

Dokumentation | DE

## ELM2xxx

Digital Ausgangsklemmen





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort.....</b>	<b>5</b>
1.1	Hinweise zur Dokumentation .....	5
1.2	Sicherheitshinweise .....	6
1.3	Ausgabestände der Dokumentation.....	7
1.4	Wegweiser durch die Dokumentation .....	8
1.5	Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten .....	9
1.5.1	Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung .....	9
1.5.2	Versionsidentifikation von EL-Klemmen.....	9
1.5.3	Versionsidentifikationen von ELM-Klemmen.....	10
1.5.4	Beckhoff Identification Code (BIC).....	10
1.5.5	Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC).....	12
<b>2</b>	<b>Produktübersicht .....</b>	<b>15</b>
2.1	Übersicht Multiplexklemmen .....	15
2.2	EL2642.....	16
2.2.1	EL2642 - Einführung .....	16
2.2.2	EL2642 - Technische Daten.....	17
2.3	ELM264x.....	18
2.3.1	ELM264x - Einführung .....	18
2.3.2	ELM264x - Technische Daten.....	19
2.4	ELM274x.....	20
2.4.1	ELM274x - Einführung .....	20
2.4.2	ELM274x - Technische Daten.....	21
<b>3</b>	<b>Produktbeschreibung .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>Inbetriebnahme .....</b>	<b>26</b>
4.1	Einsatzempfehlungen.....	27
4.2	Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen .....	32
4.3	Prozessdatenübersicht.....	33
4.4	CoE Übersicht EL264x, ELM264x, ELM274x .....	35
4.4.1	0x70n0 DO Outputs Group [n+1] .....	35
4.4.2	0x90n0 DO Info data Group [n+1].....	35
4.4.3	0xF600 DO Device Status Inputs.....	35
4.4.4	0xF900 DO Device Info data.....	36
<b>5</b>	<b>Inbetriebnahme am EtherCAT Master .....</b>	<b>37</b>
5.1	Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT-Slave .....	37
5.2	TwinCAT Quickstart .....	45
5.2.1	TwinCAT 2 .....	47
5.2.2	TwinCAT 3 .....	57
5.3	TwinCAT Entwicklungsumgebung .....	70
5.3.1	Installation der TwinCAT Realtime-Treiber .....	70
5.3.2	Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung .....	76
5.3.3	TwinCAT ESI Updater.....	80
5.3.4	Unterscheidung Online / Offline .....	80
5.3.5	OFFLINE Konfigurationserstellung .....	81

5.3.6	ONLINE Konfigurationserstellung .....	86
5.3.7	EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration.....	94
5.3.8	Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI.....	104
5.4	EtherCAT-Grundlagen .....	110
5.5	EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden .....	110
5.6	Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung .....	111
5.7	EtherCAT State Machine .....	113
5.8	CoE-Interface .....	115
5.9	Distributed Clock .....	120
<b>6</b>	<b>Gehäuse .....</b>	<b>121</b>
6.1	Spezifikationen .....	121
<b>7</b>	<b>Montage und Verdrahtung.....</b>	<b>122</b>
7.1	Hinweise zu Stecker und Verdrahtung .....	122
7.2	Hinweise Anschluss technik .....	124
7.3	Hinweis zur Spannungsversorgung .....	126
7.4	Zubehör.....	126
7.4.1	Schirmanschluss .....	126
7.4.2	Schirmhaube ZS9100-0003 .....	128
7.4.3	Ersatzstecker Push-In ZS2001-000x .....	132
7.5	Allgemeine Hinweise zu den Power-Kontakten .....	133
7.6	Einbaulagen .....	133
7.7	Montage von passiven Klemmen .....	135
7.8	Schirmkonzept .....	135
7.9	Speisung, Potentialgruppen .....	138
7.10	Tragschienenmontage für ELM/EKM-Klemmen.....	139
7.11	Schutzerde (PE – protection earth).....	142
7.12	LEDs und Anschlussbelegung .....	144
7.12.1	EL2642.....	144
7.12.2	ELM264x/ ELM274x.....	146
7.13	Entsorgung.....	147
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>148</b>
8.1	EtherCAT AL Status Codes .....	148
8.2	Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx .....	148
8.2.1	Gerätebeschreibung ESI-File/XML .....	149
8.2.2	Erläuterungen zur Firmware.....	152
8.2.3	Update Controller-Firmware *.efw.....	153
8.2.4	FPGA-Firmware *.rbf.....	155
8.2.5	Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte.....	159
8.3	Firmware Kompatibilität.....	160
8.4	Firmware Kompatibilität - Passive Klemmen.....	160
8.5	Wiederherstellen des Auslieferungszustandes .....	160
8.6	Support und Service.....	162
8.7	Rücksendung und Retoure .....	163

# 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 Sicherheitshinweise

### Sicherheitsbestimmungen

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

### Haftungsausschluss

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

### Qualifikation des Personals

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

### Signalwörter

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

### Warnungen vor Personenschäden

#### **GEFAHR**

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

#### **WARNUNG**

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

#### **VORSICHT**

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

### Warnung vor Umwelt- oder Sachschäden

#### **HINWEIS**

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

### Information zum Umgang mit dem Produkt



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

## 1.3 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
1.4.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• „Wegweiser durch die Dokumentation“ im Vorwort ergänzt</li><li>• Update „Technische Daten“</li><li>• Strukturelles Update</li></ul>

## 1.4 Wegweiser durch die Dokumentation

### HINWEIS



#### Weitere Bestandteile der Dokumentation

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

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

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

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

## 1.5 Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten

### 1.5.1 Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung

#### Bezeichnung

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

- Familienschlüssel
- Typ
- Version
- Revision

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

#### Hinweise

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

### 1.5.2 Versionsidentifikation von EL-Klemmen

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

Aufbau der Seriennummer: **KK YY FF HH**

KK - Produktionswoche (Kalenderwoche)  
 YY - Produktionsjahr  
 FF - Firmware-Stand  
 HH - Hardware-Stand

Beispiel mit Seriennummer 12 06 3A 02:

12 - Produktionswoche 12  
 06 - Produktionsjahr 2006  
 3A - Firmware-Stand 3A  
 02 - Hardware-Stand 02



Abb. 1: EL2872 mit Revision 0022 und Seriennummer 01200815

### 1.5.3 Versionsidentifikationen von ELM-Klemmen

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

Aufbau der Seriennummer: **KK YY FF HH**

KK - Produktionswoche (Kalenderwoche)

YY - Produktionsjahr

FF - Firmware-Stand

HH - Hardware-Stand

Beispiel mit Seriennummer 12 06 3A 02:

12 - Produktionswoche 12

06 - Produktionsjahr 2006

3A - Firmware-Stand 3A

02 - Hardware-Stand 02



Abb. 2: ELM3002-0000 mit eindeutiger BTN 0000www und Seriennummer 09200506

### 1.5.4 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.

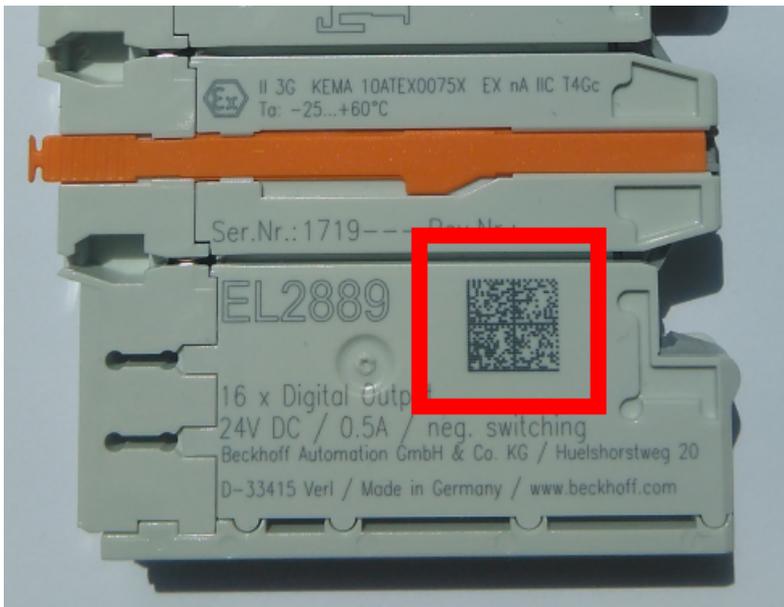


Abb. 3: BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200)

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

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

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

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

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

Pos-Nr.	Art der Information	Erklärung	Datenidentifikator	Anzahl Stellen inkl. Datenidentifikator	Beispiel
1	Beckhoff-Artikelnummer	<b>Beckhoff - Artikelnummer</b>	1P	8	<b>1P</b> 072222
2	Beckhoff Traceability Number (BTN)	<b>Eindeutige Seriennummer, Hinweis s. u.</b>	SBTN	12	<b>SBTN</b> k4p562d7
3	Artikelbezeichnung	<b>Beckhoff Artikelbezeichnung, z. B. EL1008</b>	1K	32	<b>1K</b> EL1809
4	Menge	<b>Menge in Verpackungseinheit, z. B. 1, 10...</b>	Q	6	<b>Q</b> 1
5	Chargennummer	Optional: Produktionsjahr und -woche	2P	14	<b>2P</b> 401503180016
6	ID-/Seriennummer	Optional: vorheriges Seriennummer-System, z. B. bei Safety-Produkten oder kalibrierten Klemmen	51S	12	<b>51S</b> 678294

Pos-Nr.	Art der Information	Erklärung	Datenidentifikator	Anzahl Stellen inkl. Datenidentifikator	Beispiel
7	Variante	Optional: Produktvarianten-Nummer auf Basis von Standardprodukten	30P	32	30PF971, 2*K183
...					

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

### Aufbau des BIC

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

**1P072222SBTNk4p562d71KEL1809 Q1 51S678294**

Entsprechend als DMC:



Abb. 4: Beispiel-DMC **1P072222SBTNk4p562d71KEL1809 Q1 51S678294**

### BTN

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

#### HINWEIS

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

## 1.5.5 Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC)

### Elektronischer BIC (eBIC)

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

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

### K-Bus Geräte (IP20, IP67)

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

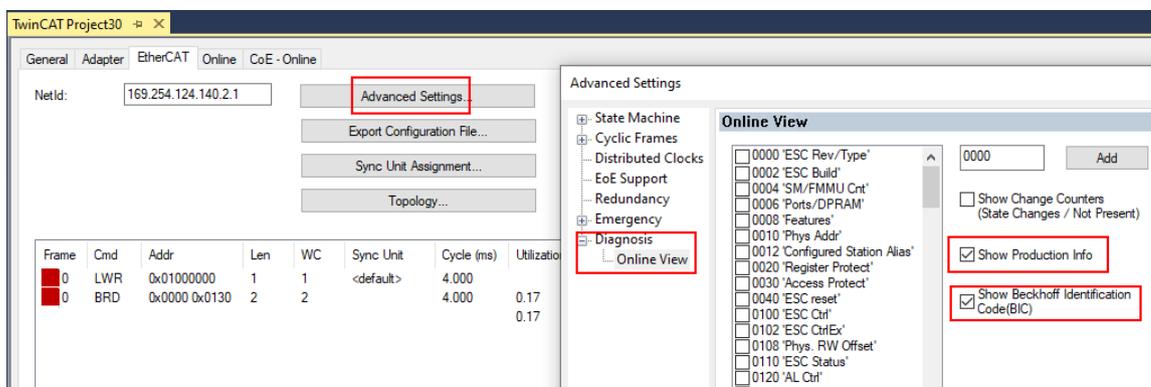
**EtherCAT-Geräte (IP20, IP67)**

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

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

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

- Bei allen EtherCAT-Geräten kann der EtherCAT-Master (TwinCAT) den eBIC aus dem ESI-EEPROM auslesen:
  - Ab TwinCAT 3.1 Build 4024.11 kann der eBIC im Online-View angezeigt werden.
  - Dazu unter EtherCAT → Erweiterte Einstellungen → Diagnose das Kontrollkästchen „Show Beckhoff Identification Code (BIC)“ aktivieren:



- Die BTN und Inhalte daraus werden dann angezeigt:

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

- Hinweis: ebenso können wie in der Abbildung zu sehen die seit 2012 programmierten Produktionsdaten HW-Stand, FW-Stand und Produktionsdatum per „Show Production Info“ angezeigt werden.
- Zugriff aus der PLC: Ab TwinCAT 3.1. Build 4024.24 stehen in der Tc2\_EtherCAT Library ab v3.3.19.0 die Funktionen *FB\_EcReadBIC* und *FB\_EcReadBTN* zum Einlesen in die PLC bereit.
- Bei EtherCAT-Geräten mit CoE-Verzeichnis kann zusätzlich das Objekt 0x10E2:01 zur Anzeige der eigenen eBIC vorhanden sein, auch hierauf kann die PLC einfach zugreifen:

- Das Gerät muss zum Zugriff in PREOP/SAFEOP/OP sein

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x015E1389 (22942601)
1008	Device name	RO	ELM3704-0000
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J0.1.27.0
1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
1018:0	Identity	RO	> 4 <
10E2:0	Manufacturer-specific Identification C...	RO	> 1 <
10E2:01	SubIndex 001	RO	1P158442SBTN0008jckp1KELM3704 Q1 2P482001000016
10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
10F3:0	Diagnosis History	RO	> 21 <
10F8	Actual Time Stamp	RO	0x170bf277e

- Das Objekt 0x10E2 wird in Bestandsprodukten vorrangig im Zuge einer notwendigen Firmware-Überarbeitung eingeführt.
- Ab TwinCAT 3.1. Build 4024.24 stehen in der Tc2\_EtherCAT Library ab v3.3.19.0 die Funktionen *FB\_EcCoEReadBIC* und *FB\_EcCoEReadBTN* zum Einlesen in die PLC zur Verfügung
- Zur Verarbeitung der BIC/BTN Daten in der PLC stehen noch als Hilfsfunktionen ab TwinCAT 3.1 Build 4024.24 in der *Tc2\_Uutilities* zur Verfügung
  - *F\_SplitBIC*: Die Funktion zerlegt den BIC sBICValue anhand von bekannten Kennungen in seine Bestandteile und liefert die erkannten Teil-Strings in einer Struktur *ST\_SplittedBIC* als Rückgabewert
  - *BIC\_TO\_BTN*: Die Funktion extrahiert vom BIC die BTN und liefert diese als Rückgabewert
- Hinweis: bei elektronischer Weiterverarbeitung ist die BTN als String(8) zu behandeln, der Identifier „SBTN“ ist nicht Teil der BTN.
- Zum technischen Hintergrund:  
Die neue BIC Information wird als Category zusätzlich bei der Geräteproduktion ins ESI-EEPROM geschrieben. Die Struktur des ESI-Inhalts ist durch ETG Spezifikationen weitgehend vorgegeben, demzufolge wird der zusätzliche herstellereigene Inhalt mithilfe einer Category nach ETG.2010 abgelegt. Durch die ID 03 ist für alle EtherCAT-Master vorgegeben, dass sie im Updatefall diese Daten nicht überschreiben bzw. nach einem ESI-Update die Daten wiederherstellen sollen. Die Struktur folgt dem Inhalt des BIC, siehe dort. Damit ergibt sich ein Speicherbedarf von ca. 50..200 Byte im EEPROM.
- Sonderfälle
  - Bei einer hierarchischen Anordnung mehrerer ESC (EtherCAT Slave Controller) in einem Gerät trägt lediglich der oberste ESC die eBIC-Information..
  - Sind mehrere ESC in einem Gerät verbaut die nicht hierarchisch angeordnet sind, tragen alle ESC die eBIC-Information gleich.
  - Besteht das Gerät aus mehreren Sub-Geräten mit eigener Identität, aber nur das TopLevel-Gerät ist über EtherCAT zugänglich, steht im CoE-Objekt-Verzeichnis 0x10E2:01 die eBIC dieses ESC, in 0x10E2:nn folgen die eBIC der Sub-Geräte.

### PROFIBUS-, PROFINET-, DeviceNet-Geräte usw.

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

## 2 Produktübersicht

### 2.1 Übersicht Multiplexklemmen

Klemme	Signal-Anschluss	Anzahl Ausgänge	Ausgangs-Strom je Kanal AC/DC	Diagnose	Distributed Clocks
EL2642	2-Leiter Reed-Ausgang, Käfigzugfeder	8	0,5 A	-	ja
ELM2642-0000	2-Leiter Reed-Ausgang, 6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	8	0,5 A	-	ja
ELM2644-0000	2-Leiter Reed-Ausgang, 6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	16	0,5 A	-	ja
ELM2742-0000	MOSFET-Ausgang, 6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	8	1 A	-	ja
ELM2744-0000	MOSFET-Ausgang, 6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	16	1 A	-	ja

## 2.2 EL2642

### 2.2.1 EL2642 - Einführung

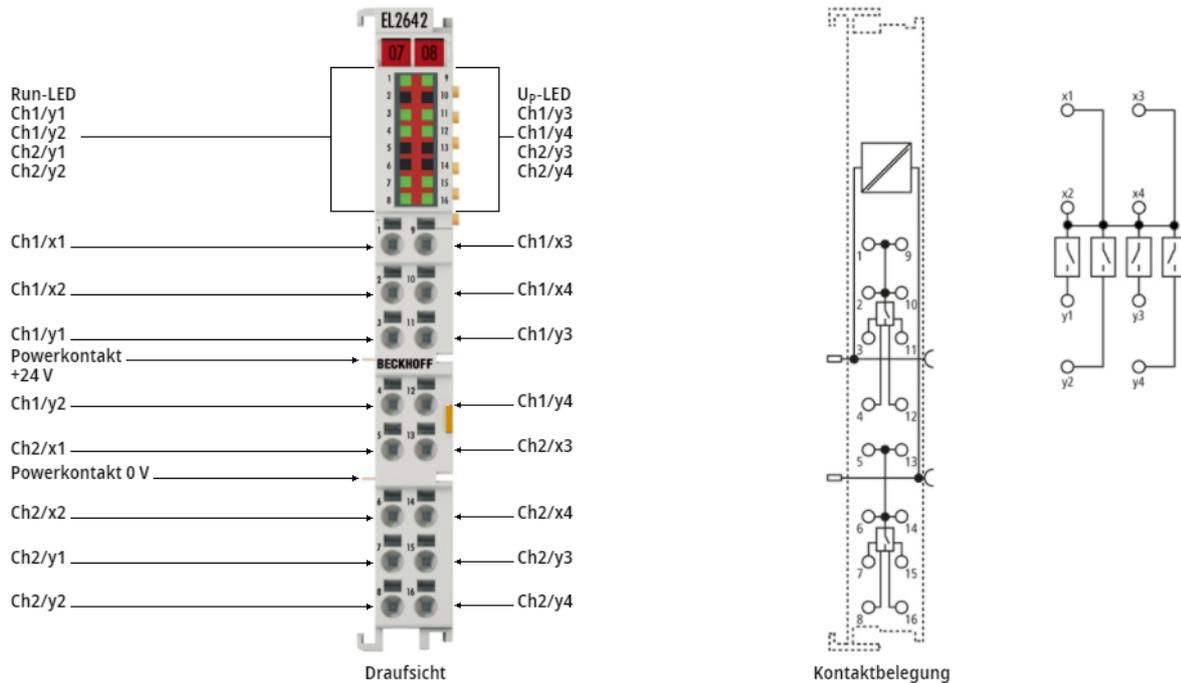


Abb. 5: EL2642

#### 2-Kanal-Reed-Ausgangsklemme, Multiplexer, 48 V AC/DC, 0,5 A ( $\Sigma$ 2 A), potenzialfrei, 1 x 4

Die EL2642 ist mit Reed-Relais als Schaltelemente ausgestattet, die schnelle Schaltzyklen bei langer Lebensdauer zulassen. Die absolute elektrische Trennung und der konstante Übergangswiderstand des Reed-Schalters erlaubt die Messung auch sensibler Signale bis hin zum schnellen Scan-Betrieb.

#### Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 122\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 33\]](#)
- [LEDs und Anschlussbelegung \[► 144\]](#)
- [CoE Übersicht \[► 35\]](#)

## 2.2.2 EL2642 - Technische Daten

Technische Daten	EL2642
Technik	Multiplexer
Anschlusstechnik	2-Leiter Reed-Ausgang
Anschlussart	Käfigzugfeder
Anzahl Ausgänge	2 x 4-fach Multiplexer
Nennspannung	48 V AC/DC (auch max. Schaltspannung)
Lastart	ohmsch
Distributed Clocks	ja
Minimale EtherCAT Zykluszeit	100 µs
Schaltstrom ohmsch	0,5 A AC/DC je Kanal (max. Summenstrom 1 A unter UL-Bedingungen, 2 A sonst)
Schaltstrom induktiv	k.A.
Schaltleistung	10 W max.
Dauerleistung	10 W max.
Pulsstrom	1 A (100 ms)
Stromaufnahme E-Bus	typ. 60 mA
Potentialtrennung Kanal/Kanal <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 100 V AC/DC (Typprüfung)
Potentialtrennung Kanal/E-Bus <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)
Potentialtrennung Kanal/SGND <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 100 V AC/DC (Typprüfung)
Stromaufnahme Powerkontakte	20 mA typ.
Konfiguration	keine Adress- oder Konfigurationseinstellung
Einschaltwiderstand	0,2 Ω typ.
Einschaltgeschwindigkeit <sup>2)</sup>	1 ms typ., max. 5 ms
Ausschaltgeschwindigkeit <sup>2)</sup>	1 ms typ., max. 5 ms
Durchbruchspannung	170 V
Kurzschlussstrom	nicht kurzschlussfest
Elektr. Lebensdauer	Lastabhängig; Richtwert für 10V/ 100mA ohmsch: 10 · 10 <sup>6</sup> Schaltzyklen
Besondere Eigenschaften	schnelles Reed-Relais
Gewicht	ca. 100 g
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	-0...+55 °C
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C
Zulassungen/Kennzeichnungen (*)	CE, UKCA, EAC

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

<sup>1)</sup> siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 138]

<sup>2)</sup> es ist bezüglich der Schaltgeschwindigkeit weniger die Ton/Toff-Zeit des Schaltelements ausschlaggebend, als vielmehr die Zeit, die die geräteinterne Firmware zur Ansteuerung der Schalter benötigt.

## 2.3 ELM264x

### 2.3.1 ELM264x - Einführung

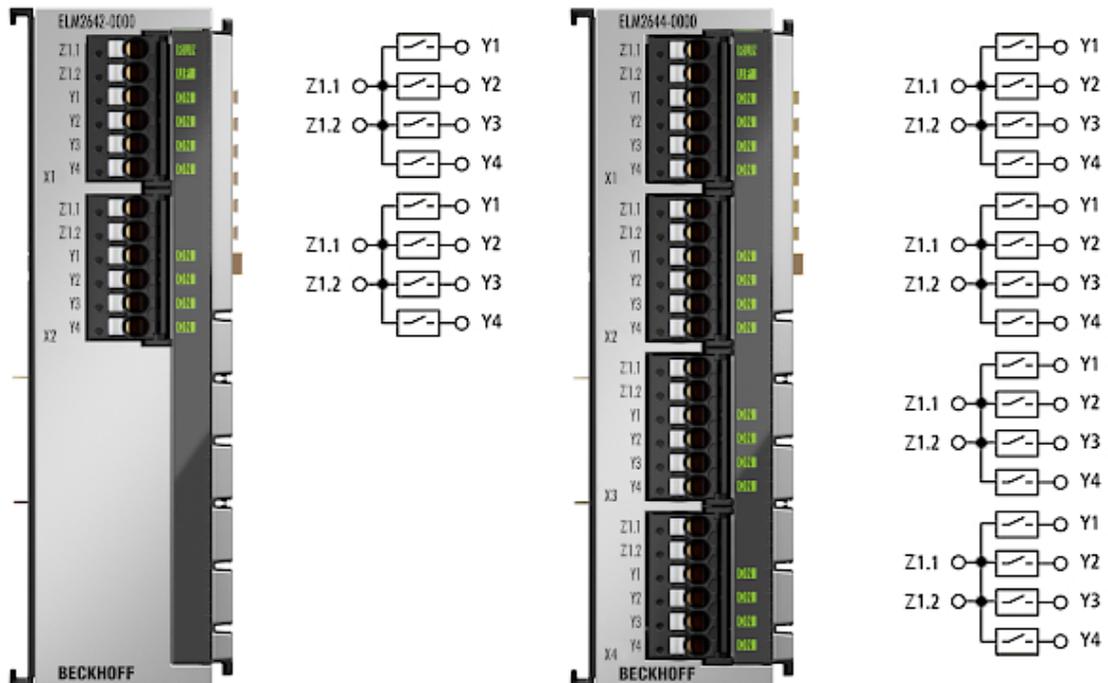


Abb. 6: ELM2642-0000, ELM2644-0000

#### 2- und 4-Kanal-Multiplexer, 1 x 4 Reed-Relais 48 V AC/DC, 0,5 A, potenzialfreie Schließer

Die ELM2642 und ELM2644 sind mit Reed-Relais als Schaltelemente ausgestattet, die schnelle Schaltzyklen bei langer Lebensdauer zulassen. Die absolute elektrische Trennung und der konstante Übergangswiderstand des Reed-Schalters erlaubt die Messung auch sensibler Signale bis hin zum schnellen Scan-Betrieb.

#### Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 122\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 33\]](#)
- [LEDs und Anschlussbelegung \[► 146\]](#)
- [CoE Übersicht \[► 35\]](#)

## 2.3.2 ELM264x - Technische Daten

Technische Daten	ELM2642	ELM2644
Technik	Multiplexer	
Anschlusstechnik	2-Leiter Reed-Ausgang	
Anzahl Kanäle	2	4
Anschlussart	6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	
Anzahl Ausgänge	2 x Multiplexer 1 auf 4	4 x Multiplexer 1 auf 4
Nennspannung	48 V AC/DC (auch max. Schaltspannung)	
Lastart	ohmsch	
Distributed Clocks	ja	
Minimale EtherCAT Zykluszeit	100 µs	
Schaltstrom ohmsch	0,5 A AC/DC je Kanal	
Schaltstrom induktiv	k.A.	
Schaltleistung	max. 10 W	
Dauerleistung	max. 10 W	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 60 mA	
Potentialtrennung Kanal/Kanal <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 100 V AC/DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 100 V AC/DC (Typprüfung)	
Stromaufnahme Powerkontakte	20 mA typ.	30 mA typ.
Konfiguration	keine Adress- oder Konfigurationseinstellung	
Einschaltwiderstand	0,2 Ω typ.	
Einschaltgeschwindigkeit <sup>2)</sup>	< 1 ms typ.	1 ms typ., max. 5 ms
Ausschaltgeschwindigkeit <sup>2)</sup>	< 1 ms typ.	1 ms typ., max. 5 ms
Durchbruchspannung	170 V	
Kurzschlussstrom	nicht kurzschlussfest, siehe Pulsstrom	
Elektr. Lebensdauer	Lastabhängig; Richtwert für 10V/100mA ohmsch: 10 · 10 <sup>6</sup> Schaltzyklen	
Pulsstrom	1 A (100 ms)	
Thermische Verlustleistung	1 W typ.	2 W typ.
Besondere Eigenschaften	schnelles Reed-Relais	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	-0...+55 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C	
Zulassungen/Kennzeichnungen (*)	CE, UKCA, EAC	

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

<sup>1)</sup> siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 138]

<sup>2)</sup> es ist bezüglich der Schaltgeschwindigkeit weniger die Ton/Toff-Zeit des Schaltelements ausschlaggebend, als vielmehr die Zeit, die die geräteinterne Firmware zur Ansteuerung der Schalter benötigt.

## 2.4 ELM274x

### 2.4.1 ELM274x - Einführung

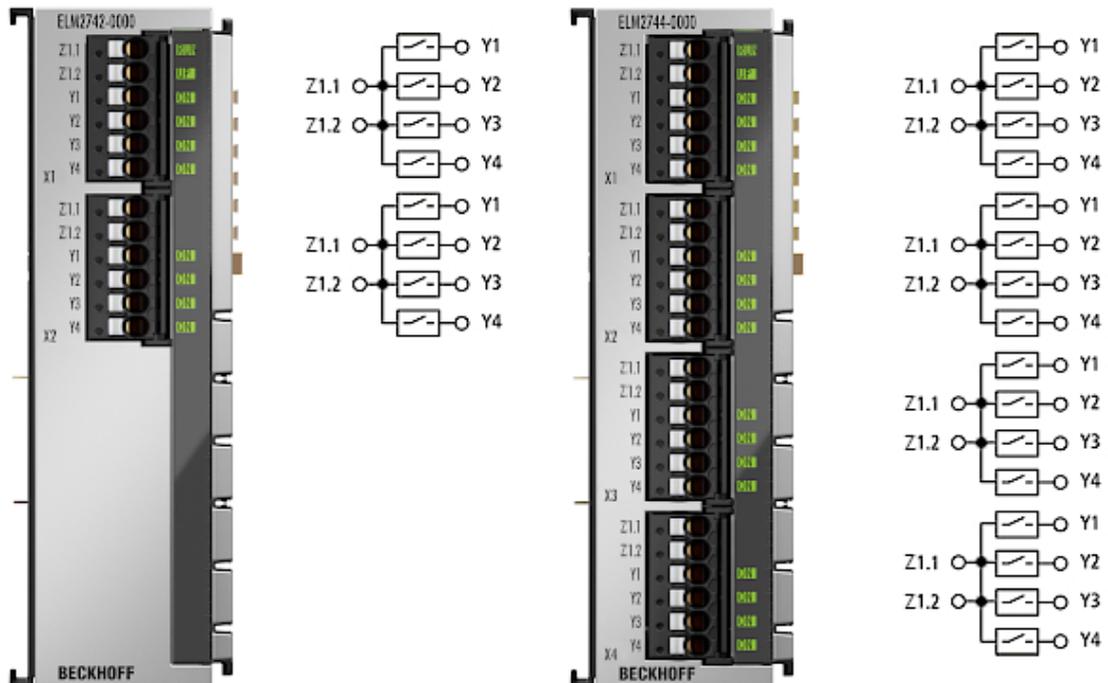


Abb. 7: ELM2742-0000, ELM2744-0000

#### 2- und 4-Kanal-Multiplexer, 1 x 4 Solid-State-Relais 48 V AC/DC, 1 A, potenzialfreie Schließer

Die ELM2742 und ELM2744 sind mit verschleißfreien Solid-State-Relais (Halbleiter-Schalter) als Schaltelemente ausgerüstet, die besonders für analoge Kleinsignale konzipiert sind und sich damit von Solid-State-Klemmen für den allgemeinen Einsatzbereich wie EL279x abheben. Durch den sehr niedrigen Leckstrom in geöffnetem Zustand beeinflussen sich die parallel anliegenden Signale untereinander kaum

#### Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Montage und Verdrahtung \[► 122\]](#)
- [Prozessdatenübersicht \[► 33\]](#)
- [LEDs und Anschlussbelegung \[► 146\]](#)
- [CoE Übersicht \[► 35\]](#)

## 2.4.2 ELM274x - Technische Daten

Technische Daten	ELM2742	ELM2744
Technik	Multiplexer	
Anschlusstechnik	MOSFET-Ausgang	
Anzahl Kanäle	2	4
Anschlussart	6 pol. PushIn Käfigzugfeder, Wartungsstecker	
Anzahl Ausgänge	2 x Multiplexer 1 auf 4	4 x Multiplexer 1 auf 4
Nennspannung	48 V AC/DC (auch max. Schaltspannung)	
Lastart	ohmsch	
Distributed Clocks	ja	
Minimale EtherCAT Zykluszeit	100 µs	
Schaltstrom ohmsch	1 A AC/DC je Kanal (im Betriebstemperaturbereich, 2 A bei 25 °C Umgebungstemperatur)	
Schaltstrom induktiv	k.A.	
Leckstrom Off-Zustand	typ. 10 nA (Richtwert, abhängig von Umgebungstemperatur und Betriebsspannung)	
Stromaufnahme E-Bus	typ. 60 mA	
Potentialtrennung Kanal/Kanal <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 100 V AC/DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/E-Bus <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 707 V DC (Typprüfung)	
Potentialtrennung Kanal/SGND <sup>1)</sup>	funktionale Isolierung, 100 V AC/DC (Typprüfung)	
Stromaufnahme Powerkontakte	20 mA typ.	30 mA typ.
Konfiguration	keine Adress- oder Konfigurationseinstellung	
Einschaltwiderstand	0,1 Ω typ. (steigend mit der Umgebungstemperatur)	
Einschaltgeschwindigkeit <sup>2)</sup>	1 ms typ., max. 5 ms	
Ausschaltgeschwindigkeit <sup>2)</sup>	1 ms typ., max. 5 ms	
Durchbruchspannung	80 V	
Kurzschlussstrom	nicht kurzschlussfest, <i>siehe Pulsstrom</i>	
Pulsstrom	5 A (100 ms)	
Besondere Eigenschaften	verschleißfreies Solid-State-Relais (Halbleiter)	
Gewicht	ca. 350 g	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	-0...+55 °C	
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25...+85 °C	
Zulassungen/Kennzeichnungen (*)	CE, UKCA, EAC	

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

<sup>1)</sup> siehe Hinweise zu den Potentialgruppen im Kapitel „Montage und Verdrahtung“/ „Speisung, Potentialgruppen“ [► 138]

<sup>2)</sup> es ist bezüglich der Schaltgeschwindigkeit weniger die Ton/Toff-Zeit des Schaltelements ausschlaggebend, als vielmehr die Zeit, die die geräteinterne Firmware zur Ansteuerung der Schalter benötigt.

### 3 Produktbeschreibung

Mit EtherCAT-Schalt-Ausgangsklemmen verschiedener Schalttechnologie können systemintegriert einfach digitale oder analoge Signale durch das Öffnen und Schließen von elektrischen Verbindungen verteilt werden. Mitunter wird dieses Verfahren angewendet, wenn mehrere Sensorsignale aus Kostengründen bzw. zur Vereinfachung der Schaltungstechnik von einem zentralen Analogeingang ausgewertet werden sollen, d.h. eine 1:n-Schaltung. Die n Sensorleitungen werden dann in einem festgelegten Rhythmus nacheinander dem zentralen Analogeingang zugeführt, das sogenannte Multiplex-Verfahren. Im Folgenden ist ein Beispiel gezeigt, bei dem von 16 Schwingungssensoren die Signale zu zwei IEPE-Eingängen geführt werden:

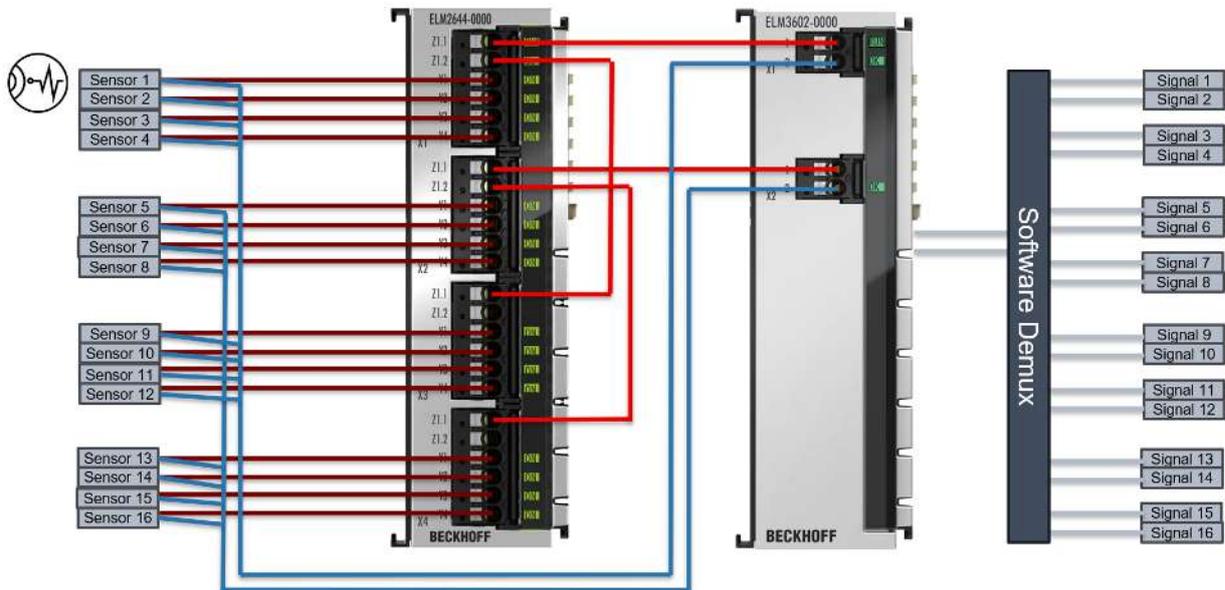


Abb. 8: Multiplex-Beispiel: 16 zu 2 Kanäle mit ELM2644 und ELM3602

Das Multiplex-Verfahren lässt sich ebenfalls auf Ausgangspotentiale anwenden, d.h. ein Analogausgang kann auf mehrere Aktoren nacheinander zugeteilt werden. Zudem kann

- durch viele Schalter eine  $n \cdot m$  Matrix-Strukturen realisiert,
- oder generell Leitungen temporär getrennt, z.B. zu Diagnosezwecken und
- das Prinzip ebenso auf digitale Signale angewendet werden (je nach Leistungsfähigkeit der Schalter).

Ein erkennbarer „Nachteil“ dieses Verfahrens ist offensichtlich und bestimmt auch die Einsatzmöglichkeit: es besteht nicht ständig (kontinuierlich) auf alle Quellen zugleich Zugriff. Die Anwendung muss es erlauben, dass auf eine Quelle immer nur zeitweise zugegriffen wird. Wenn eine 1:1-Verbindung der Signalquellen mit entsprechenden Analogeingängen aber nicht erforderlich und den Signalen nach dem Umschalten die nötige Einschwing- und Stabilisierungszeit gegeben wird, kann das Multiplex-Verfahren oft die richtige Lösung sein, um mitunter erhebliche Platz- und Kostenvorteile zu gewinnen.

Bezogen auf analoge Signale, erweitern die in dieser Dokumentation beschriebene Geräte so die Einsatzmöglichkeiten für Standard- wie auch Präzisionsanalogtechnik erheblich und ermöglichen:

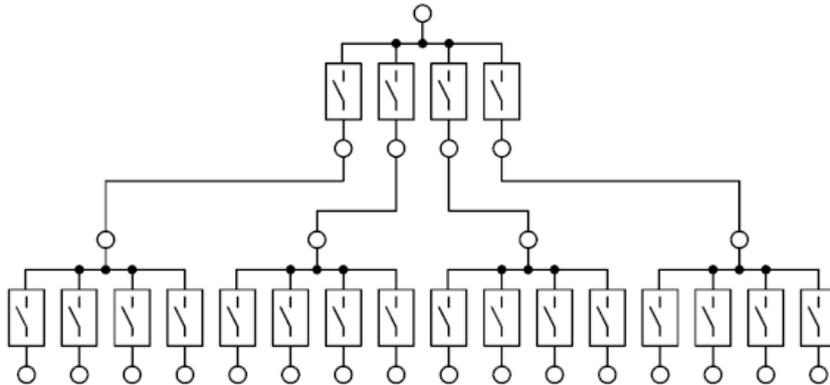
- ATE: automated test equipment,
- HIL: Hardware-in-the-loop Systeme,
- Vielkanalige Temperaturmessung in der Baustoffentwicklung,
- Vielkanalige Vibrationsüberwachung (ConditionMonitoring),
- Widerstandsimulation (durch Parallelschaltung).

In Abhängigkeit von der

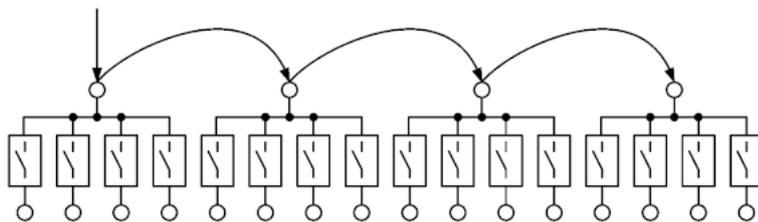
1. Anzahl Quellen ,
2. Anzahl der zu schaltenden Leitungen (immerhin sechs Stück bei 6-Leiter-Vollbrücke),
3. Anzahl der zur Verfügung stehenden Analogeingänge,

lässt sich die Grenze herleiten, ab wann eine Multiplexer-Lösung weniger Kosten und Raumbedarf verursacht. Je höher die zweite Anzahl der zu schaltenden Leitungen ist, desto mehr steigt der Schaltaufwand und desto später lohnt sich ein Multiplexer-Einsatz – bei 2- oder 3-Leiter-Schaltung lohnt sich der Multiplexer-Einsatz schon sehr früh.

Ein Tip dazu: die Hintereinander-Schaltung von Multiplexern (multiplikativer Einsatz)



erfordert immer mehr Schalter als die reine Aneinanderreihung (additiver Einsatz)



die mit den hier genannten Geräten möglich ist da die einzelnen Schalter NO (normally open, also unbestromt offen) sind.

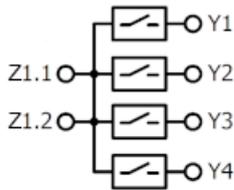
**Übersicht der Eigenschaften der Klemmen in dieser Dokumentation**

Die Multiplex-Klemmen

- sind als EtherCAT Klemme direkt in das Feldbus-System EtherCAT integriert und ansteuerbar,
- enthalten als hochwertige Schaltelemente Reed-Schalter (ELM264x, EL2642) oder SolidState-Relais (Halbleiter, ELM274x), die besonders für den Einsatz an „kleinen“ sensiblen Analogsignalen ausgewählt wurden.  
Die Schalttypen haben ihre individuellen Vor- und Nachteile, siehe dazu die Einsatzempfehlungen.

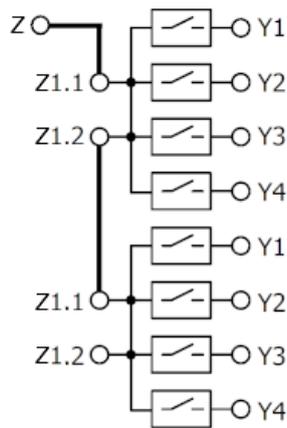
Des weiteren

- ist jedes Schaltelement einzeln wie ein digitaler Ausgang An/aus schaltbar, unabhängig von den anderen. Es ist somit ein single-pole single-throw (SPST) Schalter,
- sind die Schalter nicht selbsthaltend oder bistabil, sie bleiben solange und nur solange geschlossen wie das entsprechende Ausgangssignal der Steuerung über EtherCAT anliegt.
- Jedes ist Schaltelement NO/normally open, d.h. im Aus-Zustand = „geöffnet“.
- Die Schalter einer werden Klemme intern gleichzeitig (um)geschaltet, im DistributedClocks Betrieb entsprechend dem DC Sync.; dadurch ist klemmenübergreifend gleichzeitiges Schalten möglich,
- Immer vier Schalter sind zu einer sog. 1:4-Multiplexer-Gruppe zusammengefasst: die vier Eingangspunkte sind verbunden und auf zwei Kontaktstellen Z1.1 und Z1.2 an der Klemme herausgeführt:

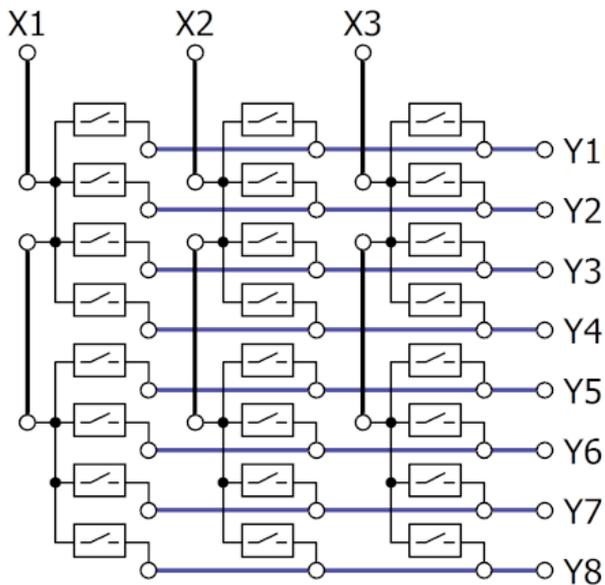


Dadurch, dass die vier Schalter einzeln ansteuerbar (schließbar) sind und - wenn deaktiviert - alle geöffnet sind, ist diese Anordnung streng genommen kein reiner Multiplexer der immer eine (und nur eine) Verbindung zeigt. Dennoch wird dieser Begriff bei den hier beschriebenen Schalt-Ausgangsklemmen umfassend verwendet, da er den typ. Anwendungsfall am besten abbildet.

- Eine Klemme enthält mehrere dieser Multiplexer. Die X1-Punkte können extern verbunden werden und stellen so verkettete Multiplexer dar. Aus zwei 1:4-Multiplexern lässt sich so einfach ein 1:8-Multiplexer usw. bilden:



- Auch Matrix-Systeme können mit den Klemmen aufgebaut werden, die entsprechende Verschaltung muss extern erfolgen:



- Das Namensschema der Multiplexerklemmen lautet:
  - EL/ELM26xx: EtherCAT Klemme Reed-Relais,
  - EL/ELM27xx: EtherCAT Klemme SolidState (Halbleiterschalter)
  - EL/ELM2xab:
    - a: Anzahl Pole je Multiplexer,
    - b: Anzahl Kanäle je Klemme, entspricht Anzahl der Multiplexer.
- Die Klemmen benötigen die 24 V Powerkontaktversorgung für den Eigenbetrieb.

Die vielkanalige Erfassung und Rangierung von Analogsignalen, aber auch das flexible Umschalten verschiedener Testzustände in produktionsintegrierten Prüfstationen wird durch die Integration der oft nötigen Umschalter in das EtherCAT-System einfach möglich.

## 4 Inbetriebnahme

Die Klemmen können als einfache digitale Ausgangsklemmen in den Klemmenstrang eingesetzt und über EtherCAT angesteuert werden.

Die Multiplex-Funktion im Verbund mit den zugehörigen Analog/Digital-Signalen ist anwendungsseitig zu programmieren.

### Diagnose-Nachrichten (DiagMessages)

Wichtige Meldungen sind:

- 0x1201
  - Verbindung zur Feldseite wieder ok (Up wieder da?)
  - Communication to field side re-established (Up back on?)
- 0x8201
  - Keine Kommunikation zur Feldseite (Up fehlt?)
  - No communication to field-side (Up missing?)

### Weitere Funktionen

Zähler im CoE (Bildausschnitt aus dem CoE-Verzeichnis der TwinCAT-Umgebung der ELM2644):

Index	Name	Flags	Value	Unit
9000:0	DO Info data Group 1	RO	> 4 <	
9000:01	Y1 switch cycle counter	RO	0x00000034 (52)	
9000:02	Y2 switch cycle counter	RO	0x00000034 (52)	
9000:03	Y3 switch cycle counter	RO	0x00000034 (52)	
9000:04	Y4 switch cycle counter	RO	0x00000034 (52)	
9010:0	DO Info data Group 2	RO	> 4 <	
9020:0	DO Info data Group 3	RO	> 4 <	
9030:0	DO Info data Group 4	RO	> 4 <	
F000:0	Modular Device Profile	RO	> 2 <	
F008	Code word	RW	0x00000000 (0)	
F600:0	DO Device Status Inputs	RO	> 15 <	
F900:0	DO Device Info data	RO	> 18 <	
F900:12	Operating time	RO	0x0000007D (125)	min
FB00:0	DO Command	RO	> 3 <	

Abb. 9: Betriebsstundenzähler in Minuten In 0xF900:12 ist ein Geräte-Betriebsminutenzähler abrufbar. Er ist nicht löscherbar.

### Schaltspielzähler

In 0x9000:nn ist je Schaltelement ein Schaltspielzähler abrufbar. Die Zähler zählen die Anzahl der Kontaktschließungen und sind nicht löscherbar.

## 4.1 Einsatzempfehlungen

### Gegenüberstellung der Eigenschaften je nach Schalttechnologie

Technologie	Reed	FET/SolidState	EMR, Elektromagnetisches Relais
Beispiele	ELM264x, EL264x	ELM274x, EL27xx	EL26xx
Schaltverhalten	„echter“ Schalter, trennt vollständig	Halbleiter-Schalter, immer geringer Leckstrom	„echter“ Schalter, trennt vollständig
Übergangswiderstand Ron	Höher	Gering	Gering
Wiederholstabilität Ron	Gut	Sehr gut	Sehr gut
Überlastverhalten	Empfindlich	Weniger empfindlich	Empfindlich
Schaltgeschwindigkeit **)	Schnell	Sehr schnell	Mittel
Abhängigkeit der Eigenschaften von der Umgebungstemperatur	Gering	Höher	Gering
Leckstrom wenn geöffnet	Sehr gering	Höher, ansteigend mit Betriebstemperatur, einige nA	Sehr gering
Entstehende Offset/Thermospannung	Ja, einige $\pm 10\mu V$	Gering, wenige $\pm 1\mu V$	Ja, höher als Reed, auch durch Selbsterwärmung
Verschleiß	Ja, allmähliche Alterung bei normalem Gebrauch Typ. Ausfall: nichtleitend	Gering, wenn dann plötzlicher Ausfall Typ. Ausfall: leitend	Ja, allmähliche Alterung bei normalem Gebrauch Typ. Ausfall: nichtleitend
AC-Verhalten (Wechselsignale), Übersprechen	Gut	Weniger gut, applikativ zu beurteilen	Gut
Einsatzempfehlung	Einsatz bei schwankender Umgebungstemperatur 4-Leiter-Widerstandsmessungen	Einsatz bei Raumtemperatur 2-Leiter-Widerstandsmessungen Thermoelemente (solange sich die Umgebungstemperatur nicht wesentlich ändert) Stromspitzen Häufiges/schnelles Schalten	

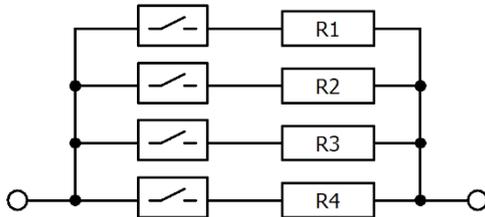
<sup>2)</sup> es ist bezüglich der Schaltgeschwindigkeit weniger die Ton/Toff-Zeit des Schaltelements ausschlaggebend, als vielmehr die Zeit, die die geräteinterne Firmware zur Ansteuerung der Schalter benötigt.

Wird ein Schaltelement wie die EL2xxx/ELM2xxx für die Manipulation von anspruchsvollen Analogsignalen verwendet, ist immer zu bedenken, dass Temperaturänderungen auf Eigenschaften aller Art einwirken und diese nachteilig verändern können. Dies ist bei der Systemauslegung zu berücksichtigen.

Außerdem bringen die Schaltelemente in jedem Fall ohmsche/induktive/kapazitive Einflüsse in das System. Ein Offset-Abgleich bei Spannungs- oder Widerstandsmessung wird empfohlen.

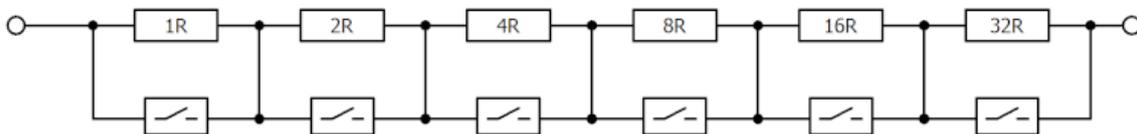
Allgemein wird ein „vollständiges“ allpoliges Schalten der Signale empfohlen, also bei einer 6-Leiter-DMS Verbindung alle sechs Leitungen. Wird davon abgewichen und z.B. bei einer 2-poligen IEPE-Verbindung nur die Signalleitung (+) geschaltet, können

- Masseschleife(n) entstehen, je nach Aufbauart des Sensors und Verdrahtung,
- Störeinkopplungen durch ein N-fach vergrößertes Leitungsnetzwerk begünstigt werden,
- dem geschalteten Signal ist eine ausreichende Einschwingzeit zugestehen, z.B. muss sich ein konstantes IEPE-Stromsignal erst einige 100 ms stabilisieren,
- beim Schließen von mechanischen Kontakten kann es zum „Prellen“ kommen,
- die geschalteten Geräte müssen für den An/Abschaltvorgang geeignet sein,
- bei Widerstandssimulation kann die Parallelschaltung



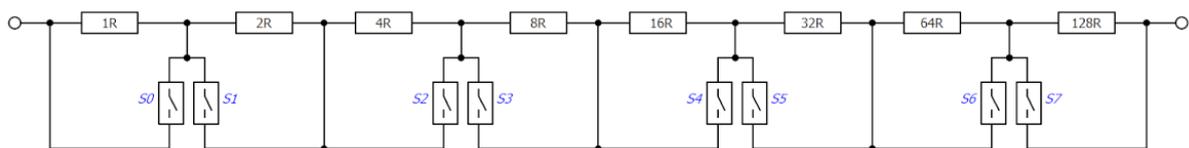
angewendet werden. Um nahezu gleichbleibende Widerstandsabstufungen mit möglichst vielen Schaltkombinationen zu erhalten ist

- die Seriell-Schaltung mit z.B. binär gestuften Widerständen zu empfehlen:



Sie erfordert generell beidseitig zugängliche Schalter, wie sie z.B. die Klemme EL2624 zur Verfügung stellt.

