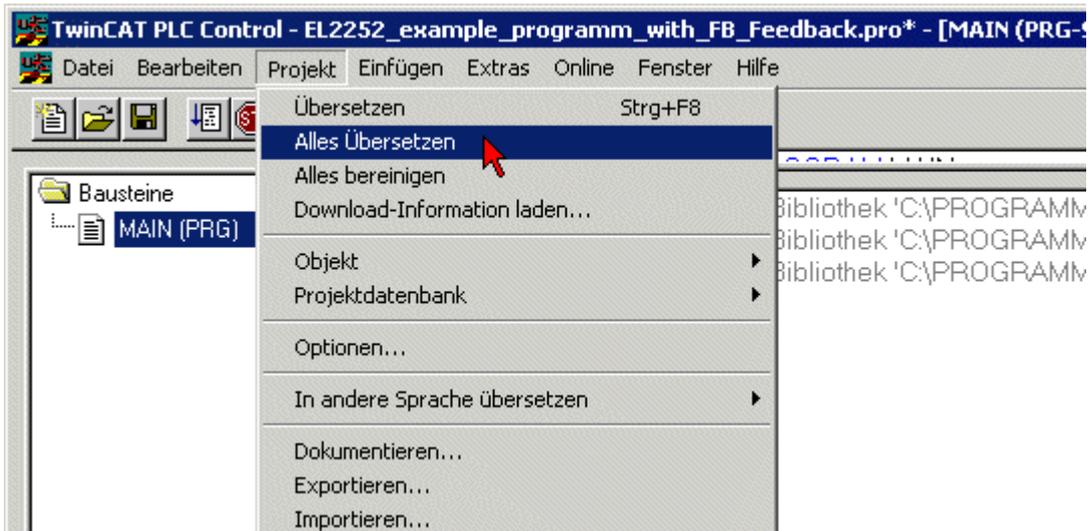


Abb. 160: Projekt übersetzen

- In der TwinCAT PLC: Einloggen mit der Taste „F11“, Laden des Programms bestätigen (Abb. *Programmstart bestätigen*), Start des Programms mit Taste „F5“

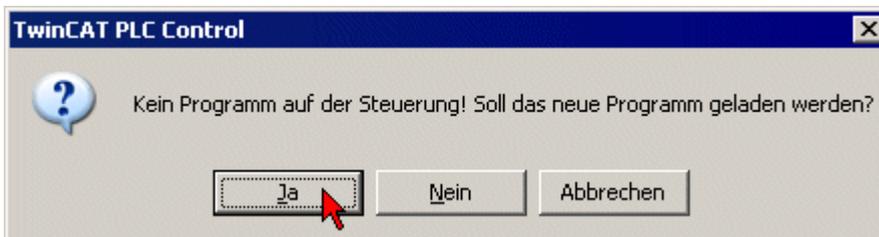


Abb. 161: Programmstart bestätigen

6 Fehlerbehandlung und Diagnose

Error ** Index 0x6000:0 7 [▶ 160]	Underan- ge ** Index 0x6000:01 [▶ 160]	Overran- ge ** Index 0x6000:02 [▶ 160]	Data inva- lid Index 0x6000:04 [▶ 160]	TxPDO State ** Index 0x6000:0 F [▶ 160]	Range in- valid Index 0x6000:05 [▶ 160]	Fehlerbe- schreibung	Abhilfe
1	1					Messbereich unterschritten	Wenn möglich, kleineren Messbereich wählen; sonst Eingangsgröße vergrößern
1		1				Messbereich überschritten	Wenn möglich, größeren Messbereich wählen; sonst Eingangsgröße reduzieren
1				1		Wandlungsfehler	automatisch (ADC antwortet nicht, automatischer Neustart)
1					1	Messbereich ungültig	Gültigen Messbereich wählen; bei Autorange ggf. Presentation: "scaled" wählen oder SAI Range (outputs) einschalten.
			1			Daten ungültig	Warten (ADC Zero lesen, Hochlauf oder nach Wandlungsfehler)
1			1	1		Wandlungsfehler nach Einschalten	Erneut Einschalten

**) Error-LED leuchtet, siehe [LED-Beschreibung \[▶ 48\]](#)

7 Anhang

7.1 Zubehör

Sicherung

Ersatzsicherungen sind als Zubehör erhältlich. Die obere der beiden eingebauten Sicherungen in der EL3681 ist bereits als Ersatzsicherung vorgesehen.

Die Sicherung kann mittels einer Zange gleichmäßig nach oben aus den Fassungen gezogen werden (Abb. Austausch der Sicherung).

HINWEIS

ACHTUNG: Beschädigung der Fassungen möglich

Durch unsachgemäßes Heraushebeln der Sicherungen können die Fassungen beschädigt werden!