- Eine auf dieser Seriell-Schaltung basierende Widerstandssimulation mit den Multiplexklemmen aufzubauen, ist nur mit je zwei Schaltern einer 4er-Schaltgruppe möglich:



Eine Kombination der beiden Schaltungsarten führt zu weiteren möglichen Widerstandswerten und z.T. redundanten Schaltkombinationen.

Wie jedes technische Gerät kann auch eine Schaltklemme versagen: einerseits durch nicht-Schalten obwohl zu schalten ist, da z.B. „Kontakt zerstört“ und andererseits durch dauerhafte Verbindung obwohl es trennen soll, z.B. „Kontakt klebt“. Empfangsseitig sind dazu ausreichende Plausibilitätsabfragen vorzusehen.

#### Weitere Hinweise:

- Eine externe Schutzbeschaltung ist bei induktiver/kapazitiver Last nötig, z.B. eine Kurzschlussdiode.
- Äußere starke magnetische Felder oder Vibrationen/Schocks können die Funktion z.B. von Reed-Relais beeinträchtigen
- Die hier besprochenen Geräte verfügen über Schaltspielzähler im CoE, es wird empfohlen diese zu beachten.
- Bei langem/häufigem Gebrauch zeigen alternde Schaltkontakte einen langsam ansteigenden Widerstand vor dem völligen Versagen. Eine gelegentliche Kontrolle der Schaltfunktion kann sinnvoll sein.
- Eine Reparatur einzelner Schalter im Beckhoff Service ist möglich.

#### Konkrete Beispiele zu Mux-Anwendungen mit Beckhoff Analogeingängen

##### RTD an EL320x Klemmen

- Das Multiplexen bringt Übergangswiderstände in den Sensoranschluss ein. Daher wird bei der Kombination RTD + Multiplexen der 4-Leiter-Anschluss mit +R( $U_{Exc}$ ), +RL(+sense), -RL(-sense) und -R(AGND) empfohlen.

- Der 4-Leiter-Anschluss wird z.B. von den EL3201-xxxx, EL3202-xxxx, EL3751, ELM350x, ELM370x und anderen unterstützt.
- Eine EL320x ist nur zur Speisung/Versorgung von einem RTD-Sensor ausgelegt. Daher kann der +R/  $U_{Exc}$  Anschluss nicht zur Versorgung mehrerer RTD-Sensoren benutzt werden. Er kann also nicht „gemuxt“ werden.
- -R(AGND) kann bei mehreren RTD durchverbunden werden, er braucht also nicht *gemuxt* werden.
- +RL(+sense) und -RL(-sense) müssen als Feedbackleitungen *gemuxt* werden.
- Es können zum Multiplexen Klemmen der Serie ELM26xx, ELM27xx oder auch EL26xx verwendet werden.

**Störeinflüsse von Multiplexern im Signalverlauf**

Sensor und Auswertungseingang (Messgerät) sind idealerweise direkt (ohne Steckverbinder) und per kürzest möglicher Leitung verbunden. Das Einbringen von Multiplexern (oder anderen Elementen, wie Steckverbindungen, Verlängerungsleitungen etc.) zwischen Sensor und Auswertungseingang verändert in einem realen Aufbau daher grundsätzlich den *direkten* Signalfluss von Quelle zur Senke. Dies ist beabsichtigt, wenn der Schalter geöffnet ist, insbesondere aber auch - eher unbeabsichtigt - wenn der Schalter geschlossen ist. Das Schaltelement inklusive die nötigen Leitungen und Steckübergänge erzeugen i.d.R. Störeinflüsse, die die Messergebnisse verändern bzw. verfälschen. Dies ist beim Einsatz von Schaltern im Signalfloss generell zu beachten. Der besondere Betrieb der Schalter im Multiplexbetrieb hat je nach Signalart zudem noch Einflüsse auf das Signal; u.a. kann es zu Übersprechen, Dämpfungen und Reflexionen kommen und es sind ggf. Einschwingzeiten bei den Schaltvorgängen zu berücksichtigen.

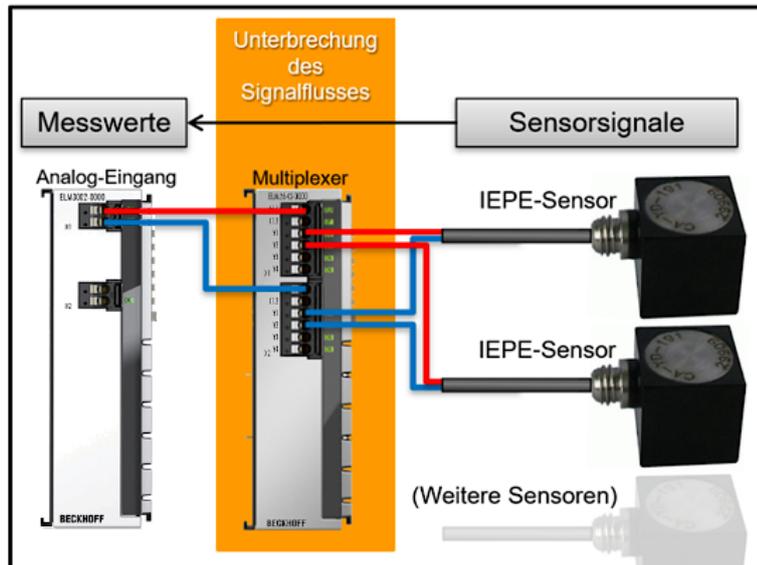


Abb. 10: Unterbrechung des „direkten“ Signalfusses der Sensorsignale zum Messeingang im realen Aufbau

**Potentieller Einfluss von Schaltern auf hochfrequente Signale**

In Abhängigkeit von Signalfrequenz(en) und Amplitude (Signalstärke) kann es im Multiplexer und zwischen den unvermeidlichen Leitungen zu frequenzabhängigen Effekten kommen. Hierzu einige Beobachtungen und Hinweise:

- Übersprechen
  - „Echte“ Schalter wie EMR und Reed trennen „vorbildlich“, es wurden Werte der Übersprechdämpfung von -90 dB beobachtet (je größer der Wert desto größer ist der Signalabstand zwischen Störer- und Opfer-Kanal, d.h. umso besser ist die Übersprechdämpfung).
  - Halbleiterschalter (FET, SolidState) wirken durch ihre nicht-galvanische-Trennung auf die Ansteuerung zurück und übersprechen so in benachbarte Schalter, beginnend mit ein Übersprechdämpfung von -80 dB bei 100 Hz, bei Frequenzen ab 1 kHz waren bis zu -60 dB beobachtbar. Die angegebenen Werte stellen keine Spezifikationswerte dar sondern sollen Orientierung für eigene applikationsspezifische Überlegungen liefern.
- Dämpfung

- Ermittelt wurden Dämpfungen je Schalter im Bereich kleiner -0,02 dB im Bereich 0...1 kHz, entsprechend ca. 0,23 % (2300 ppm) Amplitude.
- Tendenziell haben Halbleiterschalter dabei eine etwas geringere Dämpfung.
- Reflexionen
  - noch keine Beobachtungen vorliegend.

### Potentieller Einfluss von Schaltern auf IEPE- Signale

IEPE Sensoren erzeugen eine Offsetspannung (Bias) von ca. 10..14 V, auf der die informationsrelevante AC Spannung von z. B.  $\pm 5$  V aufmoduliert wird. Die Offsetspannung muss sich nach dem Einschalten erst einstellen; der meist vorhandene Hochpass (HP) Filter muss sich zunächst einschwingen, um den DC-Offset für die Auswertung zu unterdrücken (je schneller = höherfrequent der HP Filter gewählt wird, desto schneller findet das Einschwingen statt, desto unempfindlicher wird aber auch die Messung für tieffrequente Signale). Insgesamt ergibt das den Effekt, dass eine Einschwingzeit nach dem Einschaltvorgang beachtet werden muss. Bei Direktverbindungen zwischen Sensor und Auswerteeinheit muss die Einschwingzeit einmalig bei Betriebsbeginn abgewartet werden. In industriellen Anlagen, deren Hochfahrzeiten beträchtlich sein können, wird die Einschwingzeit daher häufig gar nicht bemerkt.

Im Multiplexing-Betrieb wird jedoch die Versorgung stromgespeister Sensoren mit jedem Umschalten unterbrochen und die Biasspannung muss durch den nachfolgenden Einschaltvorgang in dieser Betriebsart *ständig* neu aufgebaut werden. Messdaten, die während der Einschwingzeit aufgenommen werden, sind als ungültig zu betrachten. Um den Verlust von System-Performanz bei einer nötigen Signalüberwachung zur Beurteilung der Gültigkeit der Messdaten zu minimieren, ist stattdessen eher die Bestimmung der Einschwingzeit in Abhängigkeit von relevanten Parametern ratsam. Dadurch kann zwischen Umschalten und Messbeginn eine Verzögerungszeit im Messsystem Berücksichtigung finden, die nicht länger als notwendig dauert. Die Dauer der Einschwingzeit ist abhängig von (Reihenfolge in absteigender Gewichtung):

- Hochpass-Filtereinstellungen im Messgerät (z.B. ELM3602 oder EL3632),
- der IEPE-Stromstärke (2, 4, ... mA: je höher, desto kürzer die Einschwingzeit),
- Kabellänge (je länger, desto länger die Einschwingzeit),
- Kabeldurchmesser (je dicker, desto kürzer die Einschwingzeit),
- von der Bauart des IEPE-Sensors

und kann von einigen Sekunden bis in den hohen Minutenbereich betragen.

Das folgende Diagramm zeigt Beispiele von Einschwingzeiten bei Einschaltvorgängen bei einer der Kombination von ELM3602 (24 Bit, 50 kSps) und ELM2742 (SolidState):

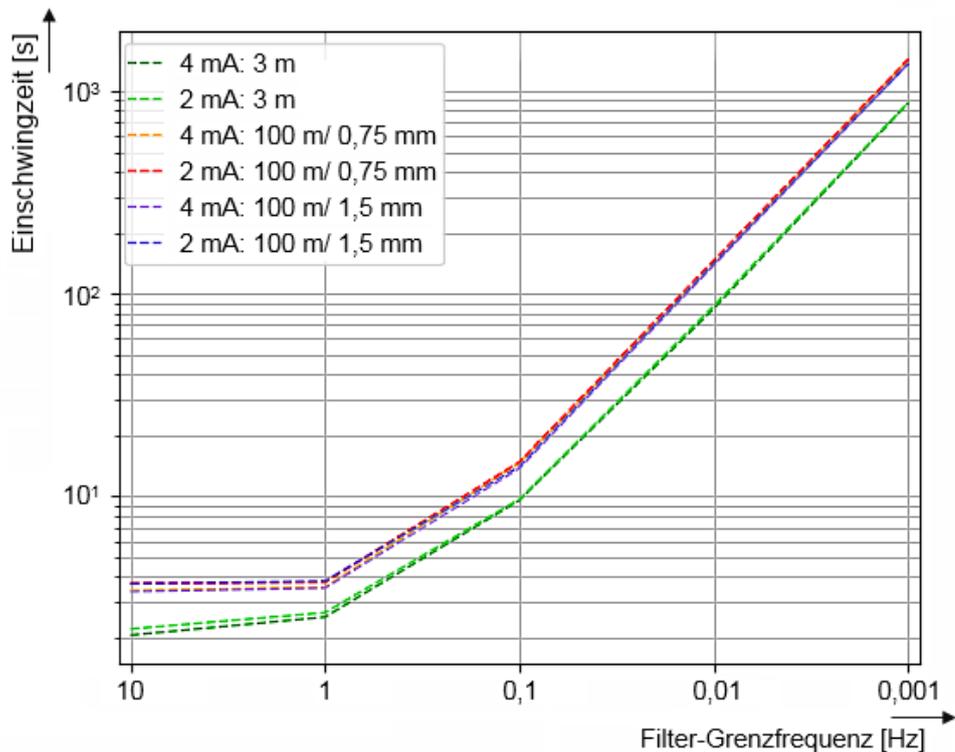


Abb. 11: Beispiele zur Einschwingzeit in Abhängigkeit zur Filter-Grenzfrequenz (ELM3602 in Kombination mit ELM2742)

Empfohlener Ablauf: sofern im Messgerät ein Hochpassfilter durch die Steuerung einstellbar ist und idealerweise auch der IEPE-Strom einstellbar/abschaltbar ist könnte im Umschaltfall wie folgt vorgegangen werden

- "schnelle" Einschwingzeit einstellen: HP-Filter *IEPE AC coupling* 0.1Hz -> 10Hz und ca. 100 ms warten
- *IEPE BIAS current* abschalten und ca. 100 ms warten (schont die Schaltkontakte)
- den Multiplexer per Steuerung umschalten und ca. 100 ms warten
- *IEPE BIAS current* anschalten (z.B. 4 mA) und ca. 1 sek warten (Settling Time)
- "langsame" bzw. aufgabengemäße Einschwingzeit einstellen: Filter *IEPE AC coupling* 10Hz -> 0.1 Hz und ca. 100 ms warten
- Beginn der Messung/Auswertung

Erforderlich dazu ist, dass im Messgerät diese Einstellungen möglich sind und es den Messwert nicht durch die Filterumschaltung verändert, wie z.B. bei der ELM360x IEPE Klemme.

## 4.2 Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen

### HINWEIS



#### **Weiterführende Dokumentation zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen**

Beachten Sie auch die weiterführende Dokumentation:

#### **I/O-Analog-Handbuch**

Hinweise zu I/O-Komponenten mit analogen Ein- und Ausgängen,

die Ihnen im Beckhoff [Information-System](#) und auf der Beckhoff-Webseite

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

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

### 4.3 Prozessdatenübersicht

#### Prozessdaten Ausgänge

PDO		Member	Datentyp	Pos.	Bedeutung
DO Group m Outputs (m=1..4)	Outputs Channel m	Y1	BIT	0	Schließer X1, X2 → Y1 durchschalten
		Y2	BIT	0	Schließer X1, X2 → Y2 durchschalten
		Y3	BIT	0	Schließer X1, X2 → Y3 durchschalten
		Y4	BIT	0	Schließer X1, X2 → Y4 durchschalten

#### Prozessdaten Eingänge

PDO		Member	Datentyp	Pos.	Bedeutung
DO Inputs Device	Device Status	Error	BIT	0	Fehler innerhalb des Kanals, Details siehe weitere Status-Bits oder die DiagnoseHistory
		Diag	BIT	4	Es liegt eine DiagMessage im CoE 0x10F3 an, kann aus der Klemme ausgelesen werden, z.B. über den TwinCAT Logger
		Input cycle counter	BIT2	6, 7	Zählt in jedem EtherCAT Zyklus +1 hoch, 0...3. Die Steuerung kann diesen Counter überwachen, falls er in einem Zyklus nicht +1 inkrementiert deutet das auf einen Übertragungsfehler während dieses Zyklus hin. Bei DistributedClocks-Betrieb ggf. die ShiftTime anpassen.
WcState		WcState	BIT	0	TRUE: die Klemme nimmt nicht am EtherCAT Datenaustausch teil z.B. weil nicht anwesend oder falsch konfiguriert  FALSE: Klemme nimmt regulär am Datenaustausch teil – Validität der Daten mit jeweilem Status etc. prüfen.
		InputToggle	BIT	0	Toggelt 0/1 wenn der slave neue Daten über EtherCAT schickt

PDO		Member	Datentyp	Pos.	Bedeutung
InfoData	State		UINT	0	Zustand der EtherCAT state machine: INIT, PreOP, SafeOP, OP
	AdsAddr	netId	AMSNETID	0	ADS Adresse (NetID/Port) über die das CoE des Slave aus der Anwendung erreichbar ist
		port	WORD	0	
DcOutputShift			DINT	0	~Zeit zwischen SYNC0-Event und Einlesen der Outputs (in ns, nur DC-Mode)

PDO	Member	Datentyp	Pos.	Bedeutung
	DcInputShift	DINT	0	~Zeit zwischen SYNC0-Event und Einlesen der Inputs (in ns, nur DC-Mode)

### Struktur der Prozessdaten(TwinCAT 3) ELM264x/ ELM274x:

- ▲ Term 8 (ELM2644-0000)
  - ▲ DO Inputs Device
    - ▲ Device status
      - Error
      - Diag
      - Input cycle counter
    - ▲ DO Group 1 Outputs
      - ▲ Outputs Channel 1
        - Y1
        - Y2
        - Y3
        - Y4
    - ▶ DO Group 2 Outputs
    - ▶ DO Group 3 Outputs
    - ▶ DO Group 4 Outputs
    - ▲ WcState
      - WcState
      - InputToggle
    - ▲ InfoData
      - State
      - ▶ AdsAddr
        - DcOutputShift
        - DcInputShift

Abb. 12: PDO der ELM2644 geltend auch für ELM2642, ELM274x und EL2642 (entsprechend der Kanalanzahl)

## 4.4 CoE Übersicht EL264x, ELM264x, ELM274x

### 4.4.1 0x70n0 DO Outputs Group [n+1]

$0 \leq n \leq m$ ,  $n+1$  = Kanalnummer;  $m+1$  = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
70n0:0	DO Outputs Group [n+1]	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x04 (4 <sub>dez</sub> )
70n0:01	Y1	Prozessdatenwert von Relais Y1 an Mux [n+1]	BIT	RW	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
70n0:02	Y2	Prozessdatenwert von Relais Y2 an Mux [n+1]	BIT	RW	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
70n0:03	Y3	Prozessdatenwert von Relais Y3 an Mux [n+1]	BIT	RW	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
70n0:04	Y4	Prozessdatenwert von Relais Y4 an Mux [n+1]	BIT	RW	0x00 (0 <sub>dez</sub> )

### 4.4.2 0x90n0 DO Info data Group [n+1]

$0 \leq n \leq m$ ,  $n+1$  = Kanalnummer;  $m+1$  = max. Anz. Kanäle

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
90n0:0	DO Info data Group [n+1]	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x04 (4 <sub>dez</sub> )
90n0:01	Y1 switch cycle counter	Schaltzyklenzähler von Relais Y1 an Mux [n+1] seit Produktion	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
90n0:02	Y2 switch cycle counter	Schaltzyklenzähler von Relais Y2 an Mux [n+1] seit Produktion	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
90n0:03	Y3 switch cycle counter	Schaltzyklenzähler von Relais Y3 an Mux [n+1] seit Produktion	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )
90n0:04	Y4 switch cycle counter	Schaltzyklenzähler von Relais Y4 an Mux [n+1] seit Produktion	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

### 4.4.3 0xF600 DO Device Status Inputs

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F600:0	DO Device Status Inputs	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x0F (15 <sub>dez</sub> )
F600:01	Error	Fehlerzustand. Siehe Diagnosenachrichten.	BIT	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
F600:0D	Diag	Eine neue Diagnosenachricht ist verfügbar.	BIT	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )
F600:0F	Input cycle counter	Wird in jedem EtherCAT Zyklus inkrementiert (0,1,2,0,1,2...).	BIT2	RO	0x00 (0 <sub>dez</sub> )

#### 4.4.4 0xF900 DO Device Info data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	DO Device Info data	Maximaler Subindex	UINT8	RO	0x12 (18 <sub>dez</sub> )
F900:12	Operating time	Einschaltdauer seit Produktion in Minuten.	UINT32	RO	0x00000000 (0 <sub>dez</sub> )

## 5 Inbetriebnahme am EtherCAT Master

### 5.1 Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT-Slave

In dieser Übersicht werden in Kurzform einige Aspekte des EtherCAT-Slave Betriebs unter TwinCAT behandelt. Ausführliche Informationen dazu sind entsprechenden Fachkapiteln z.B. in der EtherCAT-Systemdokumentation zu entnehmen.

#### Diagnose in Echtzeit: WorkingCounter, EtherCAT State und Status

Im Allgemeinen bietet ein EtherCAT-Slave mehrere Diagnoseinformationen zur Verarbeitung in der ansteuernden Task an.

Diese Diagnoseinformationen erfassen unterschiedliche Kommunikationsebenen und damit Quellorte und werden deshalb auch unterschiedlich aktualisiert.

Eine Applikation, die auf die Korrektheit und Aktualität von IO-Daten aus einem Feldbus angewiesen ist, muss die entsprechend ihr unterlagerten Ebenen diagnostisch erfassen.

EtherCAT und der TwinCAT System Manager bieten entsprechend umfassende Diagnoseelemente an. Die Diagnoseelemente, die im laufenden Betrieb (nicht zur Inbetriebnahme) für eine zyklusaktuelle Diagnose aus der steuernden Task hilfreich sind, werden im Folgenden erläutert.

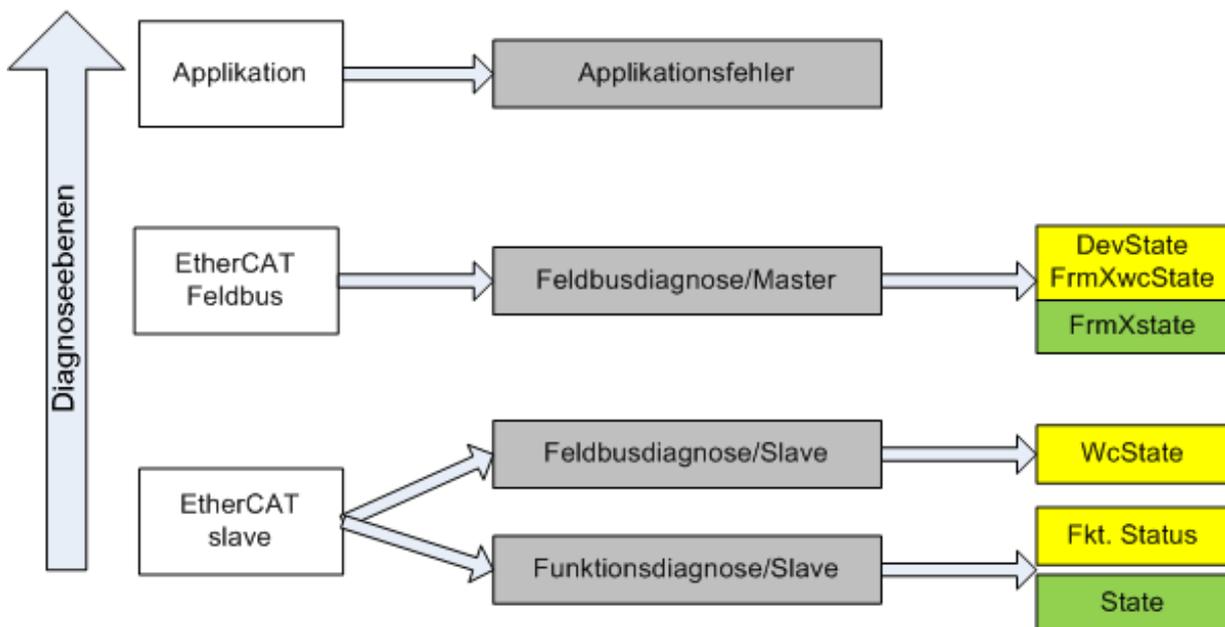


Abb. 13: Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slave

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

Farbe	Bedeutung
rot	Ausgangsvariablen vom Slave zum EtherCAT-Master, die in jedem Zyklus aktualisiert werden
grün	Informationsvariablen des EtherCAT-Masters, die azyklisch aktualisiert werden d. h. in einem Zyklus eventuell nicht den letztmöglichen Stand abbilden. Deshalb ist ein Auslesen solcher Variablen über ADS sinnvoll.

In Abb. *Grundlegende EtherCAT Slave Diagnose in der PLC* ist eine 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.

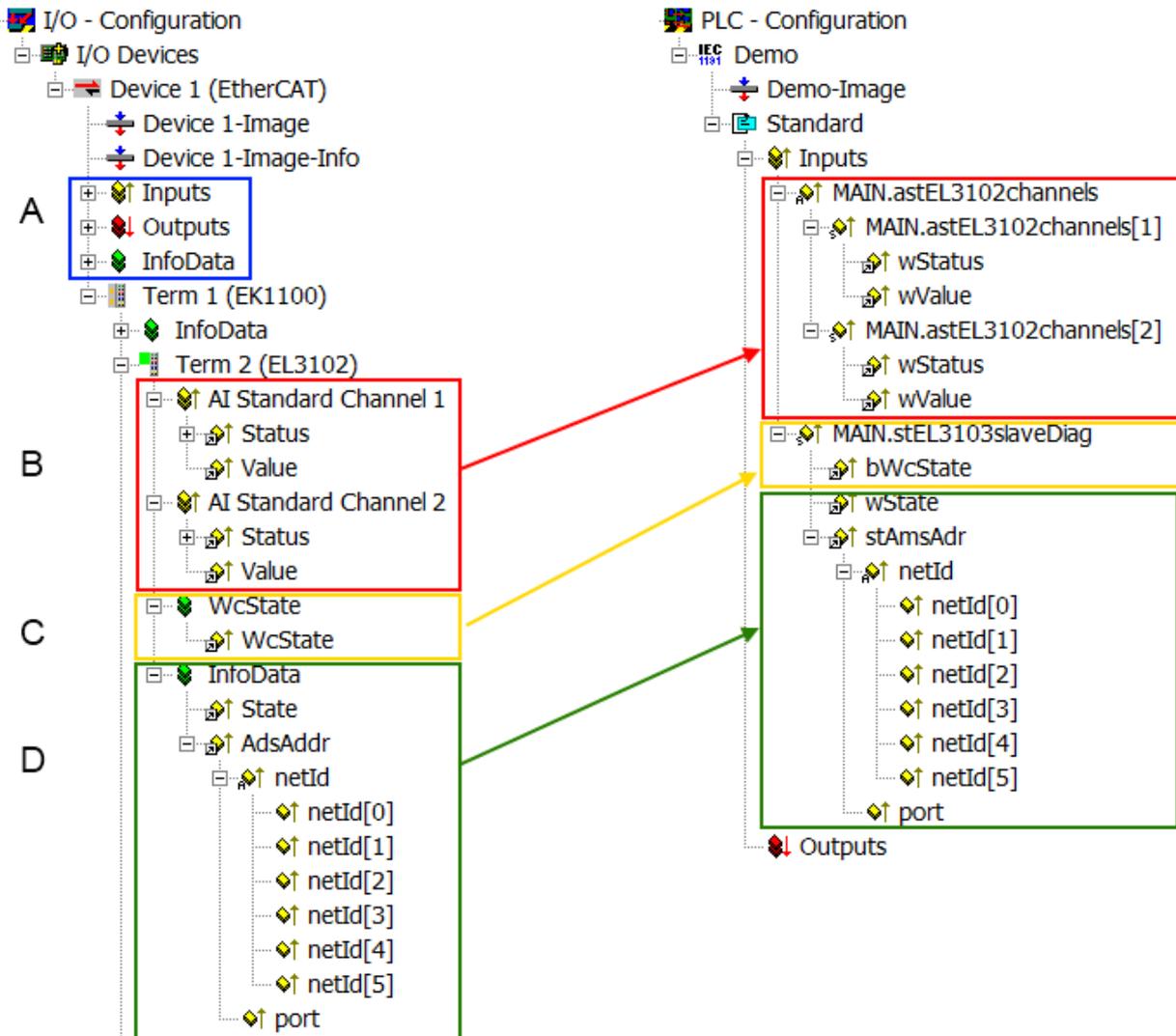


Abb. 14: Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC

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

Kennzeichen	Funktion	Ausprägung	Anwendung/Auswertung
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionen aus <i>TcEtherCAT.lib</i></li> <li>• OnlineScan durchführen</li> </ul>
B	Im gewählten Beispiel (EL3102) umfasst die EL3102 zwei analoge Eingangskanäle, die einen eigenen Funktionsstatus zyklusaktuell übermitteln.	<p>Status</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bitdeutungen sind der Gerätedokumentation zu entnehmen</li> <li>• andere Geräte können mehr oder keine slave-typischen Angaben liefern</li> </ul>	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Funktionsstatus ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
C	<p>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</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. am EtherCAT-Slave als auch inhaltsidentisch</li> <li>2. als Sammelvariable am EtherCAT-Master (siehe Punkt A)</li> </ol> <p>zur Verlinkung bereitgestellt.</p>	<p>WcState (Working Counter)</p> <p>0: gültige Echtzeitkommunikation im letzten Zyklus</p> <p>1: ungültige Echtzeitkommunikation</p> <p>ggf. Auswirkung auf die Prozessdaten anderer Slaves, die in der gleichen SyncUnit liegen</p>	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Kommunikationsstatus des EtherCAT-Slaves ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
D	<p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nur selten/nie verändert werden, außer beim Systemstart</li> <li>• selbst auf azyklischem Weg ermittelt werden (z.B. EtherCAT-Status)</li> </ul>	<p>State</p> <p>aktueller Status (INIT..OP) des Slaves. Im normalen Betriebszustand muss der Slave im OP (=8) sein.</p> <p><i>AdsAddr</i></p> <p>Die ADS-Adresse ist nützlich, um aus der PLC/Task über ADS mit dem EtherCAT-Slave zu kommunizieren, z.B. zum Lesen/Schreiben auf das CoE. Die AMS-NetID eines Slaves entspricht der AMS-NetID des EtherCAT-Masters, über den <i>port</i> (= EtherCAT Adresse) ist der einzelne Slave ansprechbar.</p>	Informationsvariablen des EtherCAT-Masters, die azyklisch aktualisiert werden, d.h. in einem Zyklus eventuell nicht den letztmöglichen Stand abbilden. Deshalb ist ein Auslesen solcher Variablen über ADS möglich.

**HINWEIS**

**Diagnoseinformationen**

Es wird dringend empfohlen, die angebotenen Diagnoseinformationen auszuwerten um in der Applikation entsprechend reagieren zu können.

**CoE-Parameterverzeichnis**

Das CoE-Parameterverzeichnis (CanOpen-over-EtherCAT) dient der Verwaltung von Einstellwerten des jeweiligen Slaves. Bei der Inbetriebnahme eines komplexeren EtherCAT-Slaves sind unter Umständen hier Veränderungen vorzunehmen. Zugänglich ist es über den TwinCAT System Manager, s. Abb. *EL3102, CoE-Verzeichnis*:

Index	Name	Flags	Value
6010:0	AI Inputs Ch.2	RO	> 17 <
6401:0	Channels	RO	> 2 <
8000:0	AI Settings Ch.1	RW	> 24 <
8000:01	Enable user scale	RW	FALSE
8000:02	Presentation	RW	Signed (0)
8000:05	Siemens bits	RW	FALSE
8000:06	Enable filter	RW	FALSE
8000:07	Enable limit 1	RW	FALSE
8000:08	Enable limit 2	RW	FALSE
8000:0A	Enable user calibration	RW	FALSE
8000:0B	Enable vendor calibration	RW	TRUE

Abb. 15: 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.

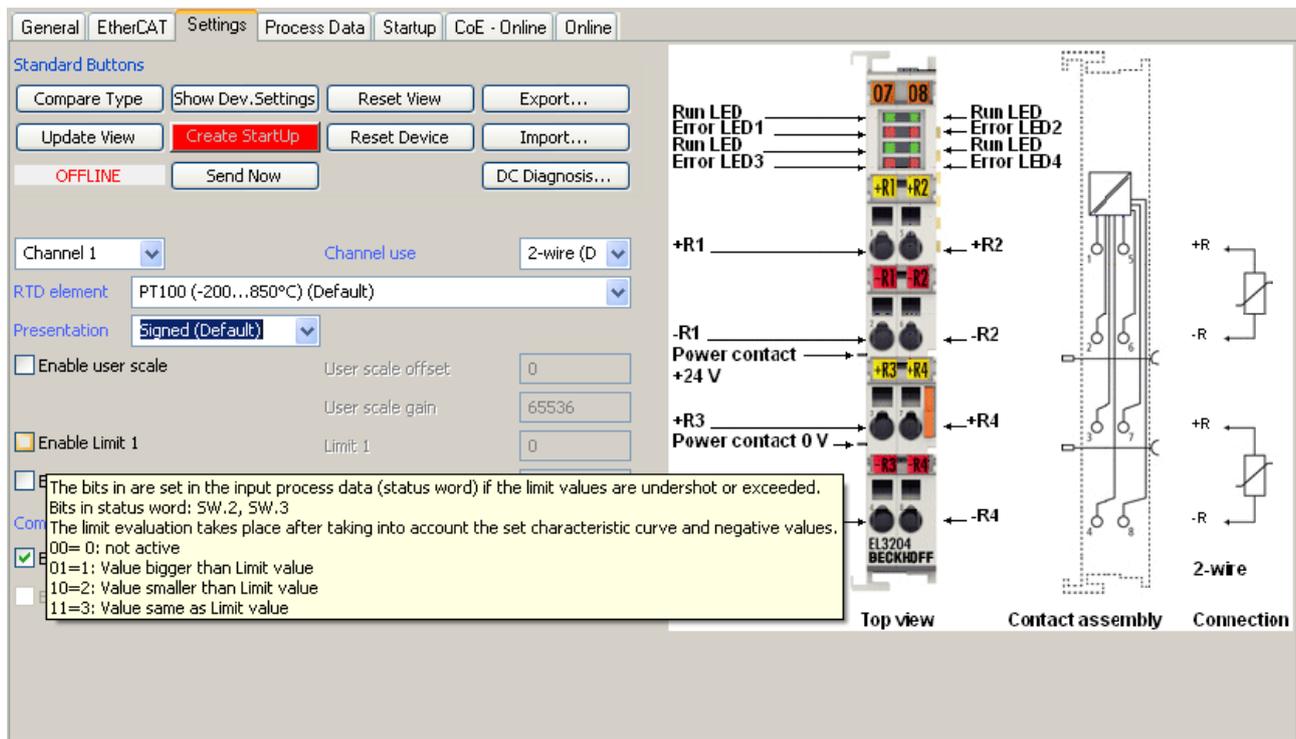


Abb. 16: Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204

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 [▶ 113]. 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.

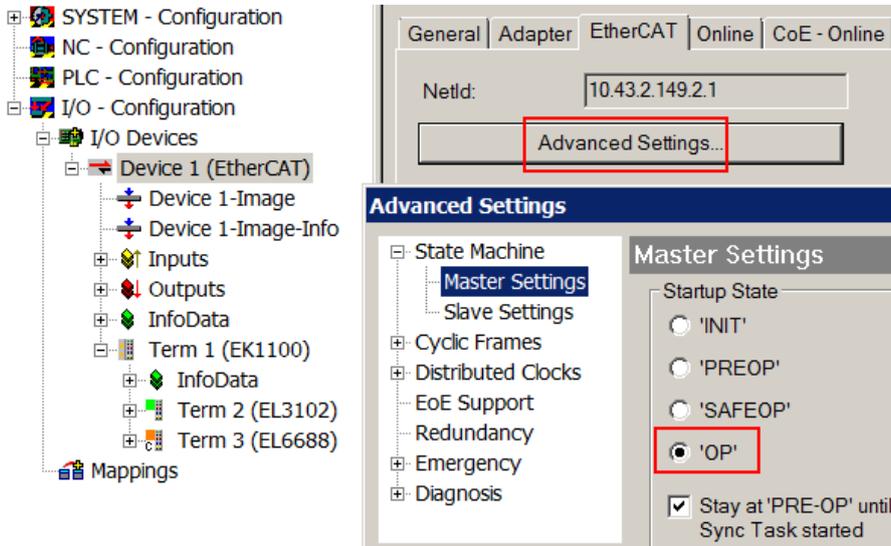


Abb. 17: Default Verhalten System Manager

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

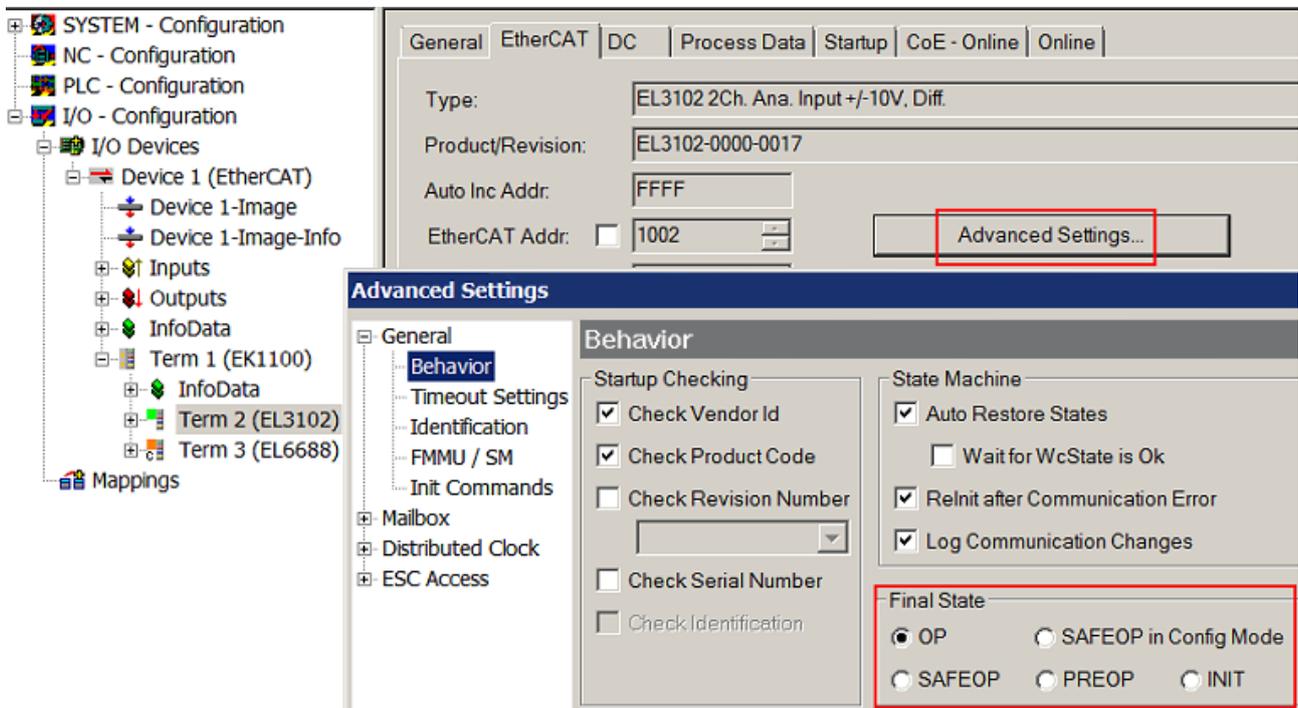


Abb. 18: Default Zielzustand im Slave

**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.

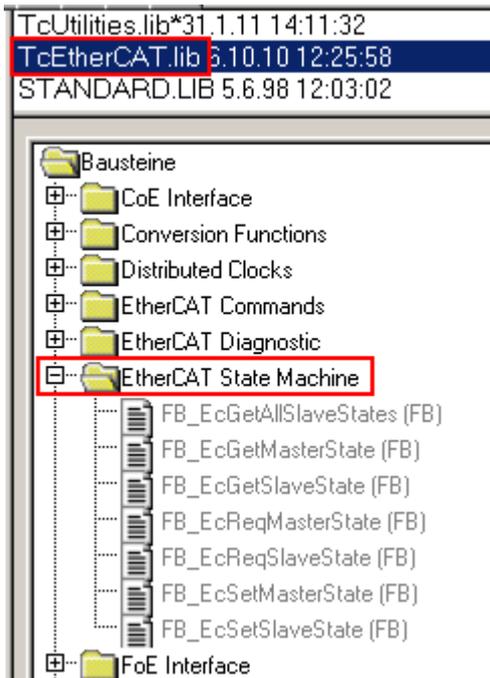


Abb. 19: PLC-Bausteine

**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. 20: 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. 21: Warnmeldung E-Bus-Überschreitung

**HINWEIS**

**Achtung! Fehlfunktion möglich!**

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

## 5.2 TwinCAT Quickstart

TwinCAT stellt eine Entwicklungsumgebung für Echtzeitsteuerung mit Multi-SPS-System, NC Achsregelung, Programmierung und Bedienung dar. Das gesamte System wird hierbei durch diese Umgebung abgebildet und ermöglicht Zugriff auf eine Programmierumgebung (inkl. Kompilierung) für die Steuerung. Einzelne digitale oder analoge Eingänge bzw. Ausgänge können auch direkt ausgelesen bzw. beschrieben werden, um diese z.B. hinsichtlich ihrer Funktionsweise zu überprüfen.

Weitere Informationen hierzu erhalten Sie unter <http://infosys.beckhoff.de>:

- **EtherCAT Systemhandbuch:**  
 Feldbuskomponenten → EtherCAT-Klemmen → EtherCAT System Dokumentation → Einrichtung im TwinCAT System Manager
- **TwinCAT 2** → TwinCAT System Manager → E/A- Konfiguration
- Insbesondere zur TwinCAT – Treiberinstallation:  
**Feldbuskomponenten** → Feldbuskarten und Switches → FC900x – PCI-Karten für Ethernet → Installation

Geräte, d. h. „devices“ beinhalten jeweils die Klemmen der tatsächlich aufgebauten Konfiguration. Dabei gibt es grundlegend die Möglichkeit sämtliche Informationen des Aufbaus über die „Scan“ - Funktion einzubringen („online“) oder über Editorfunktionen direkt einzufügen („offline“):

- **„offline“:** der vorgesehene Aufbau wird durch Hinzufügen und entsprechendes Platzieren einzelner Komponenten erstellt. Diese können aus einem Verzeichnis ausgewählt und Konfiguriert werden.
  - Die Vorgehensweise für den „offline“ – Betrieb ist unter <http://infosys.beckhoff.de> einsehbar:  
**TwinCAT 2** → TwinCAT System Manager → EA - Konfiguration → Anfügen eines E/A-Gerätes
- **„online“:** die bereits physikalisch aufgebaute Konfiguration wird eingelesen
  - Sehen Sie hierzu auch unter <http://infosys.beckhoff.de>:  
**Feldbuskomponenten** → Feldbuskarten und Switches → FC900x – PCI-Karten für Ethernet → Installation → Geräte suchen

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

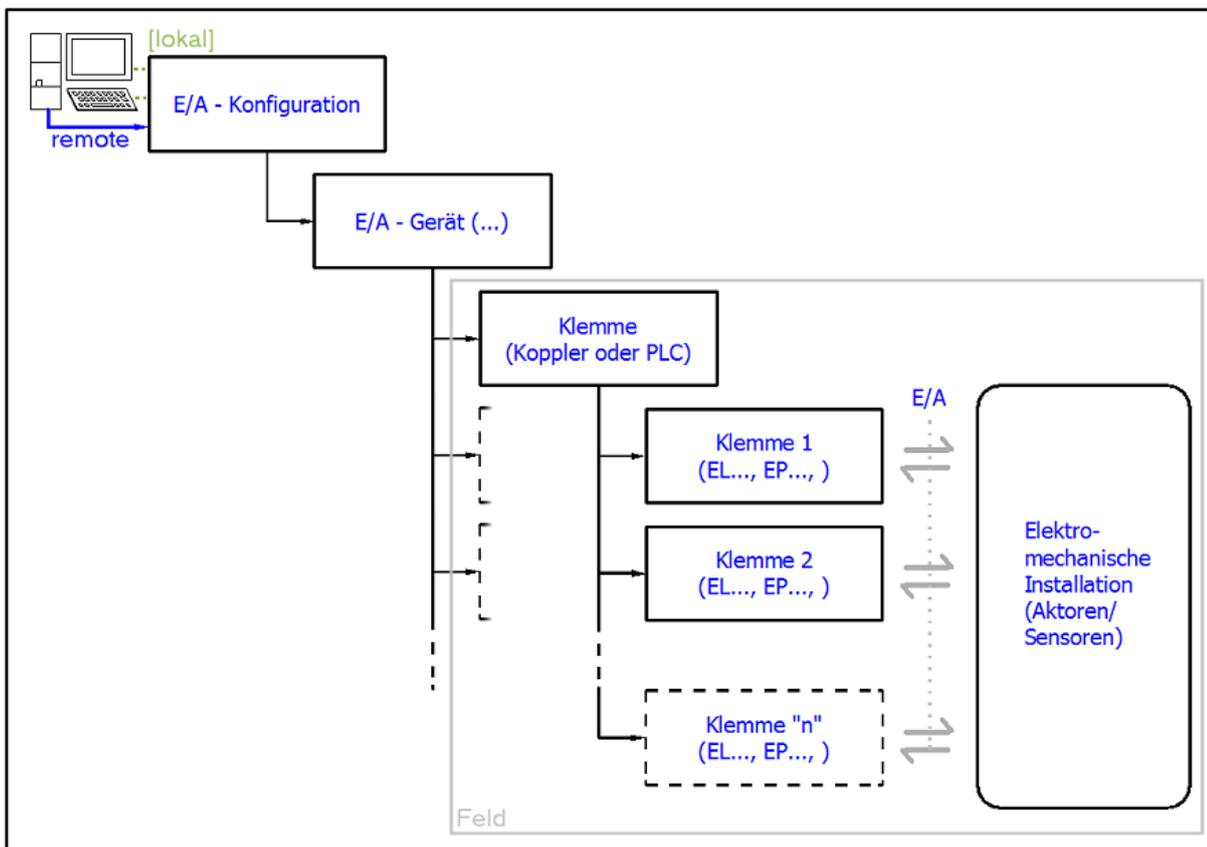


Abb. 22: Bezug von der Anwender Seite (Inbetriebnahme) zur Installation

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

### Beispielkonfiguration (realer Aufbau)

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

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

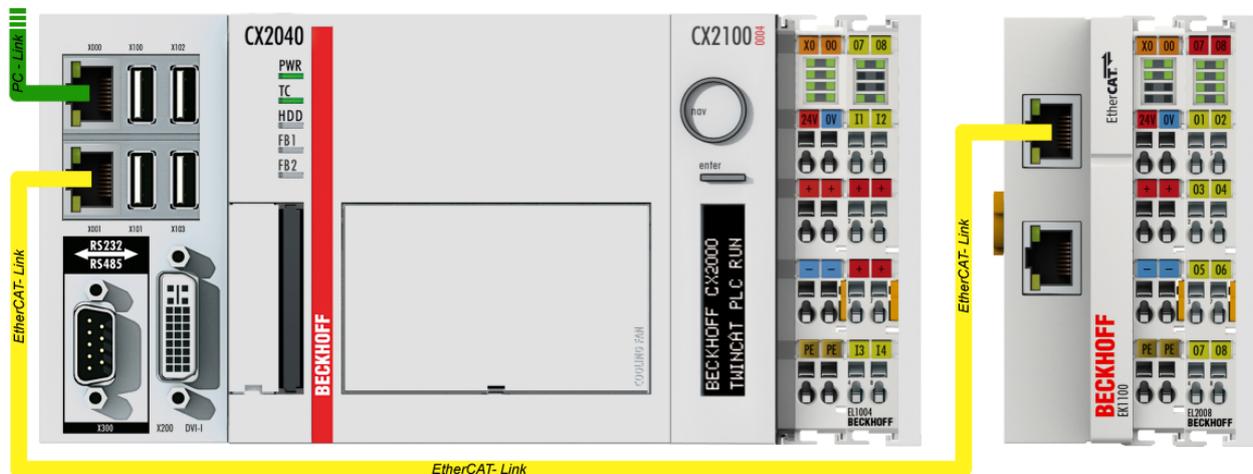


Abb. 23: Aufbau der Steuerung mit Embedded-PC, Eingabe (EL1004) und Ausgabe (EL2008)

Anzumerken ist, dass sämtliche Kombinationen einer Konfiguration möglich sind; beispielsweise könnte die Klemme EL1004 ebenso auch nach dem Koppler angesteckt werden oder die Klemme EL2008 könnte zusätzlich rechts an dem CX2040 angesteckt sein – dann wäre der Koppler EK1100 überflüssig.

## 5.2.1 TwinCAT 2

### Startup

TwinCAT 2 verwendet grundlegend zwei Benutzeroberflächen: den „TwinCAT System Manager“ zur Kommunikation mit den elektromechanischen Komponenten und „TwinCAT PLC Control“ für die Erstellung und Kompilierung einer Steuerung. Begonnen wird zunächst mit der Anwendung des TwinCAT System Managers.

Nach erfolgreicher Installation des TwinCAT-Systems auf den Anwender-PC der zur Entwicklung verwendet werden soll, zeigt der TwinCAT 2 (System Manager) folgende Benutzeroberfläche nach dem Start:

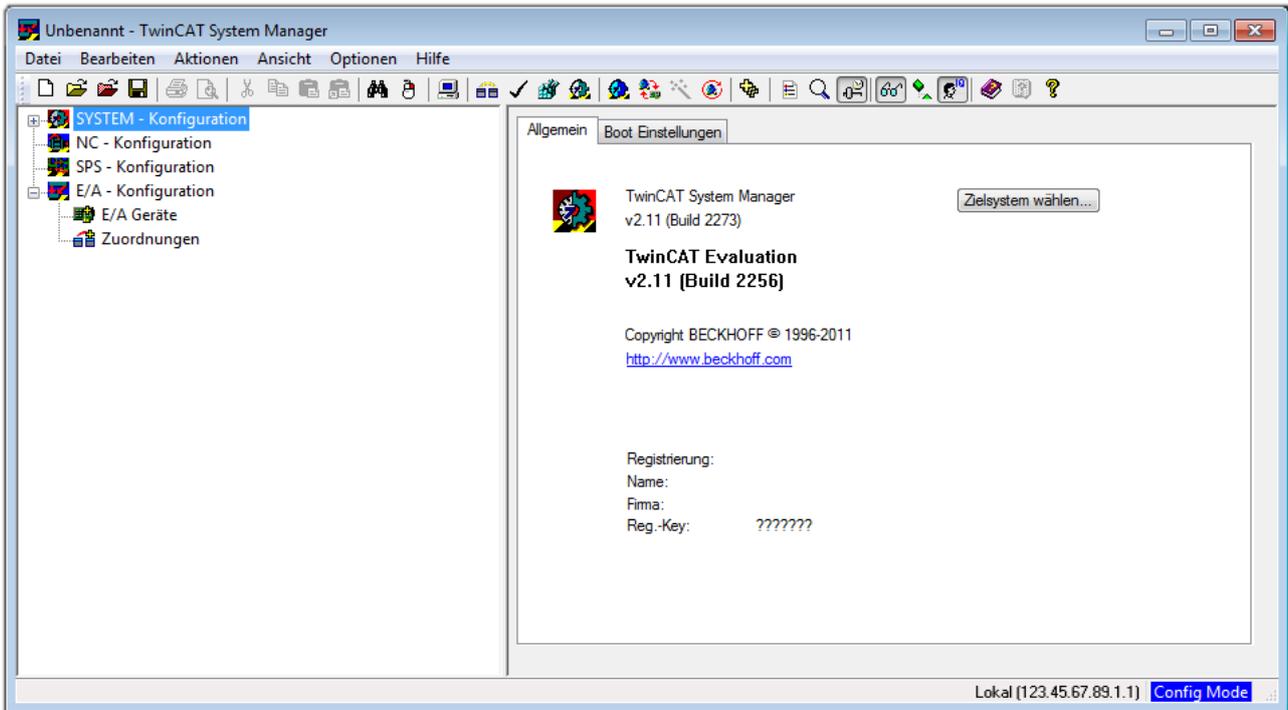


Abb. 24: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 2

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 [► 49]“ 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:

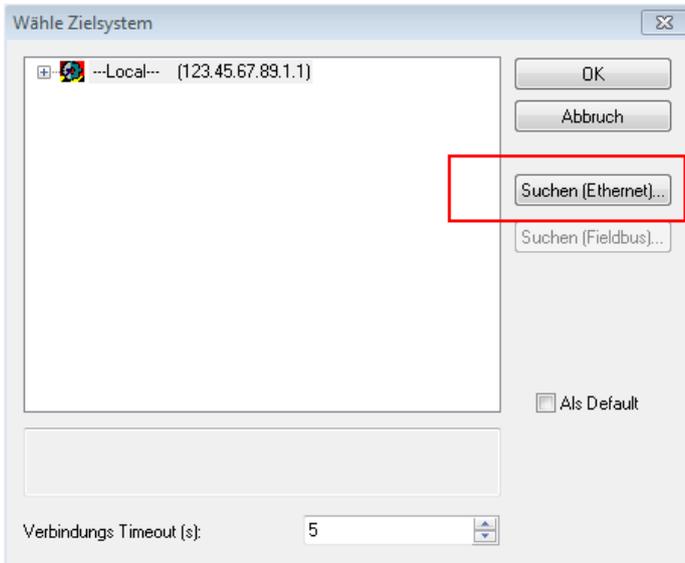


Abb. 25: Wähle Zielsystem

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

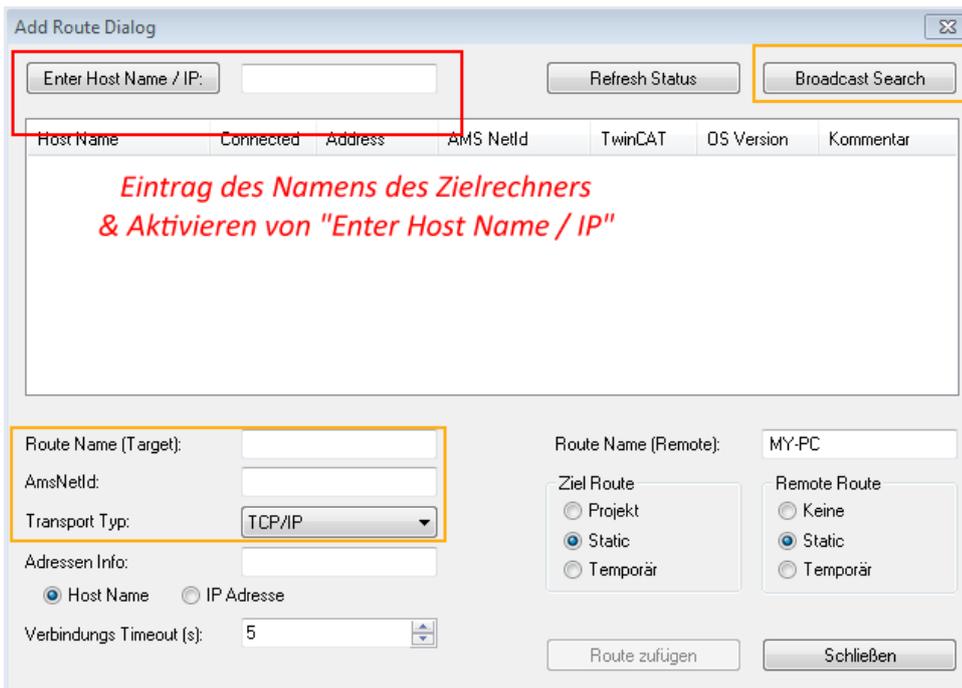
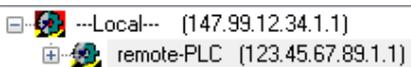


Abb. 26: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

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.