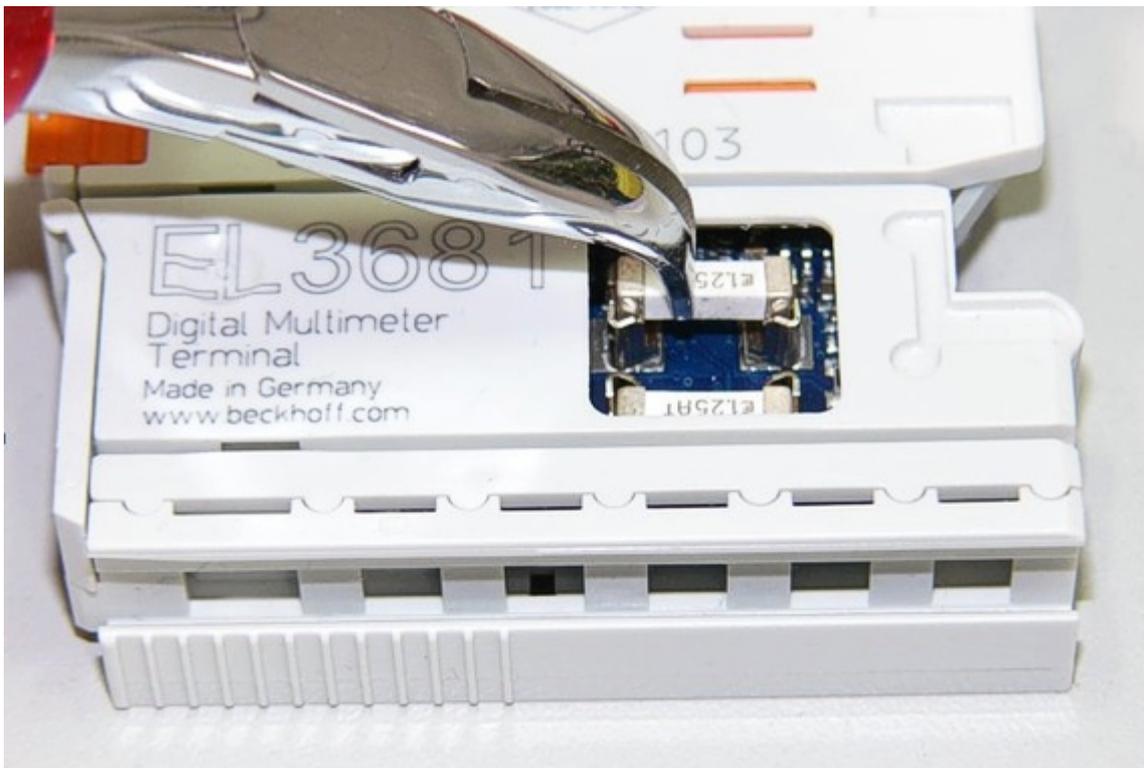


Abb. 162: Austausch der Sicherung

Bestellnummer Sicherung

ZB8000-0001, 10 Stk. Sicherung 1,25 A

7.2 EtherCAT AL Status Codes

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

7.3 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 \[► 174\]](#). 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!

EL3681				
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision Nr.	Release-Datum	
02 - 18*	02	EL3681-0000-0018	2010/06	
	03		2011/07	
	04			2012/01
			EL3681-0000-0019	2012/07
	05		EL3681-0000-0020	2013/04
			EL3681-0000-0021	2013/05
06*			2014/10	

EL3681-0020			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision Nr.	Release-Datum
15*	06*	EL3681-0020-0016	2013/12

EL3681-0030			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision Nr.	Release-Datum
00*	06*	EL3681-0030-0021	2019/07

*) 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.

7.4 Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx

Dieses Kapitel beschreibt das Geräte-Update für Beckhoff EtherCAT Slaves der Serien EL/ES, ELM, EM, EK, EP, EPP und ERP. Ein FW-Update sollte nur nach Rücksprache mit dem Beckhoff Support durchgeführt werden.

HINWEIS

Nur TwinCAT 3 Software verwenden!

Ein Firmware-Update von Beckhoff IO Geräten ist ausschließlich mit einer TwinCAT3-Installation durchzuführen. Es empfiehlt sich ein möglichst aktuelles Build, kostenlos zum Download verfügbar auf der [Beckhoff-Website](#).

Zum Firmware-Update kann TwinCAT im sog. FreeRun-Modus betrieben werden, eine kostenpflichtige Lizenz ist dazu nicht nötig.

Das für das Update vorgesehene Gerät kann in der Regel am Einbauort verbleiben; TwinCAT ist jedoch im FreeRun zu betreiben. Zudem ist auf eine störungsfreie EtherCAT Kommunikation zu achten (keine „LostFrames“ etc.).

Andere EtherCAT-Master-Software wie z.B. der EtherCAT-Konfigurator sind nicht zu verwenden, da sie unter Umständen nicht die komplexen Zusammenhänge beim Update von Firmware, EEPROM und ggf. weiteren Gerätebestandteilen unterstützen.

Speicherorte

In einem EtherCAT-Slave werden an bis zu drei Orten Daten für den Betrieb vorgehalten:

- Jeder EtherCAT Slave hat eine Gerätebeschreibung, bestehend aus Identität (Name, Productcode), Timing-Vorgaben, Kommunikationseinstellungen u.a.
Diese Gerätebeschreibung (ESI; EtherCAT Slave Information) kann von der Beckhoff Website im Downloadbereich als [Zip-Datei](#) heruntergeladen werden und in EtherCAT Masters 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 Systemmanager 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

- Das Herunterladen der Firmware auf ein EtherCAT-Gerät darf nicht unterbrochen werden.
- Eine einwandfreie EtherCAT-Kommunikation muss sichergestellt sein, CRC-Fehler oder LostFrames dürfen nicht auftreten.
- 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!

7.4.1 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:

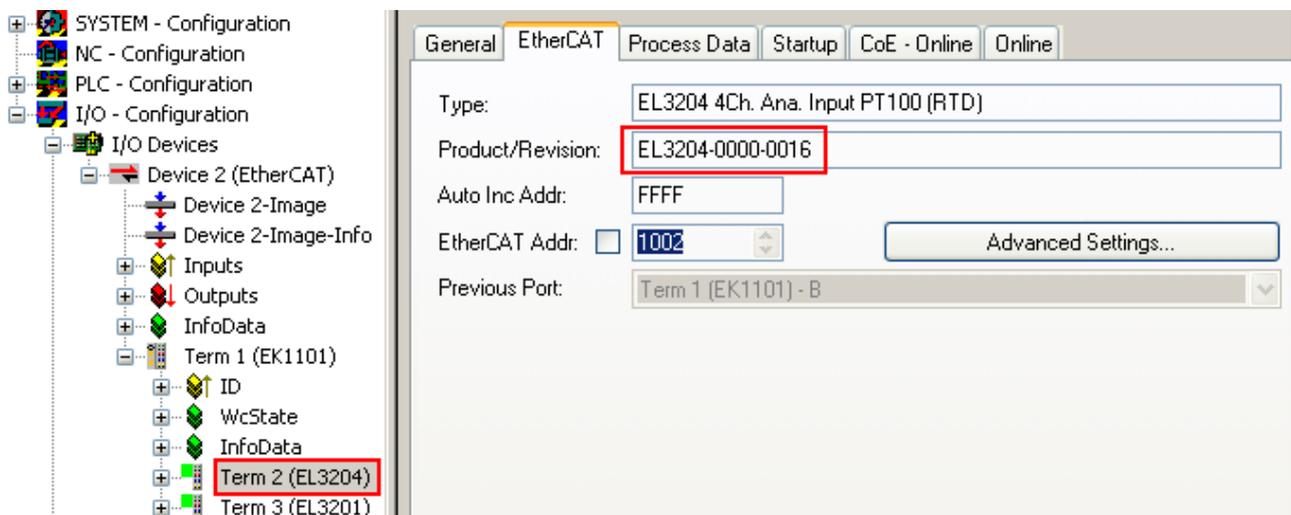


Abb. 163: Geräteerkennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016

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:

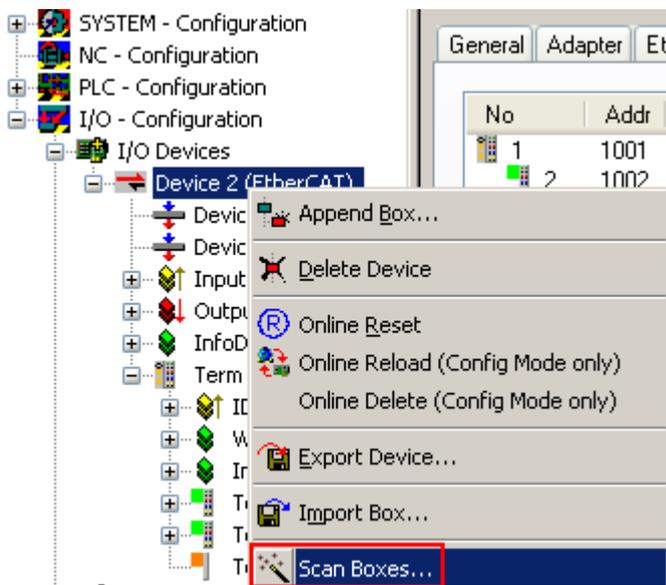


Abb. 164: Rechtsklick auf das EtherCAT Gerät bewirkt das Scannen des unterlagerten Feldes

Wenn das gefundene Feld mit dem konfigurierten übereinstimmt, erscheint



Abb. 165: Konfiguration identisch

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

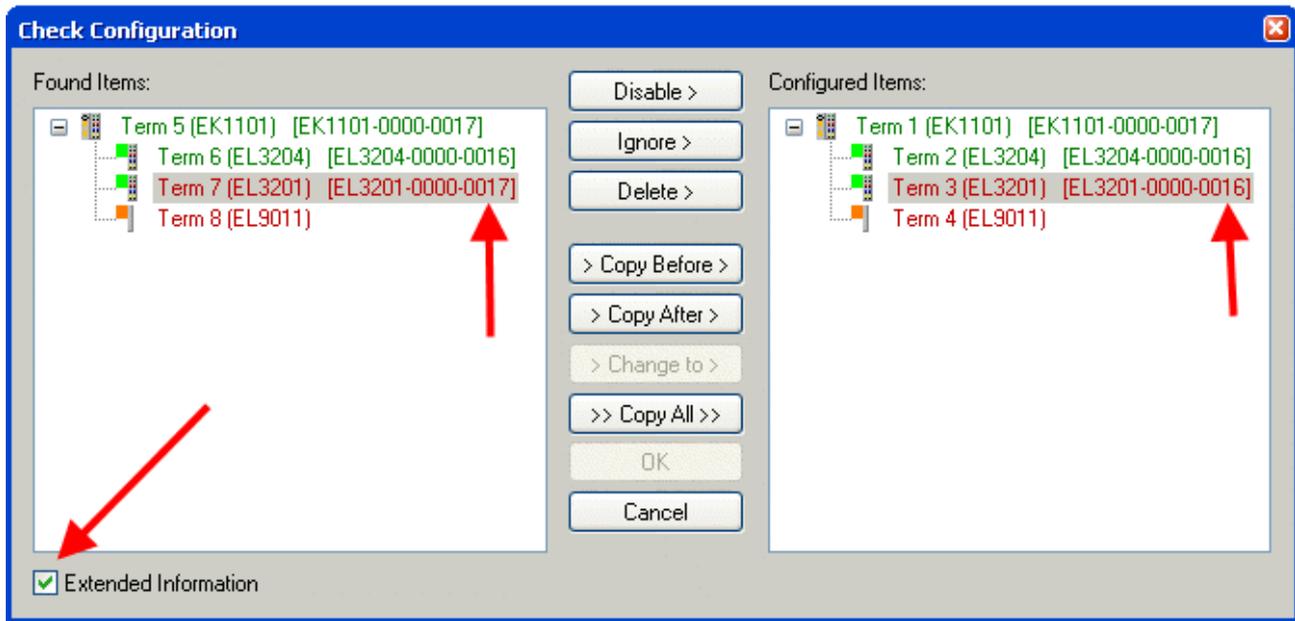


Abb. 166: Änderungsdialog

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*

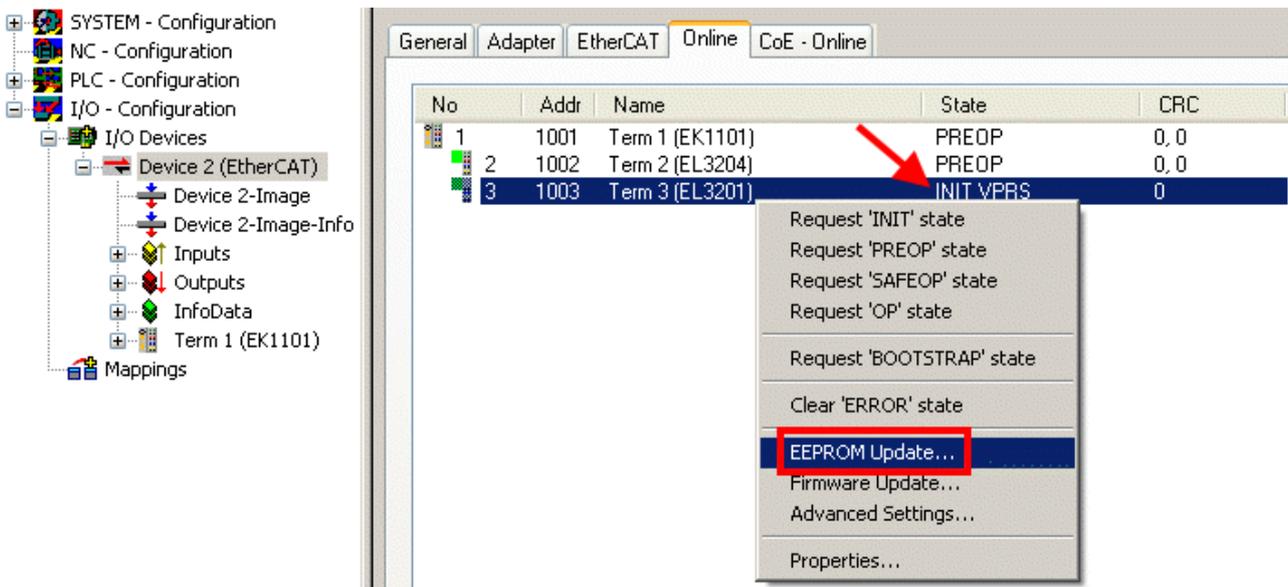


Abb. 167: EEPROM Update

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.

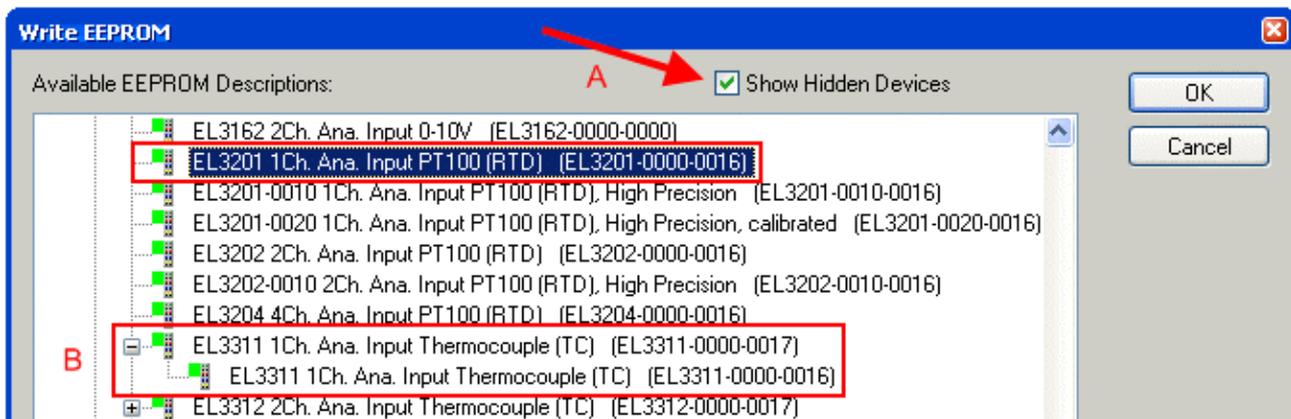


Abb. 168: Auswahl des neuen ESI

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.

7.4.2 Erläuterungen zur Firmware

Versionsbestimmung der Firmware

Versionsbestimmung mit dem 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).

● CoE-Online und Offline-CoE

i 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 EL5xx.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.

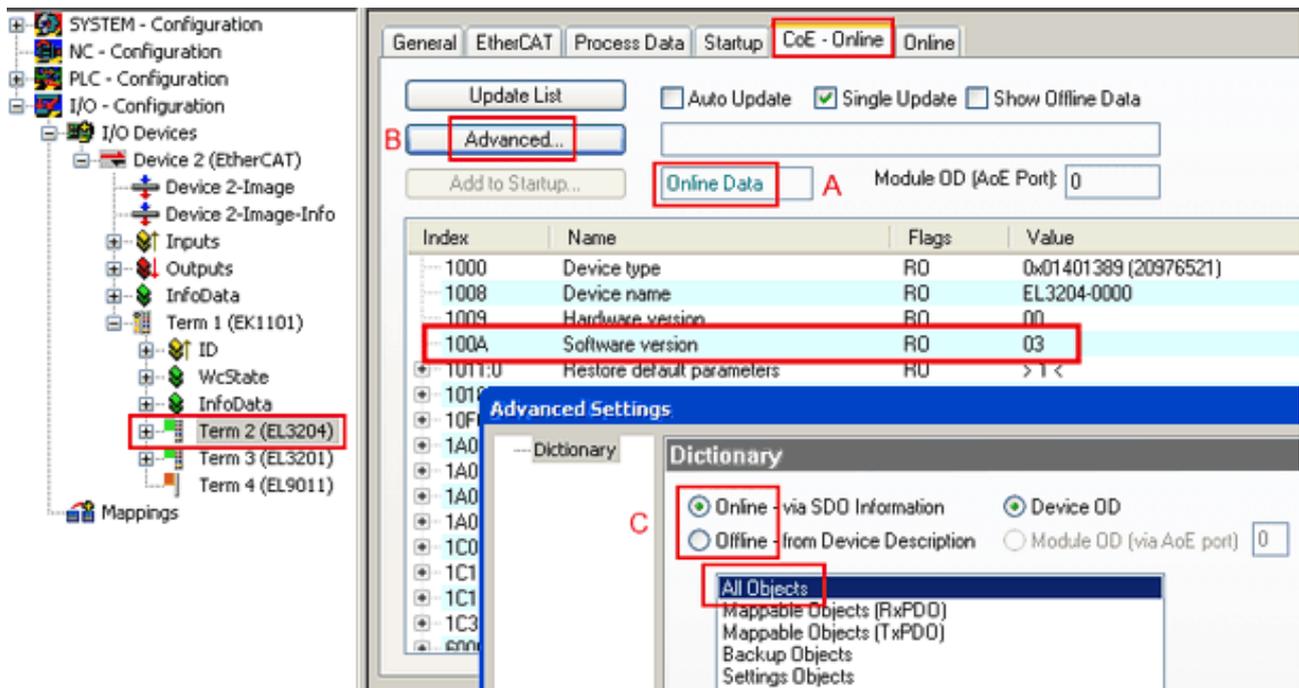


Abb. 169: Anzeige FW-Stand EL3204

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.

7.4.3 Update Controller-Firmware *.efw

● CoE-Verzeichnis

i 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*.