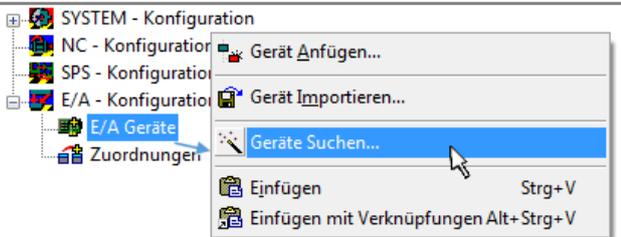


Abb. 27: Auswahl „Gerät Suchen...“

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

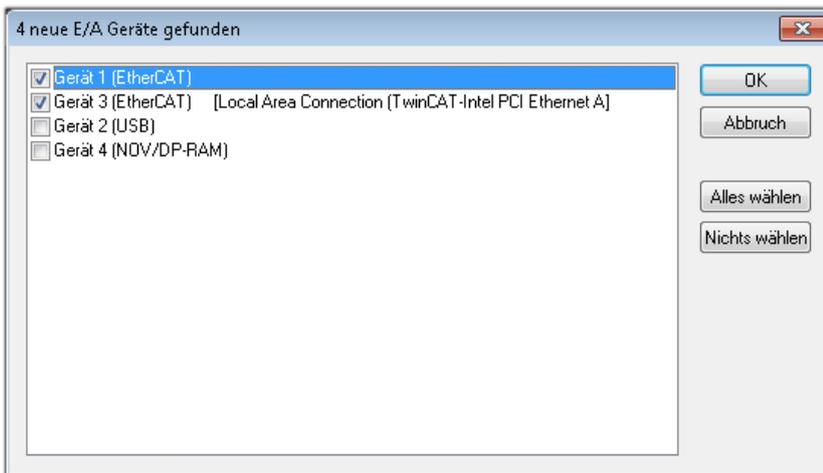


Abb. 28: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

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](#) [▶ 46] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

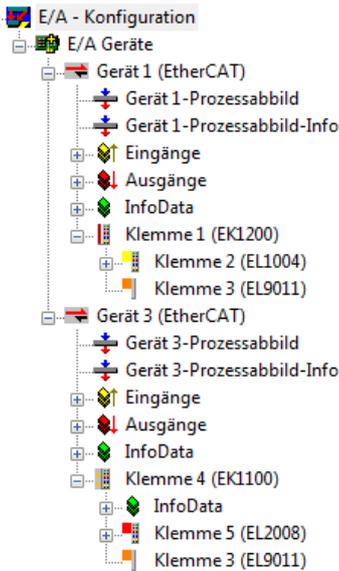


Abb. 29: Abbildung der Konfiguration im TwinCAT 2 System Manager

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:

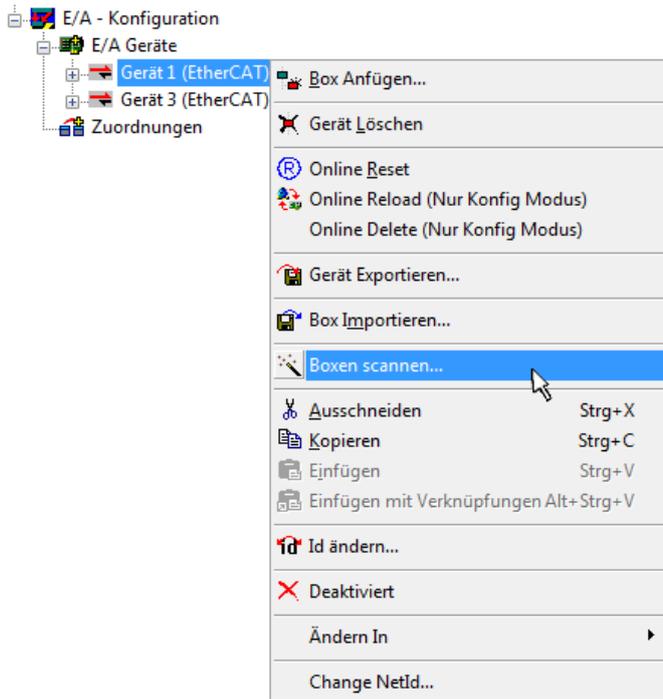


Abb. 30: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

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:

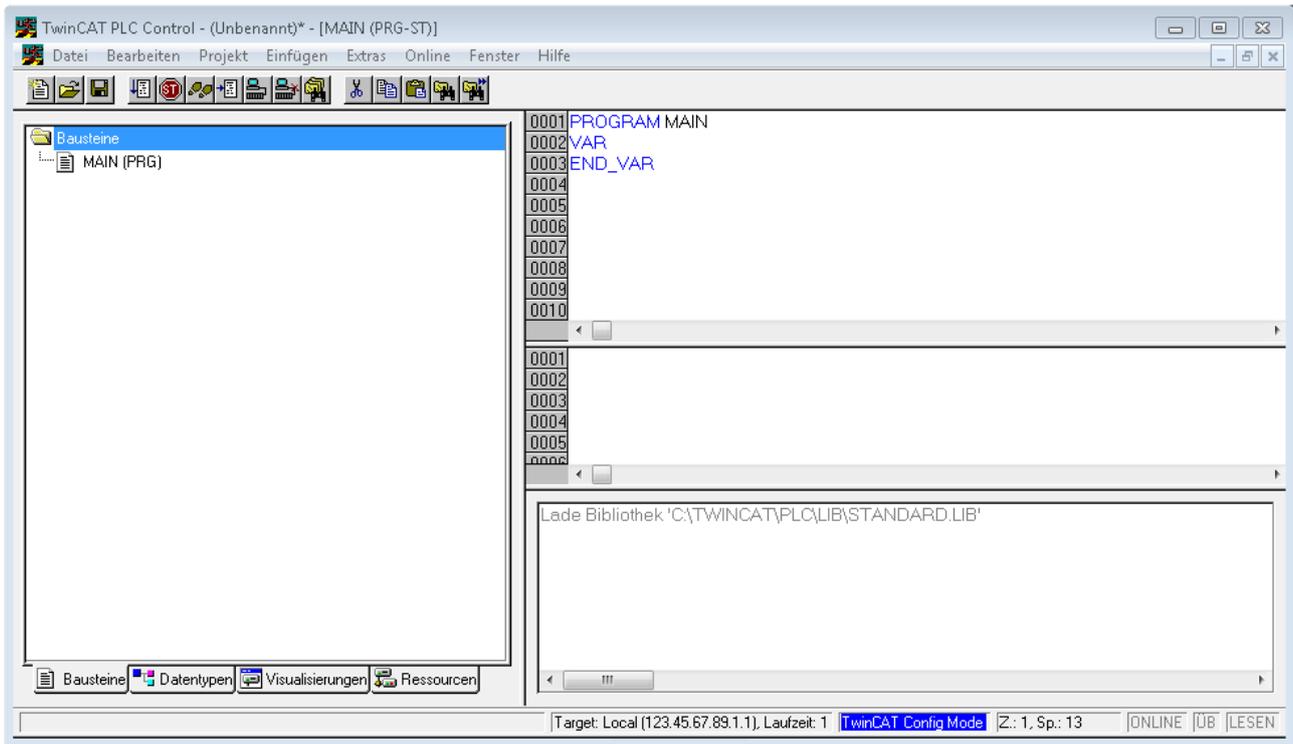


Abb. 31: TwinCAT PLC Control nach dem Start

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

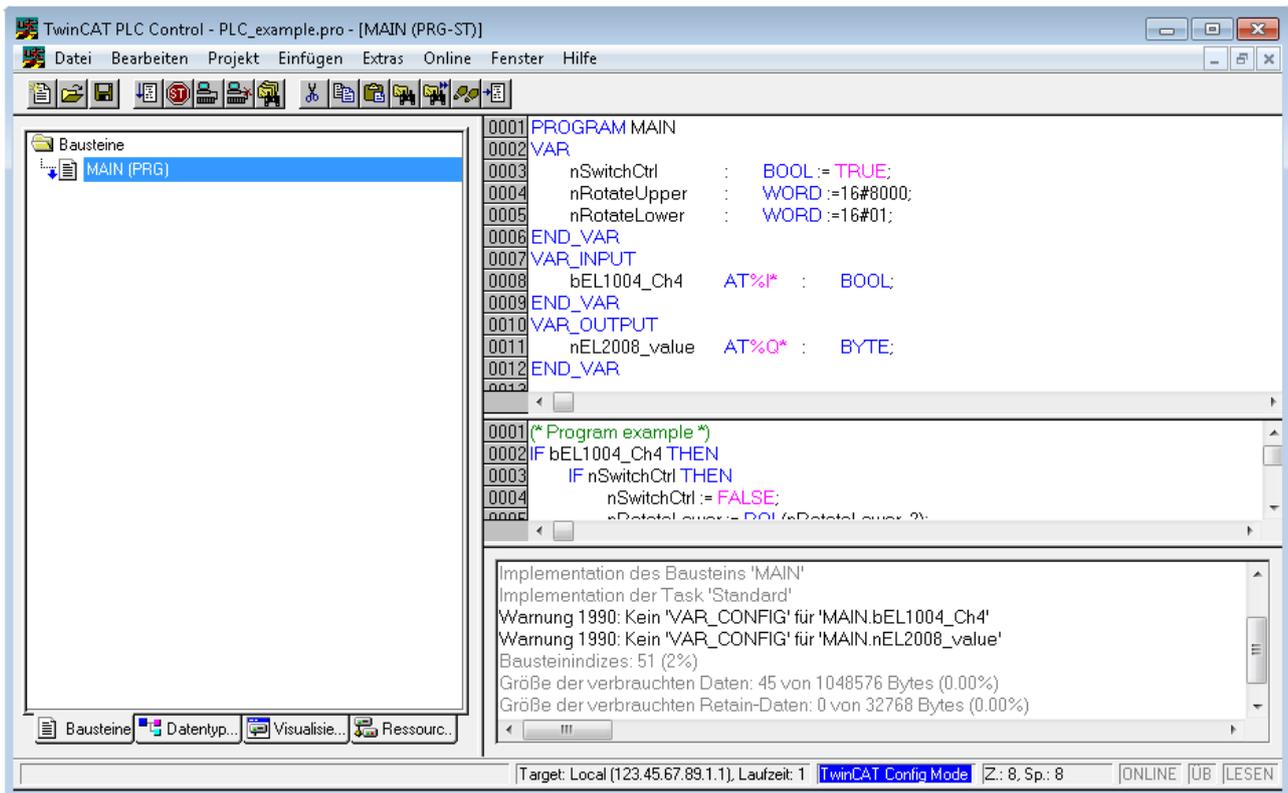


Abb. 32: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

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...“:

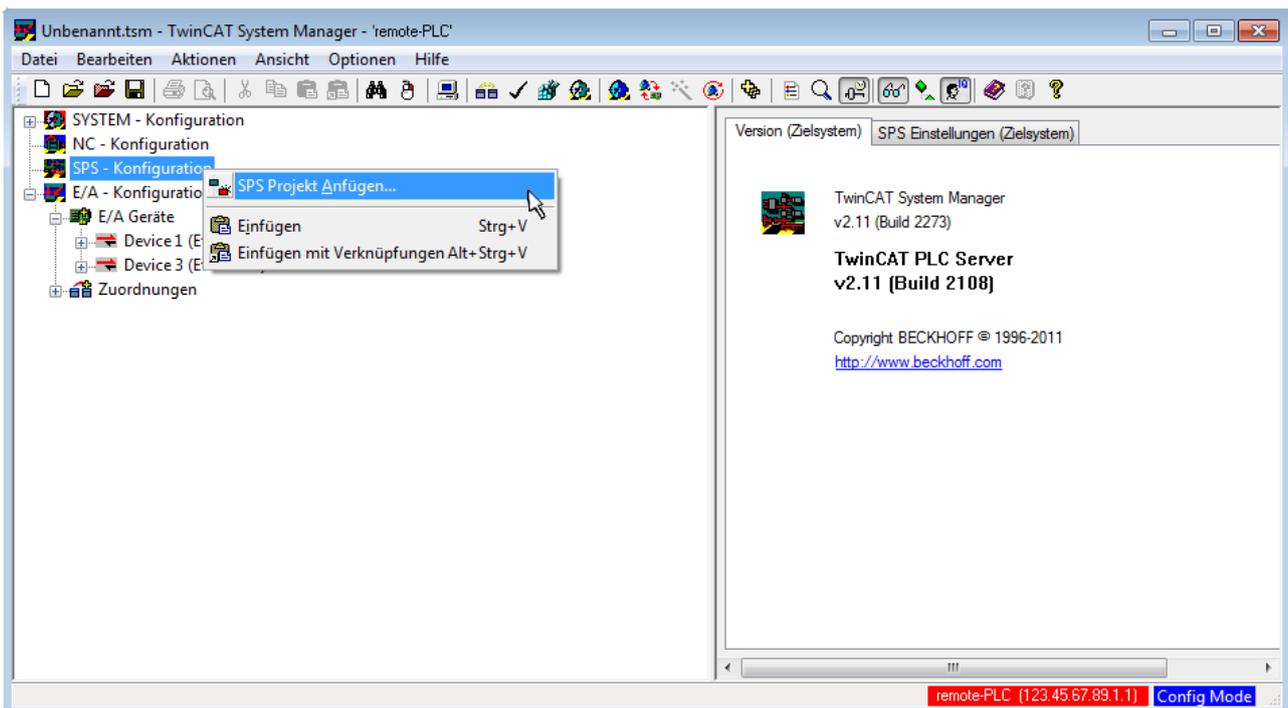


Abb. 33: Hinzufügen des Projektes des TwinCAT PLC Control

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:

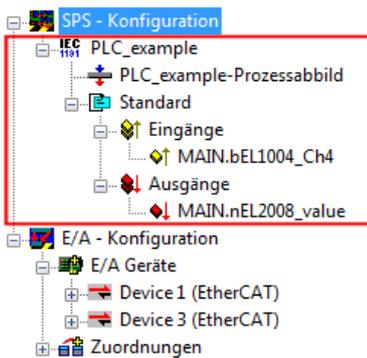


Abb. 34: Eingebundenes PLC-Projekt in der SPS-Konfiguration des System Managers

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:

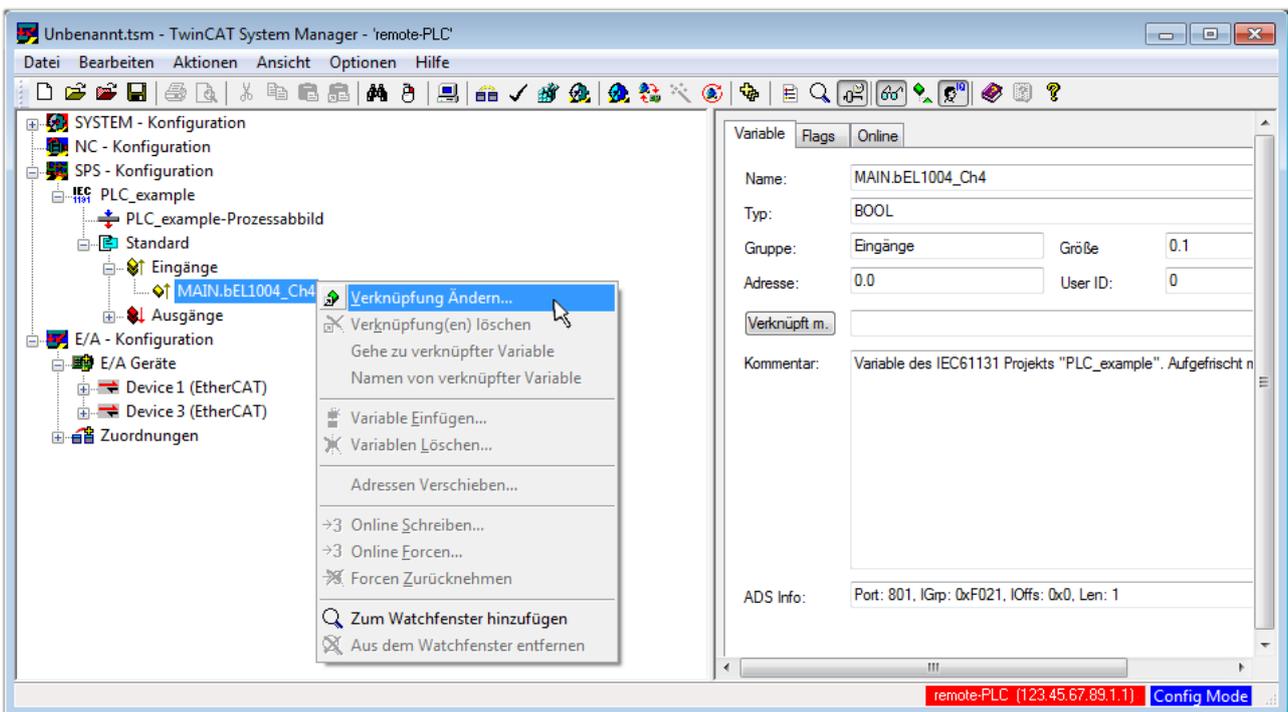


Abb. 35: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

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

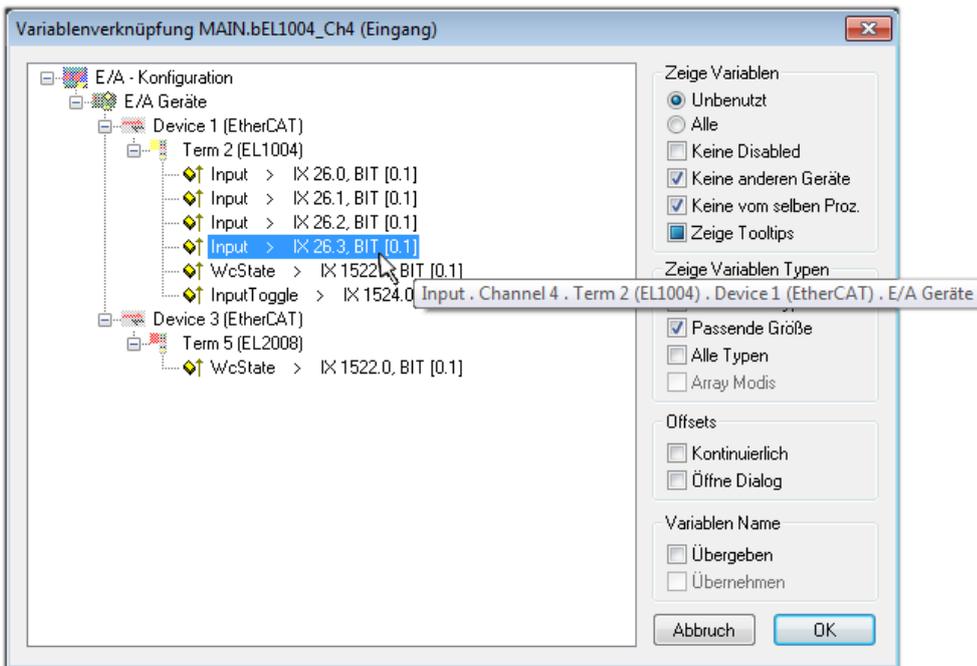


Abb. 36: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

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:

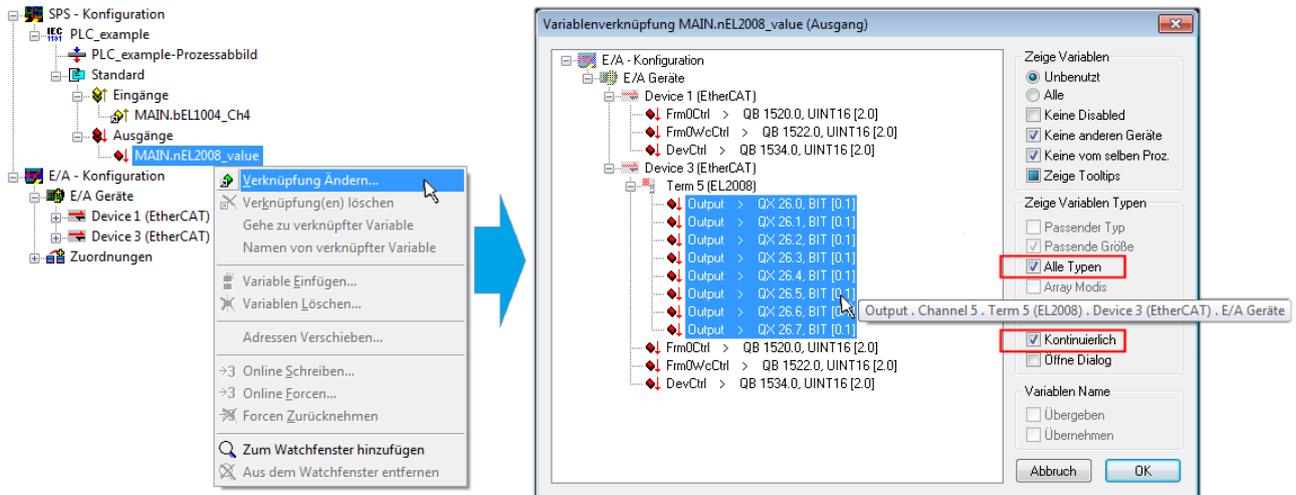


Abb. 37: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

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:

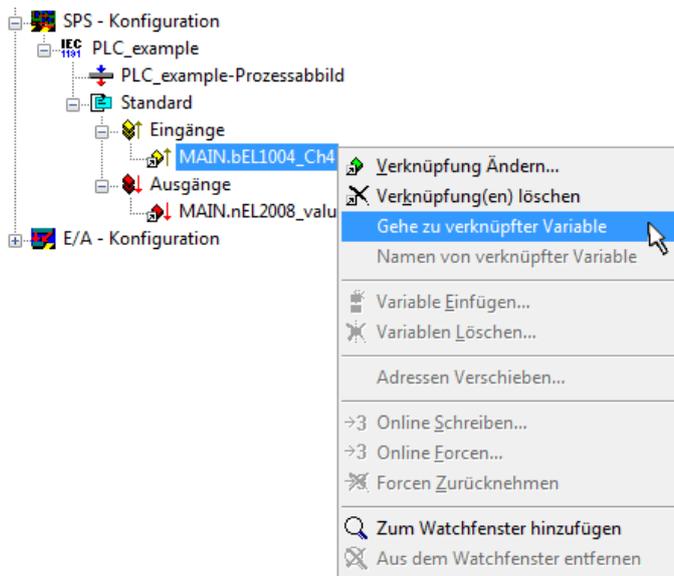


Abb. 38: Anwendung von „Goto Link Variable“ am Beispiel von „MAIN.bEL1004\_Ch4“

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:

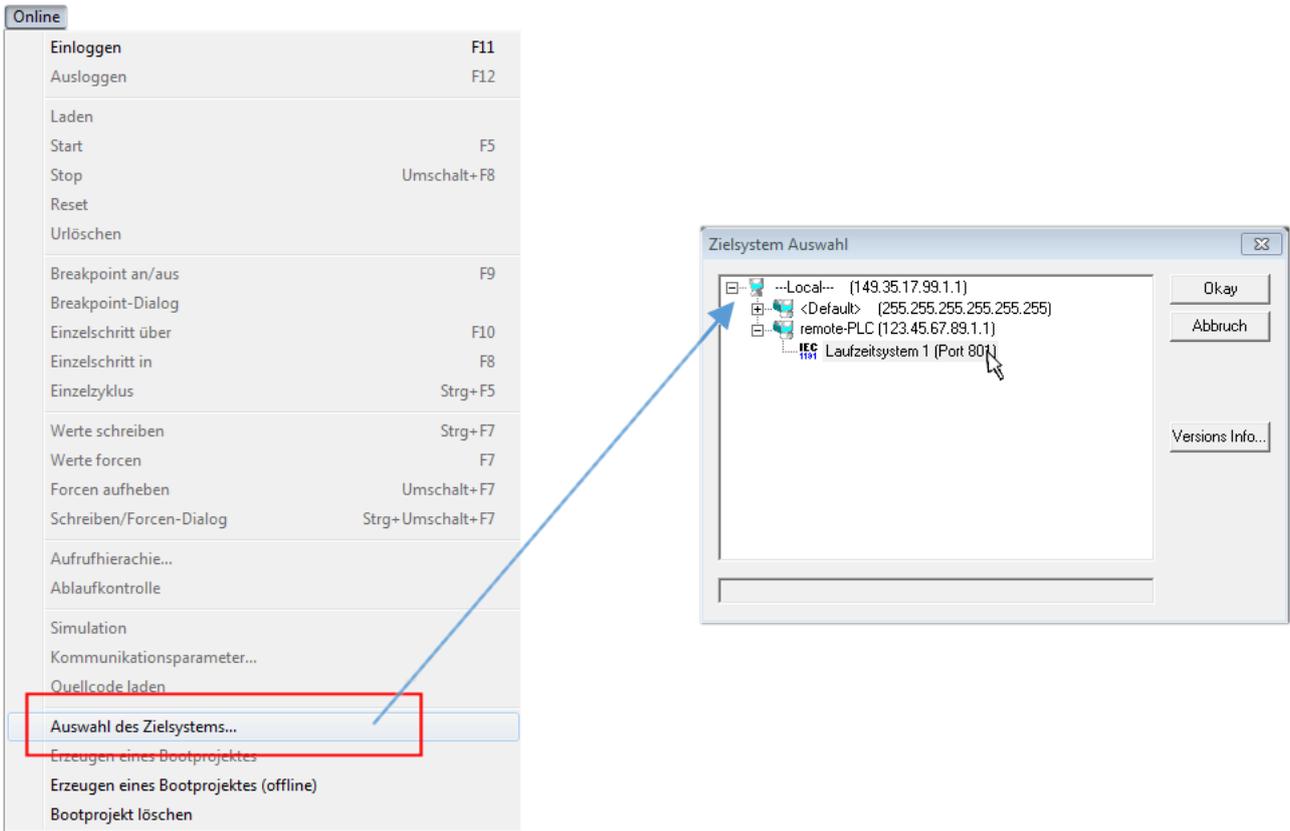


Abb. 39: Auswahl des Zielsystems (remote)

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:

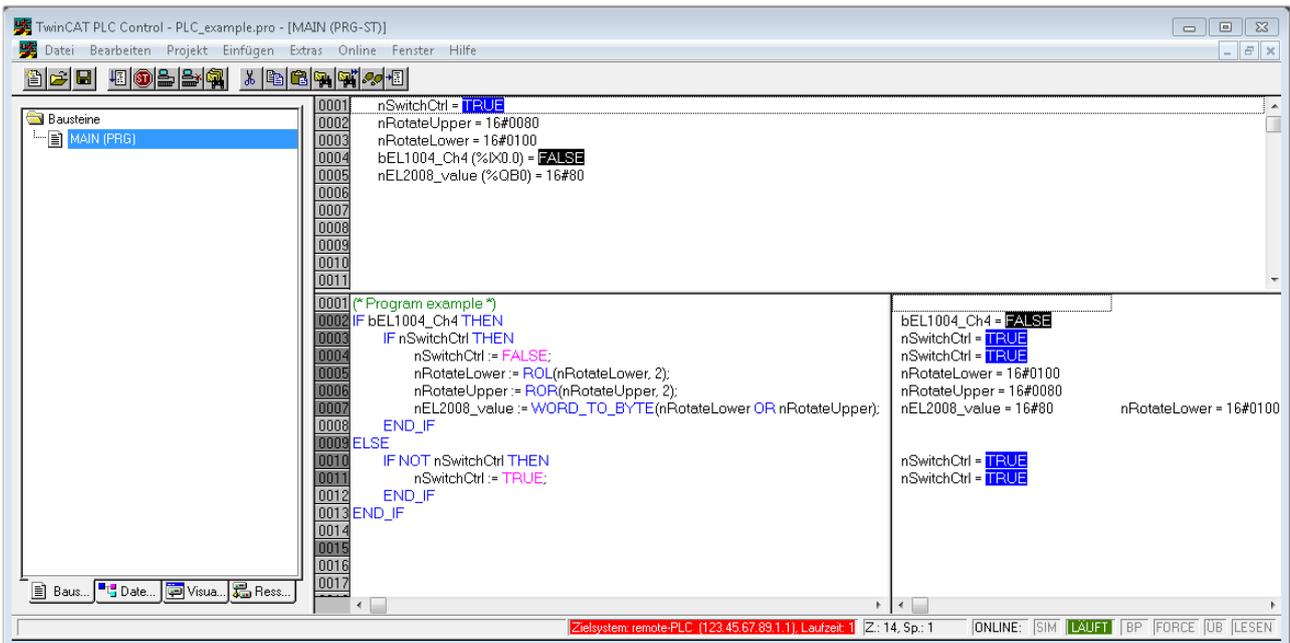


Abb. 40: PLC Control Logged-in, bereit zum Programmstart

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

## 5.2.2 TwinCAT 3

### Startup

TwinCAT 3 stellt die Bereiche der Entwicklungsumgebung durch das Microsoft Visual-Studio gemeinsam zur Verfügung: in den allgemeinen Fensterbereich erscheint nach dem Start linksseitig der Projektmappen-Explorer (vgl. „TwinCAT System Manager“ von TwinCAT 2) zur Kommunikation mit den elektromechanischen Komponenten.

Nach erfolgreicher Installation des TwinCAT-Systems auf den Anwender PC der zur Entwicklung verwendet werden soll, zeigt der TwinCAT 3 (Shell) folgende Benutzeroberfläche nach dem Start:

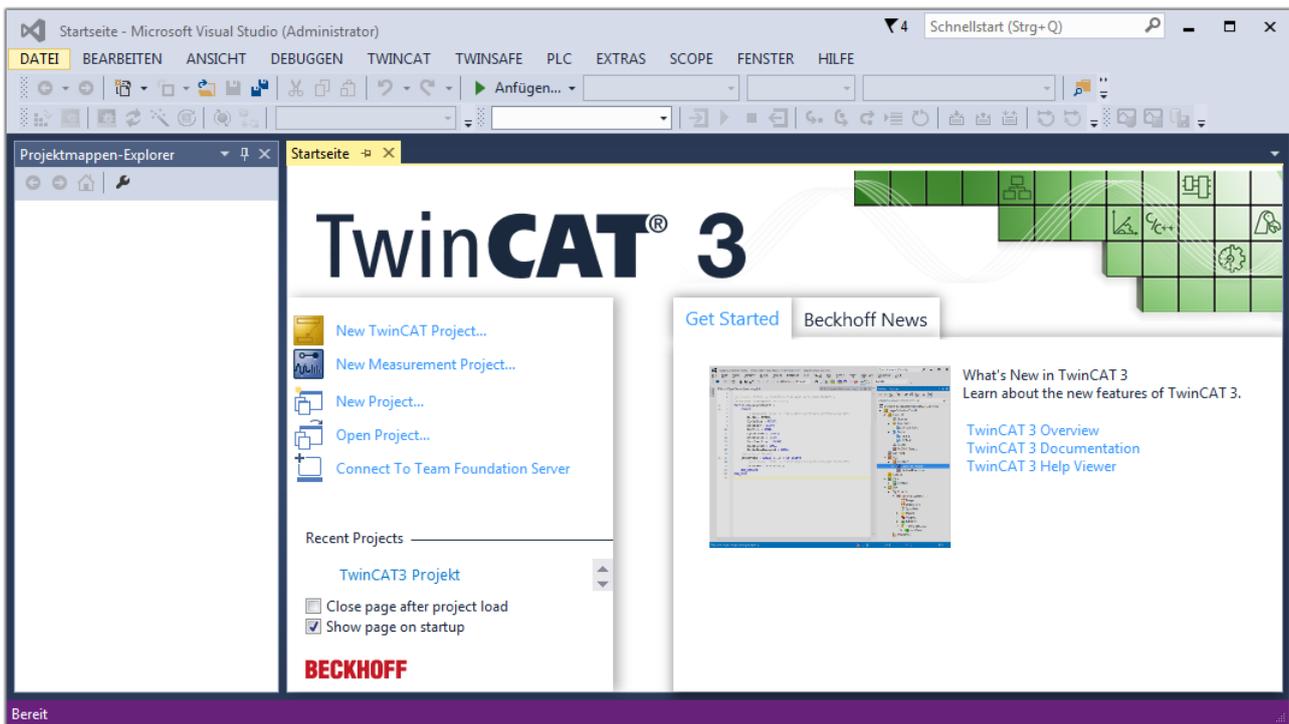


Abb. 41: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 3

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):

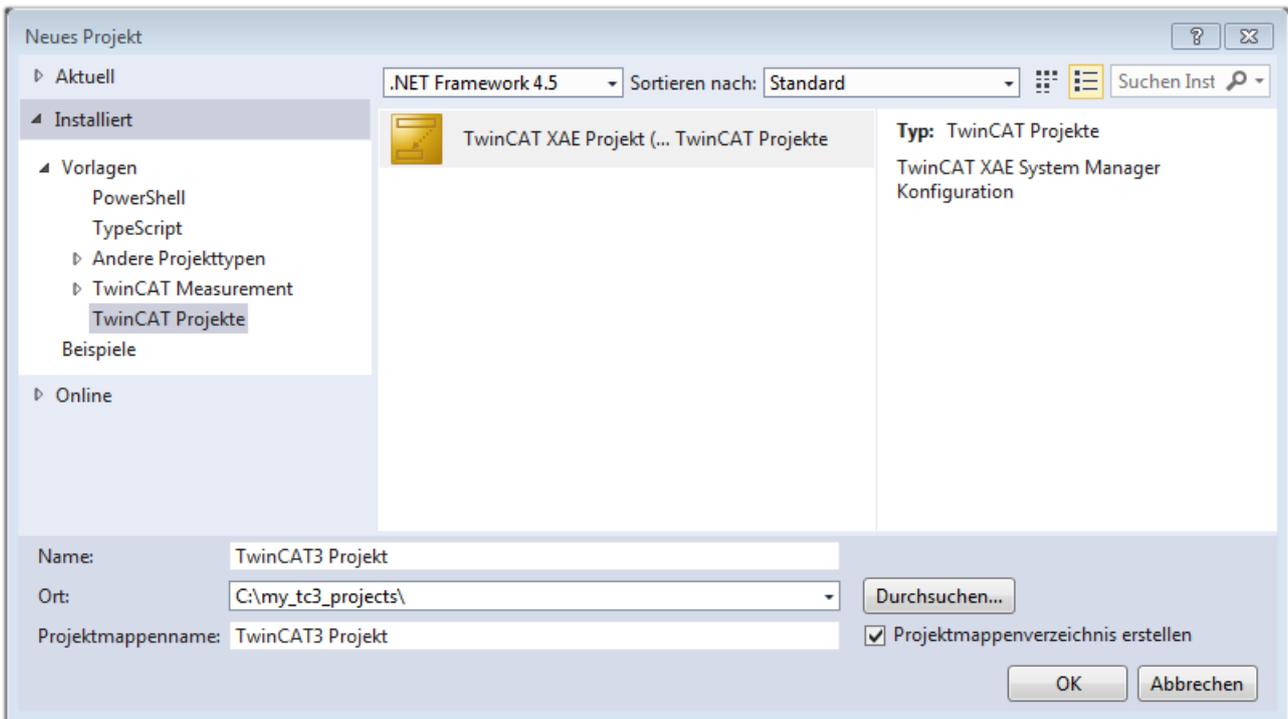


Abb. 42: Neues TwinCAT 3 Projekt erstellen

Im Projektmappen-Explorer liegt sodann das neue Projekt vor:

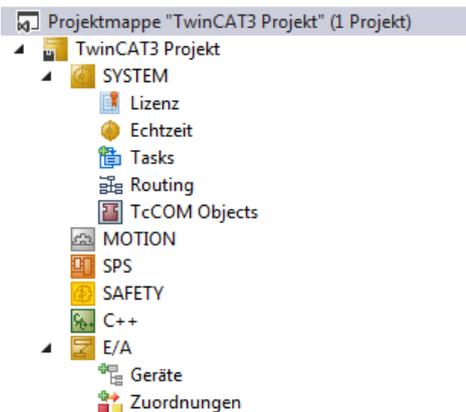


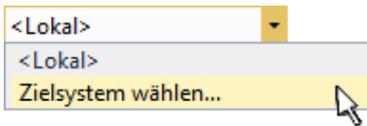
Abb. 43: Neues TwinCAT 3 Projekt im Projektmappen-Explorer

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 |> 60|“ 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:

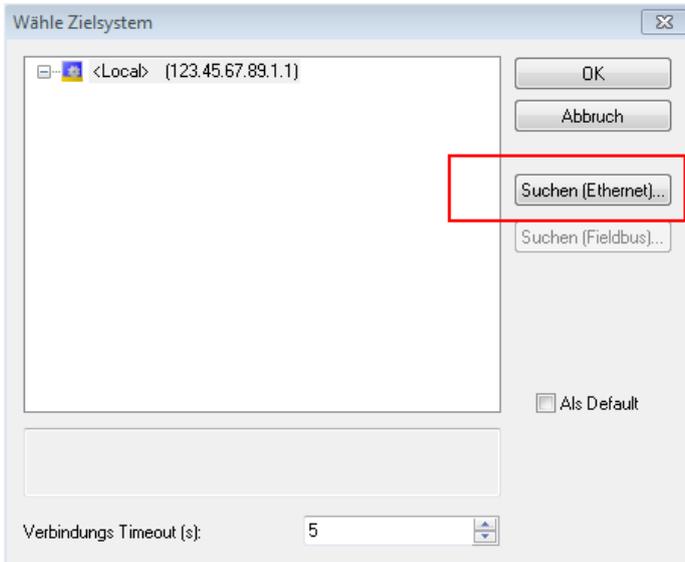


Abb. 44: Auswahldialog: Wähle Zielsystem

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

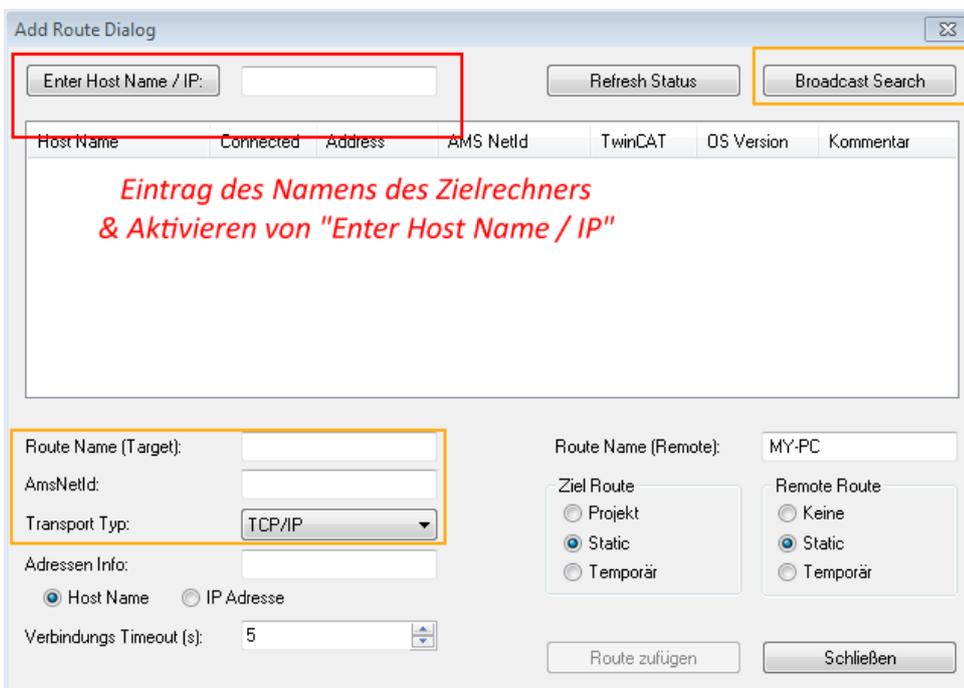
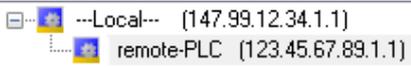


Abb. 45: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

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.

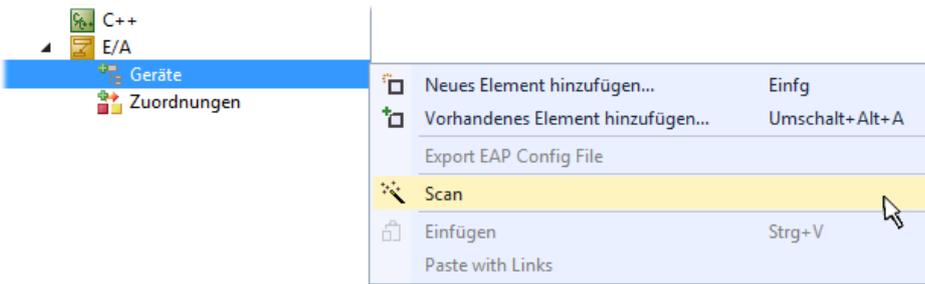


Abb. 46: Auswahl „Scan“

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

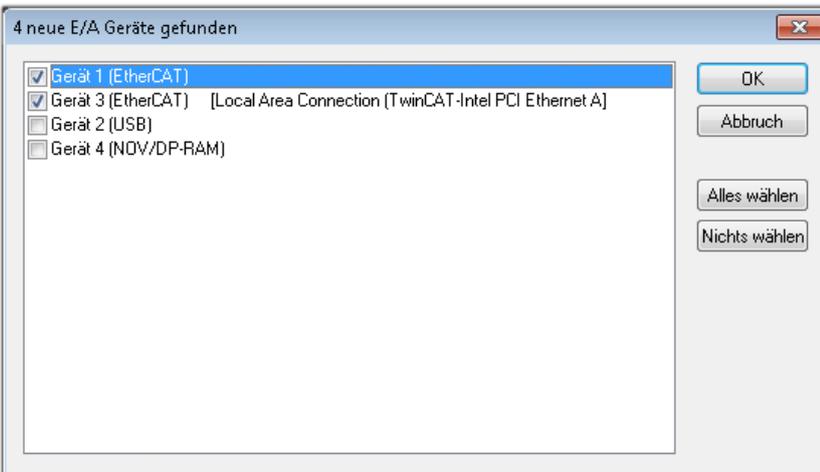


Abb. 47: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

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](#) [▶ 46] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

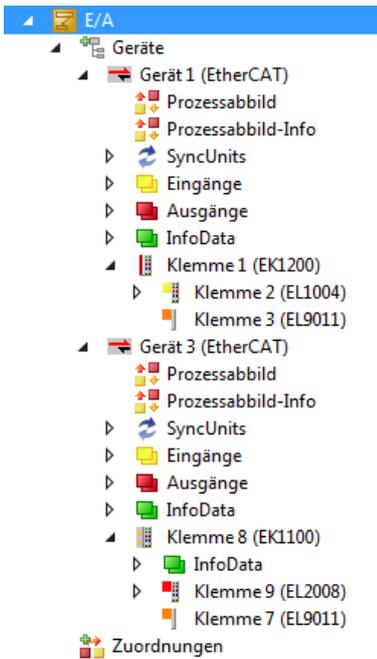


Abb. 48: Abbildung der Konfiguration in VS Shell der TwinCAT 3 Umgebung

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:

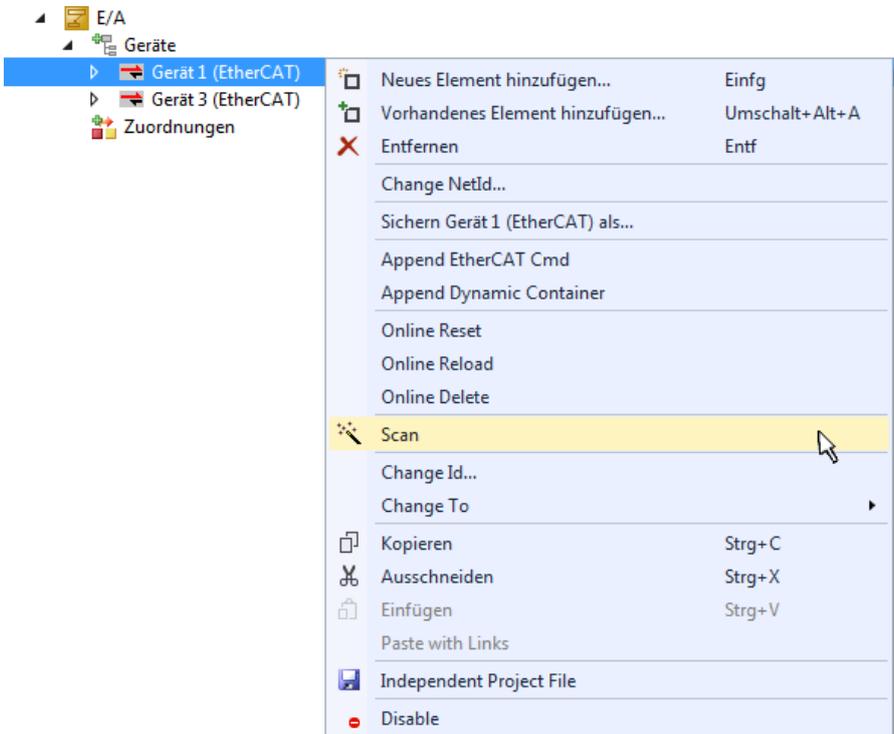


Abb. 49: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

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:

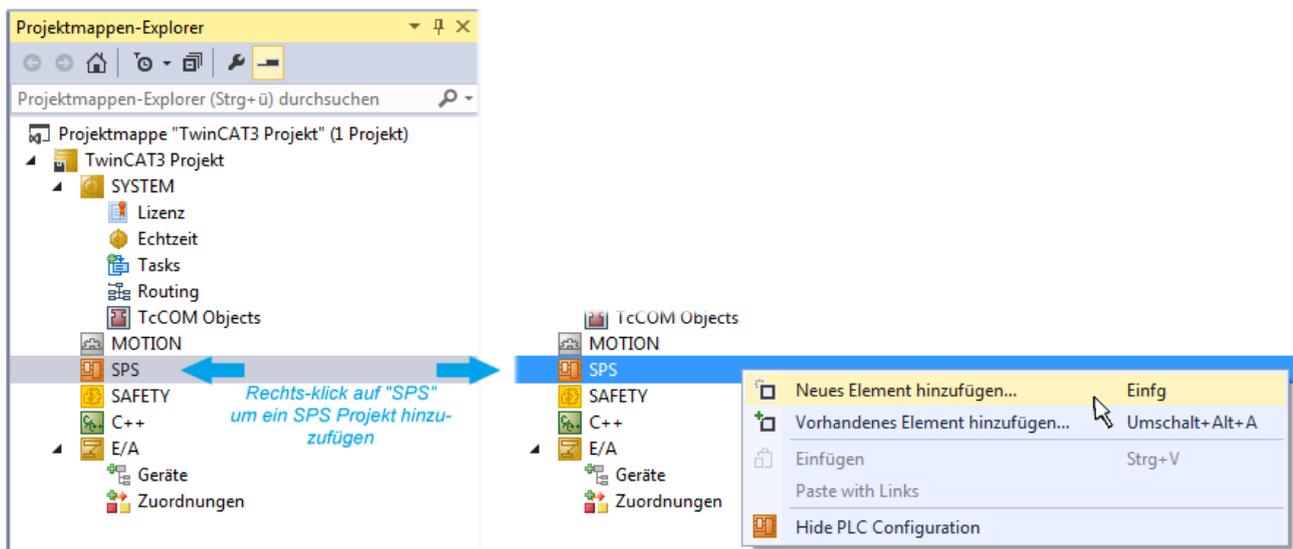


Abb. 50: Einfügen der Programmierumgebung in „SPS“

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

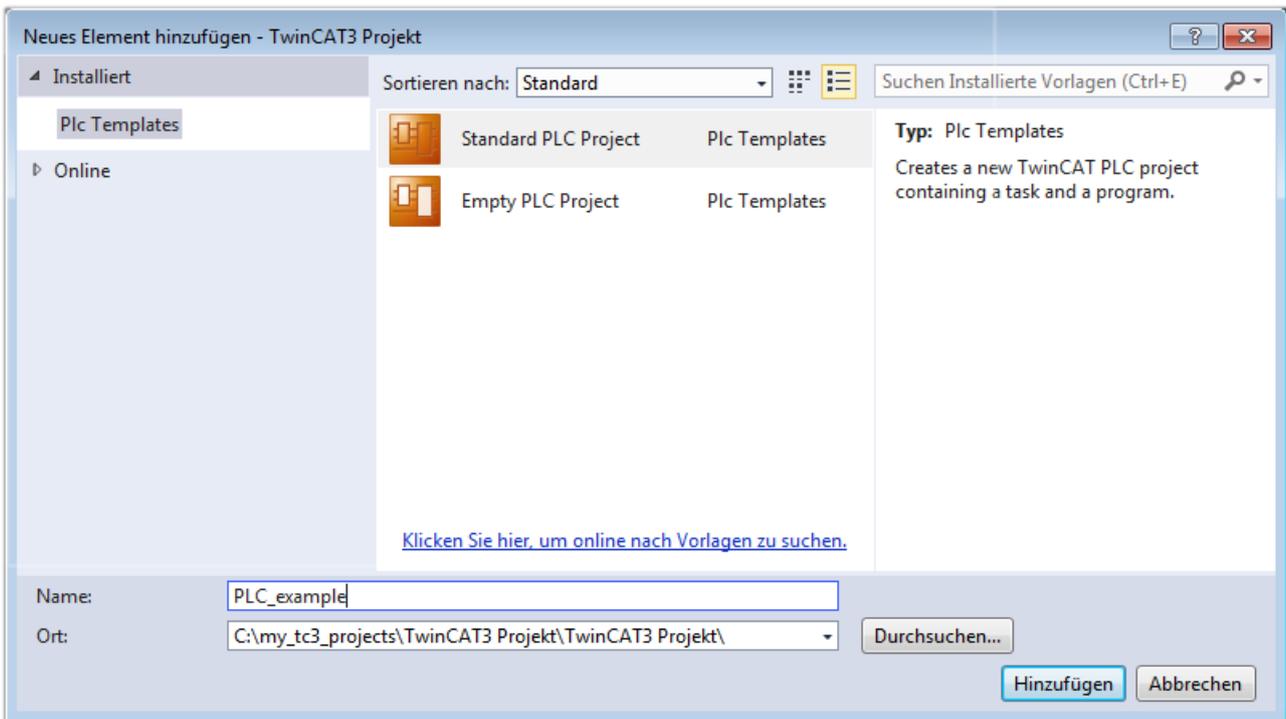


Abb. 51: Festlegen des Namens bzw. Verzeichnisses für die PLC Programmierungsumgebung

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:

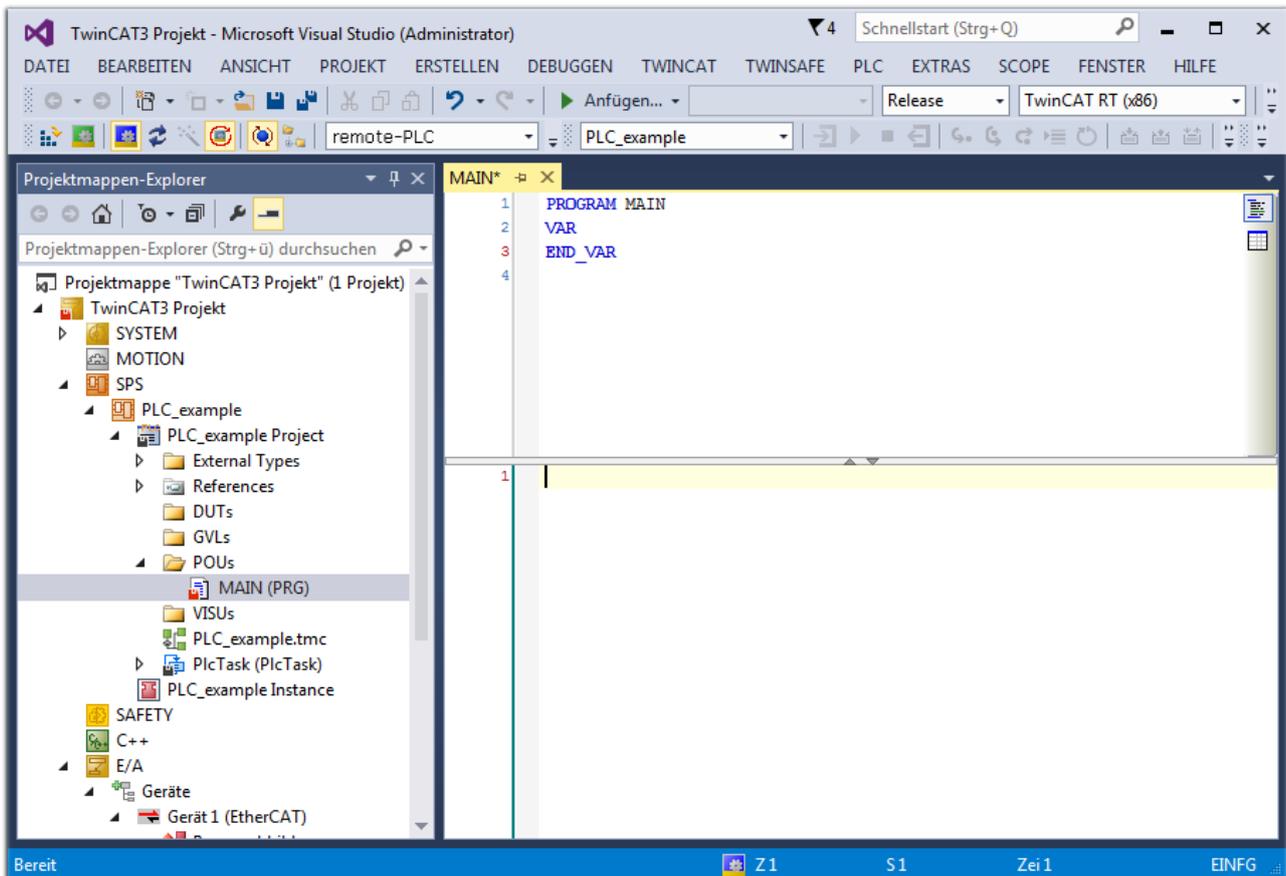


Abb. 52: Initiales Programm „Main“ des Standard PLC Projektes

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

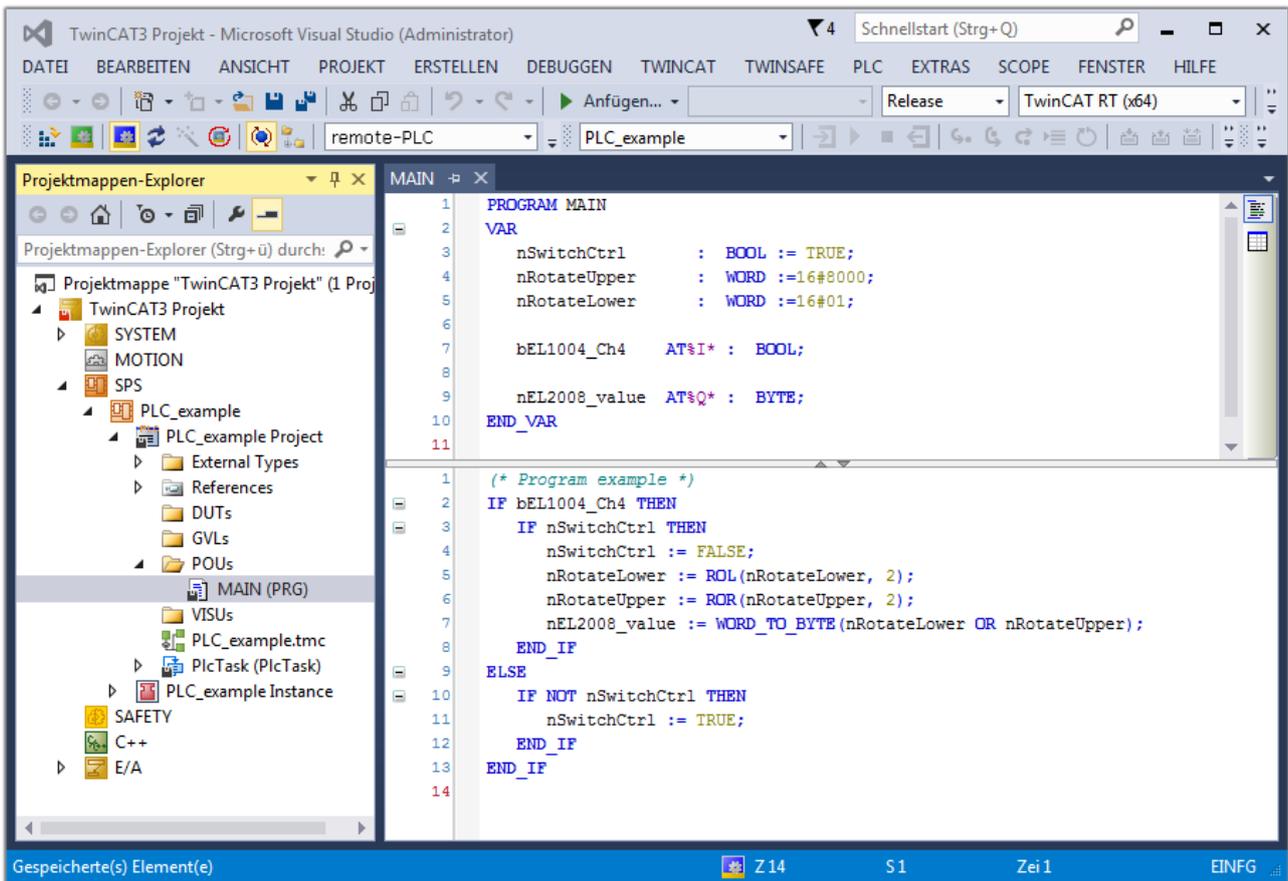


Abb. 53: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung)

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

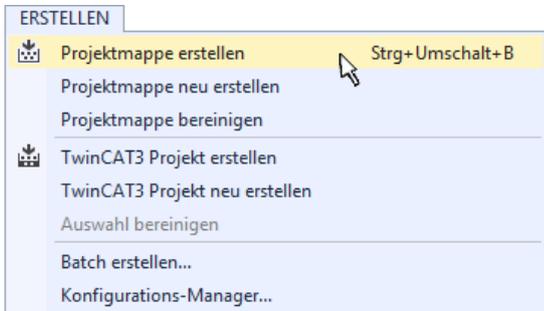
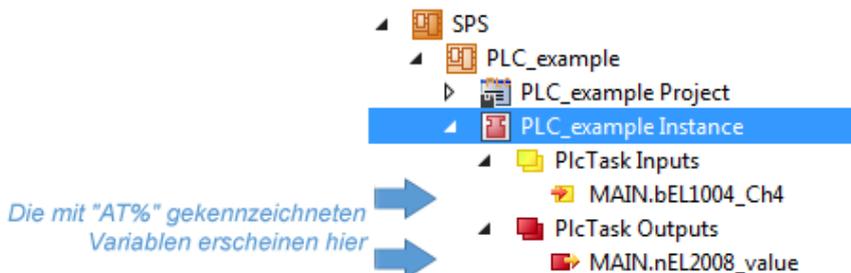


Abb. 54: Kompilierung des Programms starten

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:

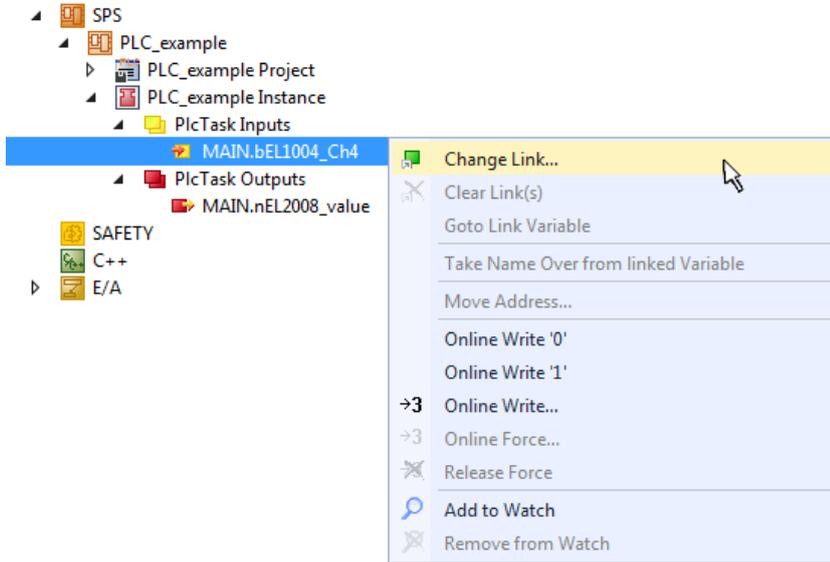


Abb. 55: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

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

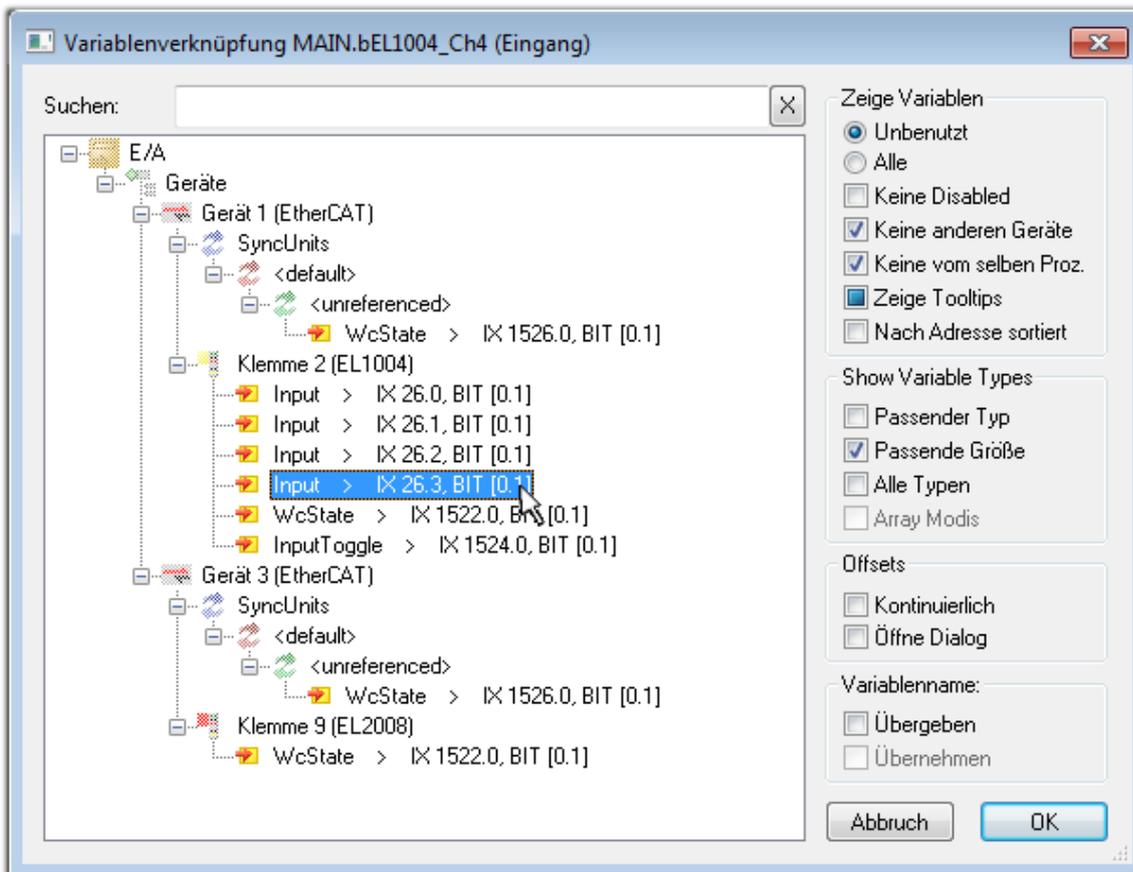


Abb. 56: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

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:

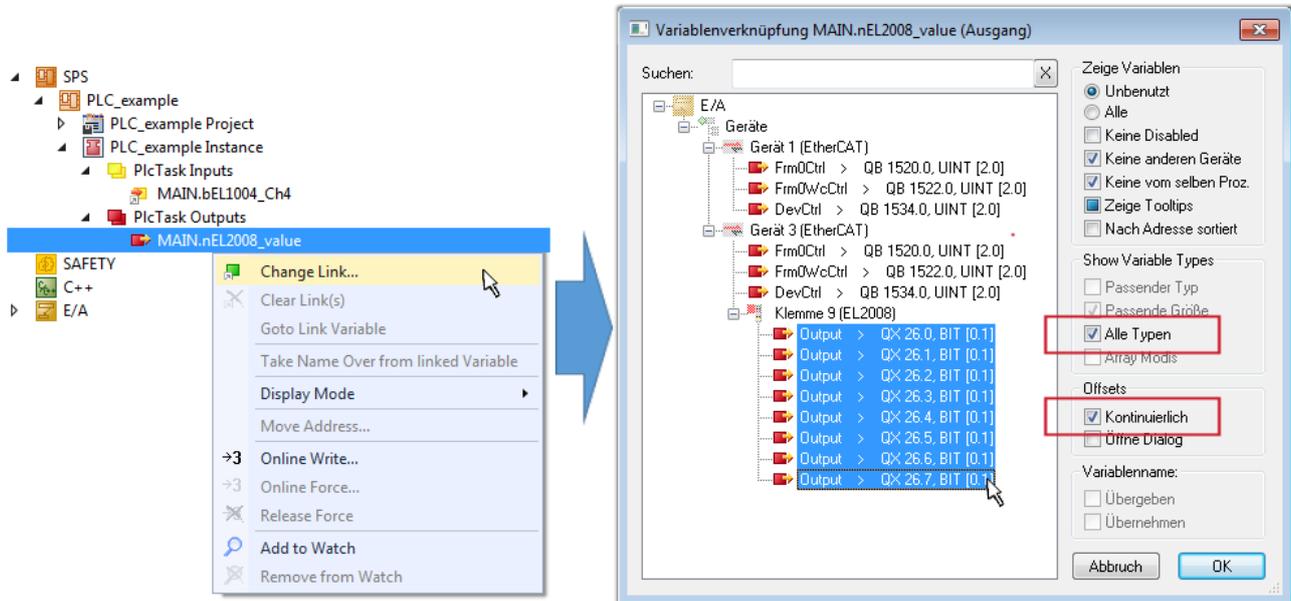


Abb. 57: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

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:

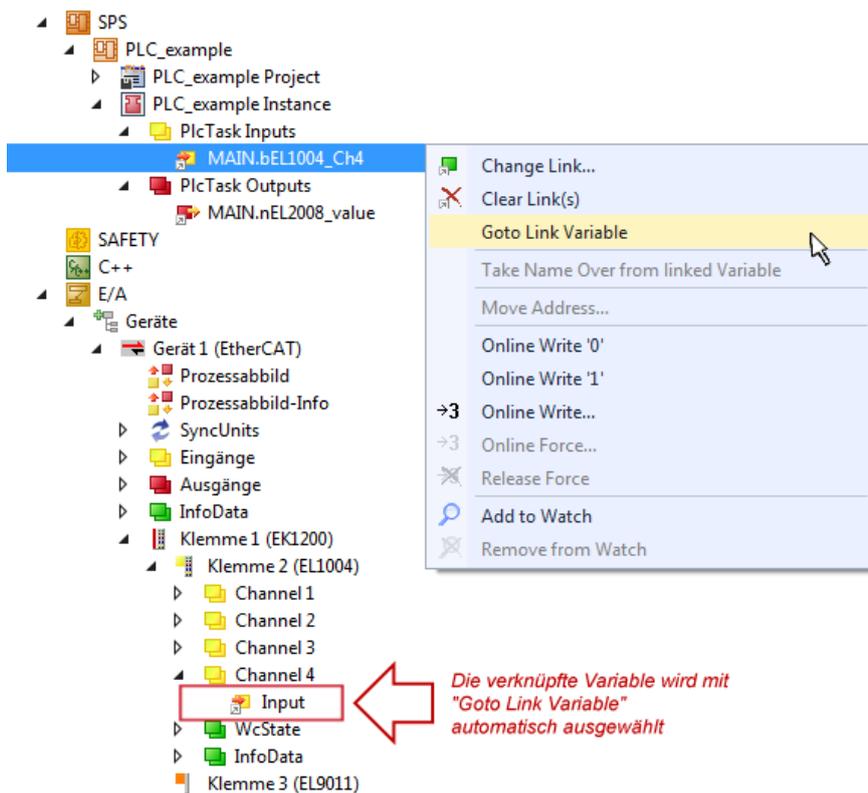


Abb. 58: Anwendung von "Goto Link Variable" am Beispiel von „MAIN.bEL1004\_Ch4“

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.

**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.

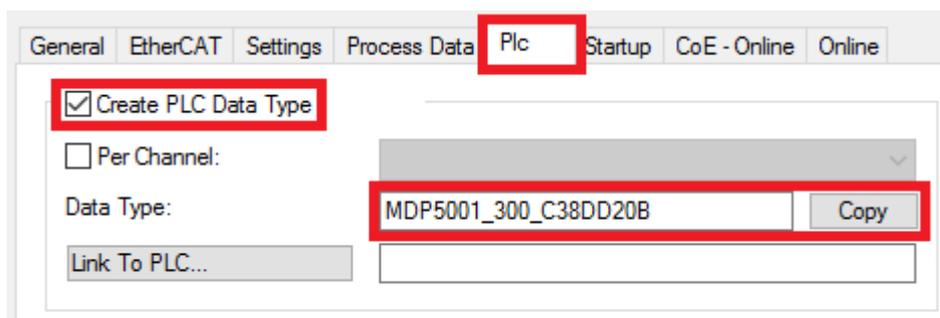


Abb. 59: Erzeugen eines SPS Datentyps

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. 60: 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.

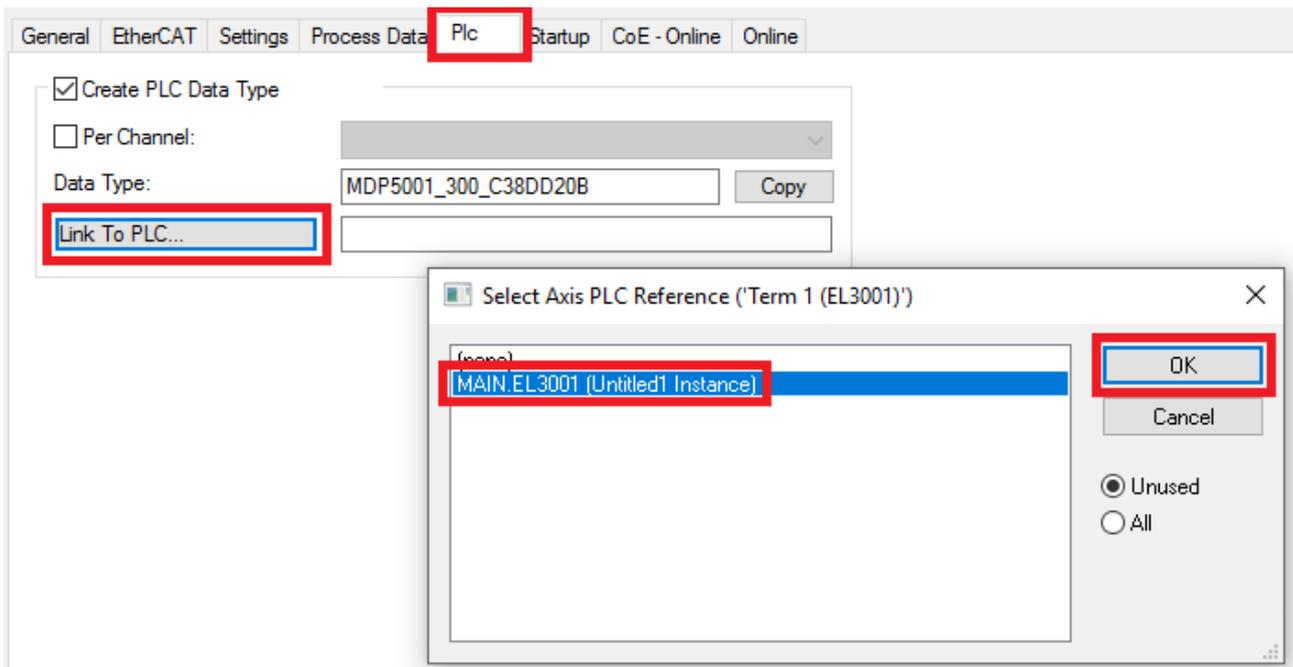


Abb. 61: Verknüpfung der Struktur

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. 62: Lesen einer Variable aus der Struktur der Prozessdaten

### Aktivieren der Konfiguration

Die Zuordnung von PDO zu PLC Variablen hat nun die Verbindung von der Steuerung zu den Ein- und

Ausgängen der Klemmen hergestellt. Nun kann die Konfiguration mit  oder über das Menü unter „TWINCAT“ aktiviert werden, um dadurch Einstellungen der Entwicklungsumgebung auf das Laufzeitsystem zu übertragen. Die darauf folgenden Meldungen „Alte Konfigurationen werden überschrieben!“ sowie „Neustart TwinCAT System in Run Modus“ werden jeweils mit „OK“ bestätigt. Die entsprechenden Zuordnungen sind in dem Projektmappen-Explorer einsehbar:

- ▲  Zuordnungen
  -  PLC\_example Instance - Gerät 3 (EtherCAT) 1
  -  PLC\_example Instance - Gerät 1 (EtherCAT) 1

Einige Sekunden später wird der entsprechende Status des Run Modus mit einem rotierenden Symbol  unten rechts in der Entwicklungsumgebung VS Shell angezeigt. Das PLC System kann daraufhin wie im Folgenden beschrieben gestartet werden.

### Starten der Steuerung

Entweder über die Menüauswahl „PLC“ → „Einloggen“ oder per Klick auf  ist die PLC mit dem Echtzeitsystem zu verbinden und nachfolgend das Steuerprogramm zu laden, um es ausführen lassen zu können. Dies wird entsprechend mit der Meldung „Kein Programm auf der Steuerung! Soll das neue Programm geladen werden?“ bekannt gemacht und ist mit „Ja“ zu beantworten. Die Laufzeitumgebung ist

bereit zum Programmstart mit Klick auf das Symbol , Taste „F5“ oder entsprechend auch über „PLC“ im Menü durch Auswahl von „Start“. Die gestartete Programmierumgebung zeigt sich mit einer Darstellung der Laufzeitwerte von einzelnen Variablen:

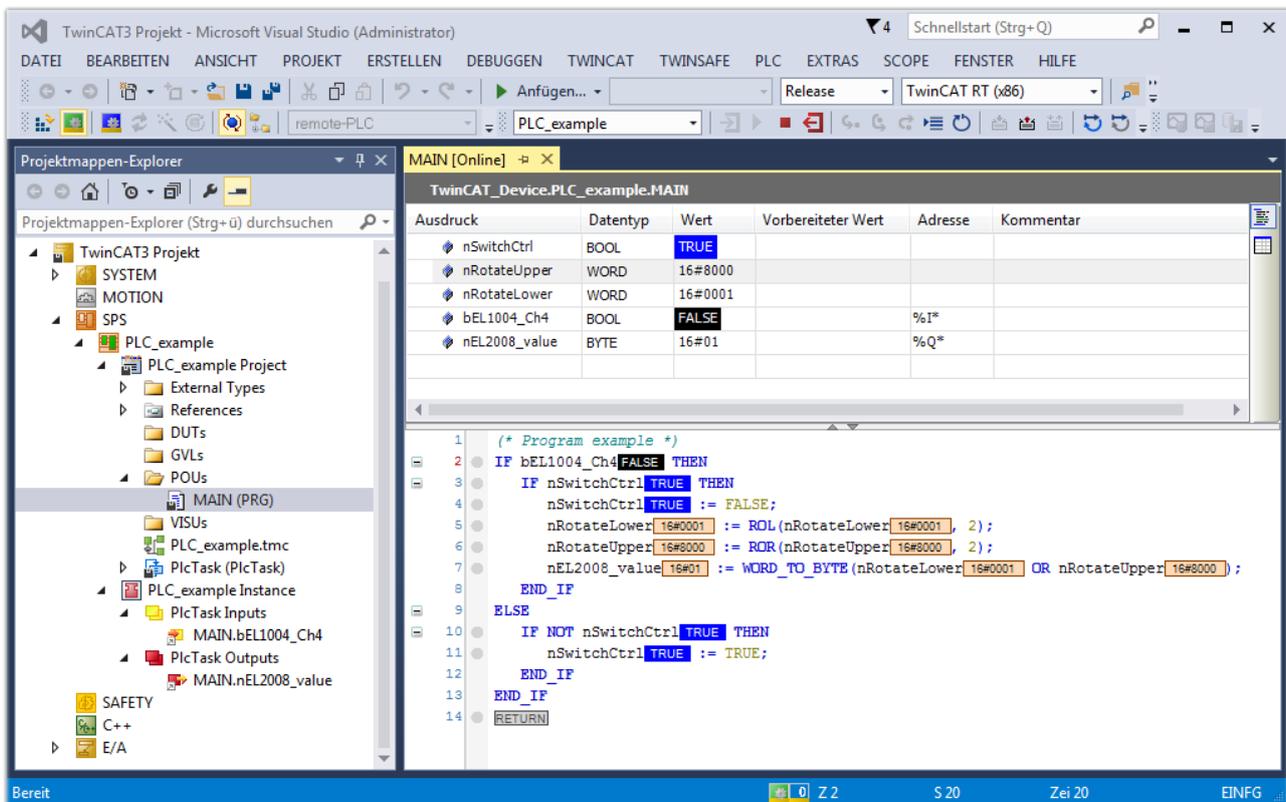


Abb. 63: TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung (VS Shell): Logged-in, nach erfolgten Programmstart

Die beiden Bedienelemente zum Stoppen  und Ausloggen  führen je nach Bedarf zu der gewünschten Aktion (entsprechend auch für Stopp „umschalt-Taste + F5“ oder beide Aktionen über das „PLC“ Menü auswählbar).

## 5.3 TwinCAT Entwicklungsumgebung

Die Software zur Automatisierung TwinCAT (The Windows Control and Automation Technology) wird unterschieden in:

- TwinCAT 2: System Manager (Konfiguration) & PLC Control (Programmierung)
- TwinCAT 3: Weiterentwicklung von TwinCAT 2 (Programmierung und Konfiguration erfolgt über eine gemeinsame Entwicklungsumgebung)

### Details:

- **TwinCAT 2:**
  - Verbindet E/A-Geräte und Tasks variablenorientiert
  - Verbindet Tasks zu Tasks variablenorientiert
  - Unterstützt Einheiten auf Bit-Ebene
  - Unterstützt synchrone oder asynchrone Beziehungen
  - Austausch konsistenter Datenbereiche und Prozessabbilder
  - Datenanbindung an NT-Programme mittels offener Microsoft Standards (OLE, OCX, ActiveX, DCOM+, etc.).
  - Einbettung von IEC 61131-3-Software-SPS, Software- NC und Software-CNC in Windows NT/ 2000/XP/Vista, Windows 7, NT/XP Embedded, CE
  - Anbindung an alle gängigen Feldbusse
  - Weiteres...

### Zusätzlich bietet:

- **TwinCAT 3 (eXtended Automation):**
  - Visual-Studio®-Integration
  - Wahl der Programmiersprache
  - Unterstützung der objektorientierten Erweiterung der IEC 61131-3
  - Verwendung von C/C++ als Programmiersprache für Echtzeitanwendungen
  - Anbindung an MATLAB®/Simulink®
  - Offene Schnittstellen für Erweiterbarkeit
  - Flexible Laufzeitumgebung
  - Aktive Unterstützung von Multi-Core- und 64-Bit-Betriebssystemen
  - Automatische Codegenerierung und Projekterstellung mit dem TwinCAT Automation Interface
  - Weiteres...

In den folgenden Kapiteln wird dem Anwender die Inbetriebnahme der TwinCAT Entwicklungsumgebung auf einem PC System der Steuerung sowie die wichtigsten Funktionen einzelner Steuerungselemente erläutert.

Bitte sehen Sie weitere Informationen zu TwinCAT 2 und TwinCAT 3 unter <http://infosys.beckhoff.de/>.

### 5.3.1 Installation der TwinCAT Realtime-Treiber

Um einen Standard Ethernet Port einer IPC-Steuerung mit den nötigen Echtzeitfähigkeiten auszurüsten, ist der Beckhoff Echtzeit-Treiber auf diesem Port unter Windows zu installieren.

Dies kann auf mehreren Wegen vorgenommen werden.

**A: Über den TwinCAT Adapter-Dialog**

Im System Manager ist über Options → Show realtime Kompatible Geräte die TwinCAT-Übersicht über die lokalen Netzwerkschnittstellen aufzurufen.



Abb. 64: Aufruf im System Manager (TwinCAT 2)

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

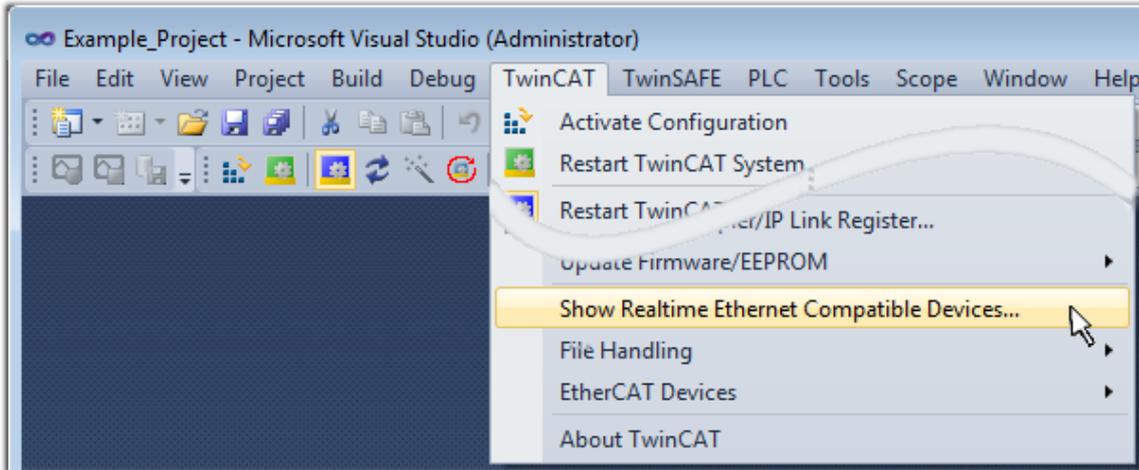


Abb. 65: Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3)

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

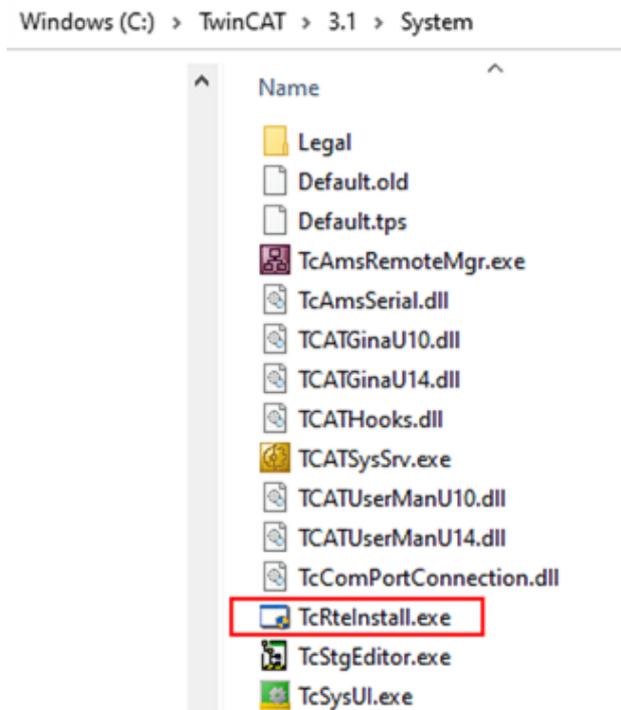


Abb. 66: TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

In beiden Fällen erscheint der folgende Dialog:

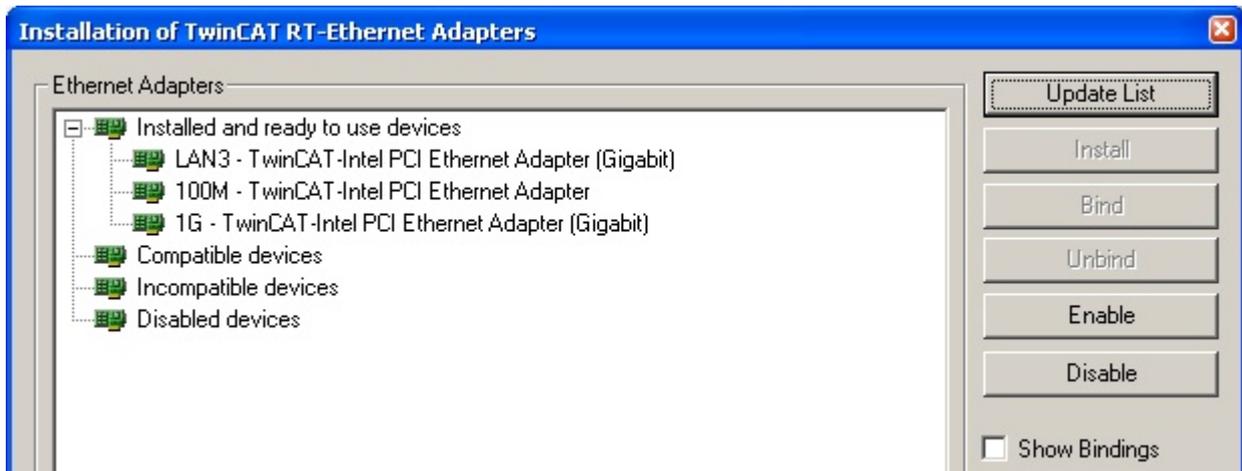


Abb. 67: Übersicht Netzwerkschnittstellen

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

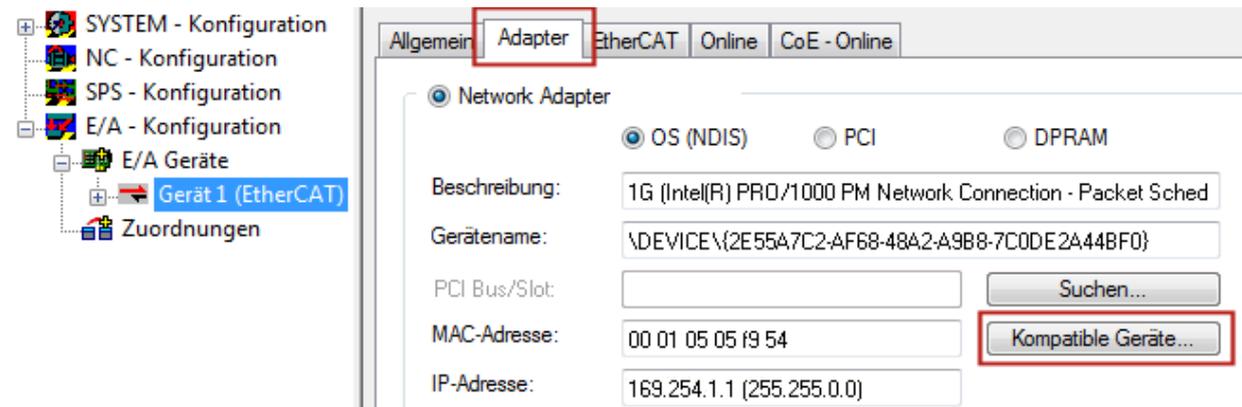
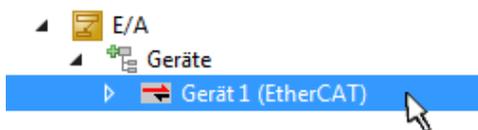


Abb. 68: Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte...“ von „Adapter“

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)

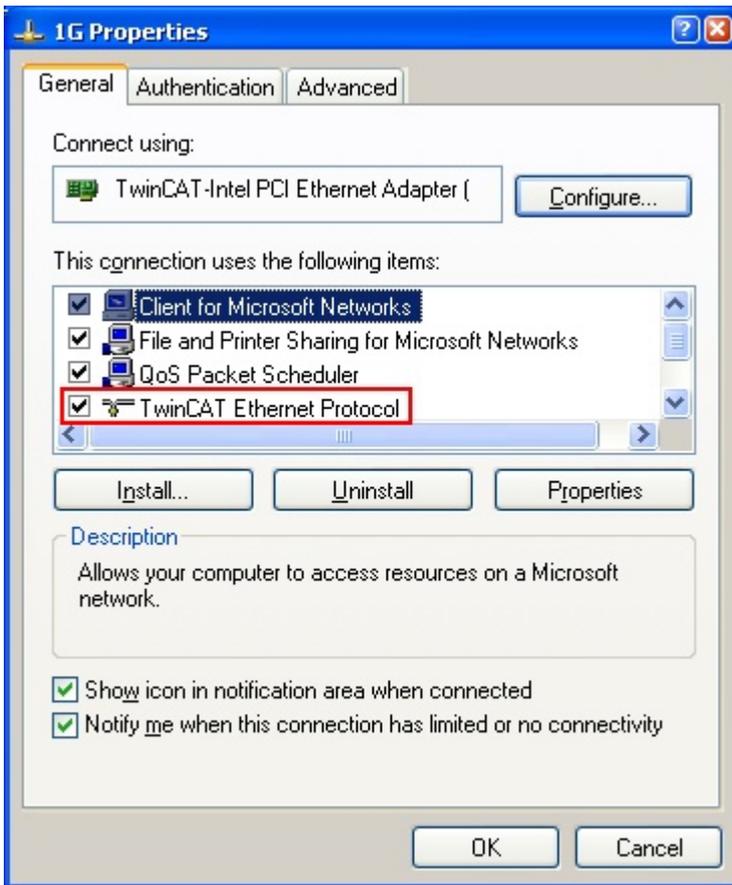


Abb. 69: Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle

Eine korrekte Einstellung des Treibers könnte wie folgt aussehen:



Abb. 70: Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports

Andere mögliche Einstellungen sind zu vermeiden:

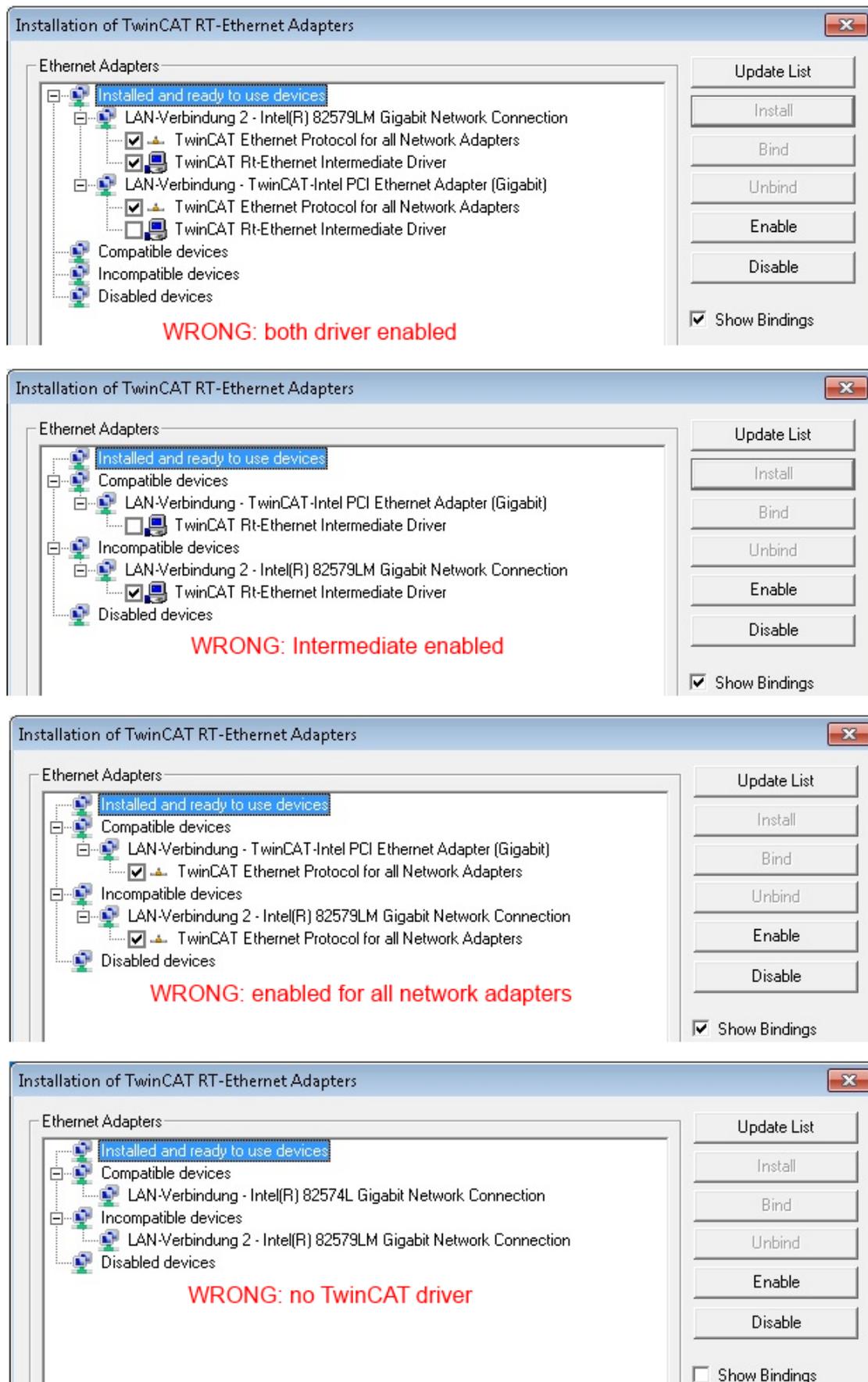


Abb. 71: Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports

## 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.

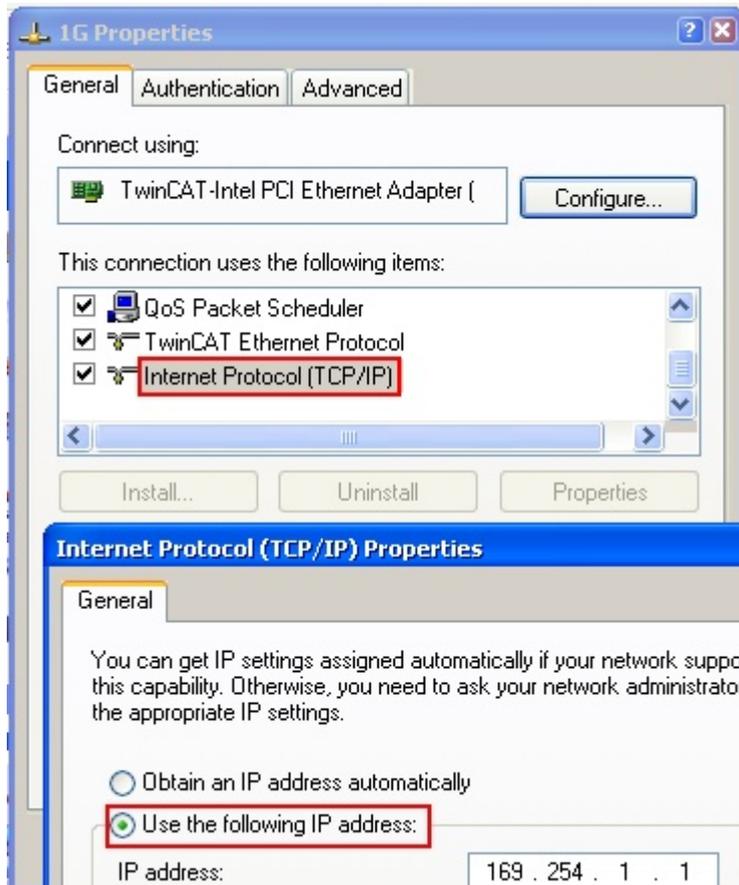


Abb. 72: TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports

## 5.3.2 Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung

### Installation der neuesten ESI-Device-Description

Der TwinCAT EtherCAT-Master/System Manager benötigt zur Konfigurationserstellung im Online- und Offline-Modus die Gerätebeschreibungsdateien der zu verwendeten Geräte. Diese Gerätebeschreibungen sind die so genannten ESI (EtherCAT-Slave Information) in Form von XML-Dateien. Diese Dateien können vom jeweiligen Hersteller angefordert werden bzw. werden zum Download bereitgestellt. Eine \*.xml-Datei kann dabei mehrere Gerätebeschreibungen enthalten.

Auf der [Beckhoff Website](#) werden die ESI für Beckhoff EtherCAT-Geräte bereitgehalten.

Die ESI-Dateien sind im Installationsverzeichnis von TwinCAT abzulegen.

Standardeinstellungen:

- **TwinCAT 2:** C:\TwinCAT\IO\EtherCAT
- **TwinCAT 3:** C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

Beim Öffnen eines neuen System Manager-Fensters werden die Dateien einmalig eingelesen, wenn sie sich seit dem letzten System Manager-Fenster geändert haben.

TwinCAT bringt bei der Installation den Satz an Beckhoff-ESI-Dateien mit, der zum Erstellungszeitpunkt des TwinCAT Builds aktuell war.

Ab TwinCAT 2.11 / TwinCAT 3 kann aus dem System Manager heraus das ESI-Verzeichnis aktualisiert werden, wenn der Programmier-PC mit dem Internet verbunden ist; unter

**TwinCAT 2:** Options → „Update EtherCAT Device Descriptions“

**TwinCAT 3:** TwinCAT → EtherCAT Devices → “Update Device Descriptions (via ETG Website)...”

Hierfür steht der [TwinCAT ESI Updater \[► 80\]](#) 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“

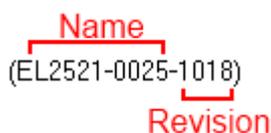


Abb. 73: Gerätebezeichnung: Struktur

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 \[► 9\]](#).

**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.

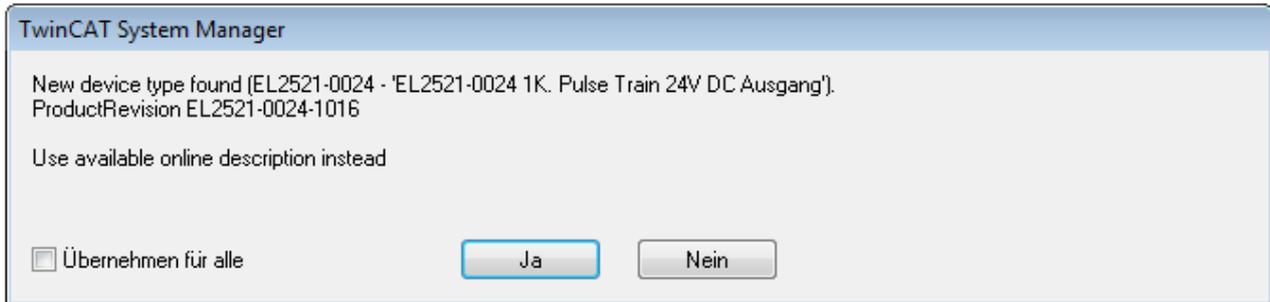


Abb. 74: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2)

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

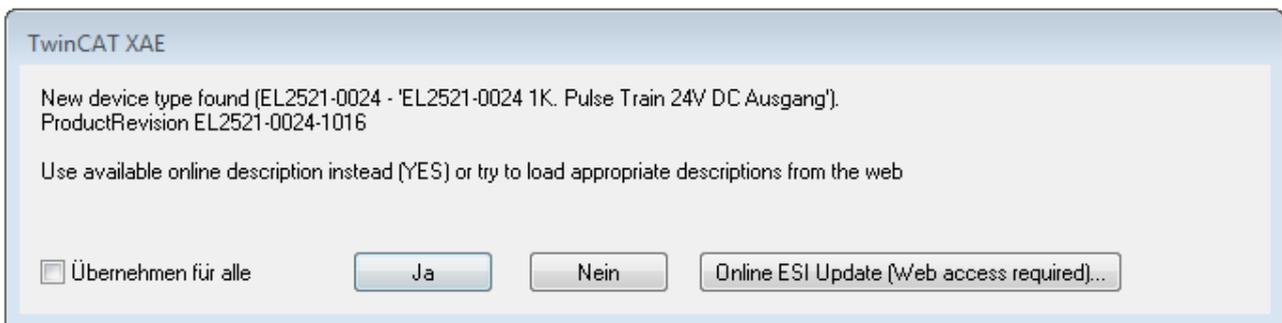


Abb. 75: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3)

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 Ersatzteilkhaltung 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 [▶ 81]“.

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. 76: 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. 77: Kennzeichnung einer online erfassten ESI am Beispiel EL2521

Wurde mit solchen ESI-Daten gearbeitet und liegen später die herstellereigenen Dateien vor, ist die OnlineDescription....xml wie folgt zu löschen:

- alle System Managerfenster schließen
- TwinCAT in Konfig-Mode neu starten
- „OnlineDescription0000...xml“ löschen
- TwinCAT System Manager wieder öffnen

Danach darf diese Datei nicht mehr zu sehen sein, Ordner ggf. mit <F5> aktualisieren.

### **i** OnlineDescription unter TwinCAT 3.x

Zusätzlich zu der oben genannten Datei „OnlineDescription0000...xml“ legt TwinCAT 3.x auch einen so genannten EtherCAT-Cache mit neuentdeckten Geräten an, z. B. unter Windows 7 unter

*C:\User\[USERNAME]\AppData\Roaming\Beckhoff\TwinCAT3\Components\Base\EtherCATCache.xml*

(Spracheinstellungen des Betriebssystems beachten!)

Diese Datei ist im gleichen Zuge wie die andere Datei zu löschen.

### **Fehlerhafte ESI-Datei**

Liegt eine fehlerhafte ESI-Datei vor die vom System Manager nicht eingelesen werden kann, meldet dies der System Manager durch ein Hinweisfenster.

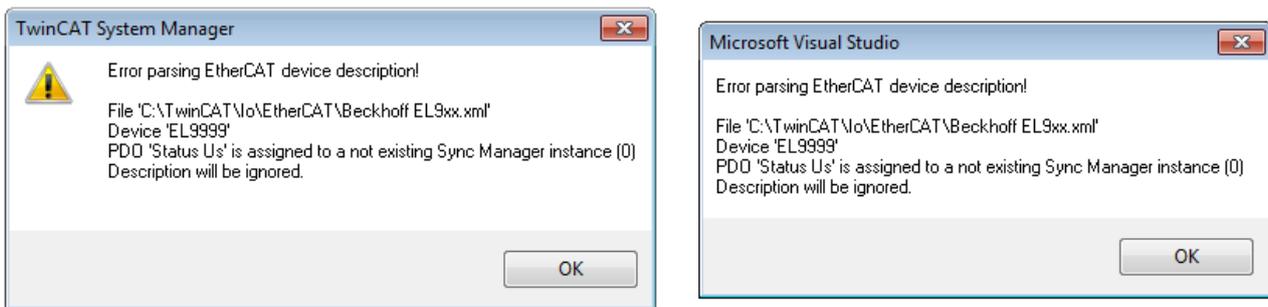


Abb. 78: Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

Ursachen dafür können sein

- Aufbau der \*.xml entspricht nicht der zugehörigen \*.xsd-Datei → prüfen Sie die Ihnen vorliegenden Schemata
- Inhalt kann nicht in eine Gerätebeschreibung übersetzt werden → Es ist der Hersteller der Datei zu kontaktieren

### 5.3.3 TwinCAT ESI Updater

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

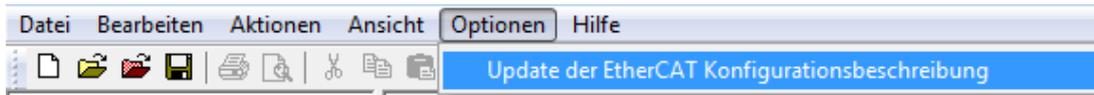


Abb. 79: Anwendung des ESI Updater (>=TwinCAT 2.11)

Der Aufruf erfolgt unter:

„Options“ → „Update EtherCAT Device Descriptions“.