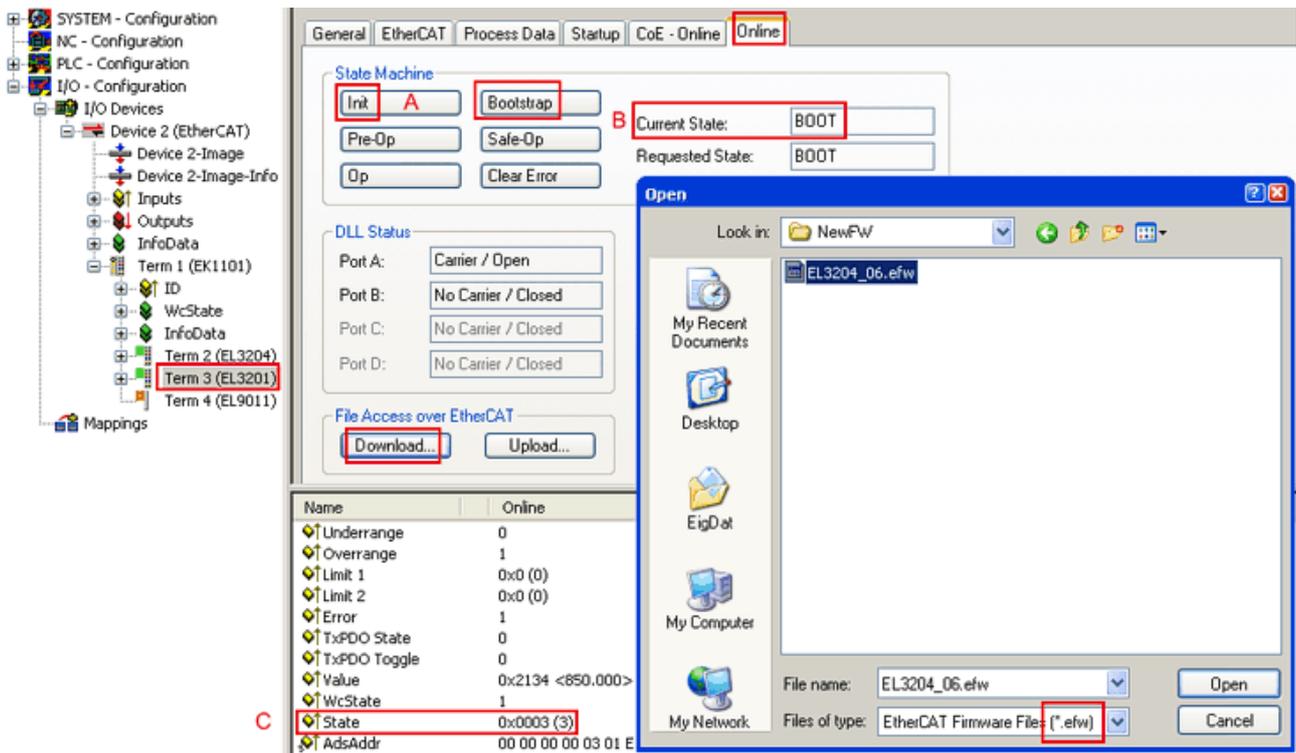
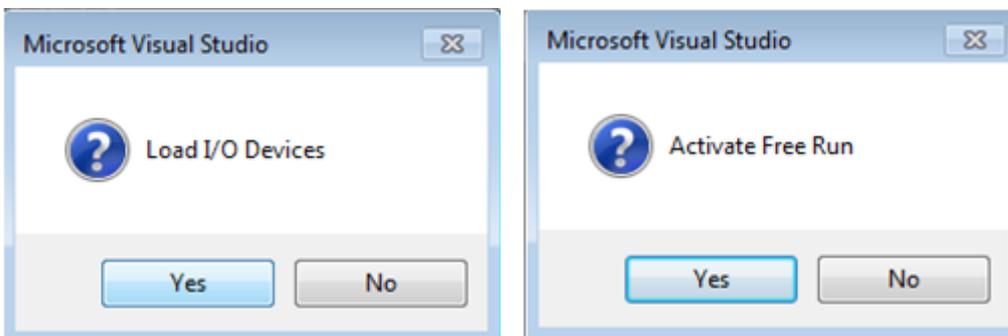


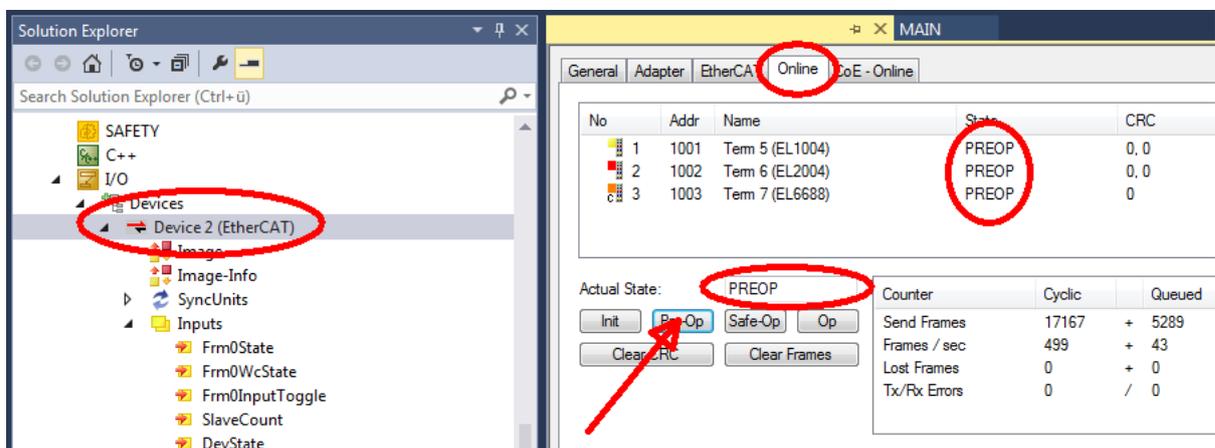
Abb. 170: Firmware Update

Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen. Gültig für TwinCAT 2 und 3 als EtherCAT Master.

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

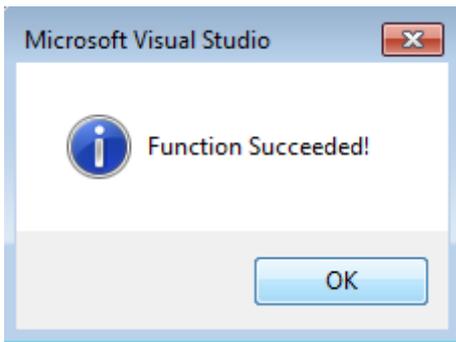


- EtherCAT Master in PreOP schalten



- Slave in INIT schalten (A)
- Slave in BOOTSTRAP schalten

- Kontrolle des aktuellen Status (B, C)
- Download der neuen *efw-Datei, abwarten bis beendet. Ein Passwort wird in der Regel nicht benötigt.



- Nach Beendigung des Download in INIT schalten, dann in PreOP
- Slave kurz stromlos schalten (nicht unter Spannung ziehen!)
- Im CoE 0x100A kontrollieren ob der FW-Stand korrekt übernommen wurde.

7.4.4 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 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.