Auswahl bei TwinCAT 3:

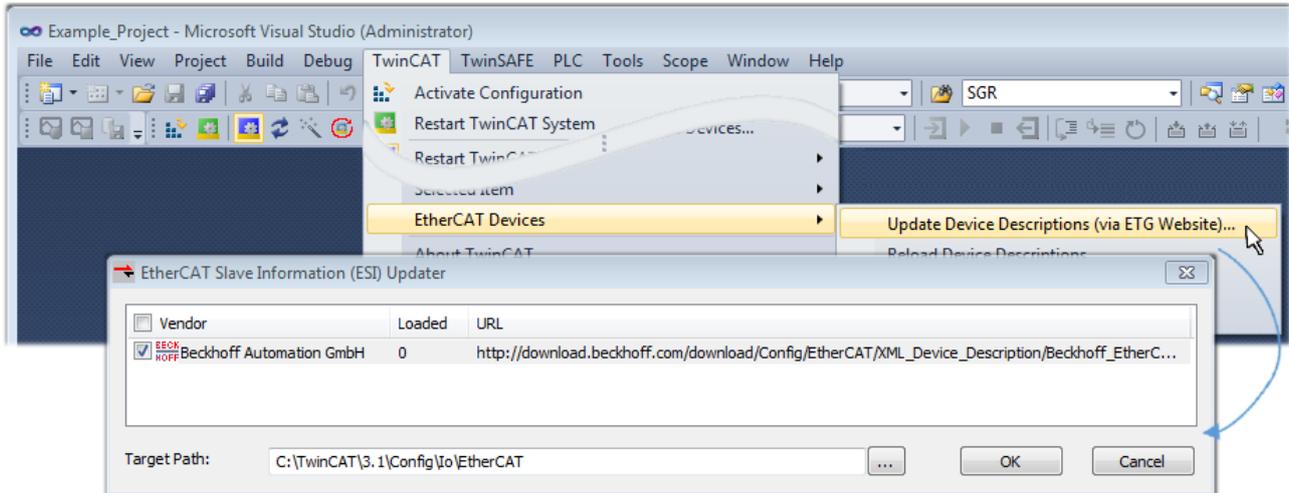


Abb. 80: Anwendung des ESI Updater (TwinCAT 3)

Der ESI Updater ist eine bequeme Möglichkeit, die von den EtherCAT Herstellern bereitgestellten ESIs automatisch über das Internet in das TwinCAT-Verzeichnis zu beziehen (ESI = EtherCAT slave information). Dazu greift TwinCAT auf die bei der ETG hinterlegte zentrale ESI-URL-Verzeichnisliste zu; die Einträge sind dann unveränderbar im Updater-Dialog zu sehen.

Der Aufruf erfolgt unter:

„TwinCAT“ → „EtherCAT Devices“ → „Update Device Description (via ETG Website)...“.

### 5.3.4 Unterscheidung Online / Offline

Die Unterscheidung Online / Offline bezieht sich auf das Vorhandensein der tatsächlichen I/O-Umgebung (Antriebe, Klemmen, EJ-Module). Wenn die Konfiguration im Vorfeld der Anlagenerstellung z. B. auf einem Laptop als Programmiersystem erstellt werden soll, ist nur die „Offline-Konfiguration“ möglich. Dann müssen alle Komponenten händisch in der Konfiguration z. B. nach Elektro-Planung eingetragen werden.

Ist die vorgesehene Steuerung bereits an das EtherCAT-System angeschlossen, alle Komponenten mit Spannung versorgt und die Infrastruktur betriebsbereit, kann die TwinCAT Konfiguration auch vereinfacht durch das so genannte „Scannen“ vom Runtime-System aus erzeugt werden. Dies ist der so genannte Online-Vorgang.

In jedem Fall prüft der EtherCAT-Master bei jedem realen Hochlauf, ob die vorgefundenen Slaves der Konfiguration entsprechen. Dieser Test kann in den erweiterten Slave-Einstellungen parametrisiert werden. Siehe hierzu den [Hinweis „Installation der neuesten ESI-XML-Device-Description“](#) [▶ 76].

#### 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 [▶ 86] (Ethernet-Port am IPC)
- Erkennen der angeschlossenen EtherCAT-Teilnehmer [▶ 87]. Dieser Schritt kann auch unabhängig vom vorangehenden durchgeführt werden.
- Problembehandlung [▶ 90]

Auch kann der Scan bei bestehender Konfiguration [▶ 91] zum Vergleich durchgeführt werden.

### 5.3.5 OFFLINE Konfigurationserstellung

**Anlegen des Geräts EtherCAT**

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



Abb. 81: 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.

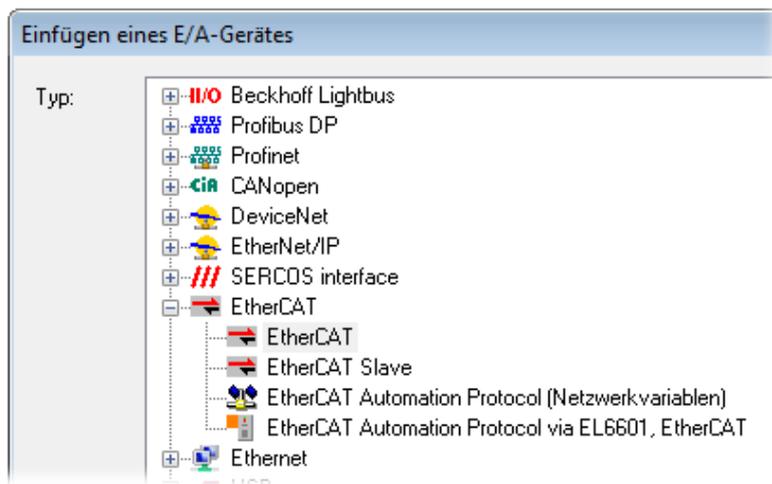


Abb. 82: Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

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

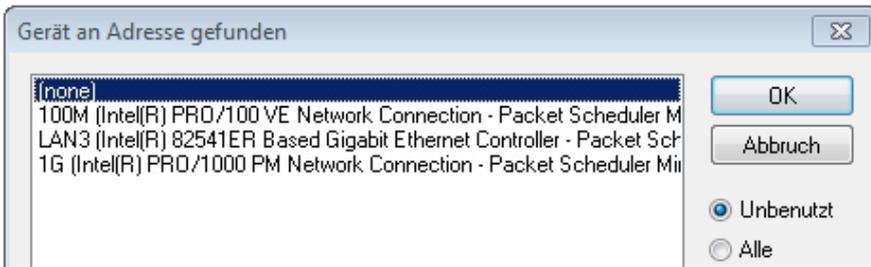


Abb. 83: Auswahl Ethernet Port

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)“.

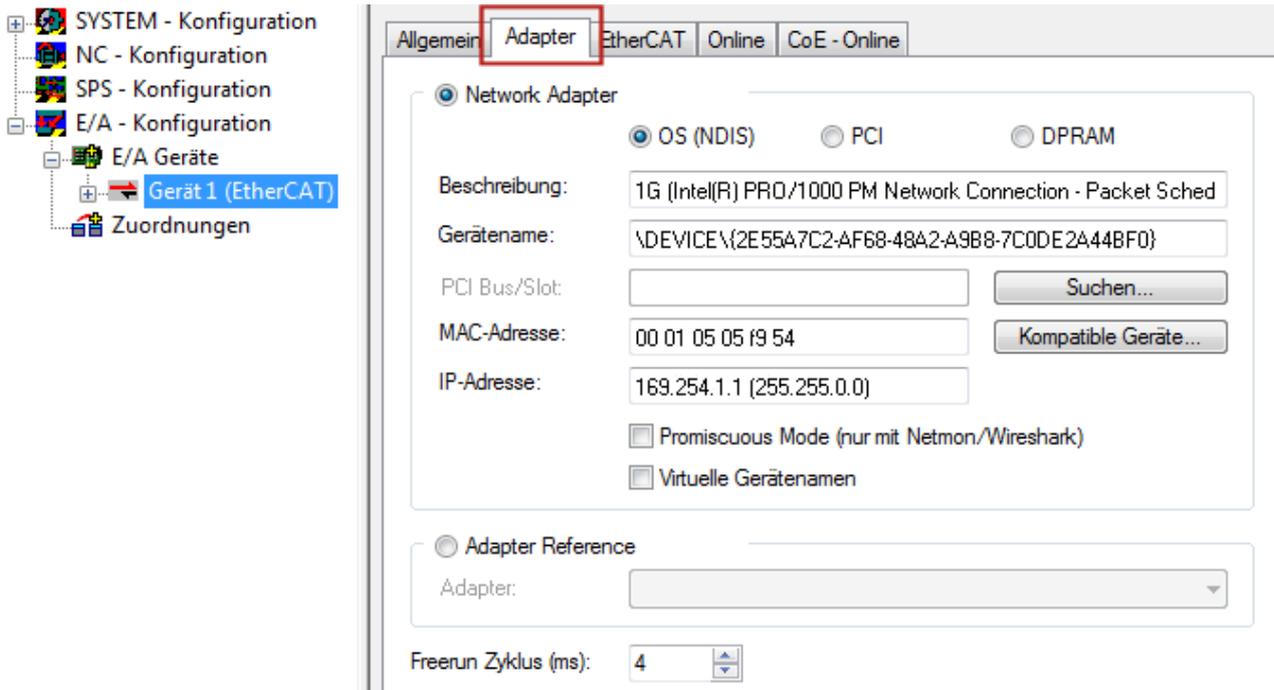
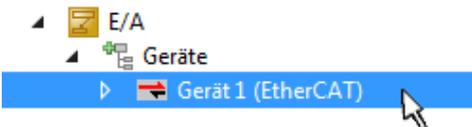


Abb. 84: Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2)

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](#) [|> 70](#)].

**Definieren von EtherCAT-Slaves**

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

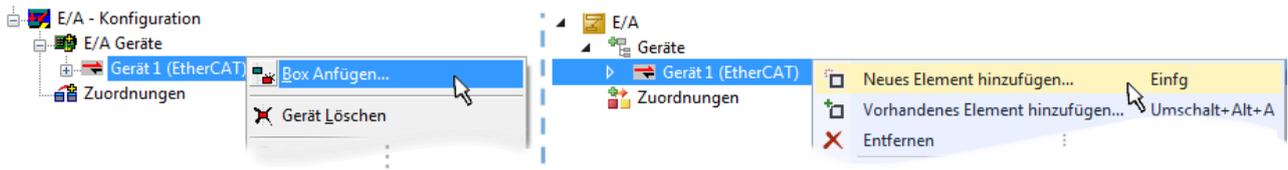


Abb. 85: Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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).

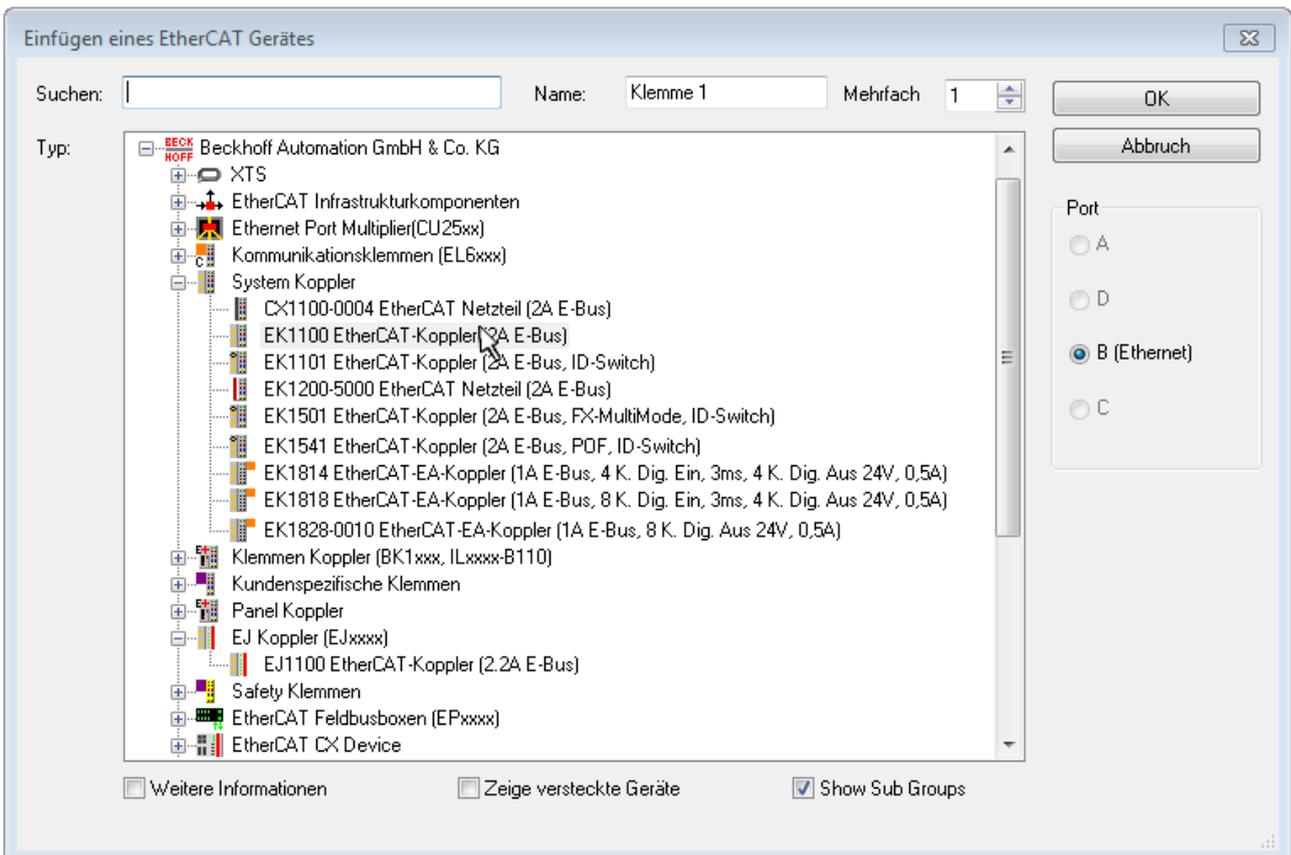


Abb. 86: Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät

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.

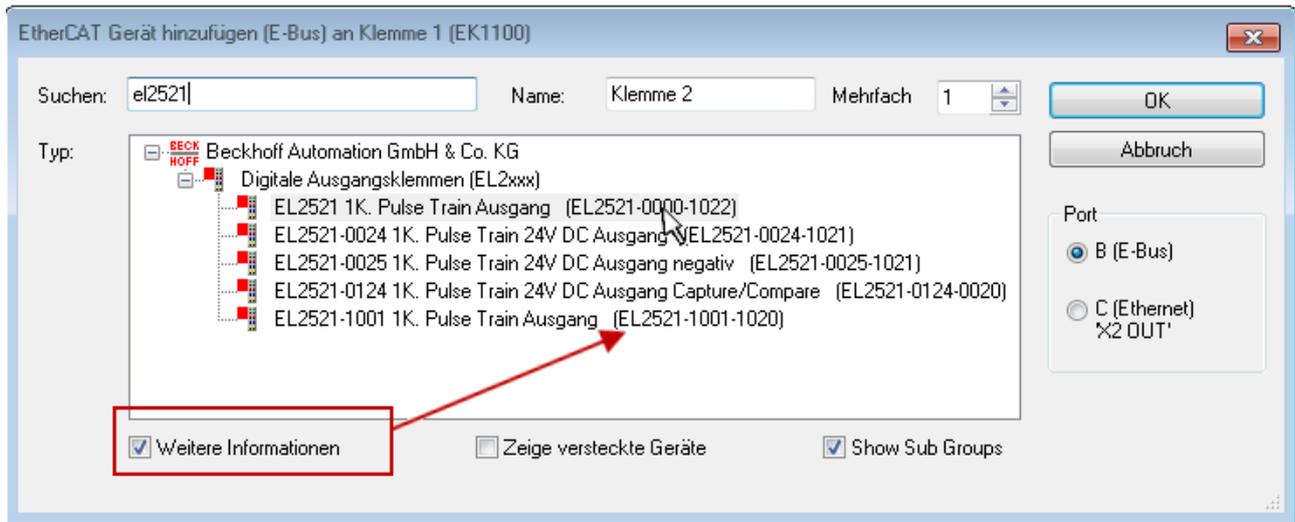


Abb. 87: Anzeige Geräte-Revision

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“.

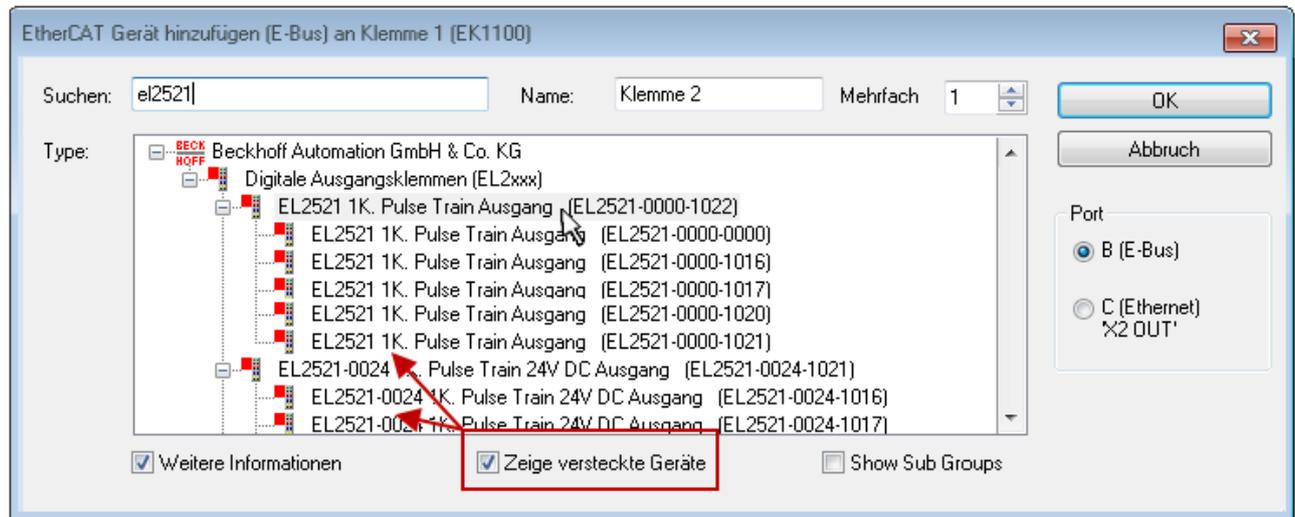


Abb. 88: Anzeige vorhergehender Revisionen

**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.

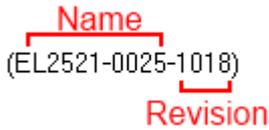


Abb. 89: Name/Revision Klemme

Wenn im TwinCAT-System aktuelle ESI-Beschreibungen vorliegen, entspricht der im Auswahldialog als letzte Revision angebotene Stand dem Produktionsstand von Beckhoff. Es wird empfohlen, bei Erstellung einer neuen Konfiguration jeweils diesen letzten Revisionsstand eines Gerätes zu verwenden, wenn aktuell produzierte Beckhoff-Geräte in der realen Applikation verwendet werden. Nur wenn ältere Geräte aus Lagerbeständen in der Applikation verbaut werden sollen, ist es sinnvoll eine ältere Revision einzubinden.

Das Gerät stellt sich dann mit seinem Prozessabbild im Konfigurationsbaum dar und kann nur parametrieren werden: Verlinkung mit der Task, CoE/DC-Einstellungen, PlugIn-Definition, StartUp-Einstellungen, ...

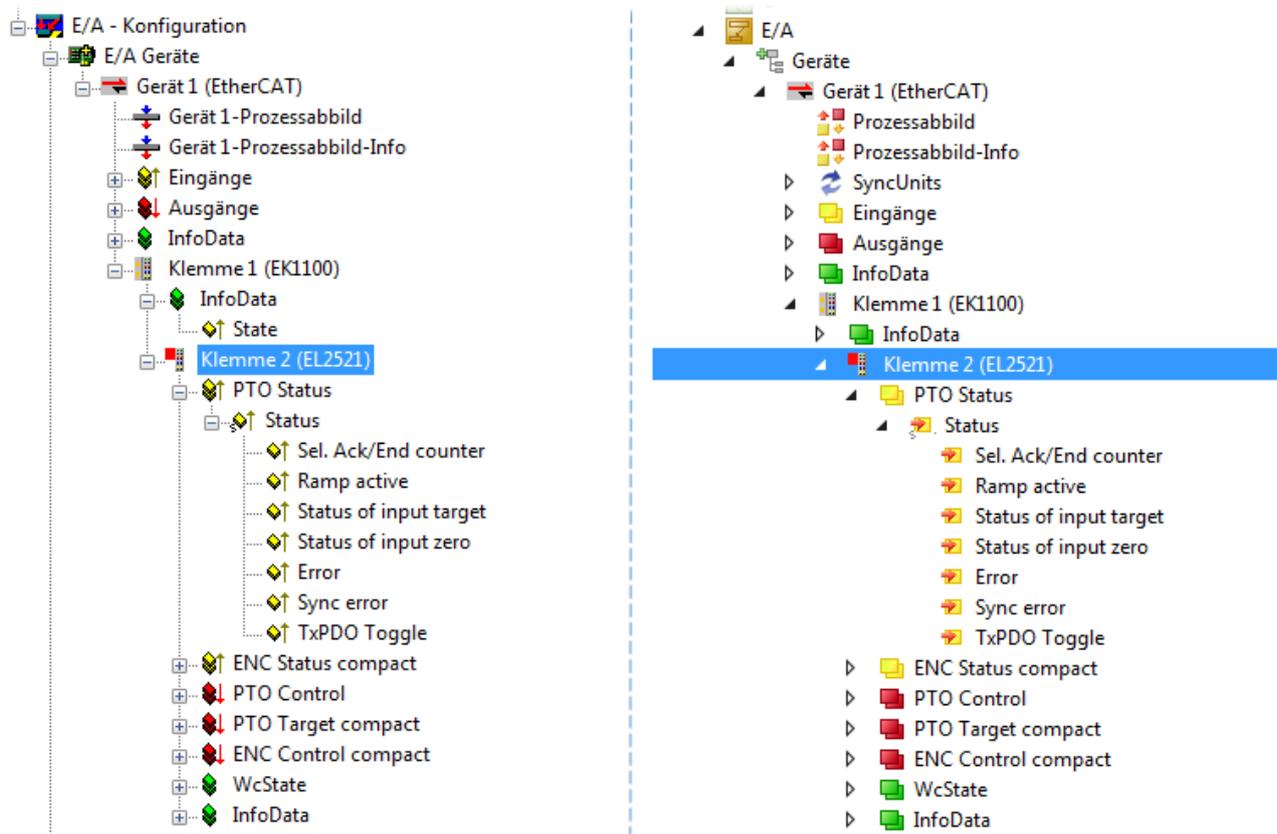


Abb. 90: EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

### 5.3.6 ONLINE Konfigurationserstellung

#### Erkennen / Scan des Geräts EtherCAT

Befindet sich das TwinCAT-System im CONFIG-Modus, kann online nach Geräten gesucht werden. Erkennbar ist dies durch ein Symbol unten rechts in der Informationsleiste:

- bei TwinCAT 2 durch eine blaue Anzeige „Config Mode“ im System Manager-Fenster:  .
- bei der Benutzeroberfläche der TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung durch ein Symbol  .

TwinCAT lässt sich in diesem Modus versetzen:

- TwinCAT 2: durch Auswahl von  aus der Menüleiste oder über „Aktionen“ → „Starten/Restarten von TwinCAT in Config-Modus“
- TwinCAT 3: durch Auswahl von  aus der Menüleiste oder über „TWINCAT“ → „Restart TwinCAT (Config Mode)“

#### ● Online Scannen im Config Mode

**I** Die Online-Suche im RUN-Modus (produktiver Betrieb) ist nicht möglich. Es ist die Unterscheidung zwischen TwinCAT-Programmiersystem und TwinCAT-Zielsystem zu beachten.

Das TwinCAT 2-Icon () bzw. TwinCAT 3-Icon () in der Windows Taskleiste stellt immer den TwinCAT-Modus des lokalen IPC dar. Im System Manager-Fenster von TwinCAT 2 bzw. in der Benutzeroberfläche von TwinCAT 3 wird dagegen der TwinCAT-Zustand des Zielsystems angezeigt.



Abb. 91: 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.

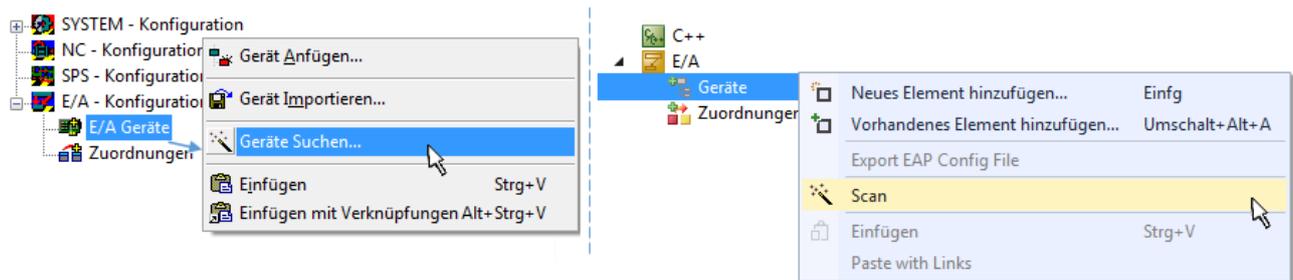


Abb. 92: Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

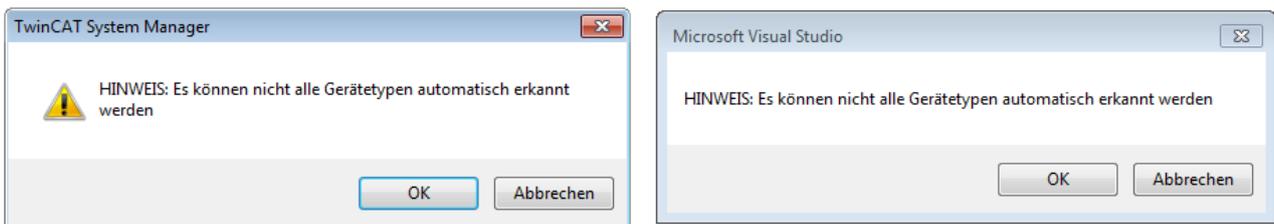


Abb. 93: Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

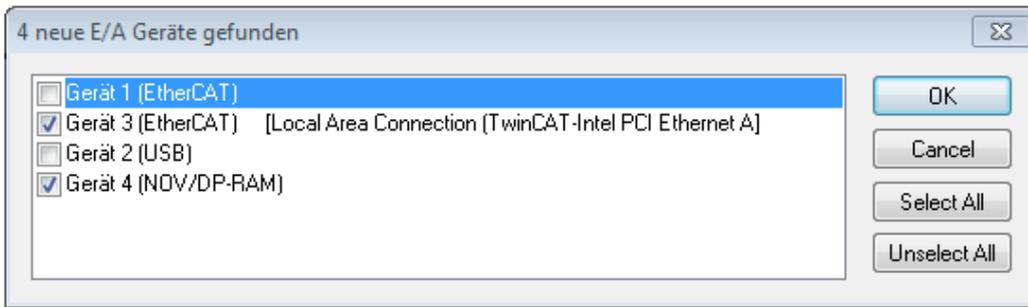


Abb. 94: Erkannte Ethernet-Geräte

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](#) [► 70].

**Erkennen/Scan der EtherCAT Teilnehmer**

● **Funktionsweise Online Scan**

**I** Beim Scan fragt der Master die Identity Informationen der EtherCAT-Slaves aus dem Slave-EEPROM ab. Es werden Name und Revision zur Typbestimmung herangezogen. Die entsprechenden Geräte werden dann in den hinterlegten ESI-Daten gesucht und in dem dort definierten Default-Zustand in den Konfigurationsbaum eingebaut.

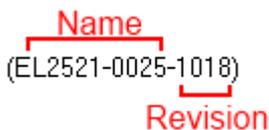


Abb. 95: Beispiel Default-Zustand

**HINWEIS**

**Slave-Scan in der Praxis im Serienmaschinenbau**

Die Scan-Funktion sollte mit Bedacht angewendet werden. Sie ist ein praktisches und schnelles Werkzeug, um für eine Inbetriebnahme eine Erst-Konfiguration als Arbeitsgrundlage zu erzeugen. Im Serienmaschinebau bzw. bei Reproduktion der Anlage sollte die Funktion aber nicht mehr zur Konfigurationserstellung verwendet werden sondern ggf. zum [Vergleich](#) [► 91] 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:

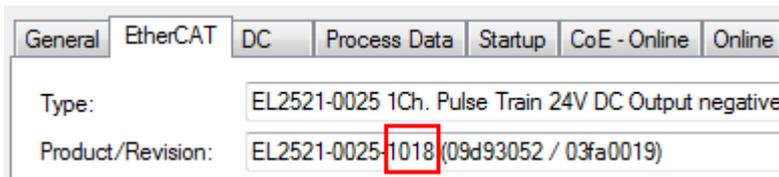


Abb. 96: Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018

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

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

Nach einiger Zeit erweitert Beckhoff die EL2521-0025 um ein neues Feature C. Deshalb wird die FW geändert, nach außen hin kenntlich durch einen höheren FW-Stand **und eine neue Revision -1019**. Trotzdem unterstützt das neue Gerät natürlich Funktionen und Schnittstellen der Vorgängerversion(en), eine Anpassung von „B.tsm“ oder gar „B.pro“ ist somit nicht nötig. Die Serienmaschinen können weiterhin mit „B.tsm“ und „B.pro“ gebaut werden, zur Kontrolle der aufgebauten Maschine ist ein vergleichender Scan [► 91] 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:

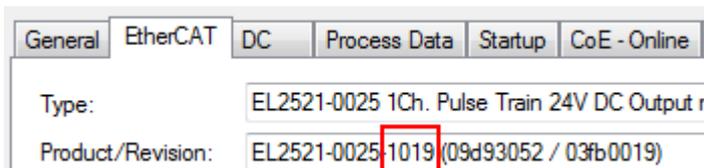


Abb. 97: Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019

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

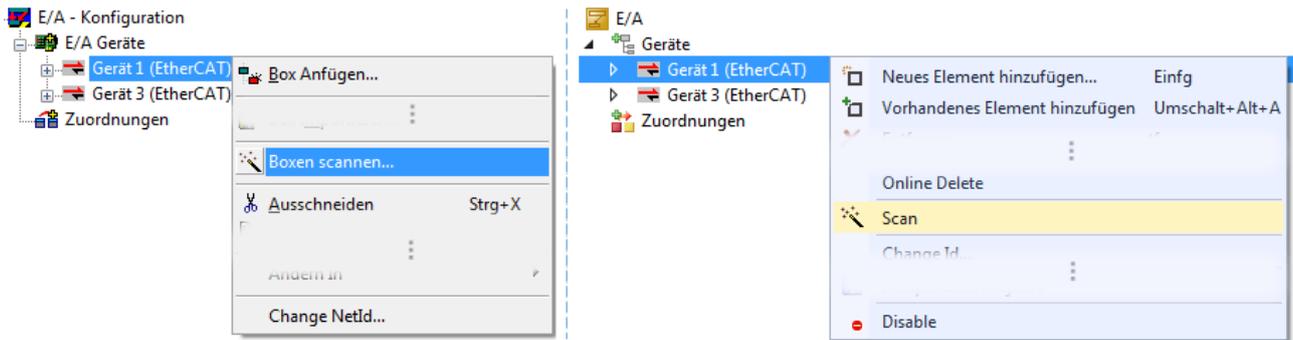


Abb. 99: Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3)

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



Abb. 100: Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2

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

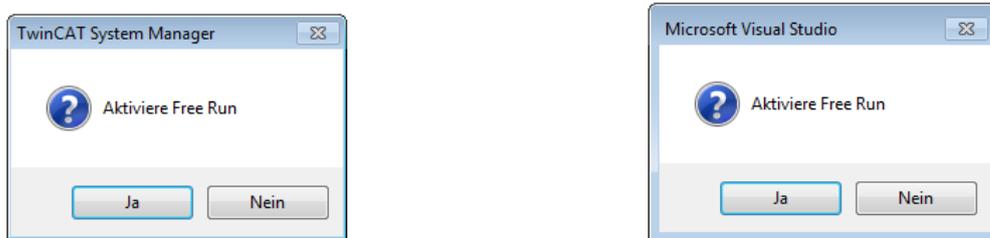


Abb. 101: Abfrage Config/FreeRun (links: TC2; rechts TC3)

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



Abb. 103: 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.

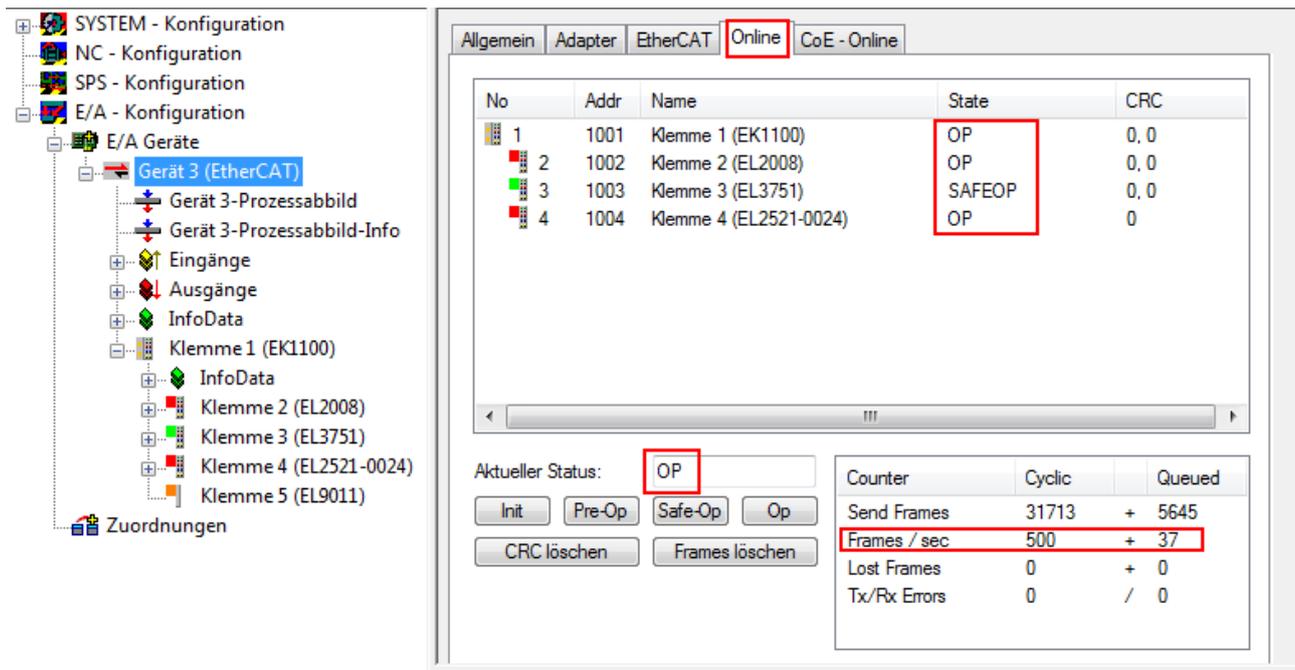


Abb. 104: Beispielhafte Online-Anzeige

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 \[▶ 81\]](#) 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.

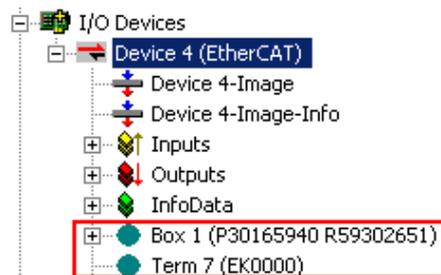


Abb. 105: Fehlerhafte Erkennung

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

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

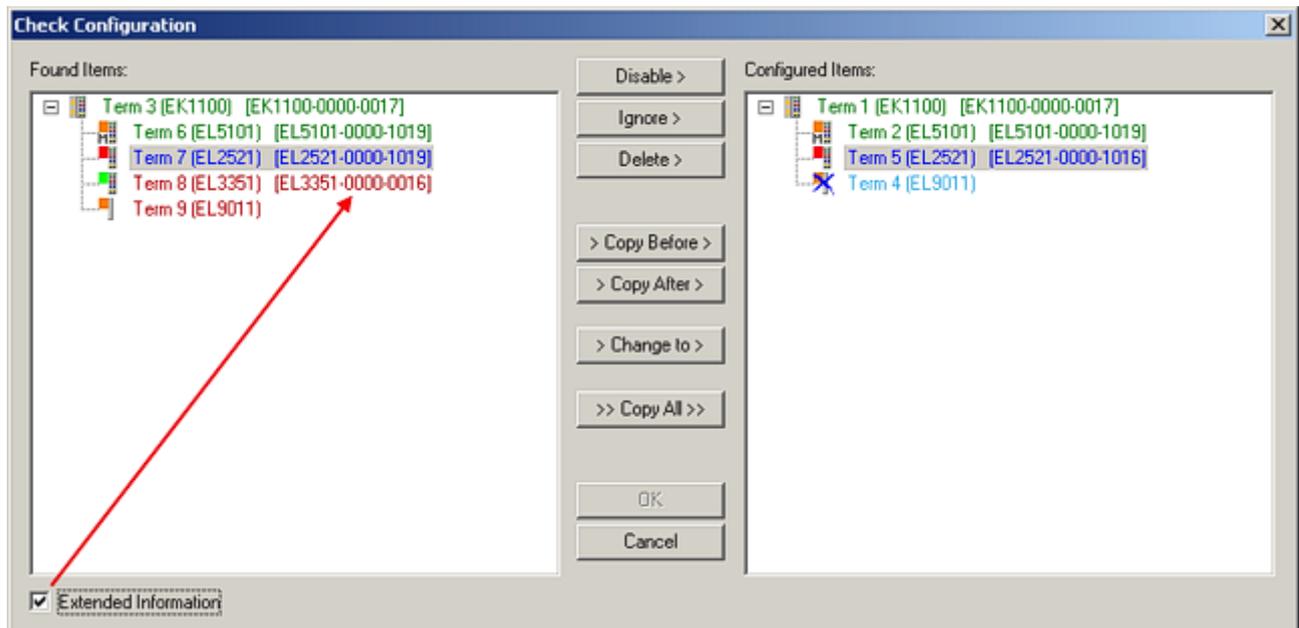


Abb. 107: Korrekturdialog

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

Farbe	Erläuterung
grün	Dieser EtherCAT-Slave findet seine Entsprechung auf der Gegenseite. Typ und Revision stimmen überein.

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

**● Geräte-Auswahl nach Revision, Kompatibilität**

**i** 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.

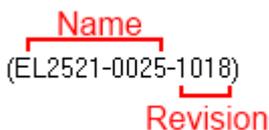


Abb. 108: Name/Revision Klemme

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.

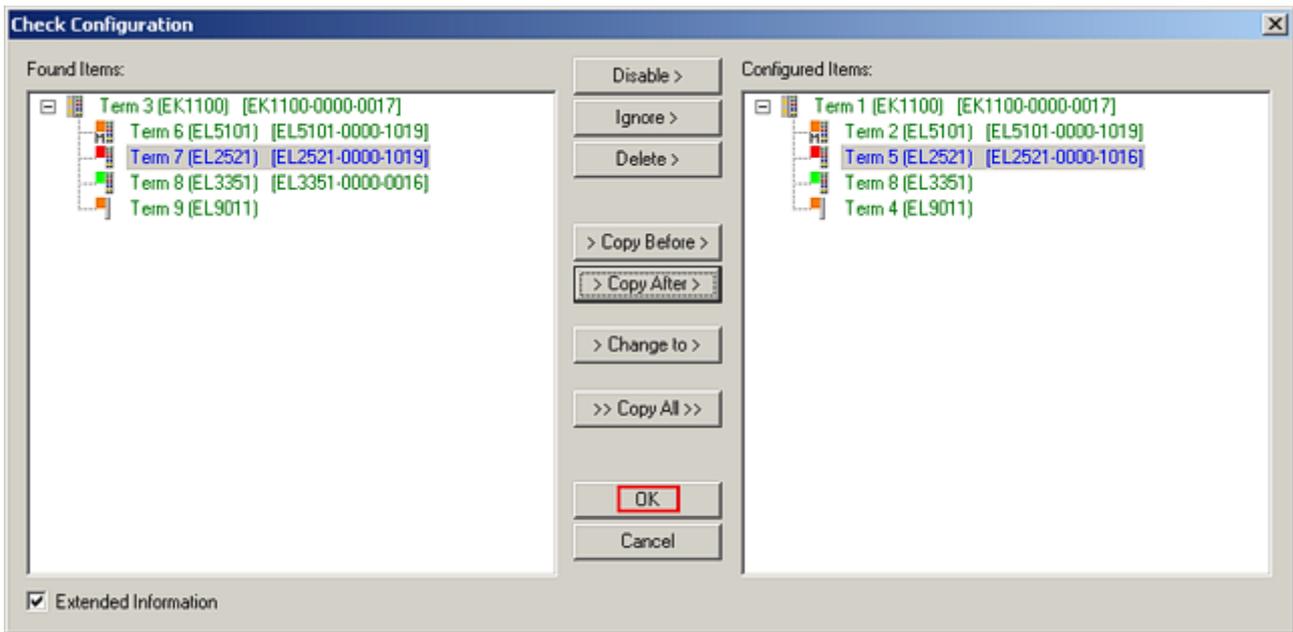


Abb. 109: Korrekturdialog mit Änderungen

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.

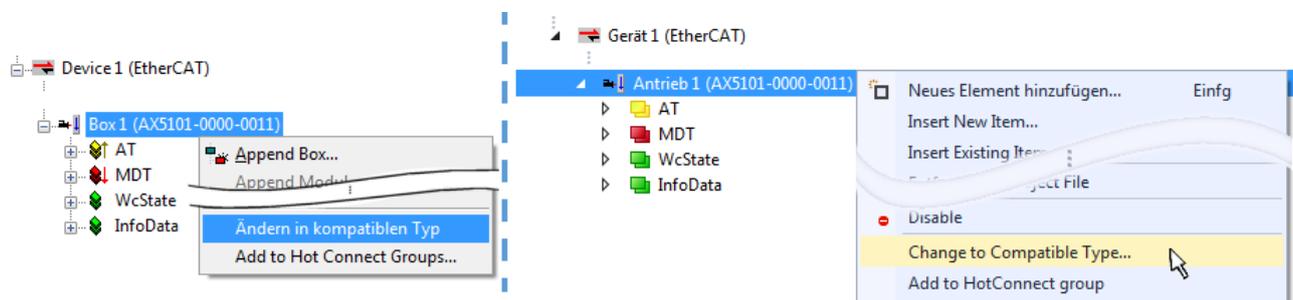


Abb. 110: Dialog „Change to Compatible Type...“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

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

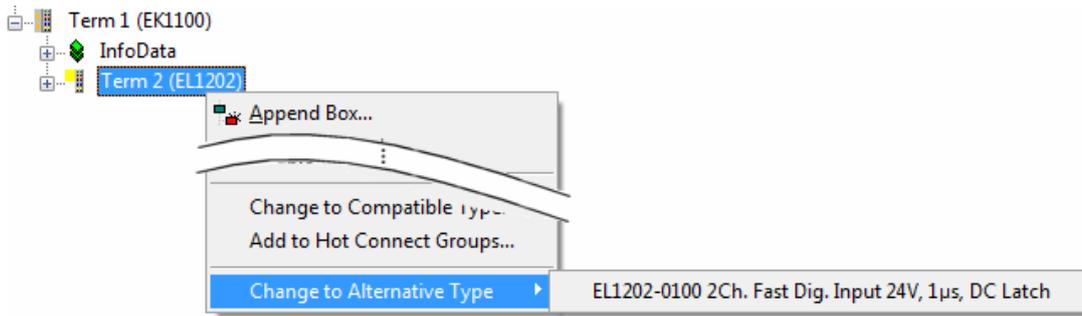


Abb. 111: TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type

Wenn aufgerufen, sucht der System Manager in der bezogenen Geräte-ESI (hier im Beispiel: EL1202-0000) nach dort enthaltenen Angaben zu kompatiblen Geräten. Die Konfiguration wird geändert und gleichzeitig das ESI-EEPROM überschrieben - deshalb ist dieser Vorgang nur im Online-Zustand (ConfigMode) möglich.

### 5.3.7 EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration

Klicken Sie im linken Fenster des TwinCAT 2 System Managers bzw. bei der TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung im Projektmappen-Explorer auf das Element der Klemme im Baum, die Sie konfigurieren möchten (im Beispiel: Klemme 3: EL3751).

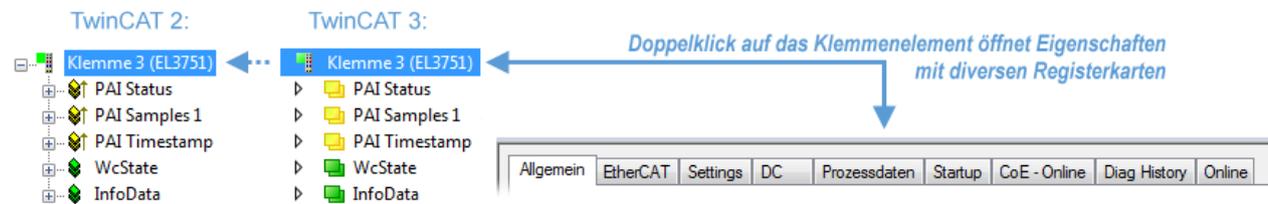


Abb. 112: „Baumzweig“ Element als Klemme EL3751

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. 113: Karteireiter „Allgemein“

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

**Karteireiter „EtherCAT“**

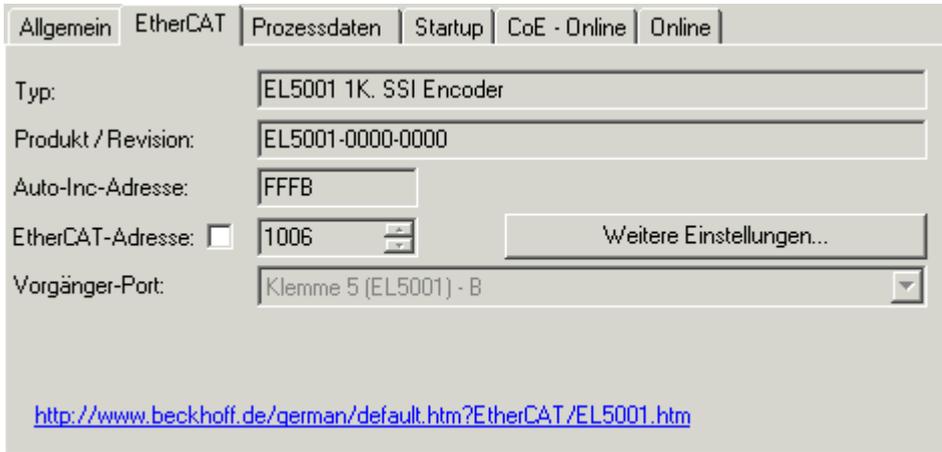


Abb. 114: Karteireiter „EtherCAT“

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

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

**Karteireiter „Prozessdaten“**

Zeigt die (Allgemeine Slave PDO-) Konfiguration der Prozessdaten an. Die Eingangs- und Ausgangsdaten des EtherCAT-Slaves werden als CANopen Prozess-Daten-Objekte (**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.

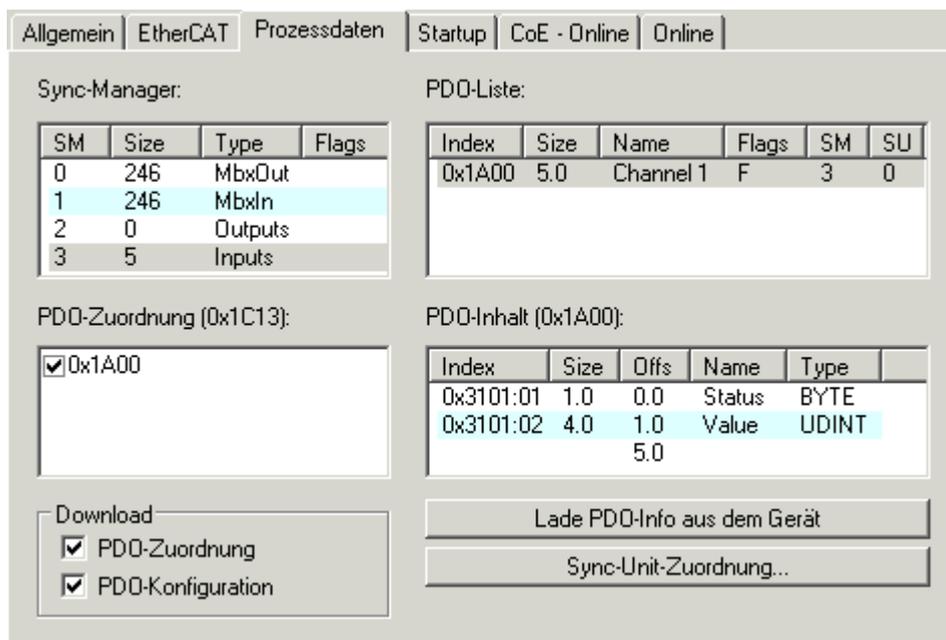


Abb. 115: Karteireiter „Prozessdaten“

Die von einem EtherCAT-Slave zyklisch übertragenen Prozessdaten (PDOs) sind die Nutzdaten, die in der Applikation zyklusaktuell erwartet werden oder die an den Slave gesendet werden. Dazu parametriert der EtherCAT-Master (Beckhoff TwinCAT) jeden EtherCAT-Slave während der Hochlaufphase, um festzulegen, welche Prozessdaten (Größe in Bit/Bytes, Quellort, Übertragungsart) er von oder zu diesem Slave übermitteln möchte. Eine falsche Konfiguration kann einen erfolgreichen Start des Slaves verhindern.

Für Beckhoff EtherCAT-Slaves EL, ES, EM, EJ und EP gilt im Allgemeinen:

- Die vom Gerät unterstützten Prozessdaten Input/Output sind in der ESI/XML-Beschreibung herstellerseitig definiert. Der TwinCAT EtherCAT-Master verwendet die ESI-Beschreibung zur richtigen Konfiguration des Slaves.
- Wenn vorgesehen, können die Prozessdaten im System Manager verändert werden. Siehe dazu die Gerätedokumentation. Solche Veränderungen können sein: Ausblenden eines Kanals, Anzeige von zusätzlichen zyklischen Informationen, Anzeige in 16 Bit statt in 8 Bit Datenumfang usw.
- Die Prozessdateninformationen liegen bei so genannten „intelligenten“ EtherCAT-Geräten ebenfalls im CoE-Verzeichnis vor. Beliebige Veränderungen in diesem CoE-Verzeichnis, die zu abweichenden PDO-Einstellungen führen, verhindern jedoch das erfolgreiche Hochlaufen des Slaves. Es wird davon abgeraten, andere als die vorgesehene Prozessdaten zu konfigurieren, denn die Geräte-Firmware (wenn vorhanden) ist auf diese PDO-Kombinationen abgestimmt.

Ist laut Gerätedokumentation eine Veränderung der Prozessdaten zulässig, kann dies wie folgt vorgenommen werden, s. Abb. *Konfigurieren der Prozessdaten*.

- A: Wählen Sie das zu konfigurierende Gerät
- B: Wählen Sie im Reiter „Process Data“ den Input- oder Output-Syncmanager (C)
- D: die PDOs können an- bzw. abgewählt werden
- H: die neuen Prozessdaten sind als link-fähige Variablen im System Manager sichtbar  
Nach einem Aktivieren der Konfiguration und TwinCAT-Neustart (bzw. Neustart des EtherCAT-Masters) sind die neuen Prozessdaten aktiv.
- E: wenn ein Slave dies unterstützt, können auch Input- und Output-PDO gleichzeitig durch Anwahl eines so genannten PDO-Satzes („Predefined PDO-settings“) verändert werden.

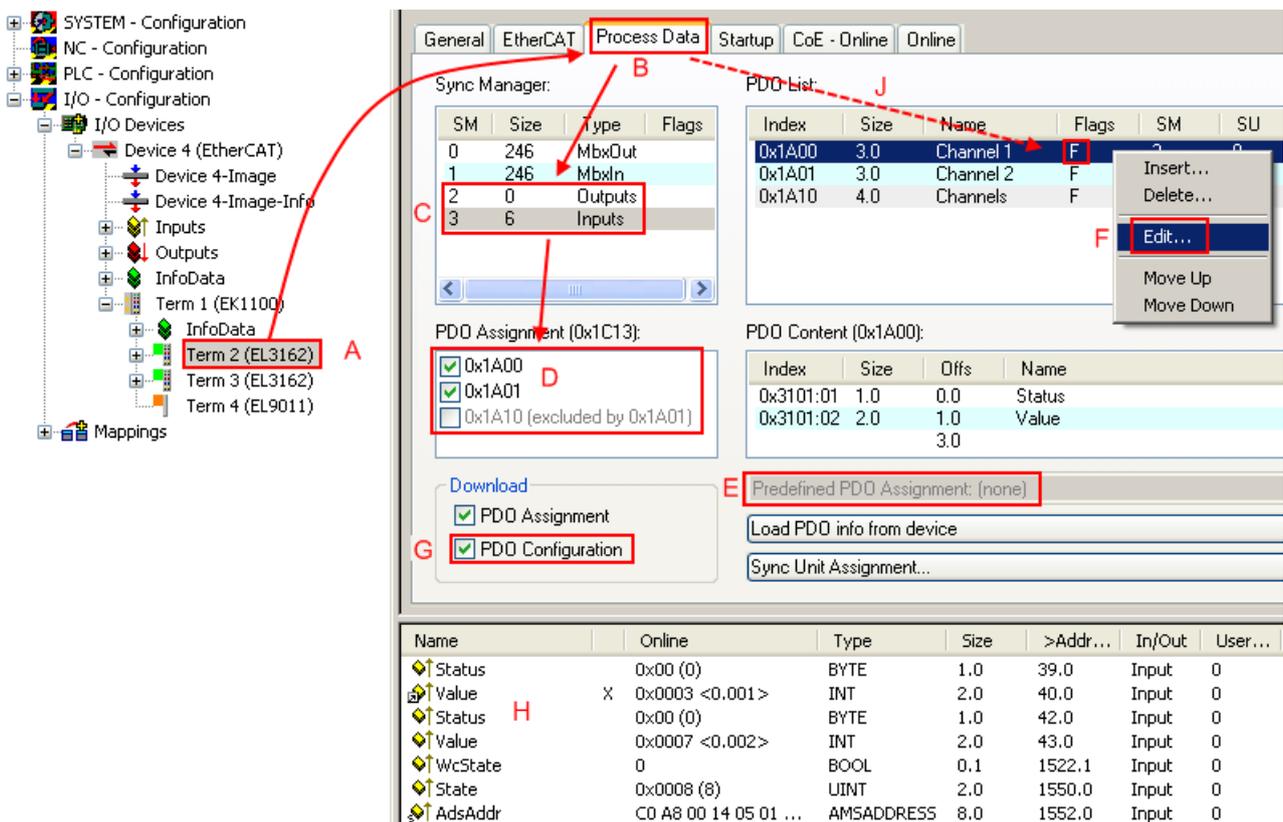


Abb. 116: Konfigurieren der Prozessdaten

### 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](#) [► 102] 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.