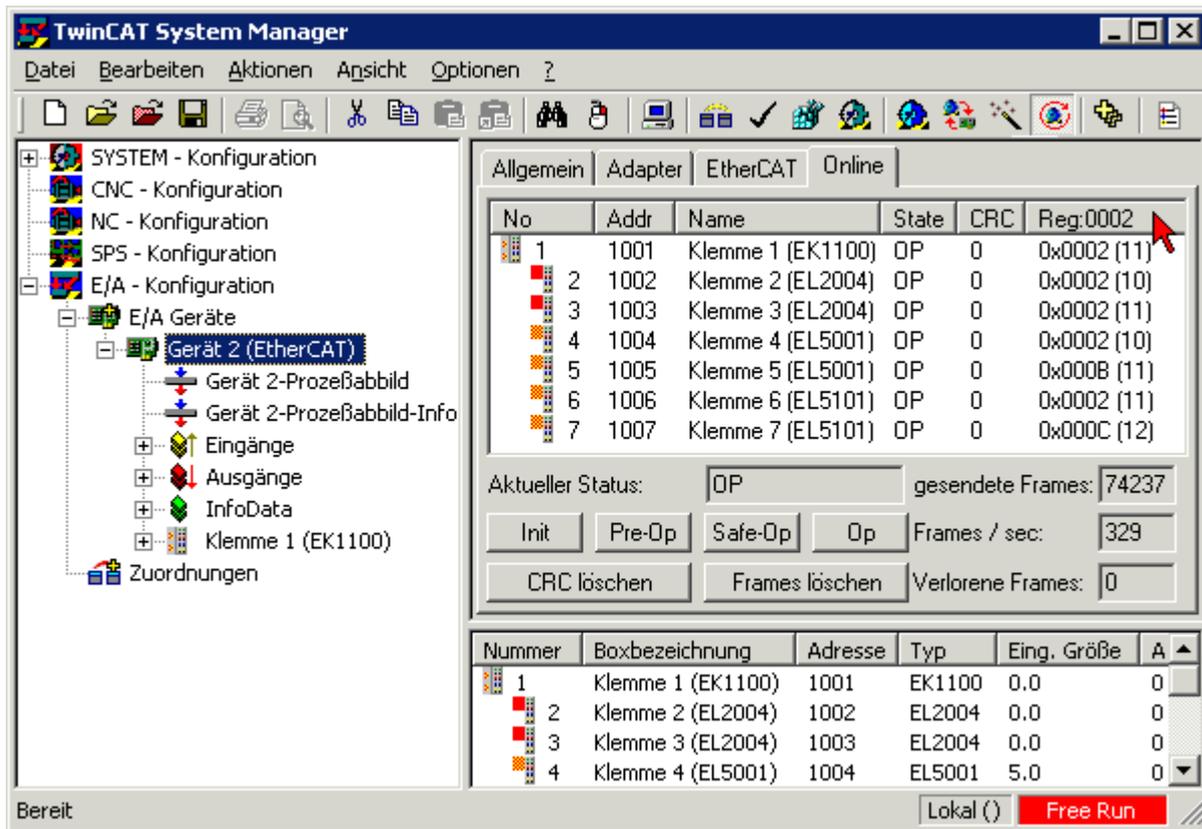
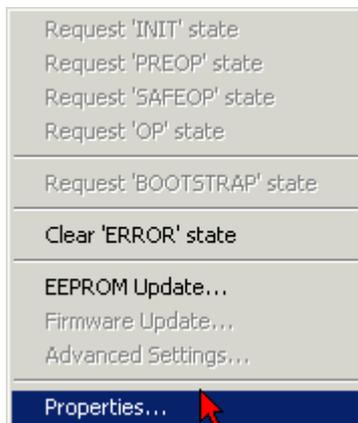


Abb. 171: Versionsbestimmung FPGA-Firmware

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. 172: 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.

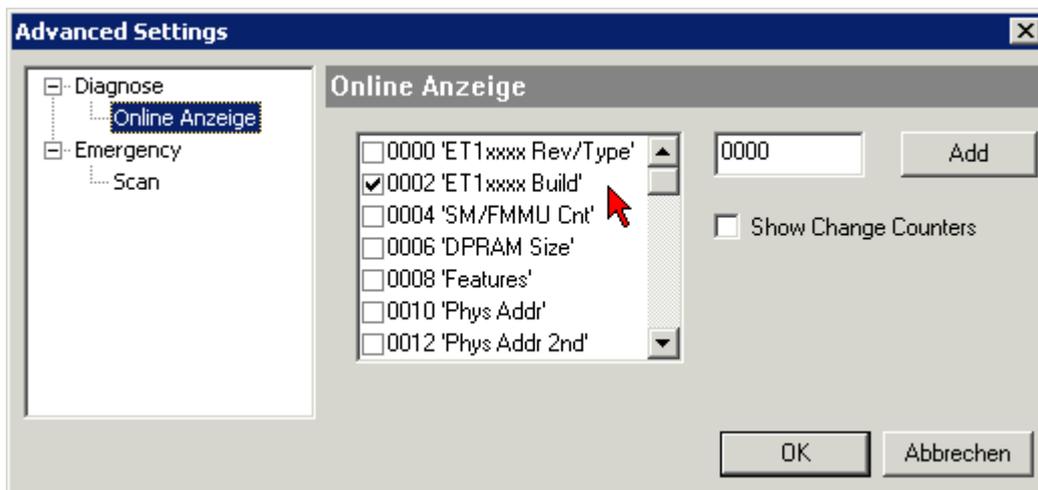


Abb. 173: Dialog *Advanced settings*

Update

Für das Update der FPGA-Firmware

- eines EtherCAT-Kopplers, muss auf diesem Koppler mindestens die FPGA-Firmware-Version 11 vorhanden sein.
- einer E-Bus-Klemme, muss auf dieser Klemme mindestens die FPGA-Firmware-Version 10 vorhanden sein.

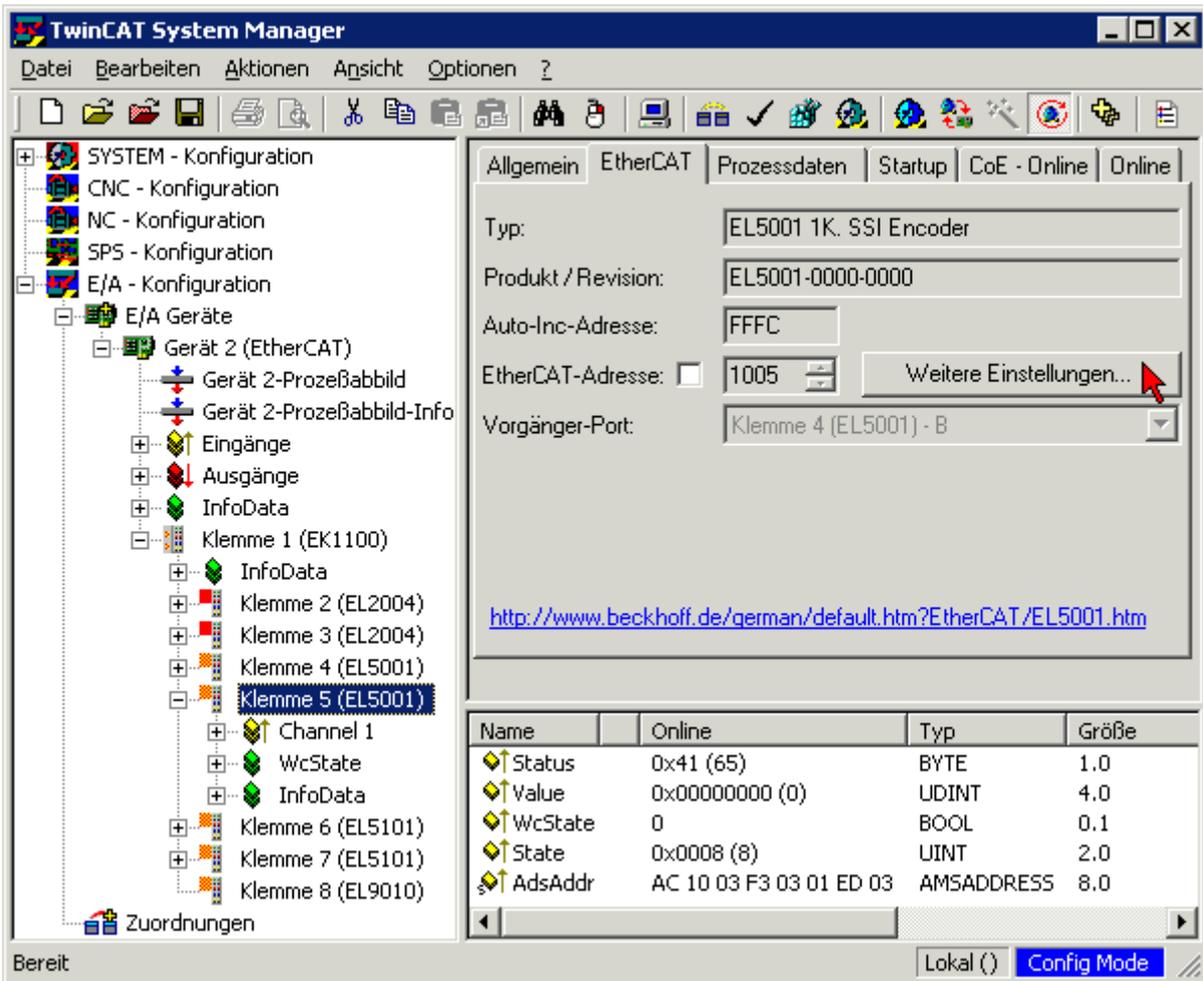
Ältere Firmware-Stände können nur vom Hersteller aktualisiert werden!

Update eines EtherCAT-Geräts

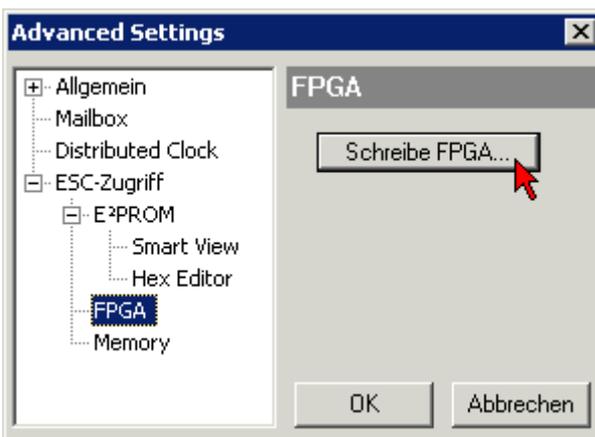
Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen:

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

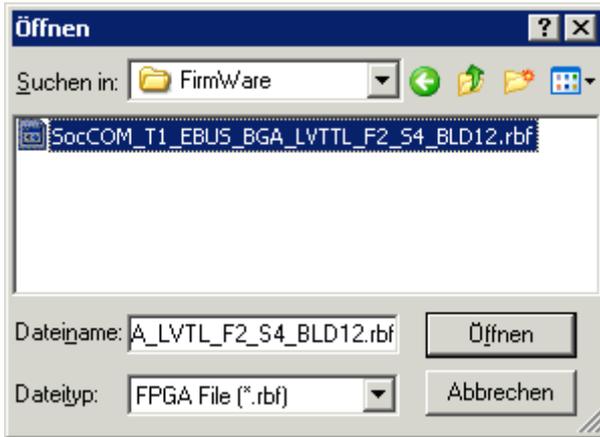
- Wählen Sie im TwinCAT System-Manager die Klemme an, deren FPGA-Firmware Sie aktualisieren möchten (im Beispiel: Klemme 5: EL5001) und klicken Sie auf dem Karteireiter *EtherCAT* auf die Schaltfläche *Weitere Einstellungen*:



- Im folgenden Dialog *Advanced Settings* klicken Sie im Menüpunkt *ESC-Zugriff/E²PROM/FPGA* auf die Schaltfläche *Schreibe FPGA*:



- Wählen Sie die Datei (*.rbf) mit der neuen FPGA-Firmware aus und übertragen Sie diese zum EtherCAT-Gerät:



- Abwarten bis zum Ende des Downloads
- Slave kurz stromlos schalten (nicht unter Spannung ziehen!). Um die neue FPGA-Firmware zu aktivieren ist ein Neustart (Aus- und Wiedereinschalten der Spannungsversorgung) des EtherCAT-Geräts erforderlich
- Kontrolle des neuen FPGA-Standes

HINWEIS

Beschädigung des Gerätes möglich!

Das Herunterladen der Firmware auf ein EtherCAT-Gerät dürfen Sie auf keinen Fall unterbrechen! Wenn Sie diesen Vorgang abbrechen, dabei die Versorgungsspannung ausschalten oder die Ethernet-Verbindung unterbrechen, kann das EtherCAT-Gerät nur vom Hersteller wieder in Betrieb genommen werden!