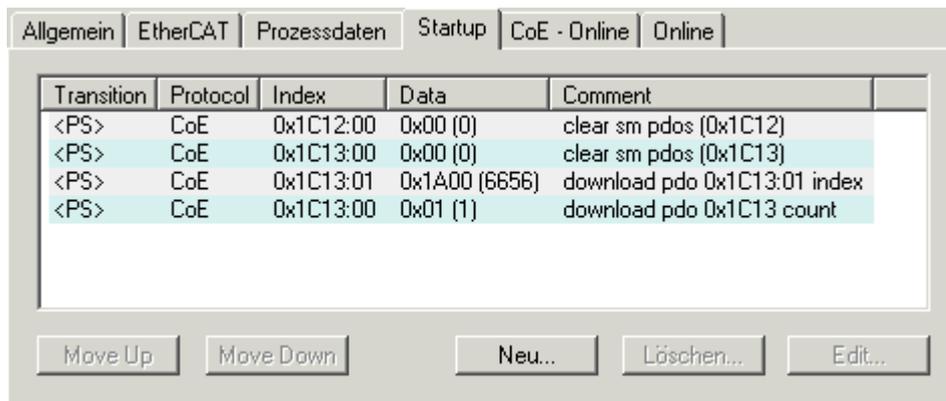


Abb. 117: Karteireiter „Startup“

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

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

**Karteireiter „CoE - Online“**

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

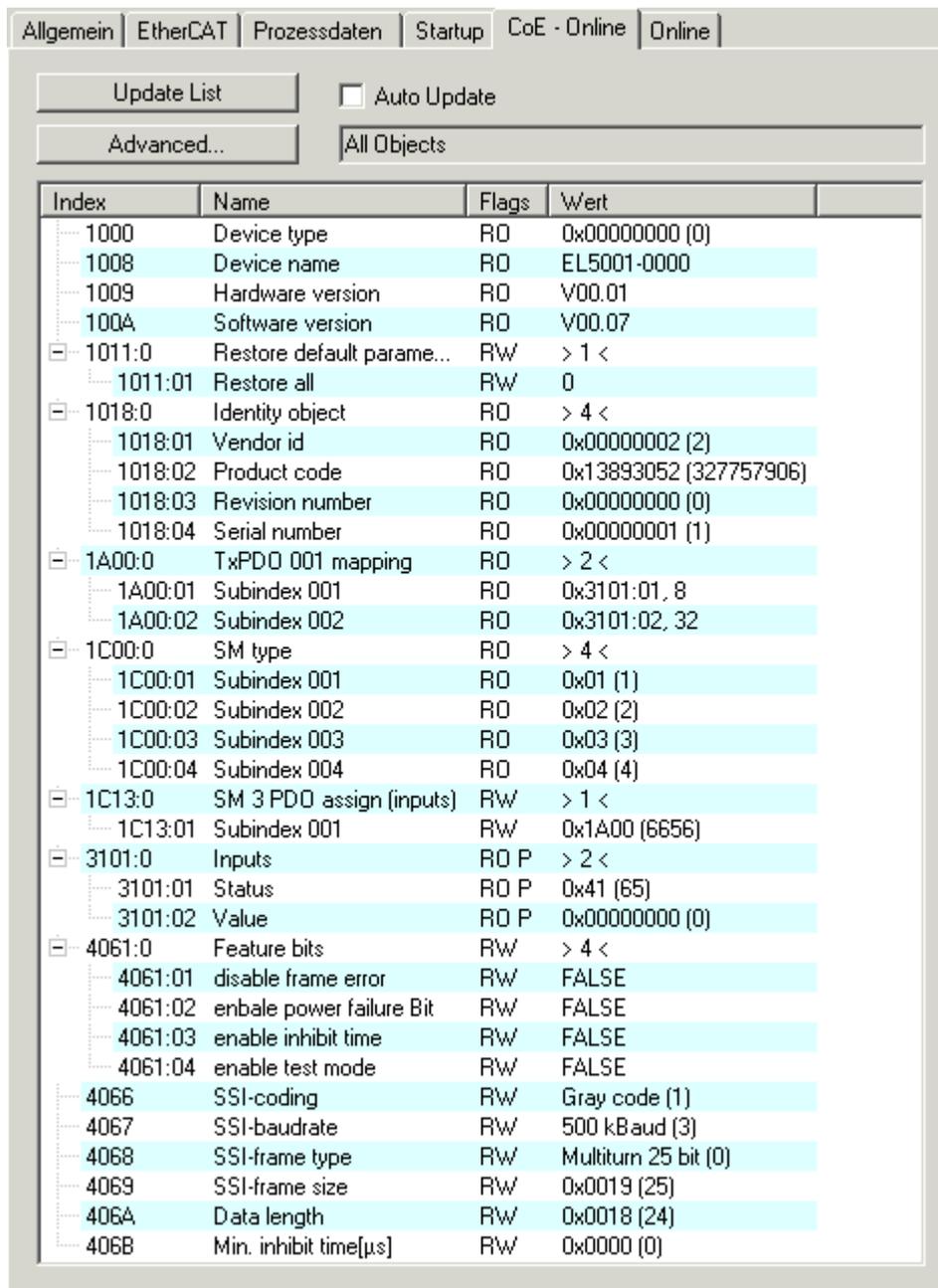


Abb. 118: Karteireiter „CoE - Online“

**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**  
**Auto Update**

Die Schaltfläche *Update List* aktualisiert alle Objekte in der Listenanzeige. 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.

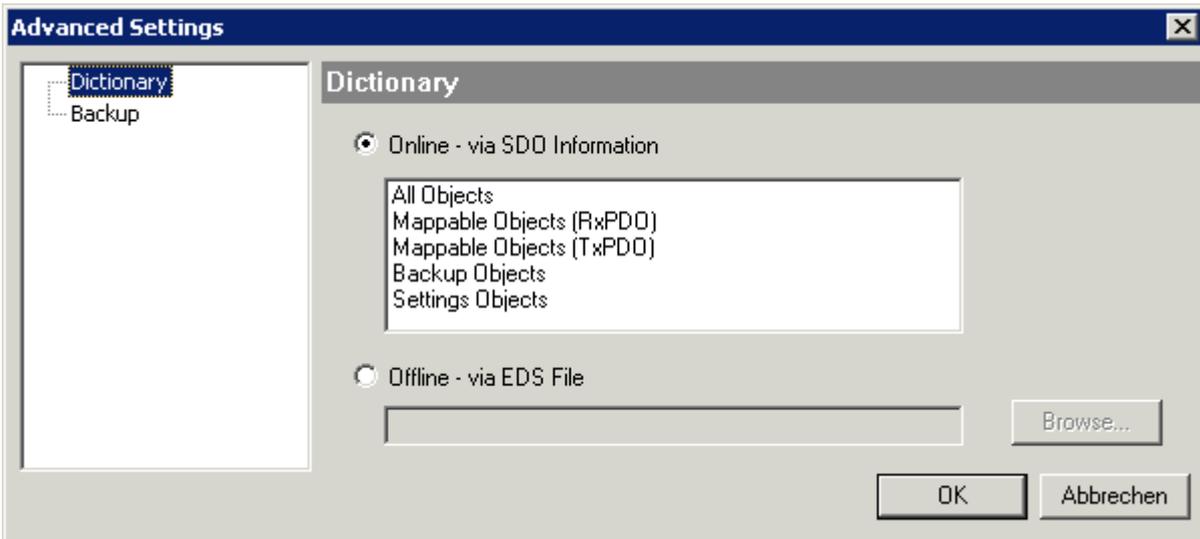


Abb. 119: Dialog „Advanced settings“

**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“**

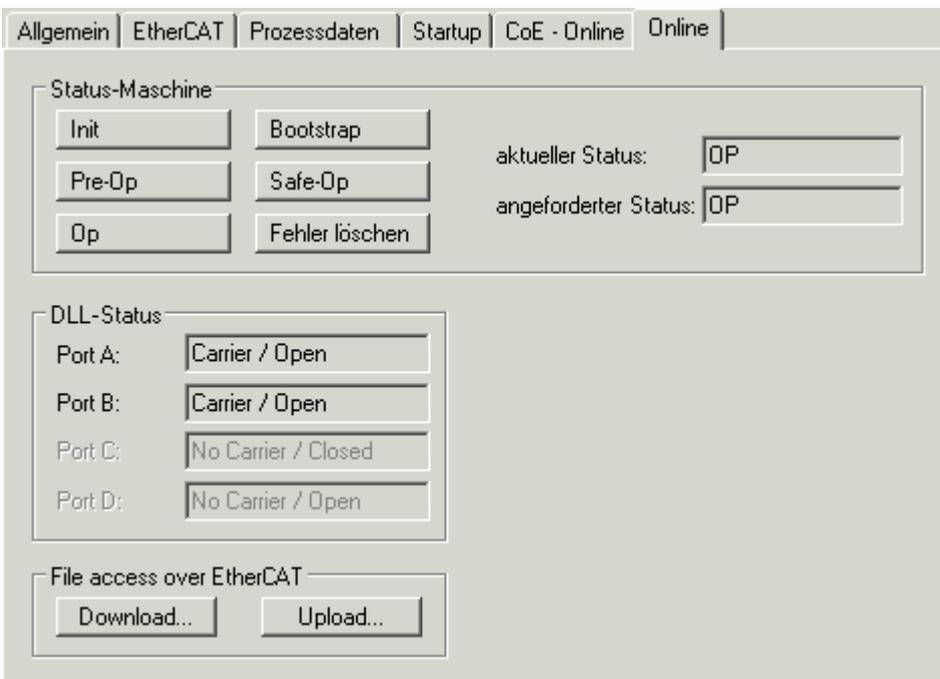


Abb. 120: Karteireiter „Online“

**Status Maschine**

**Init**

Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Init* zu setzen.

<b>Pre-Op</b>	Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status <i>Pre-Operational</i> zu setzen.
<b>Op</b>	Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status <i>Operational</i> zu setzen.
<b>Bootstrap</b>	Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status <i>Bootstrap</i> zu setzen.
<b>Safe-Op</b>	Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status <i>Safe-Operational</i> zu setzen.
<b>Fehler löschen</b>	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 <i>Fehler löschen</i> ist das Fehler-Flag gelöscht und der aktuelle Zustand wird wieder als PREOP angezeigt.
<b>Aktueller Status</b>	Zeigt den aktuellen Status des EtherCAT-Geräts an.
<b>Angeforderter Status</b>	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**

<b>Download</b>	Mit dieser Schaltfläche können Sie eine Datei zum EtherCAT-Gerät schreiben.
<b>Upload</b>	Mit dieser Schaltfläche können Sie eine Datei vom EtherCAT-Gerät lesen.

**Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)**



Abb. 121: Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)

<b>Betriebsart</b>	Auswahlmöglichkeiten (optional): <ul style="list-style-type: none"> <li>• FreeRun</li> <li>• SM-Synchron</li> <li>• DC-Synchron (Input based)</li> <li>• DC-Synchron</li> </ul>
<b>Erweiterte Einstellungen...</b>	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

### 5.3.7.1 Detaillierte Beschreibung des Karteireiters „Prozessdaten“

#### Sync-Manager

Listet die Konfiguration der Sync-Manager (SM) auf.

Wenn das EtherCAT-Gerät eine Mailbox hat, wird der SM0 für den Mailbox-Output (MbxOut) und der SM1 für den Mailbox-Input (MbxIn) benutzt.

Der SM2 wird für die Ausgangsprozessdaten (Outputs) und der SM3 (Inputs) für die Eingangsprozessdaten benutzt.

Wenn ein Eintrag ausgewählt ist, wird die korrespondierende PDO-Zuordnung in der darunter stehenden Liste *PDO-Zuordnung* angezeigt.

#### PDO-Zuordnung

PDO-Zuordnung des ausgewählten Sync-Managers. Hier werden alle für diesen Sync-Manager-Typ definierten PDOs aufgelistet:

- Wenn in der Sync-Manager-Liste der Ausgangs-Sync-Manager (Outputs) ausgewählt ist, werden alle RxPDOs angezeigt.
- Wenn in der Sync-Manager-Liste der Eingangs-Sync-Manager (Inputs) ausgewählt ist, werden alle TxPDOs angezeigt.

Die markierten Einträge sind die PDOs, die an der Prozessdatenübertragung teilnehmen. Diese PDOs werden in der Baumdarstellung des System-Managers als Variablen des EtherCAT-Geräts angezeigt. Der Name der Variable ist identisch mit dem Parameter *Name* des PDO, wie er in der PDO-Liste angezeigt wird. Falls ein Eintrag in der PDO-Zuordnungsliste deaktiviert ist (nicht markiert und ausgegraut), zeigt dies an, dass dieser Eintrag von der PDO-Zuordnung ausgenommen ist. Um ein ausgegrautes PDO auswählen zu können, müssen Sie zuerst das aktuell angewählte PDO abwählen.

#### **i** Aktivierung der PDO-Zuordnung

- ✓ Wenn Sie die PDO-Zuordnung geändert haben, muss zur Aktivierung der neuen PDO-Zuordnung
  - a) der EtherCAT-Slave einmal den Statusübergang PS (von Pre-Operational zu Safe-Operational) durchlaufen (siehe [Karteireiter Online \[► 100\]](#))
  - 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

Spalte	Beschreibung
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 \[► 97\]](#) betrachtet werden.

### PDO-Konfiguration

Falls dieses Kontrollkästchen angewählt ist, wird die Konfiguration des jeweiligen PDOs (wie sie in der PDO-Liste und der Anzeige PDO-Inhalt angezeigt wird) zum EtherCAT-Slave herunter geladen.

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

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

#### 5.3.8.1 Grundlagen

Ein EtherCAT-Slave wird grundlegend durch folgende „Elemente“ parametrieren:

- Zyklische Prozessdaten (PDO)
- Synchronisierung (Distributed Clocks, FreeRun, SM-Synchron)
- CoE-Parameter (azyklisches Objektverzeichnis)

Hinweis: je nach Slave sind nicht alle drei Elemente vorhanden.

Zum besseren Verständnis der Export/Import-Funktion wird der übliche Ablauf bei der IO-Konfiguration betrachtet:

- Der Anwender/Programmierer bearbeitet die IO-Konfiguration, d.h. die Gesamtheit der Input/Output-Geräte, wie etwa Antriebe, die an den verwendeten Feldbussen anliegen, in der TwinCAT-Systemumgebung.  
Hinweis: Im Folgenden werden nur EtherCAT-Konfigurationen in der TwinCAT-Systemumgebung betrachtet.
- Der Anwender fügt z.B. manuell Geräte in eine Konfiguration ein oder führt einen Scan auf dem Online-System durch.
- Er erhält dadurch die IO-System-Konfiguration.
- Beim Einfügen erscheint der Slave in der System-Konfiguration in der vom Hersteller vorgesehenen Standard-Konfiguration, bestehend aus Standard-PDO, default-Synchronisierungsmethode und CoE-StartUp-Parameter wie in der ESI (XML Gerätebeschreibung) definiert ist.
- Im Bedarfsfall können dann, entsprechend der jeweiligen Gerätedokumentation, Elemente der Slave-Konfiguration verändert werden, z.B. die PDO-Konfiguration oder die Synchronisierungsmethode.

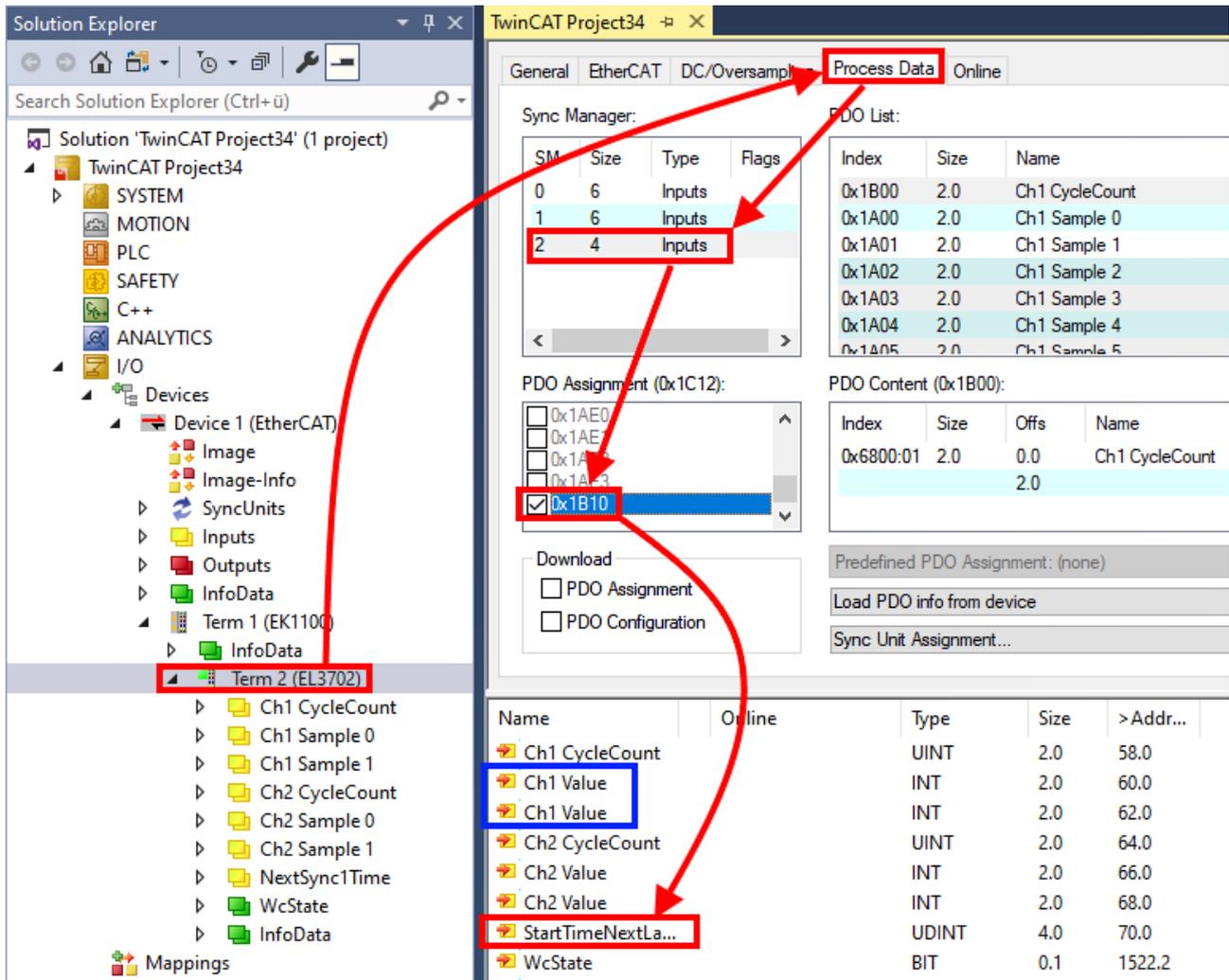
Nun kann der Bedarf entstehen, den veränderten Slave derartig in anderen Projekten wiederzuverwenden, ohne darin äquivalente Konfigurationsveränderungen an dem Slave nochmals vornehmen zu müssen. Um dies zu bewerkstelligen, ist wie folgt vorzugehen:

- Export der Slave-Konfiguration aus dem Projekt,
- Ablage und Transport als Datei,
- Import in ein anderes EtherCAT-Projekt.

Dazu bietet TwinCAT zwei Methoden:

- innerhalb der TwinCAT-Umgebung: Export/Import als **xTi**-Datei oder
- außerhalb, d.h. TwinCAT-Grenzen überschreitend: Export/Import als **sci**-Datei.

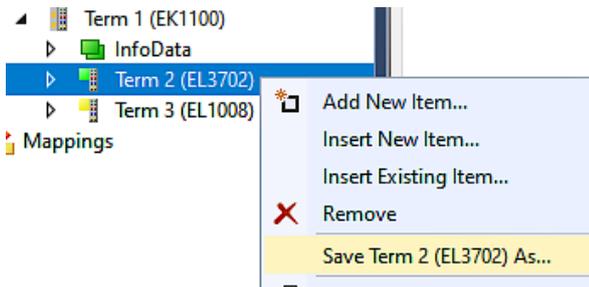
Zur Veranschaulichung im Folgenden ein Beispiel: eine EL3702-Klemme in Standard-Einstellung wird auf 2-fach Oversampling umgestellt (blau) und das optionale PDO „StartTimeNextLatch“ wahlweise hinzugefügt (rot):



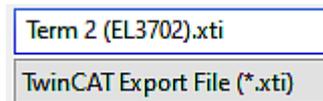
Die beiden genannten Methoden für den Export und Import der veränderten Klemme werden im Folgenden demonstriert.

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

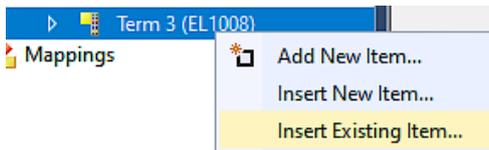
Jedes IO Gerät kann einzeln exportiert/abgespeichert werden:



Die xti-Datei kann abgelegt:



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



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

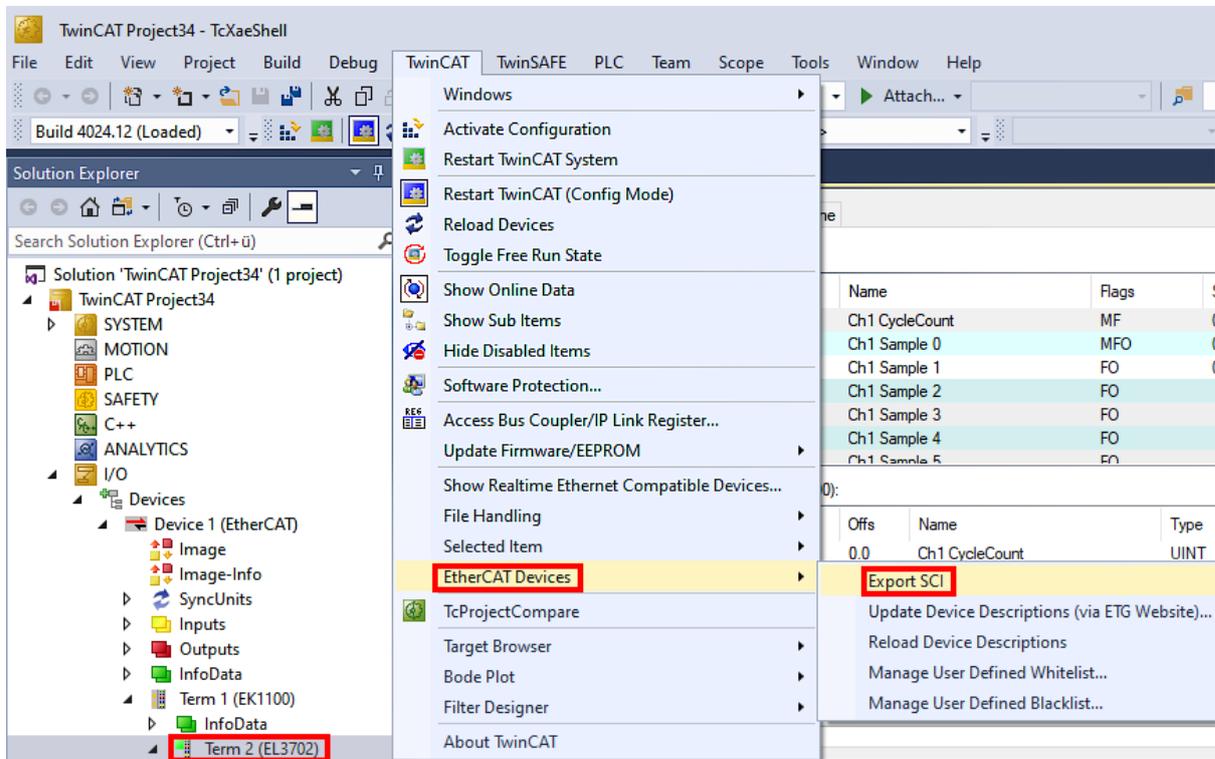
*Hinweis Verfügbarkeit (2021/01)*

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

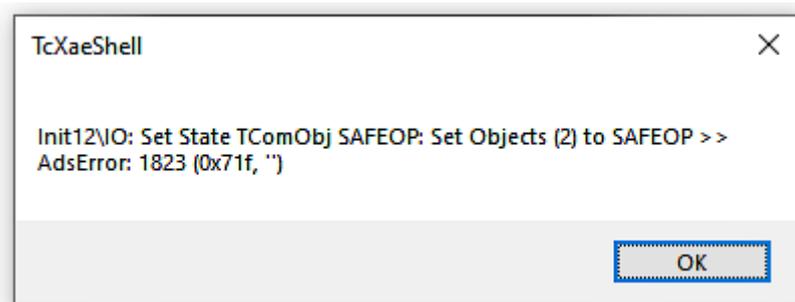
Die Slave Configuration Information (SCI) beschreibt eine bestimmte vollständige Konfiguration für einen EtherCAT-Slave (Klemme, Box, Antrieb...) basierend auf den Einstellungsmöglichkeiten der Gerätebeschreibungdatei (ESI, EtherCAT-Slave Information). Das heißt, sie umfasst PDO, CoE, Synchronisierung.

**Export:**

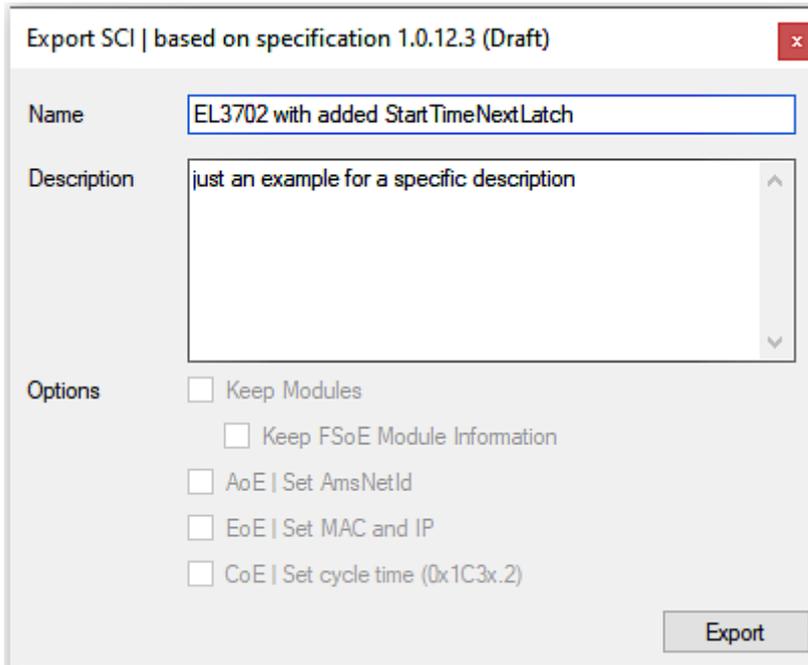
- einzelnes Gerät (auch Mehrfachauswahl möglich) über das Menü auswählen:  
TwinCAT → EtherCAT Devices → Export SCI.



- Falls TwinCAT offline ist (es liegt keine Verbindung zu einer laufenden realen Steuerung vor) kann eine Warnmeldung erscheinen, weil nach Ausführung der Funktion das System den Versuch unternimmt, den EtherCAT-Strang neu zu laden, ist in diesem Fall allerdings nicht ergebnisrelevant und kann mit Klick auf „OK“ bestätigt werden:



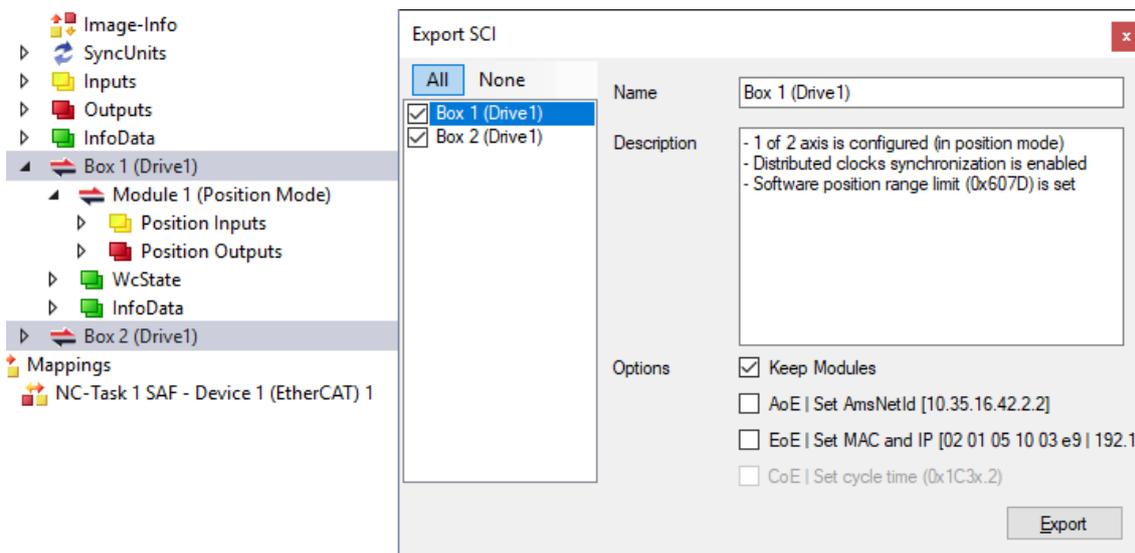
- Im Weiteren kann eine Beschreibung angegeben werden:



- Erläuterungen zum Dialogfenster:

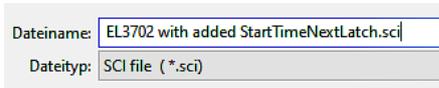
Name	Name des SCIs, wird vom Anwender vergeben.	
Description	Beschreibung der Slave Konfiguration für den genutzten Anwendungsfall, wird vom Anwender vergeben.	
Options	Keep Modules	Falls ein Slave „Modules/Slots“ unterstützt, kann entschieden werden, ob diese mit exportiert werden sollen oder ob die Modul- und Gerätedaten beim Export zusammengefasst werden.
	AoE   Set AmsNetId	Die konfigurierte AmsNetId wird mit exportiert. Üblicherweise ist diese netzwerkabhängig und kann nicht immer vorab bestimmt werden.
	EoE   Set MAC and IP	Die konfigurierte virtuelle MAC- und IP- Adresse werden in der SCI gespeichert. Üblicherweise sind diese netzwerkabhängig und können nicht immer vorab bestimmt werden.
	CoE   Set cycle time(0x1C3x.2)	Die konfigurierte Zykluszeit wird exportiert. Üblicherweise ist diese netzwerkabhängig und kann nicht immer vorab bestimmt werden.
ESI	Referenz auf die ursprüngliche ESI Datei.	
Export	SCI Datei speichern.	

- Bei Mehrfachauswahl ist eine Listenansicht verfügbar (*Export multiple SCI files*):

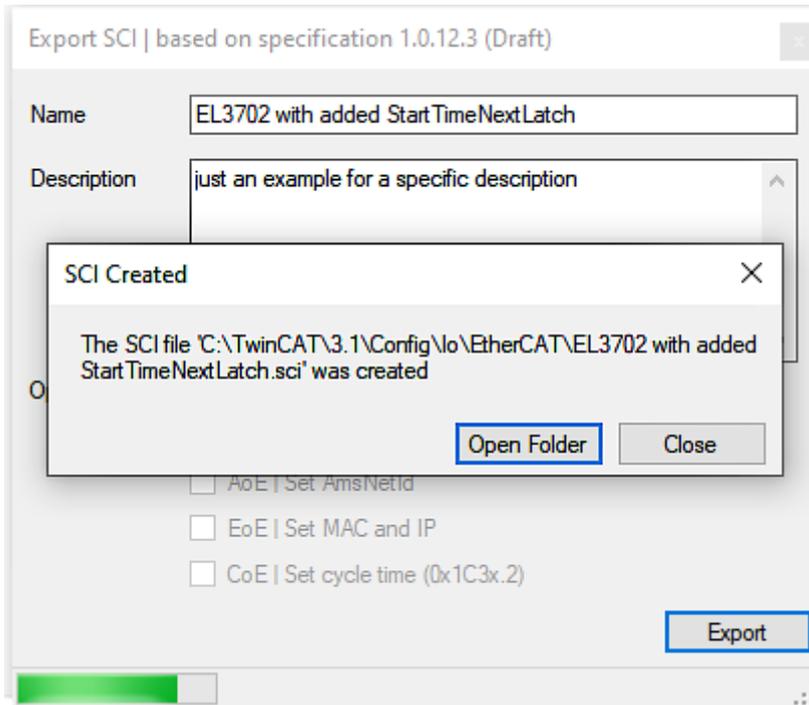


- Auswahl der zu exportierenden Slaves:

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

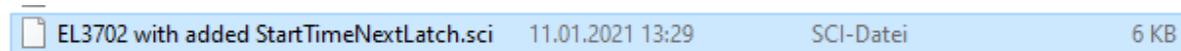


- Es erfolgt der Export:

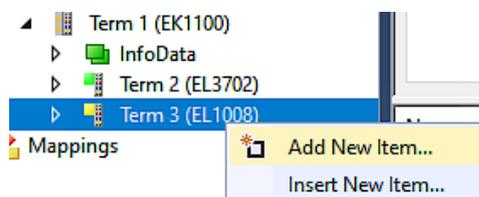


**Import**

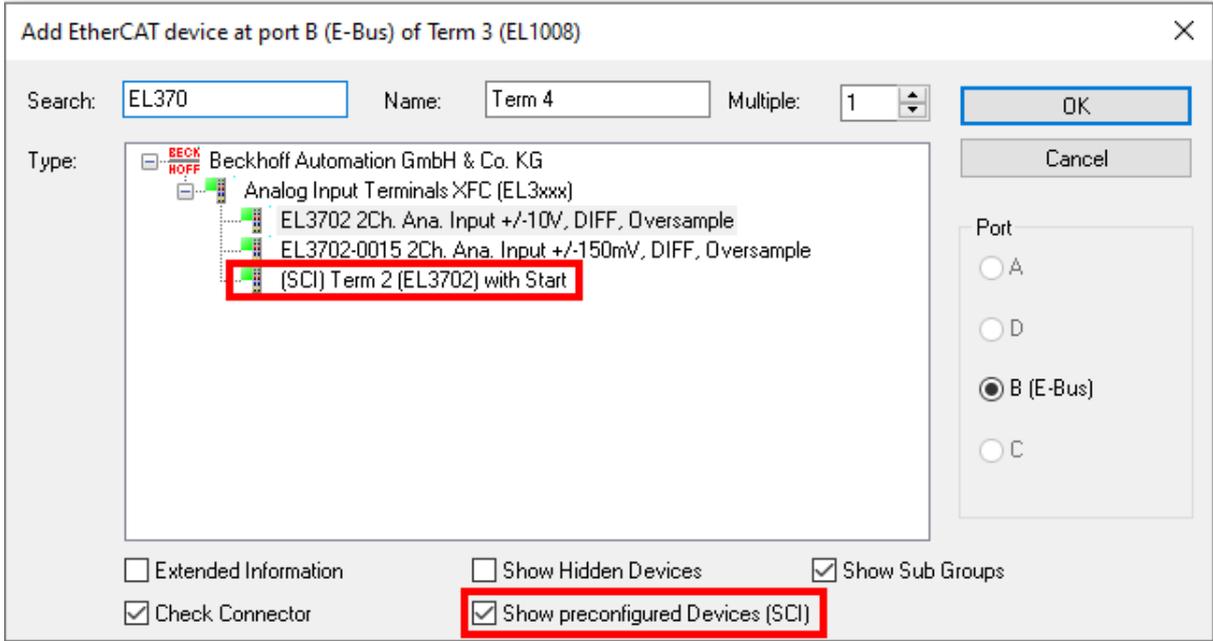
- Eine sci-Beschreibung kann wie jede normale Beckhoff-Gerätebeschreibung manuell in die TwinCAT-Konfiguration eingefügt werden.
- Die sci-Datei muss im TwinCAT-ESI-Pfad liegen, i.d.R. unter:  
C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT



- Öffnen des Auswahl-Dialogs:

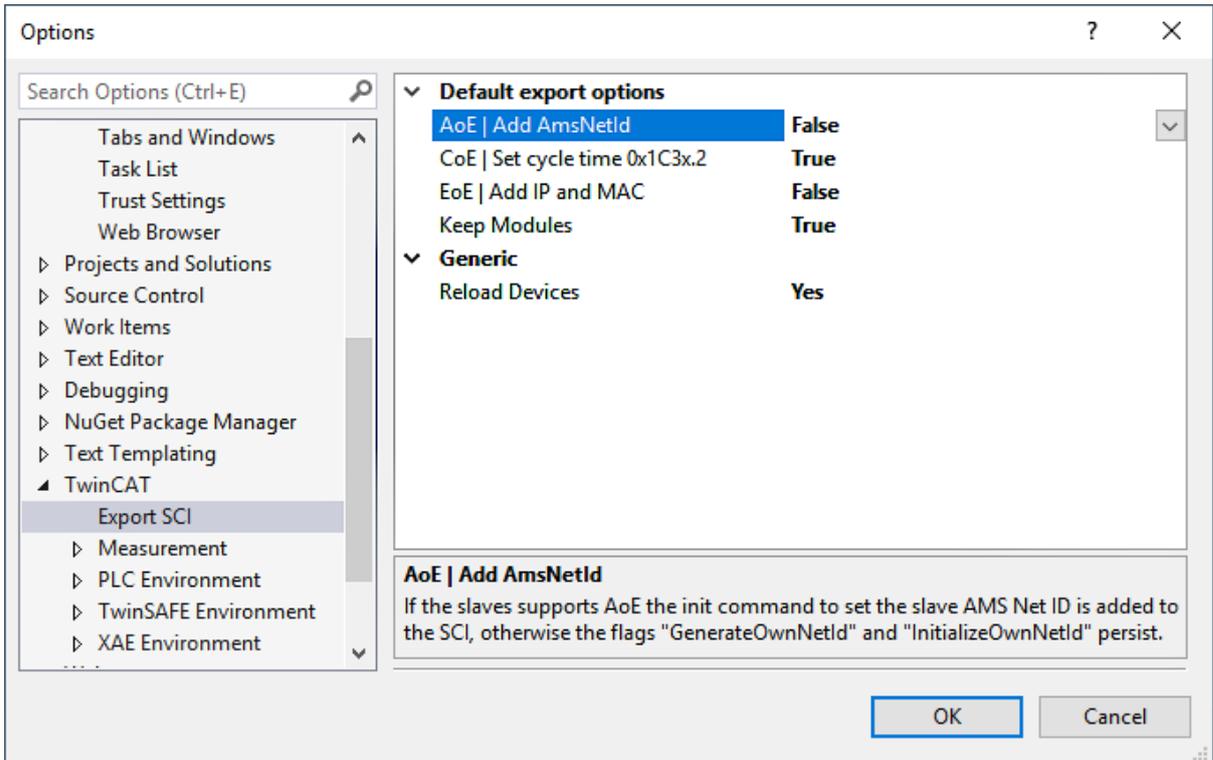


- SCI-Geräte anzeigen und gewünschtes Gerät auswählen und einfügen:



**Weitere Hinweise**

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

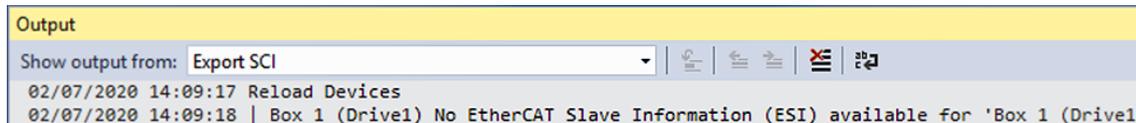


Erläuterung der Einstellungen:

Default export options	AoE   Set AmsNetId	Standard Einstellung, ob die konfigurierte AmsNetId exportiert wird.
	CoE   Set cycle time(0x1C3x.2)	Standard Einstellung, ob die konfigurierte Zykluszeit exportiert wird.
	EoE   Set MAC and IP	Standard Einstellung, ob die konfigurierten MAC- und IP-Adressen exportiert werden.
	Keep Modules	Standard Einstellung, ob die Module bestehen bleiben.

Generic	Reload Devices	Einstellung, ob vor dem SCI Export das Kommando „Reload Devices“ ausgeführt wird. Dies wird dringend empfohlen, um eine konsistente Slave-Konfiguration zu gewährleisten.
---------	----------------	--

SCI-Fehlermeldungen werden bei Bedarf im TwinCAT Logger Output-Fenster angezeigt:



## 5.4 EtherCAT-Grundlagen

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

## 5.5 EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden

Die zulässige Leitungslänge zwischen zwei EtherCAT-Geräten darf maximal 100 Meter betragen. Dies resultiert aus der FastEthernet-Technologie, die vor allem aus Gründen der Signaldämpfung über die Leitungslänge eine maximale Linklänge von 5 m + 90 m + 5 m erlaubt, wenn Leitungen mit entsprechenden Eigenschaften verwendet werden. Siehe dazu auch die [Auslegungsempfehlungen zur Infrastruktur für EtherCAT/Ethernet](#).

### Kabel und Steckverbinder

Verwenden Sie zur Verbindung von EtherCAT-Geräten nur Ethernet-Verbindungen (Kabel + Stecker), die mindestens der Kategorie 5 (CAT5) nach EN 50173 bzw. ISO/IEC 11801 entsprechen. EtherCAT nutzt vier Adern des Kabels für die Signalübertragung.

EtherCAT verwendet beispielsweise RJ45-Steckverbinder. Die Kontaktbelegung ist zum Ethernet-Standard (ISO/IEC 8802-3) kompatibel.

Pin	Aderfarbe	Signal	Beschreibung
1	gelb	TD+	Transmission Data +
2	orange	TD-	Transmission Data -
3	weiß	RD+	Receiver Data +
6	blau	RD-	Receiver Data -

Aufgrund der automatischen Kabelerkennung (Auto-Crossing) können Sie zwischen EtherCAT-Geräten von Beckhoff sowohl symmetrisch (1:1) belegte als auch gekreuzte Leitungen (Cross-Over) verwendet werden.

### ● Empfohlene Kabel

- i** Es wird empfohlen, die entsprechenden Beckhoff-Komponenten zu verwenden, z. B.
- Kabelsätze ZK1090-9191-xxxx bzw.
  - feldkonfektionierbare RJ45 Stecker ZS1090-0005 oder
  - feldkonfektionierbare Ethernet Leitung ZB9010, ZB9020.

Geeignete Kabel zur Verbindung von EtherCAT-Geräten finden Sie auf der [Beckhoff Website!](#)

### E-Bus-Versorgung

Ein Buskoppler kann die an ihm angefügten EL-Klemmen mit der E-Bus-Systemspannung von 5 V versorgen, in der Regel ist ein Koppler dabei bis zu 2 A belastbar (siehe Dokumentation des jeweiligen Gerätes).

Zu jeder EL-Klemme ist die Information, wie viel Strom sie aus der E-Bus-Versorgung benötigt, online und im Katalog verfügbar. Benötigen die angefügten Klemmen mehr Strom als der Koppler liefern kann, sind an entsprechender Position im Klemmenstrang Einspeiseklemmen (z. B. [EL9410](#)) zu setzen.

Im TwinCAT System Manager wird der berechnete, theoretische maximale E-Bus-Strom angezeigt. Eine Unterschreitung wird durch einen negativen Summenbetrag und Ausrufezeichen markiert, vor einer solchen Stelle ist eine Einspeiseklemme zu setzen.

Number	Box Name	Add...	Type	In Si...	Out ...	E-Bus (mA)
1	Term 1 (EK1100)	1001	EK1100			
2	Term 2 (EL2008)	1002	EL2008		1.0	1890
3	Term 3 (EL2008)	1003	EL2008		1.0	1780
4	Term 4 (EL2008)	1004	EL2008		1.0	1670
5	Term 5 (EL6740...)	1005	EL6740-0010	2.0	2.0	1220
6	Term 6 (EL6740...)	1006	EL6740-0010	2.0	2.0	770
7	Term 7 (EL6740...)	1007	EL6740-0010	2.0	2.0	320
8	Term 8 (EL6740...)	1008	EL6740-0010	2.0	2.0	-130 I
9	Term 9 (EL6740...)	1009	EL6740-0010	2.0	2.0	-580 I

Abb. 122: System Manager Stromberechnung

**HINWEIS**

**Fehlfunktion möglich!**

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

## 5.6 Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung

Die EtherCAT-Klemmen sind mit einer Sicherungseinrichtung (Watchdog) ausgestattet, die z. B. bei unterbrochenem Prozessdatenverkehr nach einer voreinstellbaren Zeit die Ausgänge (sofern vorhanden) in einen gegebenenfalls vorgebbaren Zustand schaltet, in Abhängigkeit von Gerät und Einstellung z. B. auf FALSE (aus) oder einen Ausgabewert.

Der EtherCAT Slave Controller verfügt dazu über zwei Watchdogs:

- Sync Manager (SM)-Watchdog (default: 100 ms)
- Process-Data (PDI)-Watchdog (default: 100 ms)

Deren Zeiten werden in TwinCAT wie folgt einzeln parametrisiert:

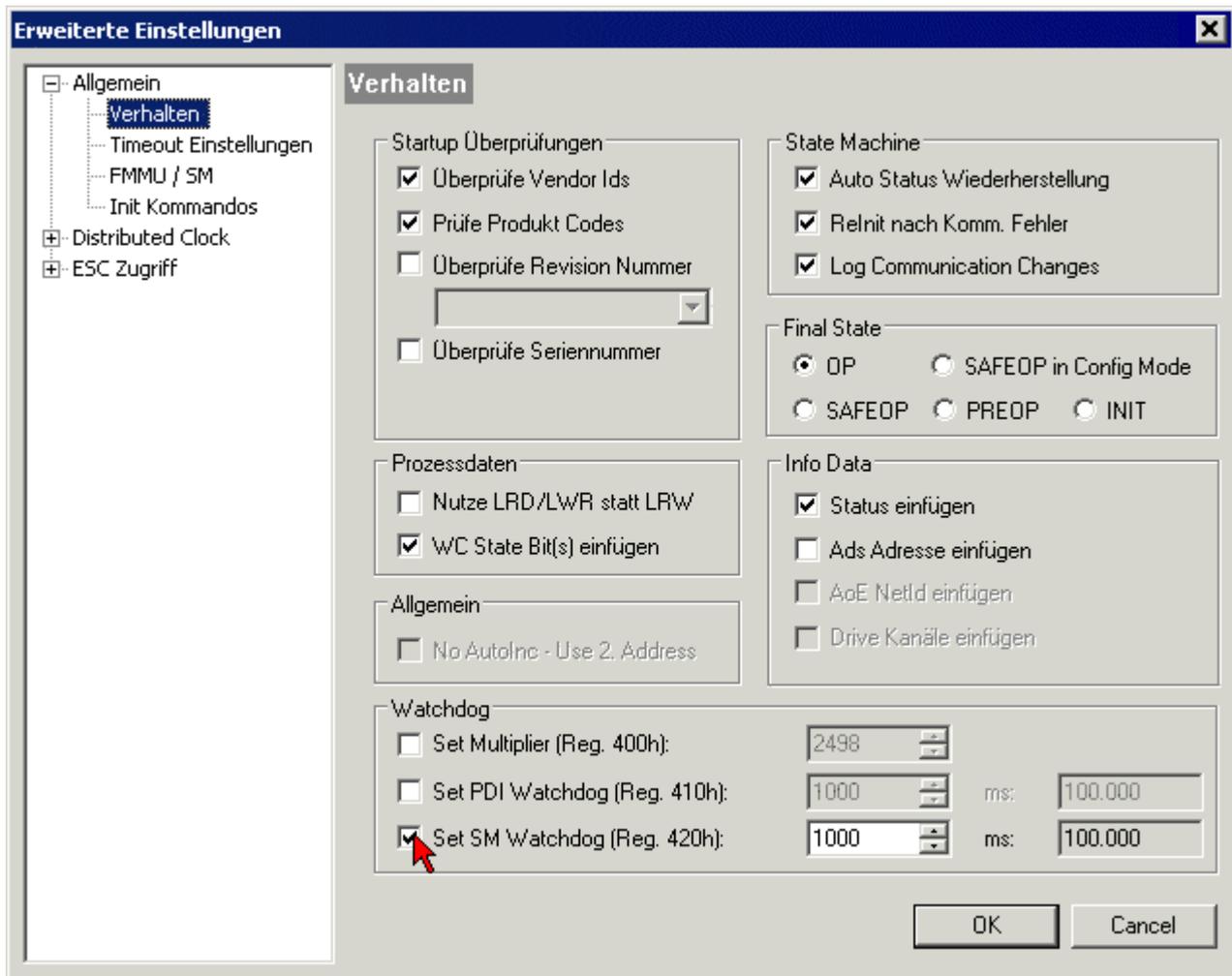


Abb. 123: Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten -> Watchdog

Anmerkungen:

- Das Multiplier-Register 400h (hexadezimal, also 0x0400), ist für beide Watchdogs gültig.
- Jeder Watchdog hat seine eigene Timer-Einstellung 410h bzw. 420h, die zusammen mit dem Multiplier eine resultierende Zeit ergibt.
- Wichtig: die Multiplier-/Timer-Einstellung wird nur dann beim EtherCAT-Start in den Slave geladen, wenn die Checkbox davor aktiviert ist. Ist diese nicht aktiviert, wird nichts herunter geladen und die im ESC befindliche Einstellung bleibt unverändert.
- Die heruntergeladenen Werte können in den ESC-Registern 400h, 410h und 420h eingesehen werden: ESC Zugriff -> Speicher (ESC Access -> Memory).

**SM-Watchdog (SyncManager-Watchdog)**

Der SyncManager-Watchdog wird bei jeder erfolgreichen EtherCAT-Prozessdatenkommunikation mit der Klemme zurückgesetzt. Findet z. B. durch eine Leitungsunterbrechung länger als die eingestellte und aktivierte SM-Watchdog-Zeit keine EtherCAT-Prozessdatenkommunikation mit der Klemme statt, löst der Watchdog aus. Der Status der Klemme (in der Regel OP) bleibt davon unberührt. Der Watchdog wird erst wieder durch einen erfolgreichen EtherCAT-Prozessdatenzugriff zurückgesetzt.

Der SyncManager-Watchdog ist also eine Überwachung auf korrekte und rechtzeitige Prozessdatenkommunikation zwischen Master und ESC, die allein auf EtherCAT-Ebene abläuft.

Die maximal mögliche Watchdog-Zeit ist geräteabhängig. Beispielsweise beträgt sie bei „einfachen“ EtherCAT-Slaves (ohne Firmware) mit Watchdog-Ausführung im ESC in der Regel bis zu 170 Sekunden. Bei komplexen EtherCAT-Slaves (mit Firmware) wird die SM-Watchdog-Funktion in der Regel zwar über

Register 400h/420h parametrieren, aber vom Microcontroller ( $\mu\text{C}$ ) ausgeführt und kann deutlich darunter liegen. Außerdem kann die Ausführung dann einer gewissen Zeitunsicherheit unterliegen. Da der TwinCAT-Diallog ggf. Eingaben bis 65535 zulässt, wird ein Test der gewünschten Watchdog-Zeit empfohlen.

### PDI-Watchdog (Process Data Watchdog)

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

PDI ist die interne Schnittstelle des ESC z. B. zu lokalen Prozessoren im EtherCAT-Slave. Mit dem PDI-Watchdog kann diese Kommunikation auf Ausfall überwacht werden.

Der PDI-Watchdog ist also eine Überwachung auf korrekte und rechtzeitige Prozessdatenkommunikation mit dem ESC, nun aber von der Applikationsseite aus betrachtet.

### Berechnung

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

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

Der Wert in „Watchdog-Multiplier + 2“ in der oberen Formel entspricht der Anzahl 40ns-Basisticks, die einen Watchdog-Tick darstellen.