7.4.5 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.

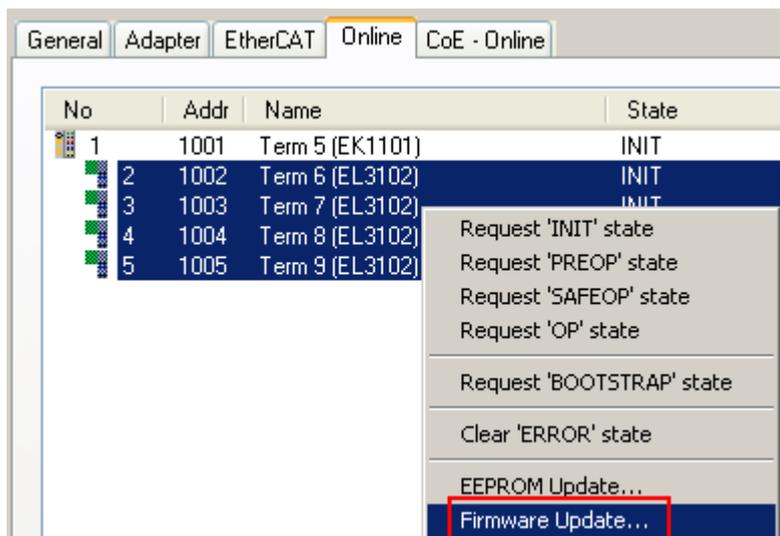


Abb. 174: Mehrfache Selektion und FW-Update

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

7.5 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*)

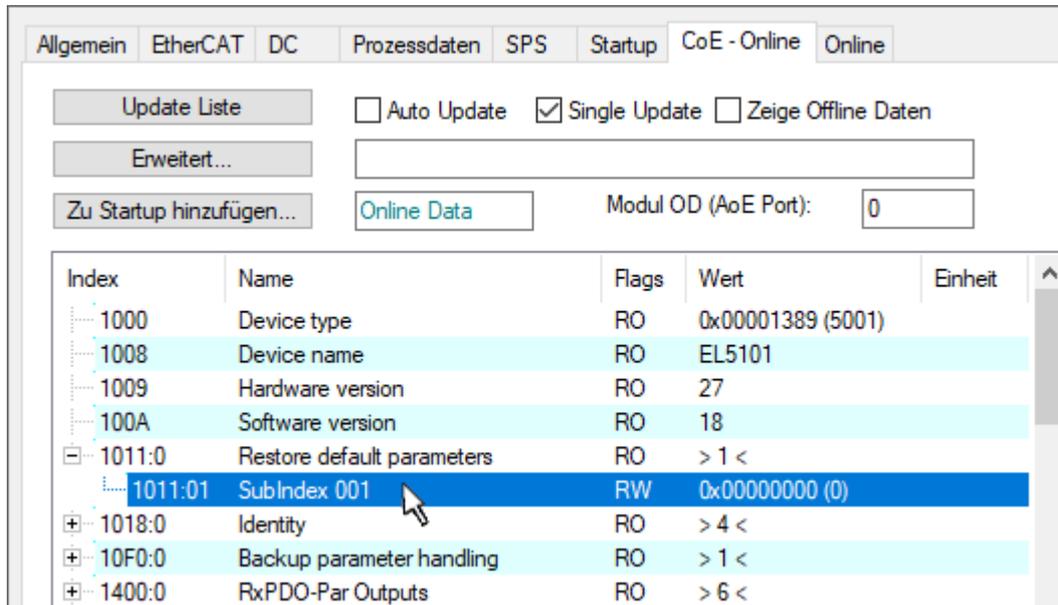


Abb. 175: Auswahl des PDO *Restore default parameters*

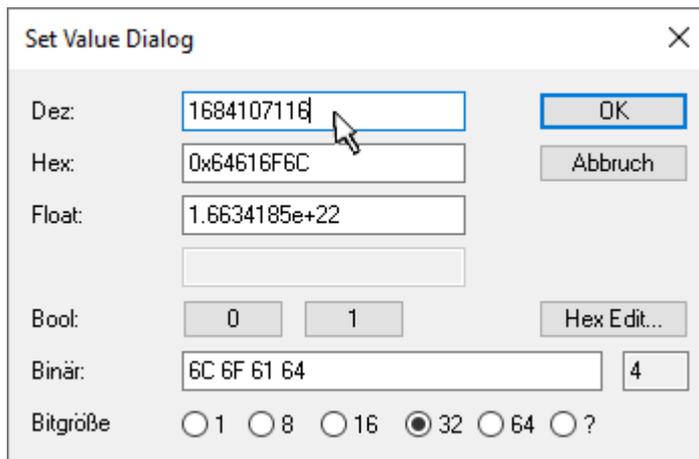


Abb. 176: Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog

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!

7.6 Support und Service

Beckhoff und seine weltweiten Partnerfirmen bieten einen umfassenden Support und Service, der eine schnelle und kompetente Unterstützung bei allen Fragen zu Beckhoff Produkten und Systemlösungen zur Verfügung stellt.

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

Wenden Sie sich bitte an Ihre Beckhoff Niederlassung oder Ihre Vertretung für den lokalen Support und Service zu Beckhoff Produkten!

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unseren Internetseiten: www.beckhoff.com

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Support

Der Beckhoff Support bietet Ihnen einen umfangreichen technischen Support, der Sie nicht nur bei dem Einsatz einzelner Beckhoff Produkte, sondern auch bei weiteren umfassenden Dienstleistungen unterstützt:

- Support
- Planung, Programmierung und Inbetriebnahme komplexer Automatisierungssysteme
- umfangreiches Schulungsprogramm für Beckhoff Systemkomponenten

Hotline: +49 5246 963 157
E-Mail: support@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com/support

Service

Das Beckhoff Service-Center unterstützt Sie rund um den After-Sales-Service:

- Vor-Ort-Service
- Reparaturservice
- Ersatzteilservice
- Hotline-Service

Hotline: +49 5246 963 460
E-Mail: service@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com/service

Unternehmenszentrale Deutschland

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

Telefon: +49 5246 963 0
E-Mail: info@beckhoff.com
Internet: www.beckhoff.com

Mehr Informationen:
www.beckhoff.com/EL3681

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland
Telefon: +49 5246 9630
info@beckhoff.com
www.beckhoff.com