#### **⚠ VORSICHT**

##### **Ungewolltes Verhalten des Systems möglich!**

Die Abschaltung des SM-Watchdog durch SM-Watchdog = 0 funktioniert erst in Klemmen ab Revision -0016. In vorherigen Versionen wird vom Einsatz dieser Betriebsart abgeraten.

#### **⚠ VORSICHT**

##### **Beschädigung von Geräten und ungewolltes Verhalten des Systems möglich!**

Bei aktiviertem SM-Watchdog und eingetragenen Wert 0 schaltet der Watchdog vollständig ab! Dies ist die Deaktivierung des Watchdogs! Gesetzte Ausgänge werden dann bei einer Kommunikationsunterbrechung NICHT in den sicheren Zustand gesetzt!

## 5.7 EtherCAT State Machine

Über die EtherCAT State Machine (ESM) wird der Zustand des EtherCAT-Slaves gesteuert. Je nach Zustand sind unterschiedliche Funktionen im EtherCAT-Slave zugänglich bzw. ausführbar. Insbesondere während des Hochlaufs des Slaves müssen in jedem State spezifische Kommandos vom EtherCAT-Master zum Gerät gesendet werden.

Es werden folgende Zustände unterschieden:

- Init
- Pre-Operational
- Safe-Operational
- Operational
- Bootstrap

Regulärer Zustand eines jeden EtherCAT-Slaves nach dem Hochlauf ist der Status Operational (OP).

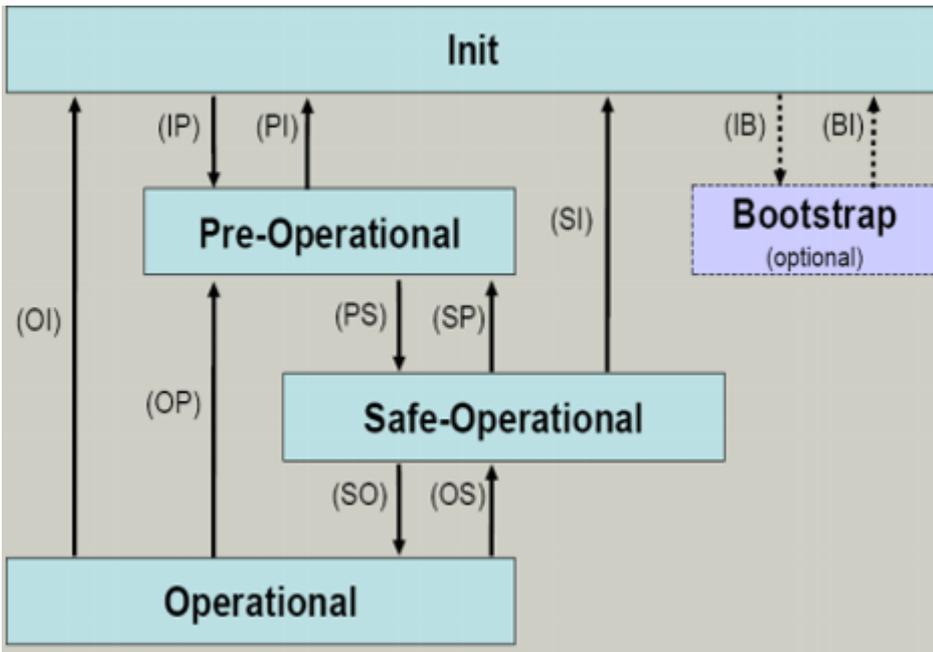


Abb. 124: Zustände der EtherCAT State Machine

### Init

Nach dem Einschalten befindet sich der EtherCAT-Slave im Zustand *Init*. Dort ist weder Mailbox- noch Prozessdatenkommunikation möglich. Der EtherCAT-Master initialisiert die Sync-Manager-Kanäle 0 und 1 für die Mailbox-Kommunikation.

### Pre-Operational (Pre-Op)

Beim Übergang von *Init* nach *Pre-Op* prüft der EtherCAT-Slave, ob die Mailbox korrekt initialisiert wurde.

Im Zustand *Pre-Op* ist Mailbox-Kommunikation aber keine Prozessdatenkommunikation möglich. Der EtherCAT-Master initialisiert die Sync-Manager-Kanäle für Prozessdaten (ab Sync-Manager-Kanal 2), die Kanäle der Fieldbus Memory Management Unit (FMMU) und, falls der Slave ein konfigurierbares Mapping unterstützt, das Mapping der Prozessdatenobjekte (PDOs) oder das Sync-Manager-PDO-Assignment. Weiterhin werden in diesem Zustand die Einstellungen für die Prozessdatenübertragung sowie ggf. noch klemmenspezifische Parameter übertragen, die von den Default-Einstellungen abweichen.

### Safe-Operational (Safe-Op)

Beim Übergang von *Pre-Op* nach *Safe-Op* prüft der EtherCAT-Slave, ob die Sync-Manager-Kanäle für die Prozessdatenkommunikation sowie ggf. die Einstellungen für die Distributed Clocks korrekt sind. Bevor er den Zustandswechsel quittiert, kopiert der EtherCAT-Slave aktuelle Inputdaten in die entsprechenden Dual Port (DP)-RAM-Bereiche des ESC.

Im Zustand *Safe-Op* ist Mailbox- und Prozessdatenkommunikation möglich, allerdings hält der Slave seine Ausgänge im sicheren Zustand und gibt sie noch nicht aus. Die Inputdaten werden aber bereits zyklisch aktualisiert.

#### ● Ausgänge im SAFEOP

**i** Die standardmäßig aktivierte Überwachung mittels Watchdog bringt die Ausgänge im ESC-Modul in Abhängigkeit von den Einstellungen im SAFEOP und OP in einen sicheren Zustand - je nach Gerät und Einstellung - z. B. auf AUS. Wird dies durch Deaktivieren der Überwachung unterbunden, können auch im Geräte-Zustand SAFEOP Ausgänge geschaltet werden bzw. gesetzt bleiben.

### Operational (Op)

Bevor der EtherCAT-Master den EtherCAT-Slave von *Safe-Op* nach *Op* schaltet, muss er bereits gültige Outputdaten übertragen.

Im Zustand *Op* kopiert der Slave die Ausgangsdaten des Masters auf seine Ausgänge. Es ist Prozessdaten- und Mailboxkommunikation möglich.

### Boot

Im Zustand *Boot* kann ein Update der Slave-Firmware vorgenommen werden. Der Zustand *Boot* ist nur über den Zustand *Init* zu erreichen.

Im Zustand *Boot* ist Mailbox-Kommunikation über das Protokoll File-Access over EtherCAT (FoE) möglich, aber keine andere Mailbox- und Prozessdatenkommunikation.

## 5.8 CoE-Interface

### Allgemeine Beschreibung

Das CoE-Interface (CAN application protocol over EtherCAT Interface) ist die Parameterverwaltung für EtherCAT-Geräte. EtherCAT-Slaves oder auch der EtherCAT-Master verwalten darin feste (ReadOnly) oder veränderliche Parameter, die sie zum Betrieb, Diagnose oder Inbetriebnahme benötigen.

CoE-Parameter sind in einer Tabellen-Hierarchie angeordnet und prinzipiell dem Anwender über den Feldbus zugänglich. Der EtherCAT-Master (TwinCAT System Manager) kann über EtherCAT auf die lokalen CoE-Verzeichnisse der Slaves zugreifen und je nach Eigenschaften lesend oder schreibend einwirken.

Es sind verschiedene Typen für CoE-Datentypen möglich wie String (Text), Integer-Zahlen, Bool'sche Werte oder größere Byte-Felder. Damit lassen sich ganz verschiedene Eigenschaften beschreiben. Beispiele für solche Parameter sind Herstellerkennung, Seriennummer, Prozessdateneinstellungen, Geräte name, Abgleichwerte für analoge Messungen oder Passwörter.

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

Die Wertebereiche sind:

- Index: 0x0000...0xFFFF (0...65535<sub>dez</sub>)
- Subindex: 0x00...0xFF (0...255<sub>dez</sub>)

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

Die für den EtherCAT-Feldbusanwender wichtigen Bereiche sind

- 0x1000: Hier sind feste Identitätsinformationen zum Gerät hinterlegt wie Name, Hersteller, Seriennummer etc. Außerdem liegen hier Angaben über die aktuellen und verfügbaren Prozessdatenkonstellationen.
- 0x8000: Hier sind die für den Betrieb erforderlichen funktionsrelevanten Parameter für alle Kanäle zugänglich wie Filtereinstellung oder Ausgabefrequenz.

Weitere wichtige Bereiche sind:

- 0x4000: Hier befinden sich bei manchen EtherCAT-Geräten die Kanalparameter. Historisch war dies der erste Parameterbereich, bevor der 0x8000 Bereich eingeführt wurde. EtherCAT-Geräte, die früher mit Parametern in 0x4000 ausgerüstet wurden und auf 0x8000 umgestellt wurden, unterstützen aus Kompatibilitätsgründen beide Bereiche und spiegeln intern.
- 0x6000: Hier liegen die Eingangs-PDO („Eingänge“ aus Sicht des EtherCAT-Masters)
- 0x7000: Hier liegen die Ausgangs-PDO („Ausgänge“ aus Sicht des EtherCAT-Masters)

---

### ● Verfügbarkeit



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. 125: Karteireiter „CoE-Online“

In der Abbildung „Karteireiter ‚CoE-Online‘“ sind die im Gerät „EL2502“ verfügbaren CoE-Objekte von 0x1000 bis 0x1600 zu sehen, die Subindizes von 0x1018 sind aufgeklappt.

### HINWEIS

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

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

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

#### Datenerhaltung und Funktion „NoCoeStorage“

Einige, insbesondere die vorgesehenen Einstellungsparameter des Slaves, sind veränderlich und beschreibbar,

- über den System Manager (siehe Abb. „Karteireiter ‚CoE-Online‘“) durch Anklicken. Dies bietet sich bei der Inbetriebnahme der Anlage bzw. Slaves an. Klicken Sie auf die entsprechende Zeile des zu parametrierenden Indizes und geben Sie einen entsprechenden Wert im „SetValue“-Dialog ein.
- aus der Steuerung bzw. PLC über ADS z. B. durch die Bausteine aus der TcEtherCAT.lib Bibliothek. Dies wird für Änderungen während der Anlagenlaufzeit empfohlen oder wenn kein System Manager bzw. Bedienpersonal zur Verfügung steht.

**i Datenerhaltung**

Werden online auf dem Slave CoE-Parameter geändert, wird dies in Beckhoff-Geräten üblicherweise ausfallsicher im Gerät (EEPROM) gespeichert. D. h. nach einem Neustart (Re Power) sind die veränderten CoE-Parameter immer noch erhalten. Andere Hersteller können dies anders handhaben.

Ein EEPROM unterliegt in Bezug auf Schreibvorgänge einer begrenzten Lebensdauer. Ab typischerweise 100.000 Schreibvorgängen kann eventuell nicht mehr sichergestellt werden, dass neue (veränderte) Daten sicher gespeichert werden oder noch auslesbar sind. Dies ist für die normale Inbetriebnahme ohne Belang. Werden allerdings zur Maschinenlaufzeit fortlaufend CoE-Parameter über ADS verändert, kann die Lebensdauerergrenze des EEPROMs durchaus erreicht werden.

Es ist von der FW-Version abhängig, ob die Funktion NoCoeStorage unterstützt wird, die das Abspeichern veränderter CoE-Werte unterdrückt. Ob das auf das jeweilige Gerät zutrifft, ist den technischen Daten der entsprechenden Dokumentation zu entnehmen.

- Wird diese unterstützt: Die Funktion ist per einmaligem Eintrag des Codeworts 0x12345678 im CoE-Index 0xF008 zu aktivieren. Die Funktion ist solange aktiv, wie das Codewort unverändert bleibt. Nach dem Einschalten des Gerätes ist sie nicht aktiv. Veränderte CoE-Werte werden dann nicht im EEPROM abgespeichert, sie können somit beliebig oft verändert werden.
- Wird diese nicht unterstützt: Eine fortlaufende Änderung von CoE-Werten ist angesichts der o.a. Lebensdauerergrenze nicht zulässig.

**i Startup-Liste**

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

Wenn EtherCAT-Slaves verwendet werden, die lokal CoE-Werte nicht dauerhaft speichern können, ist zwingend die Startup-Liste zu verwenden.

**Empfohlenes Vorgehen bei manueller Veränderung von CoE-Parametern**

- Gewünschte Änderung im System Manager vornehmen (Werte werden lokal im EtherCAT-Slave gespeichert).
- Wenn der Wert dauerhaft Anwendung finden soll, einen entsprechenden Eintrag in der Startup-Liste vornehmen. Die Reihenfolge der Startup-Einträge ist dabei i.d.R. nicht relevant.

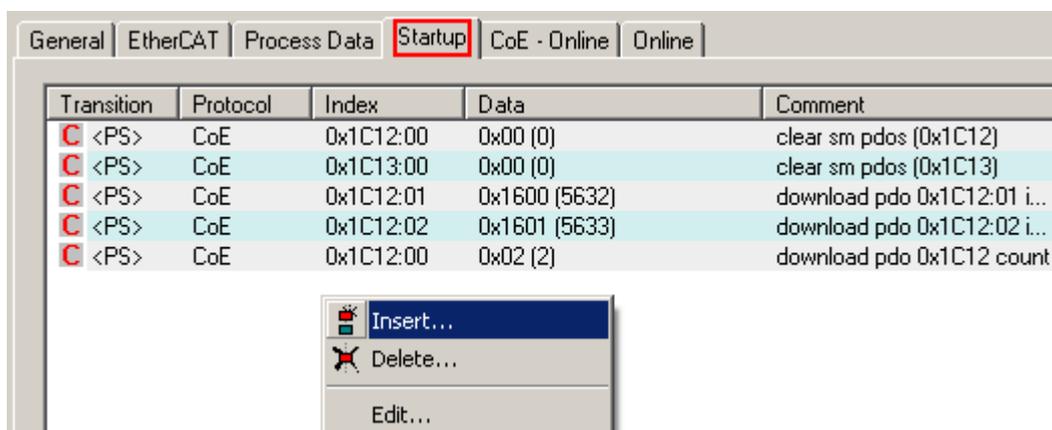


Abb. 126: Startup-Liste im TwinCAT System Manager

In der Startup-Liste können bereits Werte enthalten sein, die vom System Manager nach den Angaben der ESI dort angelegt werden. Zusätzliche anwendungsspezifische Einträge können ebenfalls angelegt werden.

### Online- / Offline Verzeichnis

Im Rahmen der Arbeit mit dem TwinCAT System Manager ist zu differenzieren, ob das EtherCAT-Gerät gegenwärtig „verfügbar“ ist, also angeschaltet und über EtherCAT verbunden – somit **online** – oder ob eine Konfiguration **offline** erstellt wird, ohne dass Slaves angeschlossen sind.

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

- Wenn der Slave offline ist,
  - wird das Offline-Verzeichnis aus der ESI-Datei angezeigt; Änderungen sind hier nicht sinnvoll bzw. möglich.
  - wird in der Identität der konfigurierte Stand angezeigt.
  - wird kein Firmware- oder Hardware-Stand angezeigt, da dies Eigenschaften des realen Gerätes sind.
  - ist ein rotes **Offline Data** zu sehen.

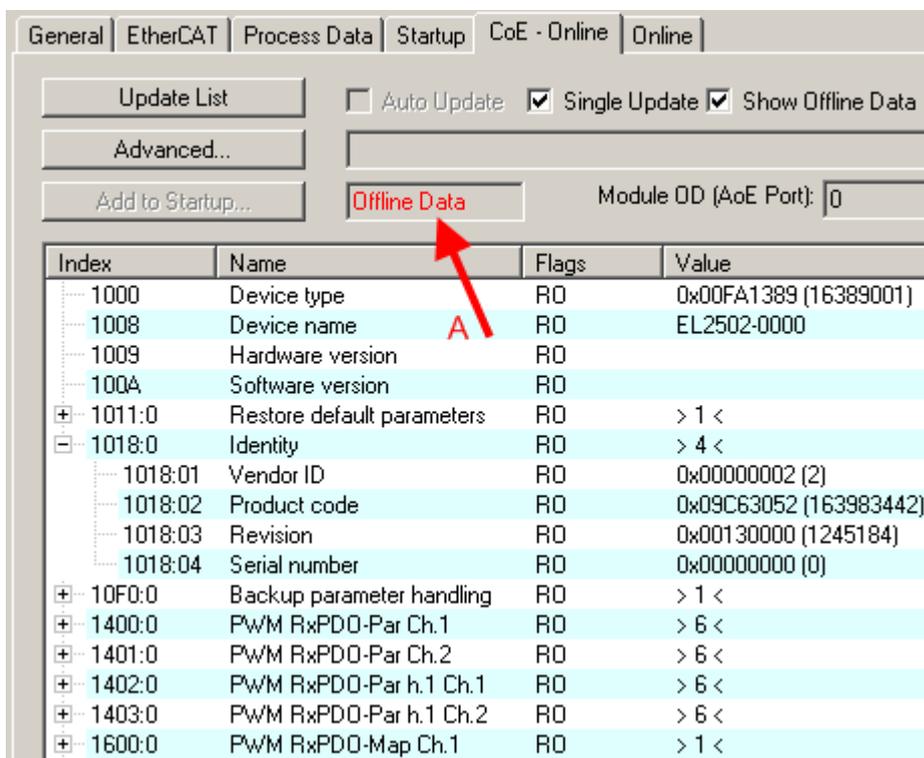


Abb. 127: Offline-Verzeichnis

- Wenn der Slave online ist,
  - wird das reale, aktuelle Verzeichnis des Slaves ausgelesen; dies kann je nach Größe und Zykluszeit einige Sekunden dauern.
  - wird die tatsächliche Identität angezeigt.
  - wird der Firmware- und Hardware-Stand des Gerätes im CoE angezeigt.
  - ist ein grünes **Online Data** zu sehen.

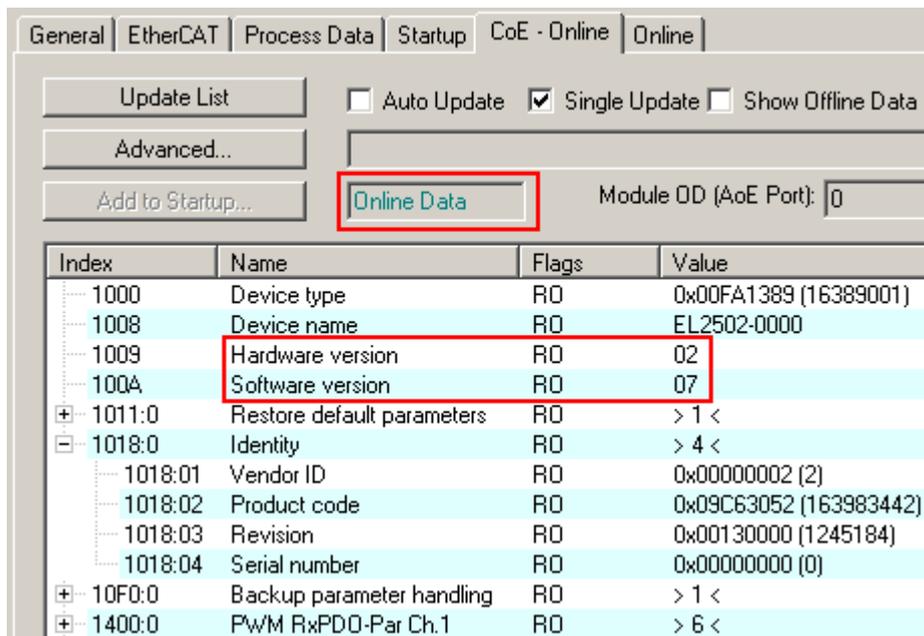


Abb. 128: Online-Verzeichnis

**Kanalweise Ordnung**

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

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

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

Allgemein wird dies geschrieben als 0x80n0.

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

## 5.9 Distributed Clock

Die Distributed Clock stellt eine lokale Uhr im EtherCAT Slave Controller (ESC) dar mit den Eigenschaften:

- Einheit *1 ns*
- Nullpunkt *1.1.2000 00:00*
- Umfang *64 Bit* (ausreichend für die nächsten 584 Jahre); manche EtherCAT-Slaves unterstützen jedoch nur einen Umfang von 32 Bit, d. h. nach ca. 4,2 Sekunden läuft die Variable über
- Diese lokale Uhr wird vom EtherCAT Master automatisch mit der Master Clock im EtherCAT Bus mit einer Genauigkeit  $< 100$  ns synchronisiert.

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

## 6 Gehäuse

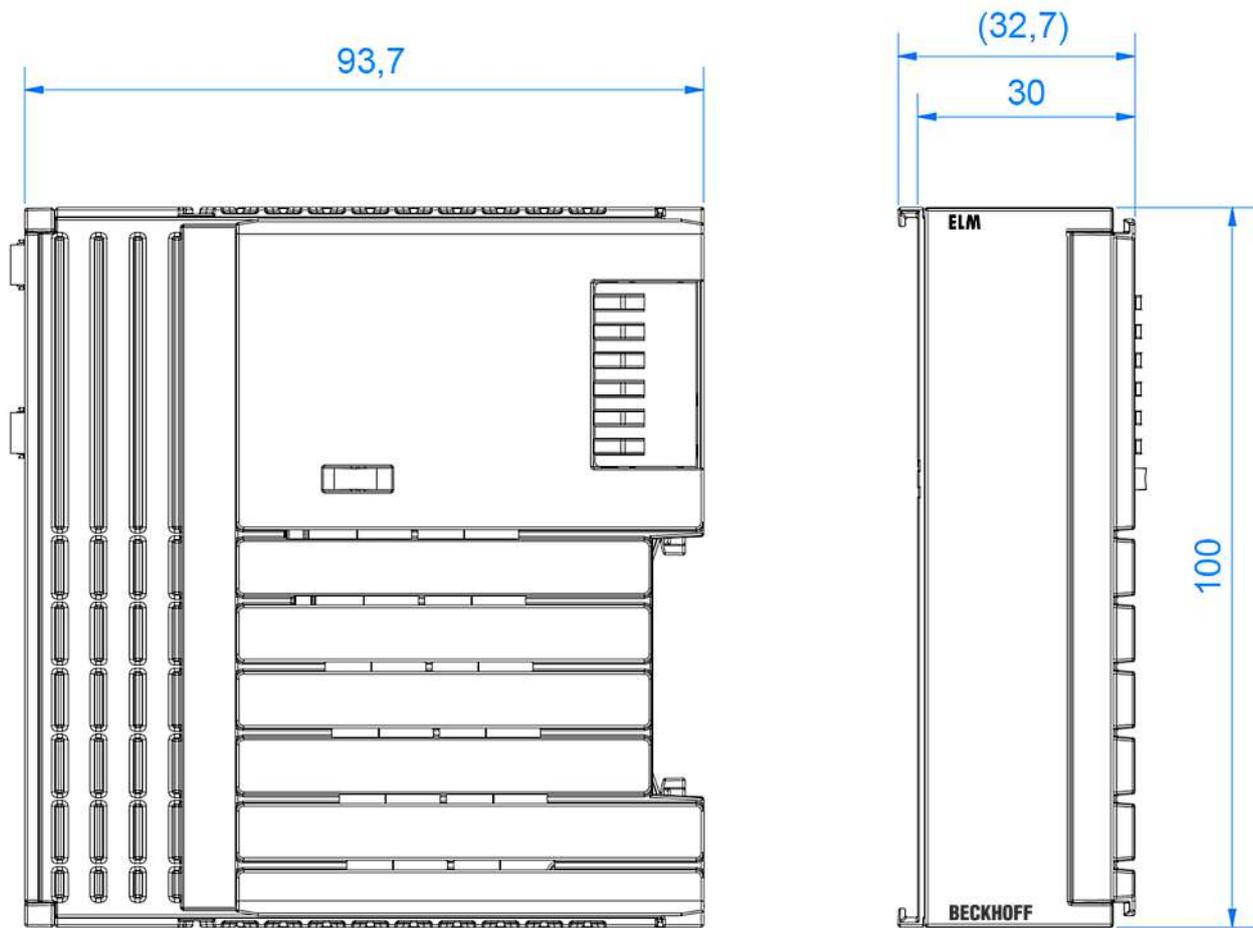


Abb. 129: Abmessungen: ELM2xxx Klemmen

### 6.1 Spezifikationen

#### Gehäusedaten

Klemme	Anschlussart	Breite	Höhe	Tiefe
EL2642	Käfigzugfeder	12 mm	100 mm	68 mm
ELM2642-0000 ELM2644-0000 ELM2742-0000 ELM2744-0000	PushIn zur Direktverdrahtung, Steckeinheit lösbar zu Wartungszwecken	33 mm	100 mm	95 mm

## 7 Montage und Verdrahtung

### 7.1 Hinweise zu Stecker und Verdrahtung

Es liegt in der Natur von EtherCAT IO-Modulen/Klemmen/Box-Modulen, dass sie zwei Anschlusseiten haben: die eine obligatorisch zum Feldbus, um mit dem Modul zu kommunizieren, die andere zum Signal/Sensor/Aktor, um das Modul bestimmungsgemäß verwenden zu können. Die „äußere“ Anschlusseite ist in der Regel mit Kontaktiertechnik ausgerüstet, um die weiterführenden Leitungen anschließen zu können.

Nur wenige IO-Geräte verfügen über keine 2. Seite, wie z.B. die EL6070 Dongle-Klemme oder eine EL6090 Displayklemme.

Im Folgenden einige Hinweise und Anregungen zum Umgang mit der Anschlusstechnik

- **Herstellerseitige Vorgaben/Hinweise** zur Anschlusstechnik sind zu beachten. Ggf. ist vorgesehene Spezialwerkzeug sachgerecht zu verwenden, Stichwort Gasdichtigkeit beim Crimpen durch den Pressdruck.
- Jede lösbare Anschlusstechnik unterliegt Vorgaben zur Anzahl der **Verbindungszyklen**. Bei jedem Lösen/Stecken der Verbindung kommt es zu Reibvorgängen/Abrieb, mechanischer Dehnung/Relaxation, evtl. Eintrag von Schmutz, Zutritt von Gasen/Flüssigkeiten/Betauung, Kontaktentladung, Veränderung der elektrischen Eigenschaften und des Kontaktpunkts (ohmscher Übergangswiderstand). Es treten also mechanische, chemische und damit am Ende elektrische Veränderungen ein, wenn ein Kontakt gelöst/verbunden wird.  
Im Hinblick auf das Einsatzszenario ist deshalb die passende Verbindungstechnik bzw. Geräte mit der passenden Verbindungstechnik zu wählen:
  - Für selten zu lösende Verbindungen können Stecker/Kontakte sinnvoll sein die mit einer max. **Steckzyklenzahl** (laut Hersteller) von 10 bis 100 spezifiziert sind. Dies kann der Fall sein, wenn Geräte einmalig installiert/verdrahtet werden, und über die Lebenszeit nur mit Umverdrahtung im Wartungsfall zu rechnen ist.
  - Für häufig zu lösende Verbindungen müssen Stecker/Kontakte mit einer max. Steckzyklenzahl von 1.000 und aufwärts gewählt werden. Solche Verbindungen sind typischerweise im Laborumfeld zu finden, wo mehrmals täglich die Verkabelung verändert wird und trotzdem über Jahre qualitativ hochwertiger Kontakt sichergestellt sein muss.
- Bei der Handhabung und insbesondere Konfektionierung von Steckern/Kontakten ist streng darauf zu achten, dass auch bei Low-Tech Verbindungen (offene Litze, Käfigzugfeder/Push-In) der **Kontakt mit Handschweiß/Flüssigkeiten** vermieden wird. Saure/Alkalische Flüssigkeiten können sehr aggressiv auf die Kontaktflächen einwirken und führen dort schnell zu Gefügeveränderungen und Oxidationsschichten. Diese wirken äußerst störend im analogen Messbetrieb, insbesondere da sie die Reproduzierbarkeit von Messungen untergraben und damit (wenn bekannt) eine sehr große systematische Messunsicherheit bewirken. Gegebenenfalls kann eine nachfolgende gründliche Reinigung vorgesehen werden.
- Die auftretende/erwartete **Belastung im Betrieb** muss dringend bei der Steckerauswahl bedacht werden.
- Außerordentliche Schwingungen können zu Mikroreibung/Korrosion führen und die elektrischen Eigenschaften verändern, bis zum vollständigen Kontaktabbruch.
- Temperatur hat Einfluss u.a. auf die mechanische Festigkeit der Verbindung und die Federkräfte in metallischen Komponenten.
- Gas/Flüssigkeitseinwirkung kann die Verbindung schädigen, insbesondere wenn sie in den eigentlichen Kontaktbereich dringt und dort nicht mehr entweichen kann.
- Im analogen Messtechnischen Bereich ist die **elektrische Qualität** der Verbindung, sowohl kurzzeitig im Inbetriebnahmefall als auch über die Lebensdauer unter äußeren Einflüssen und ggf. wiederholten Steckzyklen von hoher Relevanz. Dies drückt sich in der Wiederholpräzision des Übergangs aus, der Einfluss ist gegen die gesetzten Genauigkeitserwartungen zu prüfen. Hauptsächlich ist dort der (frequenzabhängige) Kontaktwiderstand relevant; Effekte können sein:
  - Durch Erhöhung des Kontaktwiderstands kommt es bei Stromübertragung zu Spannungsabfall und damit gegebenenfalls kritischer Eigenerwärmung

- Der interne Spannungsabfall kann entsprechende Messungen verfälschen. Um Auswirkungen zu vermeiden sind 4/5/6-Leiter-Verbindungen in der DMS/Widerstandsmessung vorzusehen, da nicht-stromführende Kontakte keinen verfälschenden Spannungsabfall mehr aufweisen. Die beliebte 3-Leiter-Verbindung bei Widerstandsmessung (PT100, PT1000 etc.) ist kein absoluter Schutz da die singuläre Leitung nicht diagnostiziert werden kann. Strom/Spannungsmessungen im industriellen Umfeld sind weniger sensibel auf Kontaktveränderungen.
- Bei schadhafter Kontaktoberfläche kann es je nach Kontaktlage zu zufälligen Widerstandsverhältnissen kommen, je nach Lage/Temperatur. Damit wird eine reproduzierbare Messung schwierig.
- Der **Aufwand für die Herstellung der Verbindung**, das Konfektionieren der Leitungen/Stecker, steigt in der Regel mit dem Anspruch an die Übertragungsqualität. Dies betrifft die benötigten Werkzeuge, Sorgfalt der Ausführung und Zeitbedarf. Beispiele:
  - Die in der Automatisierungstechnik übliche Käfigzugfeder/Push-In-Verbindung (Beispiel Beckhoff EL-Klemmen) ist in wenigen Sekunden mit oder ohne Aderendhülse hergestellt oder gelöst, ein Schraubendreher oder Drückstift ist ausreichend. Dafür ist die (ohmsche) Wiederholgenauigkeit oft nicht ausreichend für hochpräzise Messungen im DMS/R-Bereich.
  - Zur Konfektionierung eines Labor-üblichen LEMO/ODU-Steckers (Beispiel Beckhoff ELM3704-0001) sind einige 10 Minuten und Kosten von einigen 10 € anzusetzen - je nach Polzahl. Dafür erhält man höchstwertige Verbindungstechnik mit hoher zugelassener Steckzyklenzahl.
  - Eine Zwischenform können feldkonfektionierbare M8/M12-Verbindungen sein. Aus Dichtigkeitsgründen sind sie aufwendiger zu konfektionieren (ggf. löten oder Schneidklemmtechnik), von der Steckzyklenzahl sind sie oft eher im Bereich der Wartungsstecker anzusiedeln.
- Eine konfektionierte Verbindung sollte vor Inbetriebnahme elektrisch/mechanisch geprüft werden: Sichtkontrolle, Auszugstest, Crimphöhenmessung, Widerstandsmessung etc.

## 7.2 Hinweise Anschlusstechnik

### ⚠️ WARNUNG

#### Verletzungsgefahr durch Stromschlag und Beschädigung des Gerätes möglich!

Setzen Sie das Busklemmen-System in einen sicheren, spannungslosen Zustand, bevor Sie mit der Montage, Demontage oder Verdrahtung der Busklemmen beginnen!

#### Anschlussbauform: Push-In mit Wartungsstecker

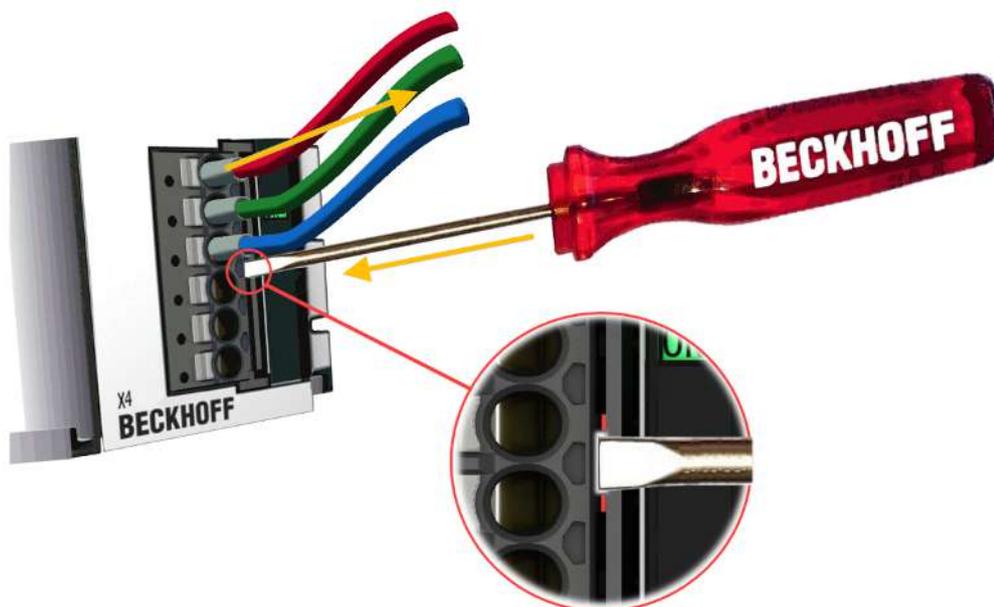
Der Leiteranschluss erfolgt in Direktstecktechnik, d.h. bei massiven Leitern werkzeuglos, der Leiter wird nach dem Abisolieren einfach in die Kontaktstelle gesteckt. Ebenso bei Aderendhülse. Freie Litzenenden können ebenfalls gesteckt werden, dann ist der Ader-Klemmmechanismus durch Betätigung des Drückers zu öffnen.

Das Lösen der Leitungen erfolgt, wie bei den Standardklemmen, über die Kontakt-Entriegelung mit Hilfe eines Schraubendrehers oder Drückers.

Die Leitungen dürfen nicht spannungsführend oder unter Last gesteckt/gezogen werden.

Zu Wartungszwecken z.B. im Servicefall kann ohne Lösen der einzelnen Adern der gesamte Steckkörper aus der Beckhoff-Klemme gezogen werden. Dazu mit einem Schraubendreher (z.B. Beckhoff ZB8700) die mittige Entriegelung zu lösen und an den Leitungen der Steckkörper herauszuziehen.

Auch der Wartungsstecker hat keine spezifizierte Schaltleistung, auch er darf nicht spannungsführend oder unter Last gesteckt/gezogen werden.



Den zulässigen Leiterquerschnitt bzw. die Abisolierlänge entnehmen Sie der nachfolgenden Tabelle.

Leitungsquerschnitt (eindrätig)	0,2 ... 1,5 mm <sup>2</sup>
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,2 ... 1,5 mm <sup>2</sup>
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,25 ... 0,75 mm <sup>2</sup> (mit Aderendhülse mit Kunststoffkragen)
Leitungsquerschnitt (feindrätig)	0,25 ... 1,5 mm <sup>2</sup> (mit Aderendhülse ohne Kunststoffkragen)
Strombelastbarkeit, dauernd	5 A
Leiter (AWG)	24 – 14   14: THHN, THWN
Abisolierlänge	8 ... 9 mm / 0,31 – 0,35 in

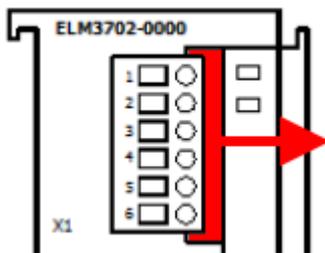
#### Kontakt lösen

Der Push-In-Stecker wird schon in der Klemme befindlich mitgeliefert.

Der Push-In Stecker ist als Wartungsstecker ausgelegt.

Maximale Steckzyklenzahl: 10

Der Stecker mit gesteckten Adern kann entnommen werden, wenn die Entriegelungslasche (rot) z.B. mit einem Schraubendreher in Pfeilrichtung gedrückt und somit die Entriegelung gelöst wird.



Beim Wieder-Einsetzen ist auf penible Sauberkeit zu achten, die Stifte in der Gerätewanne dürfen nicht berührt werden. Der Stecker ist einzusetzen bis er hörbar einrastet und die Steckerfront flächig mit dem ELM-Gehäuse abschließt.

## 7.3 Hinweis zur Spannungsversorgung

### ⚠️ WARNUNG

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

Zur Versorgung dieses Geräts müssen SELV- / PELV-Stromkreise (Sicherheitskleinspannung, "safety extra-low voltage" / Schutzkleinspannung, „protective extra-low voltage“) nach IEC 61010-2-201 verwendet werden.

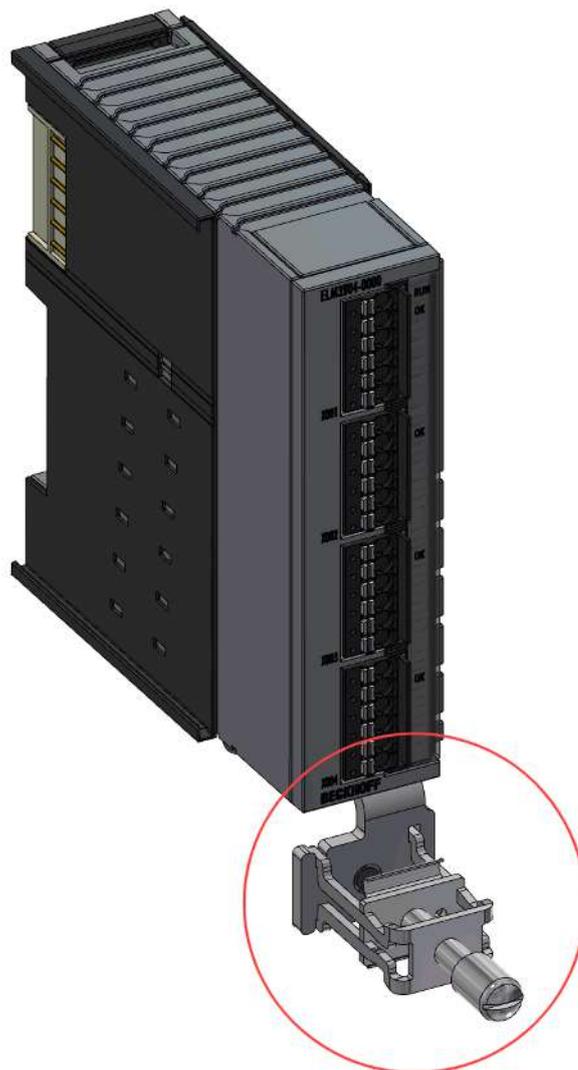
Hinweise:

- Durch SELV/PELV-Stromkreise entstehen eventuell weitere Vorgaben aus Normen wie IEC 60204-1 et al., zum Beispiel bezüglich Leitungsabstand und -isolierung.
- Eine SELV-Versorgung liefert sichere elektrische Trennung und Begrenzung der Spannung ohne Verbindung zum Schutzleiter, eine PELV-Versorgung benötigt zusätzlich eine sichere Verbindung zum Schutzleiter.

## 7.4 Zubehör

Für die analogen Eingangsklemmen der ELM3xxx-Serie ist derzeit folgendes Zubehör verfügbar

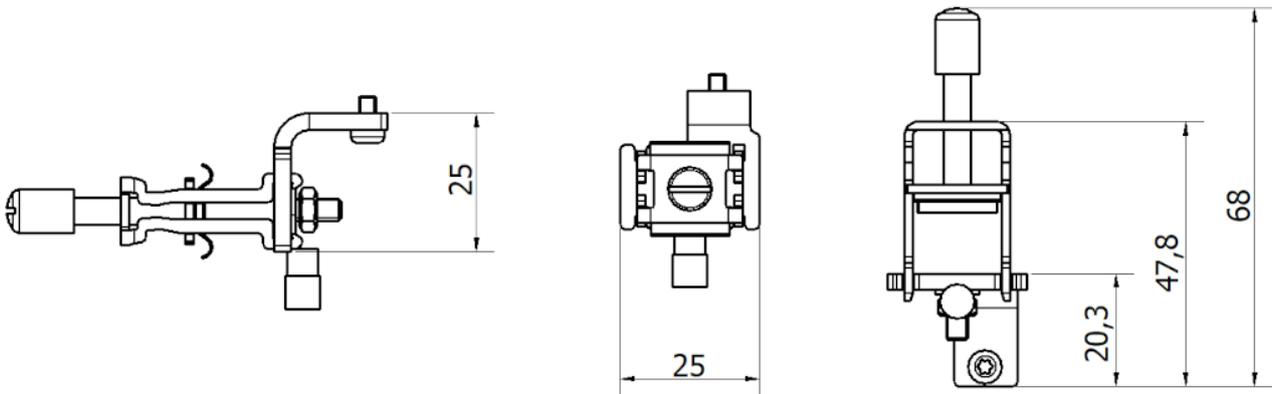
### 7.4.1 Schirmanschluss



Der Schirmanschluss ist ein optionales Bauteil, dass an der Unterseite des ELMxxxx Gehäuses montiert werden kann. Er ist gesondert zu bestellen.

Verfügbare Modelle

- ZS9100-0002: Schirmanschluss für ELM-Serie
  - Schraubklemmung, VPE=1 Stk



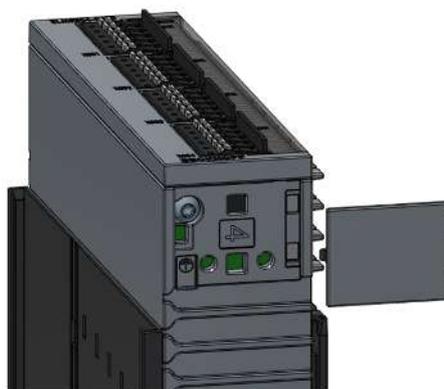
- ZS5300-0015: Schirmblech für EtherCAT-Anschluss der EtherCAT-Klemmen ELM721x/ELM722x
  - Klemmung, 2 Leitungen, VPE = 5 Stk
- ZS5300-0016: Schirmblech für EtherCAT-Anschluss der EtherCAT-Klemmen ELM723x
  - Klemmung, 1 Leitung, VPE = 5 Stk

Er dient dazu, elektrische Störsignale, die über den Kabelschirm ankommen, am Gehäuse niederohmig zu erden. Die Störungen fließen dann über das metallische ELM-Gehäuse und die integrierten Erdungsfedern an die Hutschiene ab. Damit das funktioniert, ist natürlich auch die Hutschiene/der Schaltschrank niederohmig anzubinden.

**Hinweis:** Elektrische Störungen sind meist hochfrequent, also ist nicht nur auf eine gute niederohmige Verbindung für DC-Signale zu achten (Durchgangstest mit dem Multimeter), sondern auch die Wirksamkeit für hochfrequente Signale ist von Bedeutung, also eine sog. niederimpedante Anbindung. Entweder wird dies mit speziellen Messgeräten getestet, oder die allgemeinen Installationsvorschriften bzgl. EMV-gerechtem Schaltschrankbau werden beachtet.

Die Verwendung des Schirmanschlusses ist wie folgt vorgesehen:

- die Kunststoffabdeckung am ELM-Gehäuse abhebeln, für spätere Wiederverwendung ggf. aufbewahren
- den Schirmanschluss mit der mitgelieferten Schraube befestigen, die Kontaktflächen sind ggf. zu reinigen. Das 2.Schraubloch bleibt frei für einen fallweise nötigen PE-Anschluss.
- das zugeführte Signalkabel entmanteln, unter der Schirmklammer durchführen und diese handfest zuschrauben (empfohlenes Anzugsmoment der Schraube: 0,5 Nm)
- die Adern des Signalkabels am Stecker auflegen
- Zur Demontage ist umgekehrt vorzugehen.



**Hinweis:** der Schirmanschluss ist keine Zugentlastung!

Alternative Methoden der Schirmanbindung analoger Signalleitungen:

- Beckhoff Schirmanschlusssystem ZB8500 <https://www.beckhoff.de/zb8500/>



- Separate Schirmauflage je nach Anforderung

## 7.4.2 Schirmhaube ZS9100-0003

Die Schirmhaube ist ein optionales Bauteil für die ELMxxxx-Gehäuseserie. Sie ist gesondert zu bestellen.

Sie beeinträchtigt die Sichtbarkeit der LED-Anzeigen der Klemme nicht.



Die Schirmhaube ist für zwei Einsatzzwecke vorgesehen

- Elektromagnetische Abschirmung von Störungen  
Werden die Push-In Stecker verwendet, stellen diese ein Einfallstor für Störungen in die Klemme dar da sie aus Kunststoff bestehen. Deshalb kann (auch nachträglich) die Schirmhaube montiert werden um einen rundum geschlossenen metallischen Käfig um Klemme und Signalkabel zu gewährleisten. Alternativ können ELMxxxx-Klemmen mit geschirmten Steckern (z.B. LEMO, BNC) verwendet werden, dann wird die Schirmhaube nicht benötigt.
- Thermische Abschirmung bei Thermoelement-Messung  
Wird die ELM3xxx Klemme zur Messung von Temperaturen per Thermoelement eingesetzt, trägt die **integrierte** Kaltstellenmessung erheblich zur Gesamtmessunsicherheit bei. Thermische Unruhe durch vorbeiströmende Luft und Strahlungswärme kann zu großen Temperaturgradienten im Steckerbereich

führen und damit zu schwankenden Temperaturmessungen. Bei Verwendung der Schirmhaube wird der Steckerbereich abgeschirmt und eine thermisch beruhigte Umgebung gefördert. Damit kann die erzielbare Messgenauigkeit gesteigert werden.

Es können 1..4 handelsübliche Signalleitungen bis ca. 7 mm Schirmdurchmesser (entspricht meist ca. 9 mm Außendurchmesser) zugeführt werden.

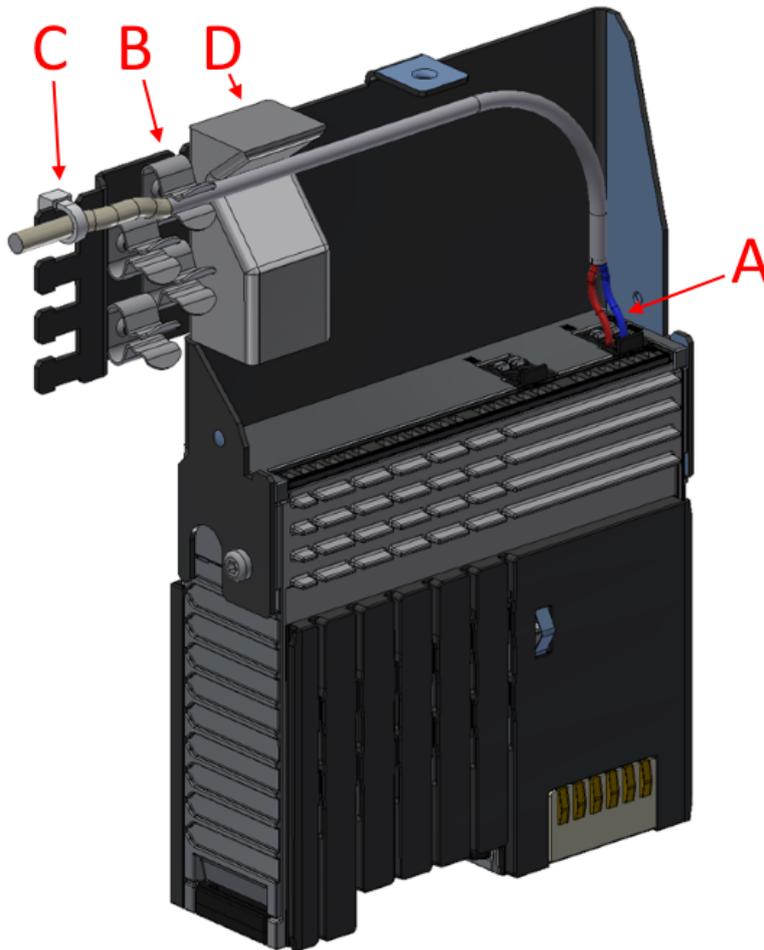
Technische Daten	ZS9100-0003
Gewicht	ca. 190 g
Abmessungen (B x H x T)	26 x 145 x 93 mm eff. aufbauende Tiefe nach Montage: 74 mm
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb und bei Lagerung	-40...+85 °C
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27 Verwendungseinschränkung s.u.
Schutzart	IP 20
Einbaulage	beliebig
Zulassung	CE

Die Verwendung der Schirmhaube ist wie folgt vorgesehen:

- die beiden lackierten Kunststoffabdeckungen am ELM-Gehäuse oben und unten mit einem Schraubendreher abhebeln, für spätere Wiederverwendung ggf. aufbewahren.
- die Schirmauflage aufschieben und mit den drei beigelegten Schrauben befestigen. Am 4. Schraubloch unten kann fallweise eine PE-Verbindung gesetzt werden.



- die Signalleitungen entmanteln, die Adern in die Stecker (A) einführen. Dann das Schirmgeflecht in den EMV-Bügel (B) drücken und das Kabel mit dem beigelegten Kabelbinder an der Zugentlastungsschelle (C) befestigen. Dabei Empfehlungen zum Biegeradius der Leitungshersteller beachten.



- im Weiteren soll das Schirmgeflecht auf dem leitfähigen Schaumstoffblock (D) aufliegen. Dieser Block sorgt für eine EMV-gerechte Abdichtung wenn die Haube geschlossen ist.
- Die Haube aufsetzen und mit der Rändelschraube handfest anziehen. Darauf achten dass die lackfreien Bereiche und der Schaumstoffblock gut kontaktieren.



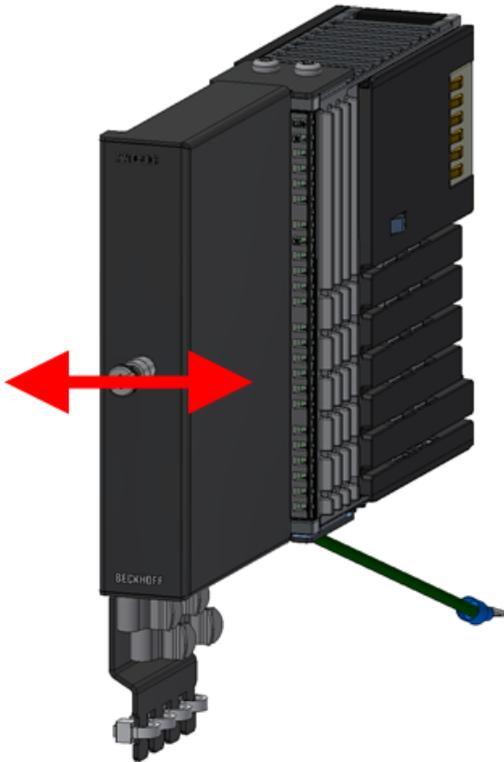
- Zur Demontage ist umgekehrt vorzugehen.

Eine Betriebsmittelkennzeichnung ist ggf. auf der Haube zu wiederholen.

### HINWEIS

#### Hinweis zum Einsatz unter Schwingungsbelastung

Ein Einsatz der ELM-Klemmen mit montierter Schirmhaube ZS9100-0003 unter Schwingungs- und Schockeinwirkung in Richtung Hutschienenverlauf (roter Pfeil) ist, unabhängig von der Einbaulage, nicht zulässig.



Tritt in Betrieb Schwingungs-/Schockeinwirkung unvermeidlich auf, ist eine Einbaulage zu wählen, die die ELM-Klemme bzw. die Schirmhaube nicht in der angegebenen Pfeilrichtung belastet. Grundsätzlich ist bei Schwingungs-/Schockeinwirkung eine zusätzliche mechanische Abstützung von Schirmhaube bzw. Kabeln empfehlenswert.

### 7.4.3 Ersatzstecker Push-In ZS2001-000x

Die schwarzen Push-In Wartungsstecker für ELM/EKM-Klemmen können separat als Ersatzteil bezogen werden. Je VPE sind 10 Stück enthalten.

#### ZS2001-000x

Anzahl Pole	Bezeichnung
2	ZS2001-0006
4	ZS2001-0007
6	ZS2001-0008
10	ZS2001-0009



## 7.5 Allgemeine Hinweise zu den Power-Kontakten

Wenn die Klemme keine eigene Durchleitung oder Speisung der Powerkontakte aufweist, darf die Klemme rechts davon keine links herausstehenden Powerkontakte aufweisen. Diese wären offen zugänglich, falls die Klemme von der Hutschiene gezogen wird.

Sehen Sie dazu auch

☰ Hinweise Anschlusstechnik [▶ 124]

## 7.6 Einbaulagen

### HINWEIS

#### Einschränkung von Einbaulage und Betriebstemperaturbereich

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

#### Optimale Einbaulage (Standard)

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

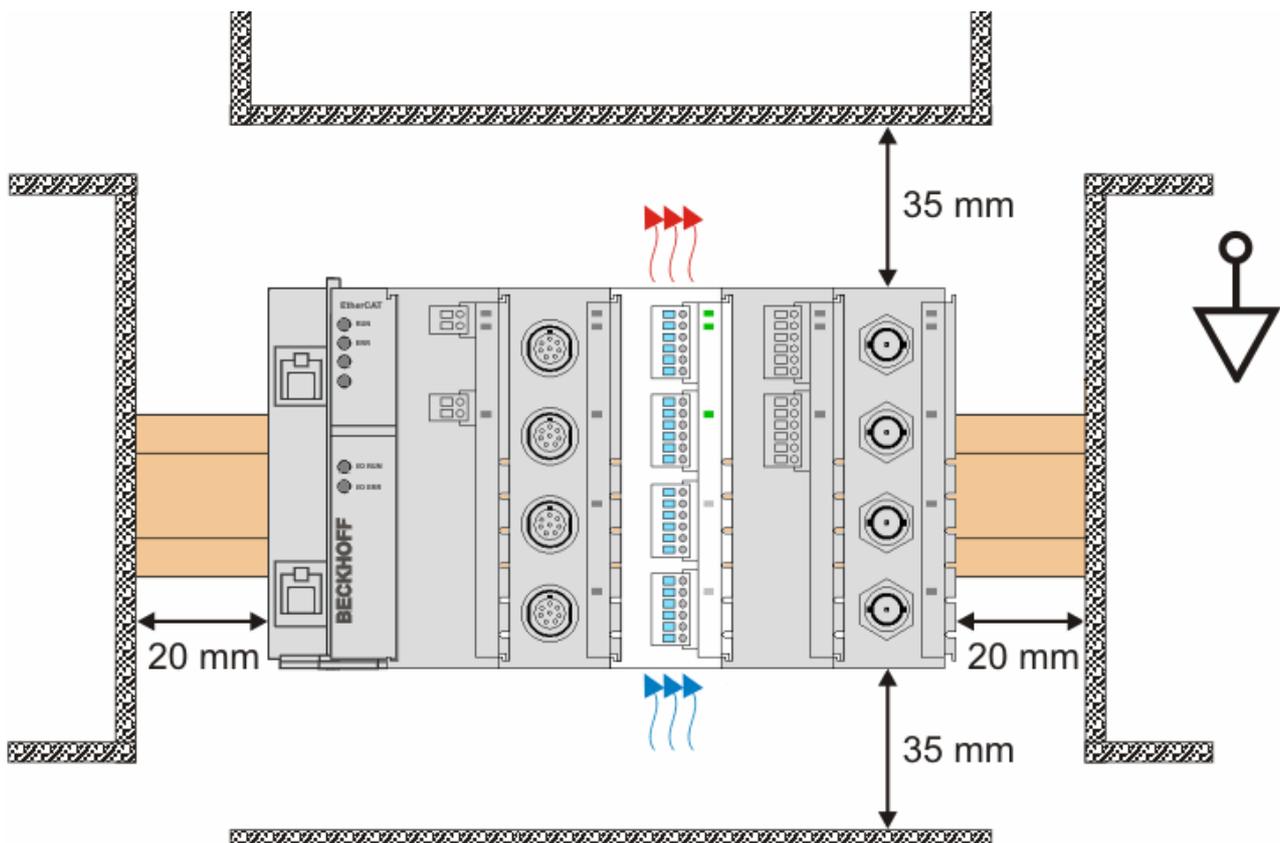


Abb. 130: Empfohlene Abstände bei Standard Einbaulage

Die Einhaltung der Abstände nach Abb. „Empfohlene Abstände bei Standard Einbaulage“ wird empfohlen.

## Weitere Einbaulagen

Alle anderen Einbaulagen zeichnen sich durch davon abweichende räumliche Lage der Tragschiene aus, s. Abb. „*Weitere Einbaulagen*“.

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

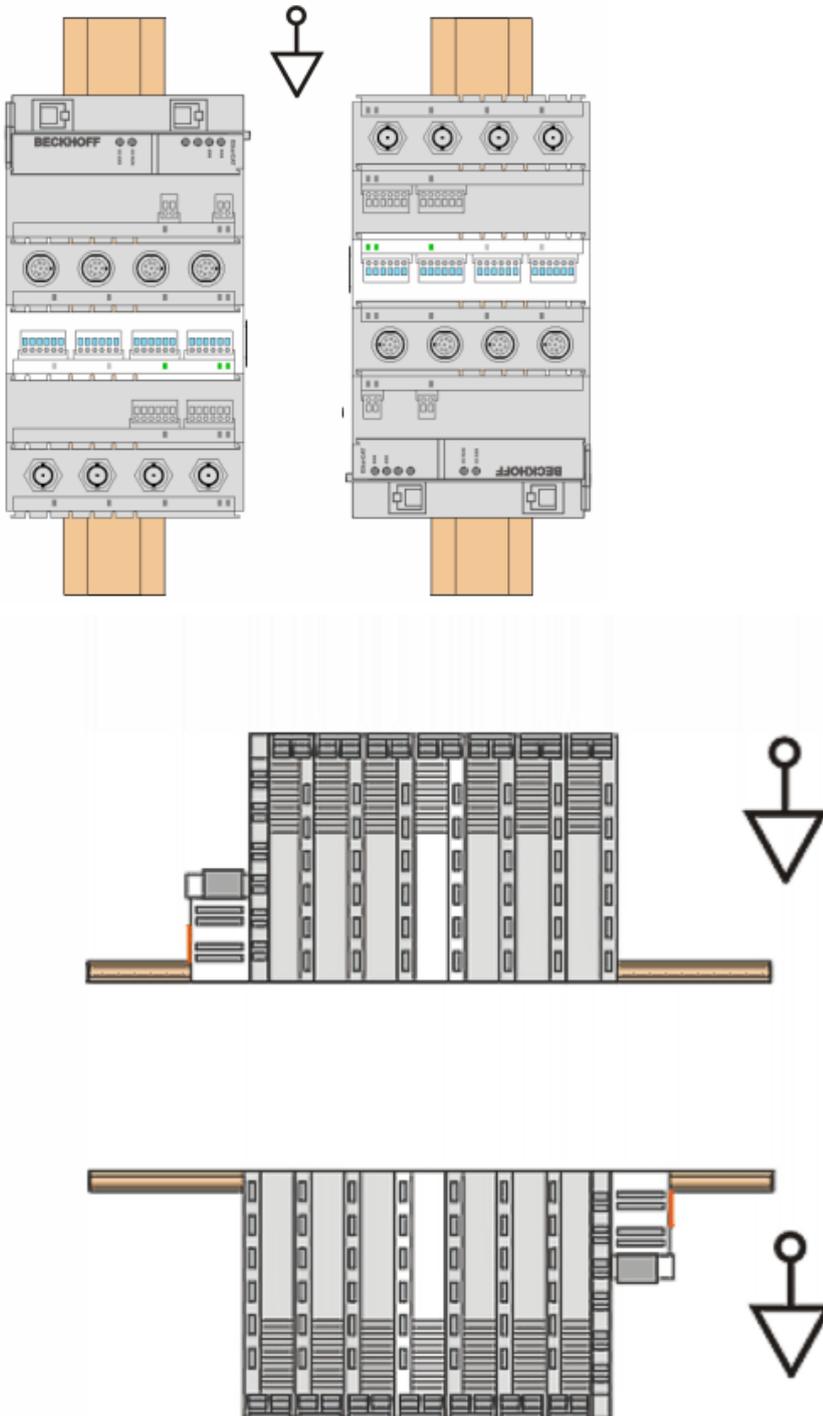


Abb. 131: *Weitere Einbaulagen*

## 7.7 Montage von passiven Klemmen

### **i** Hinweis zur Montage von Passiven Klemmen

EtherCAT-Busklemmen (ELxxxx / ESxxxx), die nicht aktiv am Datenaustausch innerhalb des Busklemmenblocks teilnehmen, werden als passive Klemmen bezeichnet. Zu erkennen sind diese Klemmen an der nicht vorhandenen Stromaufnahme aus dem E-Bus. Um einen optimalen Datenaustausch zu gewährleisten, dürfen nicht mehr als 2 passive Klemmen direkt aneinander gereiht werden!

#### Beispiele für Montage von passiven Klemmen (hell eingefärbt)

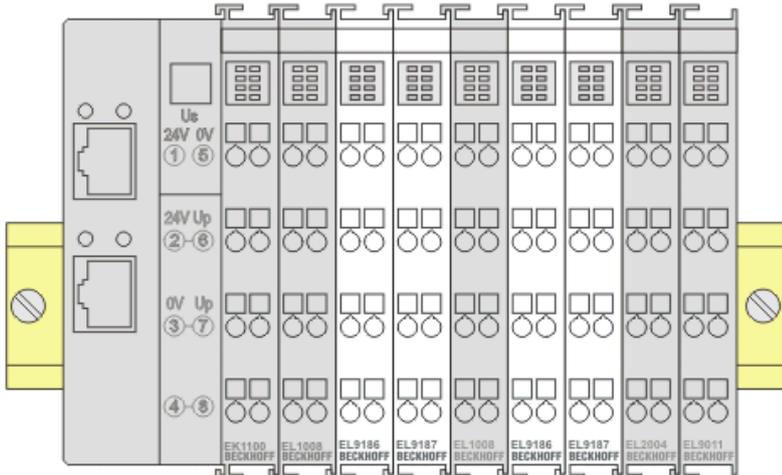


Abb. 132: Korrekte Konfiguration

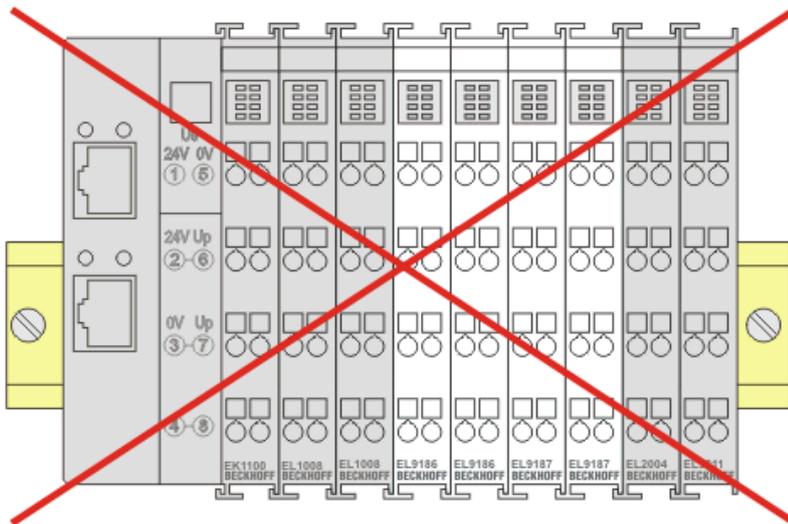


Abb. 133: Inkorrekte Konfiguration

## 7.8 Schirmkonzept

Die vorkonfektionierten Leitungen von Beckhoff Automation bieten zusammen mit der Schirmschiene einen optimalen Schutz gegen elektro-magnetische Störungen.

Es wird empfohlen, den Schirm möglichst nah an der Klemme aufzulegen, um Störungen auf ein Minimum zu reduzieren.

### Anschluss der Motorleitung an die Schirmschiene

Befestigen Sie die Schirmschienenträger 1 auf der Hutschiene 2. Die Tragschiene 2 muss großflächig mit der metallischen Rückwand des Schaltschranks verbunden sein. Montieren Sie die Schirmschiene 3 wie in Abb. „Schirmschiene“ abgebildet.

Alternativ kann ein Schirmschienen-Bügel 3a direkt mit der metallischen Rückwand des Schaltschranks verschraubt werden (Abb. „Schirmschienen-Bügel“)

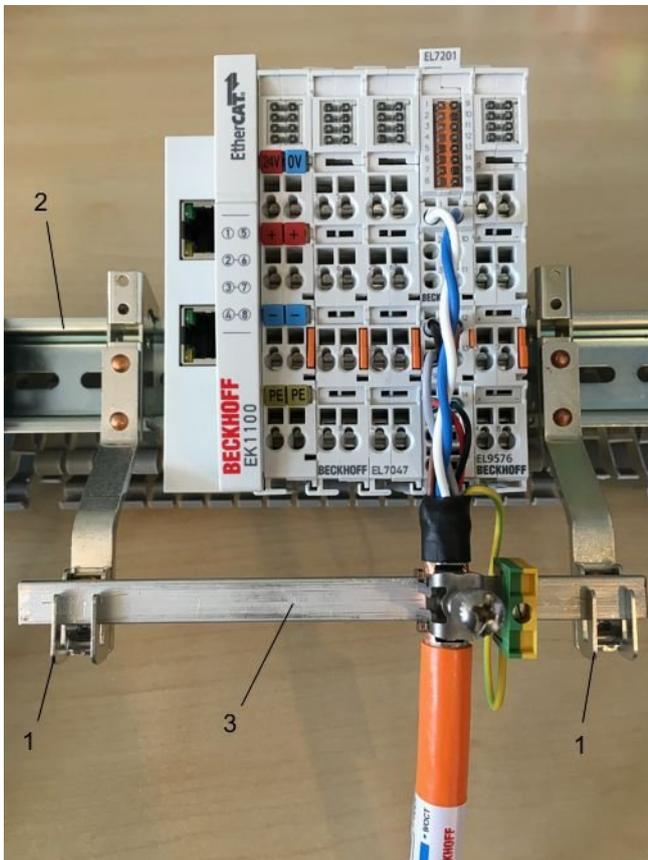


Abb. 134: Schirmschiene

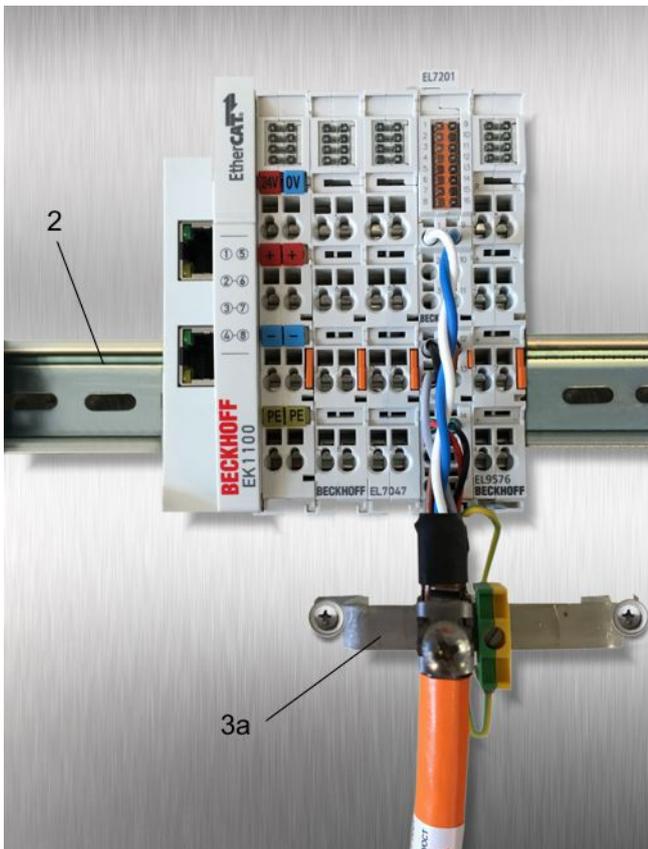


Abb. 135: Schirmschienen-Bügel

Verdrahten Sie die Adern 4 der Motorleitung 5 und befestigen Sie dann das kupferummantelte Ende 6 der Motorleitung 5 mit der Schirmschelle 7 an die Schirmschiene 3 bzw. Schirmschienen-Bügel 3a. Ziehen Sie die Schraube 8 bis zum Anschlag an. Befestigen Sie die PE-Schelle 9 an die Schirmschiene 3 bzw. Schirmschienen-Bügel 3a. Klemmen Sie die PE-Ader 10 der Motorleitung 5 unter die PE-Schelle 9.

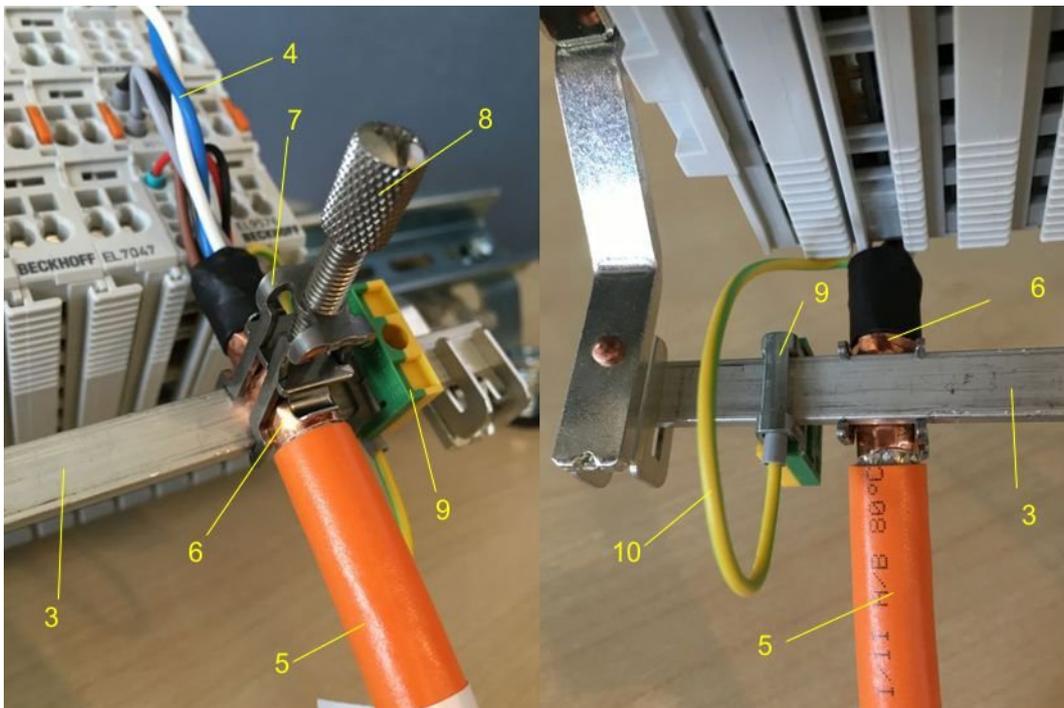


Abb. 136: Schirmanbindung

## Anschluss der Feedbackleitung an den Motor

### ● Verdrillen der Feedbackleitungen



Die Feedbackleitungen sollten verdrillt werden, um Störeinflüsse zu minimieren.

Beim Anschrauben des Feedbacksteckers an den Motor wird der Schirmanschluss der Feedbackleitung über die metallische Steckerbefestigung hergestellt.

Auf der Klemmenseite kann der Schirm ebenfalls aufgelegt werden. Verdrahten Sie die Adern der Feedbackleitung und befestigen Sie das kupferummantelte Ende der Feedbackleitung mit der Schirmschelle 7 an der Schirmschiene 3 bzw. Schirmschienen-Bügel 3a. Motor- und Feedbackleitung können zusammen mit der Schraube 8 der Schirmschelle 7 aufgelegt werden.

## 7.9 Speisung, Potentialgruppen

Galvanische Trennungen bei EL2642, ELM264x, ELM274x

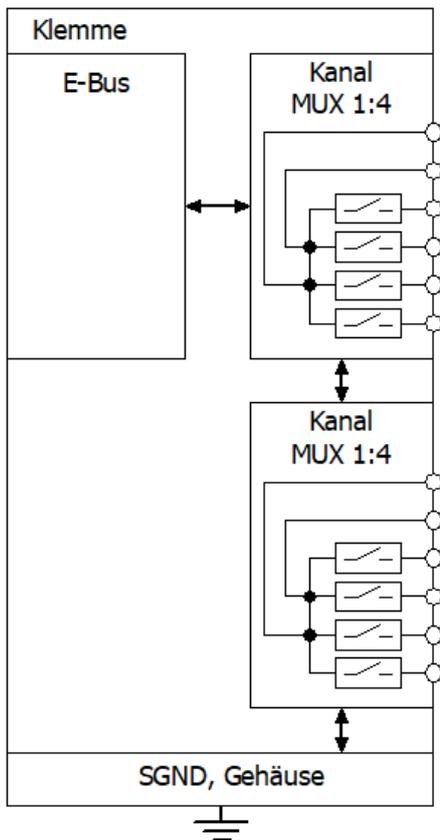


Abb. 137: Darstellung der galvanischen Trennung I/O zu Versorgung bei EL2642, ELM264x, ELM274x

## 7.10 Tragschienenmontage für ELM/EKM-Klemmen

### ⚠ WARNUNG

**Verletzungsgefahr durch Stromschlag und Beschädigung des Gerätes möglich!**

Setzen Sie das Busklemmen-System in einen sicheren, spannungslosen Zustand, bevor Sie mit der Montage, Demontage oder Verdrahtung der Busklemmen beginnen!

### Montage

Die ELM-Klemmen werden auf handelsübliche 35 mm Tragschienen (Hutschienen nach EN 60715) wie folgt aufgerastet:

- Das ELM-Klemmen kann einfach auf die Tragschiene aufgerastet werden. Dazu müssen die Riegel an der Ober- und Unterseite der Klemme zuerst geöffnet werden:

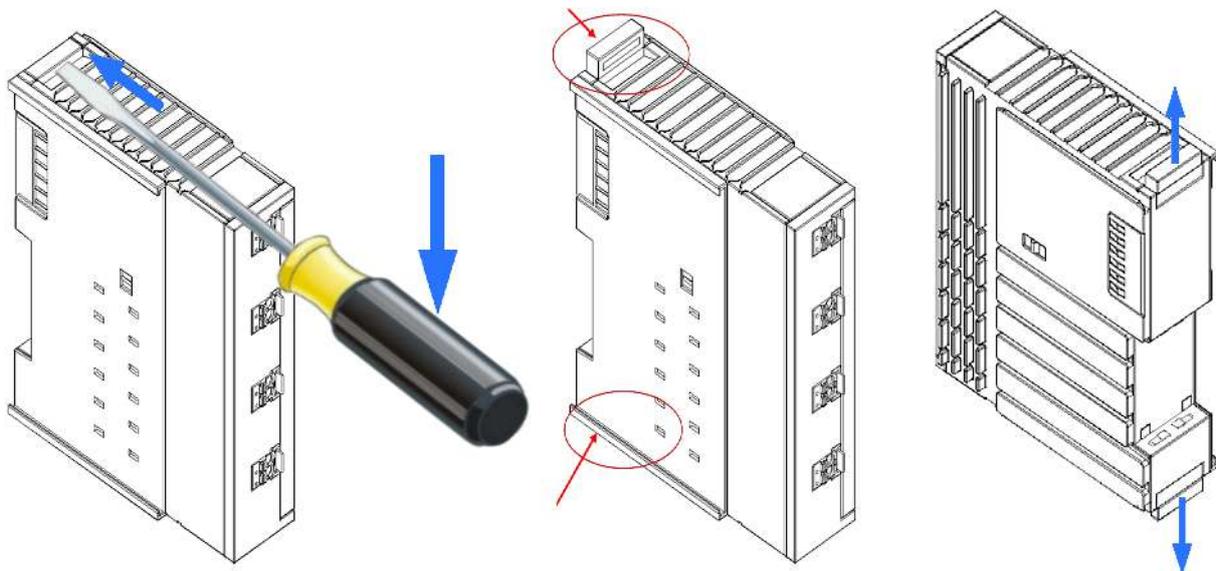


Abb. 138: Öffnen der Riegel durch Anheben an der Ober- und Unterseite z.B. mit einem Schraubendreher

- Stecken Sie die ELM-Klemme bei weiteren bereits auf der Tragschiene befindlichen Klemmen mit Nut und Feder zusammen und schieben Sie es so weit, bis es auf den Aufsetzpunkt der Tragschiene einrastet. Danach schließen Sie die beiden Riegel entsprechend an der Ober- und Unterseite der Klemme:

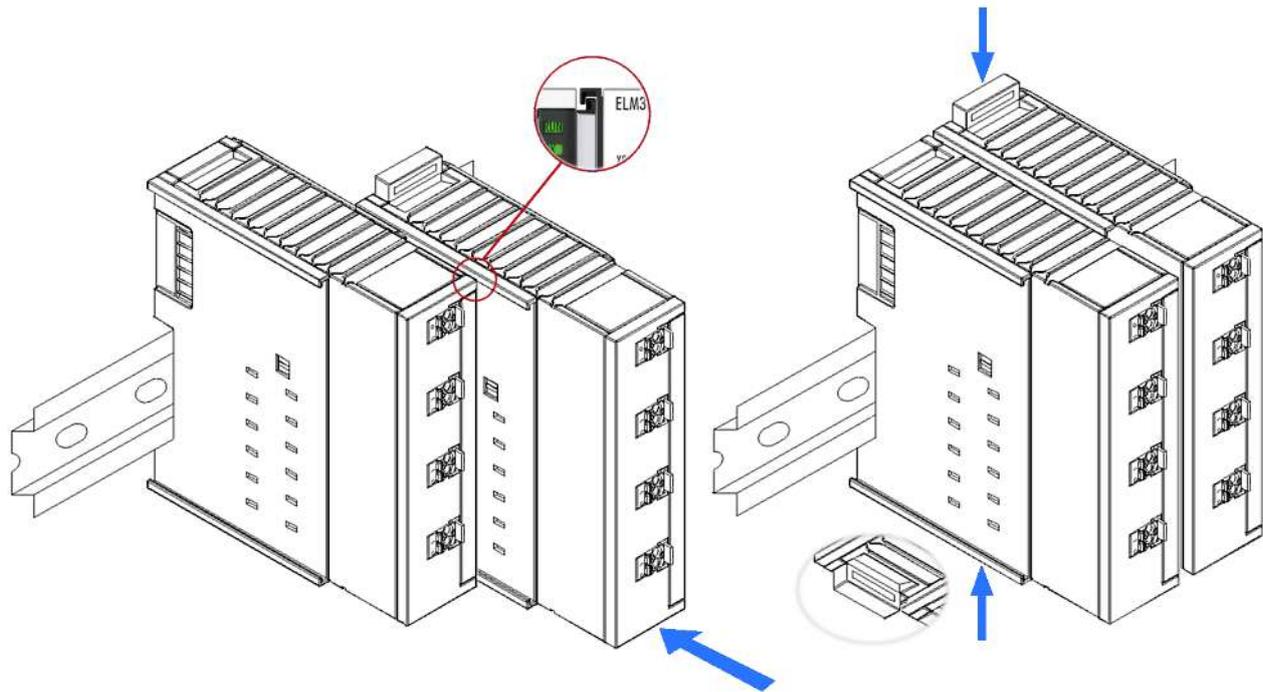
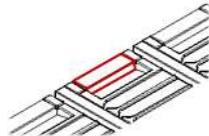


Abb. 139: Einschieben der ELM-Klemmen und schließen der Tragschienenriegel oben und unten

- Beim Schließen der beiden Riegel darf kein störender mechanischer Widerstand wahrnehmbar sein. Die Riegel müssen einschnappen, so dass sie plan mit dem Gehäuse abschließen:



**Achtung:** Wenn Sie die ELM-Klemmen erst auf die Tragschiene einrasten und dann nebeneinander schieben ohne das Nut und Feder ineinander greifen, wird keine funktionsfähige Verbindung hergestellt! Bei richtiger Montage darf kein nennenswerter Spalt zwischen den Gehäusen zu sehen sein.

### Demontage

Jede Klemme wird durch eine Verriegelung auf der Tragschiene gesichert, die zur Demontage gelöst werden muss. Das Vorgehen zur Demontage ist in *umgekehrter* Abfolge vorzunehmen wie bei der [Montage](#) [► 139] beschrieben:

1. Entriegeln Sie die Tragschienenverriegelung der ELM-Klemme an der Ober- und Unterseite und Sie können die Klemme nun ohne großen Kraftaufwand aus dem Busklemmenblock herausziehen.
2. Greifen Sie dazu mit Daumen und Zeigefinger die entriegelte Klemme gleichzeitig oben und unten an den Gehäuseflächen und ziehen Sie sie aus dem Busklemmenblock heraus.

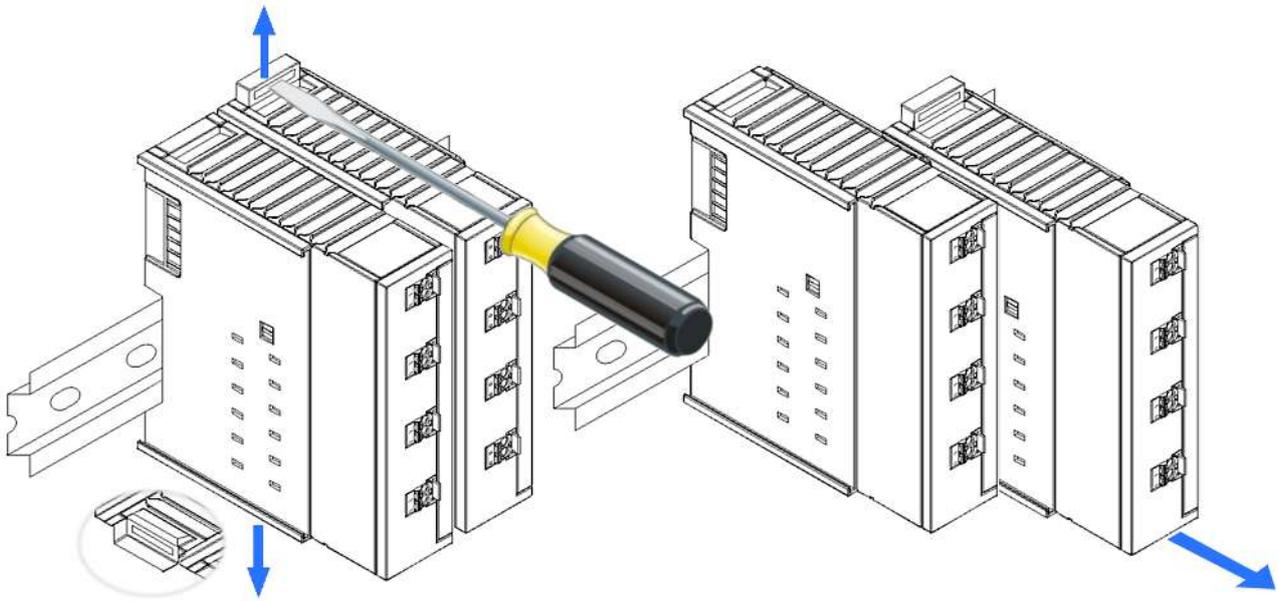


Abb. 140: Öffnen des oberen und unteren Tragschienenriegels und herausziehen der ELM-Klemme

### Verbindungen innerhalb eines Busklemmenblocks

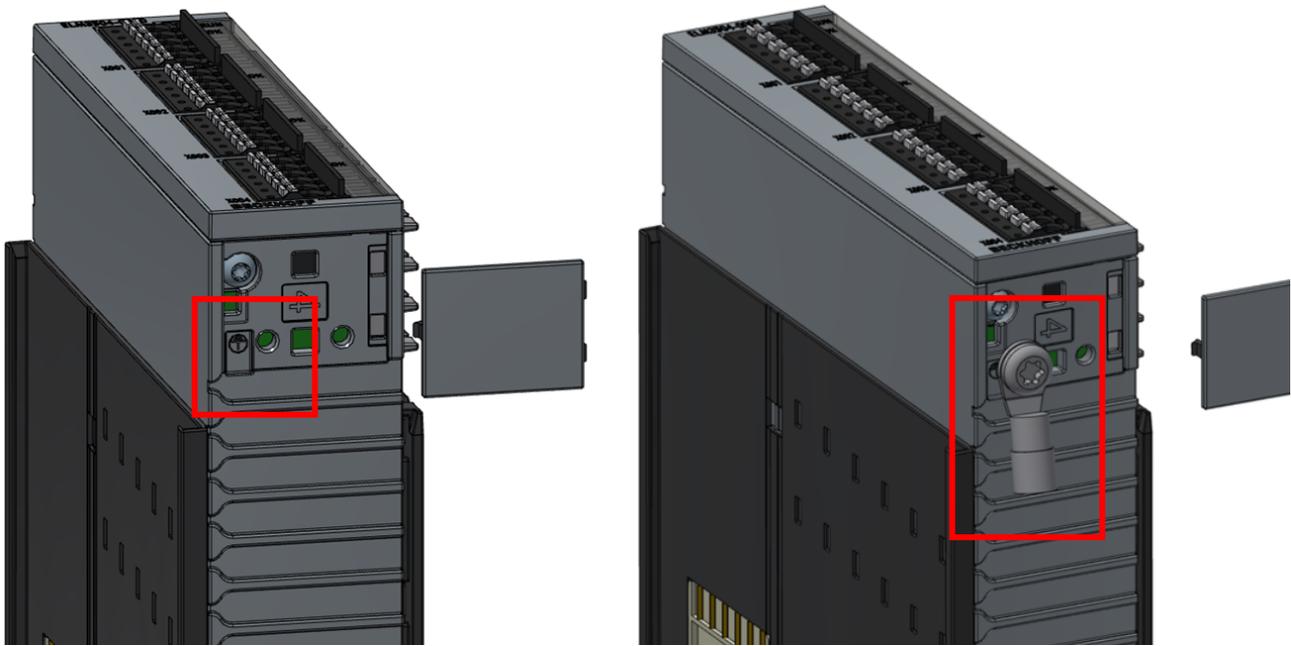
Die elektrischen Verbindungen zwischen Buskoppler und Busklemmen werden durch das Zusammenstecken der Komponenten automatisch realisiert: Die sechs Federkontakte des E-Bus übernehmen die Übertragung der Daten und die Versorgung der Busklemmenelektronik.

## 7.11 Schutzerde (PE – protection earth)

Die Gehäuse der ELM/EKM-Serie sind aus Zinkdruckguß hergestellt und somit metallisch. Dadurch ergibt sich Bedarf nach Klärung der Verwendung von Schutzerdung, um eine Gefährdung durch elektrischen Schlag zu verhindern.

**Achtung:** die einschlägigen Anwendungsnormen bezeichnen mit „Gehäuse“ den umgebenden Schaltschrank/Schaltkasten, während hier mit „Gehäuse“ die Beckhoff Klemme gemeint ist.

Vgl. dazu das Klärungskapitel „Analogtechnische Hinweise – Schirm und Erde“ in dieser Dokumentation.



Das Gehäuse bietet die Möglichkeit per Schraubverbindung M4 (bis ca. Baujahr 2022: M3) einen Ringkabelschuh zur PE-Anbindung anzuschließen.

Dazu ist wie folgt vorzugehen:

- die Kunststoffabdeckung am ELM-Gehäuse abhebeln, für spätere Wiederverwendung ggf. aufbewahren
- den vorbereiteten, an den Schutzleiter gecrimpten Ringkabelschuh per Schraube M4x8 (M3x8) befestigen, max. Drehmoment 0,5 Nm. Entsprechend passendes Werkzeug verwenden.  
**ACHTUNG:** es darf keine längere Schraube verwendet werden da sie in den Innenraum ragt und dort dann zu Beschädigung führen kann. Diese ist im Servicefall erkennbar.
- Die PE-Zuleitung mit dem Schutzleitersystem verbinden.

### Hinweise zur Entscheidung, ob ein PE-Anschluss im konkreten Anwendungsfall nötig ist

- ein PE-Anschluss wird benötigt, wenn von der Klemme eine Gefahr in Bezug auf elektrischen Schlag durch eine unzulässige Berührungsspannung ausgehen kann. Dazu sind zwei Ursachen zu unterscheiden:
  - Wenn die Klemme intern hohe Spannungen (nicht SELV/PELV) führt, kann sie im Fehlerfall ggf. selbst diese hohe Spannung auf das Gehäuse legen. Bei solchen Klemmen ist PE in jedem Fall anzuschließen, siehe dazu die entsprechenden mechanischen Möglichkeiten an der Klemme. Der normative Hintergrund dazu sind die Produkt- und Gerätenormen wie EN 61010.**Hinweis:** die Klemmen ELM3004, ELM3002, ELM3104, ELM3102, ELM3504, ELM3502, ELM3604, ELM3602, ELM3704, ELM3702 arbeiten an SELV/PELV-Kleinspannung; daher liegt hierbei i.d.R. kein Gefährdungspotential vor.

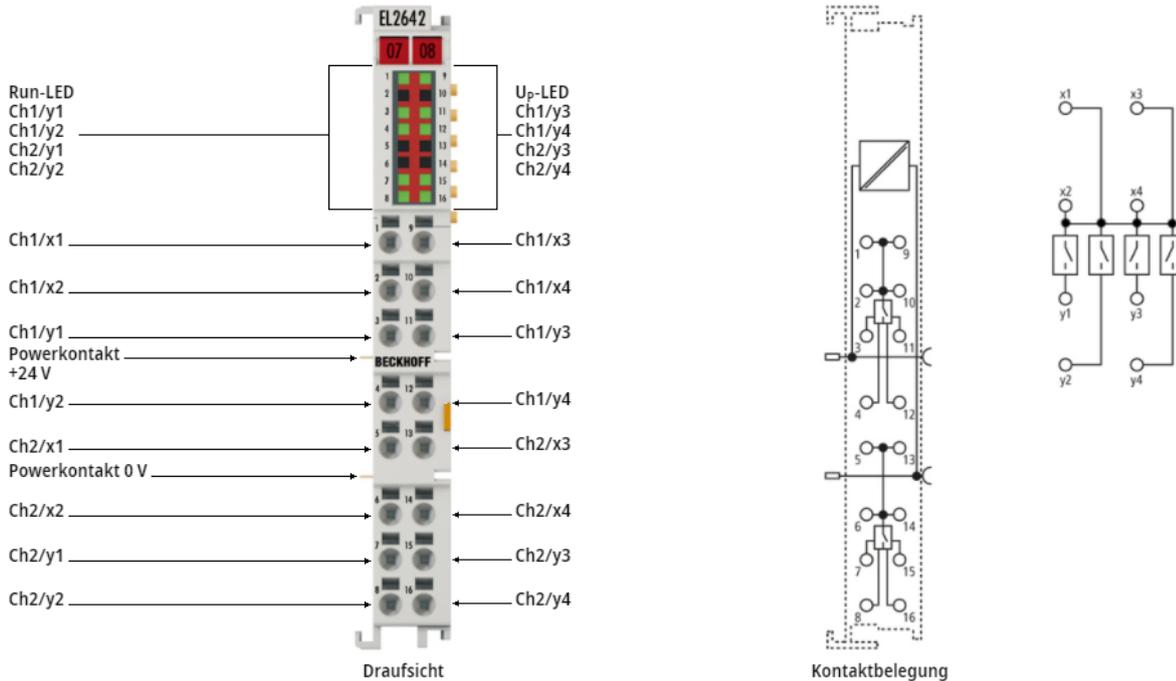
- Wenn die Klemme zwar an SELV/PELV-Schutzkleinspannung betrieben wird, jedoch im Fehlerfall die Möglichkeit einer Kontaktierung z.B. eines spannungsführenden Leiters mit dem Gehäuse besteht und damit das Gehäuse unter unzulässige Berührungsspannung setzen kann, ist ebenfalls eine Verbindung mit dem Schutzleitersystem nötig. Dies geben Anwendungsnormen wie die EN60204-1 oder EN61439-1 aus dem Schaltschrankbau vor.
- Es ist deshalb im jeweiligen Anwendungsfall zu prüfen in welchem Normenumfeld die Applikation betrieben wird und ob der PE-Anschluss zu nutzen ist.

### **Hinweis zu Schutzerde/PE in Bezug auf analoge Messungen**

Das Schutzleitersystem ist in seiner Art ausschließlich auf das Ableiten von Hochströmen ausgelegt. Deshalb können dort erhebliche hochfrequente Störungen vorliegend sein, die ein analoges Messgerät negativ beeinflussen könnten, wenn es an das Schutzleitersystem angeschlossen wird/werden muss. In solchen Fällen kann ein strikt sternförmiger Aufbau des FE- und PE-Systems sinnvoll sein, um möglichst wenig Störquellen auf dem PE-System in der Nähe des analogen Messsystems zu haben. Idealerweise ist auf den PE-Anschluss ganz zu verzichten – dann muss die Installation aber den o.a. zwei Bedingungen genügen und z.B. in einen Hochvolt- und eine Niederspannungsschaltschrank (ohne PE-Zwang) aufgeteilt werden.

## 7.12 LEDs und Anschlussbelegung

### 7.12.1 EL2642



#### LEDs EL2642

LED	Farbe	Bedeutung
U <sub>p</sub> -LED	grün	24V Powerkontaktspannung ist anliegend
	aus	Keine Betriebsspannung anliegend
Ch(n) / y(m), n=1, 2 m=1..4	grün	Signal wird durchgereicht (Schalter geschlossen)
	aus	Signal wird nicht durchgereicht (Schalter offen)

LED	Farbe	Beschreibung	
RUN	grün	aus	Zustand der EtherCAT State Machine [► 113]: <b>INIT</b> = Initialisierung der Klemme
		blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>PREOP</b> = Funktion für Mailbox-Kommunikation und abweichende Standard-Einstellungen gesetzt
		Einzelblitz	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>SAFEOP</b> = Überprüfung der Kanäle des Sync-Managers [► 102] und der Distributed Clocks [► 120] (falls unterstützt)
		an	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>OP</b> = normaler Betriebszustand; Mailbox- und Prozessdatenkommunikation ist möglich
		flimmernd	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>BOOTSTRAP</b> = Funktion für Firmware-Updates [► 148] der Klemme

#### Anschlussbelegung EL2642

Klemmstelle		Beschreibung
Bezeichnung	Nr.	
Ch1 / x1	1	Kanal 1, Eingang x1
Ch1 / x2	2	Kanal 1, Eingang x2
Ch1 / y1	3	Kanal 1, Ausgang y1
Ch1 / y2	4	Kanal 1, Ausgang y2

Klemmstelle		Beschreibung
Bezeichnung	Nr.	
Ch2 / x1	5	Kanal 2, Eingang x1
Ch2 / x2	6	Kanal 2, Eingang x2
Ch2 / y1	7	Kanal 2, Ausgang y1
Ch2 / y2	8	Kanal 2, Ausgang y2
Ch1 / x3	9	Kanal 1, Eingang x3
Ch1 / x4	10	Kanal 1, Eingang x4
Ch1 / y3	11	Kanal 1, Ausgang y3
Ch1 / y4	12	Kanal 1, Ausgang y4
Ch2 / x3	13	Kanal 2, Eingang x3
Ch2 / x4	14	Kanal 2, Eingang x4
Ch2 / y3	15	Kanal 2, Ausgang y3
Ch2 / y4	16	Kanal 2, Ausgang y4

## 7.12.2 ELM264x/ ELM274x



Abb. 141: ELM264x/ ELM274x Anschlüsse und LEDs

LED	Farbe	Bedeutung
UP (1..n)	grün	24V Powerkontaktspannung ist anliegend
	aus	Keine Betriebsspannung anliegend
ON (1..n, m)	grün	Signal wird durchgereicht (Schalter geschlossen)
	aus	Signal wird nicht durchgereicht (Schalter offen)

LED	Farbe	Beschreibung	
RUN	grün	aus	Zustand der <u>EtherCAT State Machine</u> [► 113]: <b>INIT</b> = Initialisierung der Klemme
		blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>PREOP</b> = Funktion für Mailbox-Kommunikation und abweichende Standard-Einstellungen gesetzt
		Einzelblitz	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>SAFEOP</b> = Überprüfung der Kanäle des <u>Sync-Managers</u> [► 102] und der <u>Distributed Clocks</u> [► 120] (falls unterstützt)
		an	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>OP</b> = normaler Betriebszustand; Mailbox- und Prozessdatenkommunikation ist möglich
		flimmernd	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>BOOTSTRAP</b> = Funktion für <u>Firmware-Updates</u> [► 148] der Klemme

### Anschlussbelegung ELM264x / ELM274x

Anschluss X1, X2 (ELM2642, ELM2742) X1...X4 (ELM2644, ELM2744)		Beschreibung
Bezeichnung	Klemmstelle Nr.	
Z1.1	1	Eingang Z1.1
Z1.2	2	Eingang Z1.2
Y1	3	Ausgang Y1
Y2	4	Ausgang Y2
Y3	5	Ausgang Y3
Y4	6	Ausgang Y4

## 7.13 Entsorgung



Die mit einer durchgestrichenen Abfalltonne gekennzeichneten Produkte dürfen nicht in den Hausmüll. Das Gerät gilt bei der Entsorgung als Elektro- und Elektronik-Altgerät. Die nationalen Vorgaben zur Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sind zu beachten.

## 8 Anhang

### 8.1 EtherCAT AL Status Codes

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

### 8.2 Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx

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

#### HINWEIS

##### Nur TwinCAT 3 Software verwenden!

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

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

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

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

#### Speicherorte

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

- Jeder EtherCAT-Slave hat eine Gerätebeschreibung, bestehend aus Identität (Name, Productcode), Timing-Vorgaben, Kommunikationseinstellungen u. a.  
Diese Gerätebeschreibung (ESI; EtherCAT-Slave Information) kann von der Beckhoff Website im Downloadbereich als [Zip-Datei](#) heruntergeladen werden und in EtherCAT-Mastern zur Offline-Konfiguration verwendet werden, z. B. in TwinCAT.  
Vor allem aber trägt jeder EtherCAT-Slave seine Gerätebeschreibung (ESI) elektronisch auslesbar in einem lokalen Speicherchip, dem einem sog. **ESI-EEPROM**. Beim Einschalten wird diese Beschreibung einerseits im Slave lokal geladen und teilt ihm seine Kommunikationskonfiguration mit, andererseits kann der EtherCAT-Master den Slave so identifizieren und u. a. die EtherCAT Kommunikation entsprechend einrichten.

#### HINWEIS

##### Applikationsspezifisches Beschreiben des ESI-EEPROM

Die ESI wird vom Gerätehersteller nach ETG-Standard entwickelt und für das entsprechende Produkt freigegeben.

- Bedeutung für die ESI-Datei: Eine applikationsseitige Veränderung (also durch den Anwender) ist nicht zulässig.

- Bedeutung für das ESI-EEPROM: Auch wenn technisch eine Beschreibbarkeit gegeben ist, dürfen die ESI-Teile im EEPROM und ggf. noch vorhandene freie Speicherbereiche über den normalen Update-Vorgang hinaus nicht verändert werden. Insbesondere für zyklische Speichervorgänge (Betriebsstundenzähler u. ä.) sind dezidierte Speicherprodukte wie EL6080 oder IPC-eigener NOVRAM zu verwenden.

- Je nach Funktionsumfang und Performance besitzen EtherCAT-Slaves einen oder mehrere lokale Controller zur Verarbeitung von IO-Daten. Das darauf laufende Programm ist die so genannte **Firmware** im Format \*.efw.

- In bestimmten EtherCAT-Slaves kann auch die EtherCAT Kommunikation in diesen Controller integriert sein. Dann ist der Controller meist ein so genannter **FPGA**-Chip mit der \*.rbf-Firmware.

Kundenseitig zugänglich sind diese Daten nur über den Feldbus EtherCAT und seine Kommunikationsmechanismen. Beim Update oder Auslesen dieser Daten ist insbesondere die azyklische Mailbox-Kommunikation oder der Registerzugriff auf den ESC in Benutzung.

Der TwinCAT System Manager bietet Mechanismen, um alle drei Teile mit neuen Daten programmieren zu können, wenn der Slave dafür vorgesehen ist. Es findet üblicherweise keine Kontrolle durch den Slave statt, ob die neuen Daten für ihn geeignet sind, ggf. ist ein Weiterbetrieb nicht mehr möglich.

### Vereinfachtes Update per Bundle-Firmware

Bequemer ist der Update per sog. **Bundle-Firmware**: hier sind die Controller-Firmware und die ESI-Beschreibung in einer \*.efw-Datei zusammengefasst, beim Update wird in der Klemme sowohl die Firmware, als auch die ESI verändert. Dazu ist erforderlich

- dass die Firmware in dem gepackten Format vorliegt: erkenntlich an dem Dateinamen der auch die Revisionsnummer enthält, z. B. ELxxx-xxx\_REV0016\_SW01.efw
- dass im Download-Dialog das Passwort=1 angegeben wird. Bei Passwort=0 (default Einstellung) wird nur das Firmware-Update durchgeführt, ohne ESI-Update.
- dass das Gerät diese Funktion unterstützt. Die Funktion kann in der Regel nicht nachgerüstet werden, sie wird Bestandteil vieler Neuentwicklungen ab Baujahr 2016.

Nach dem Update sollte eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden

- ESI/Revision: z. B. durch einen Online-Scan im TwinCAT ConfigMode/FreeRun – dadurch wird die Revision bequem ermittelt
- Firmware: z. B. durch einen Blick ins Online-CoE des Gerätes

#### HINWEIS

##### Beschädigung des Gerätes möglich!

- ✓ Beim Herunterladen von neuen Gerätedateien ist zu beachten
  - a) Das Herunterladen der Firmware auf ein EtherCAT-Gerät darf nicht unterbrochen werden.
  - b) Eine einwandfreie EtherCAT-Kommunikation muss sichergestellt sein, CRC-Fehler oder LostFrames dürfen nicht auftreten.
  - c) Die Spannungsversorgung muss ausreichend dimensioniert, die Pegel entsprechend der Vorgabe sein.
- ⇒ Bei Störungen während des Updatevorgangs kann das EtherCAT-Gerät ggf. nur vom Hersteller wieder in Betrieb genommen werden!

## 8.2.1 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:

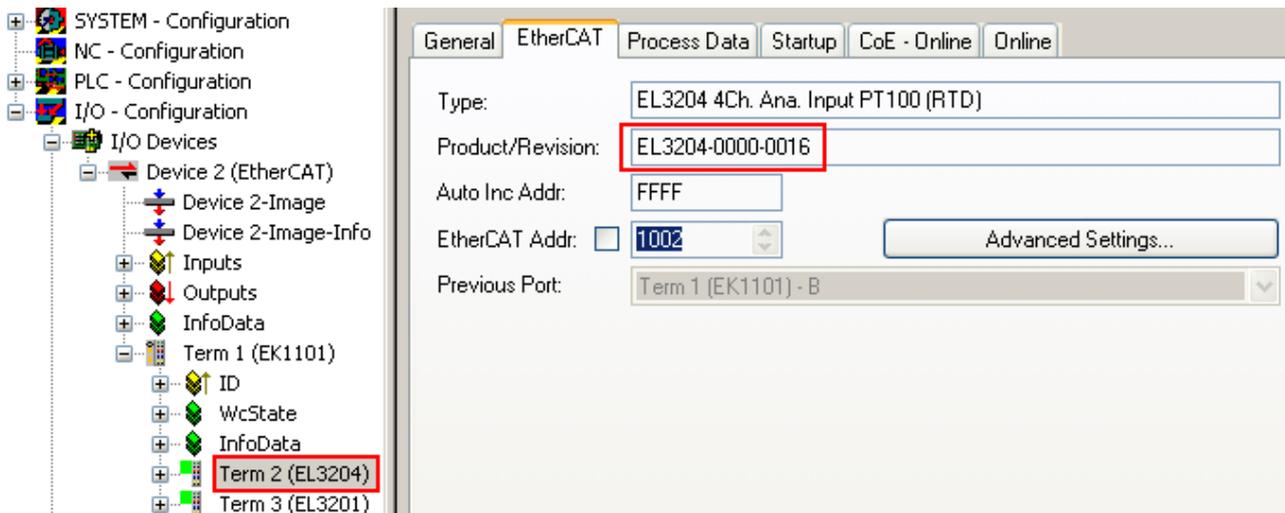


Abb. 142: Geräteerkennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016

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:

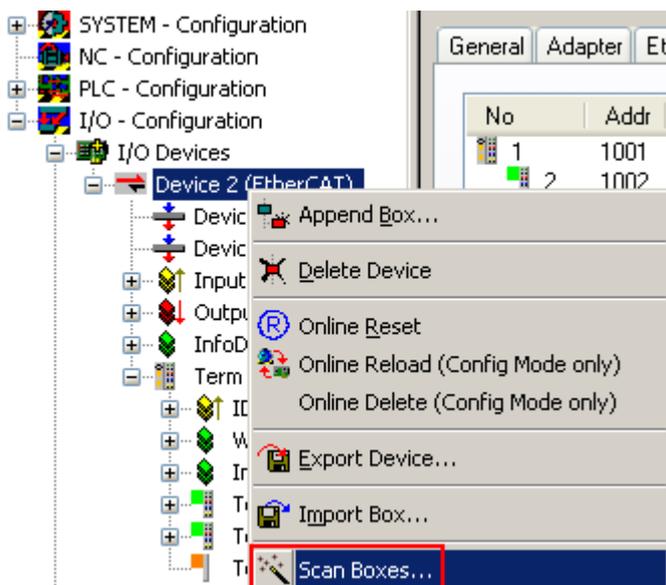


Abb. 143: Rechtsklick auf das EtherCAT-Gerät bewirkt das Scannen des unterlagerten Feldes

Wenn das gefundene Feld mit dem konfigurierten übereinstimmt, erscheint



Abb. 144: Konfiguration identisch

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

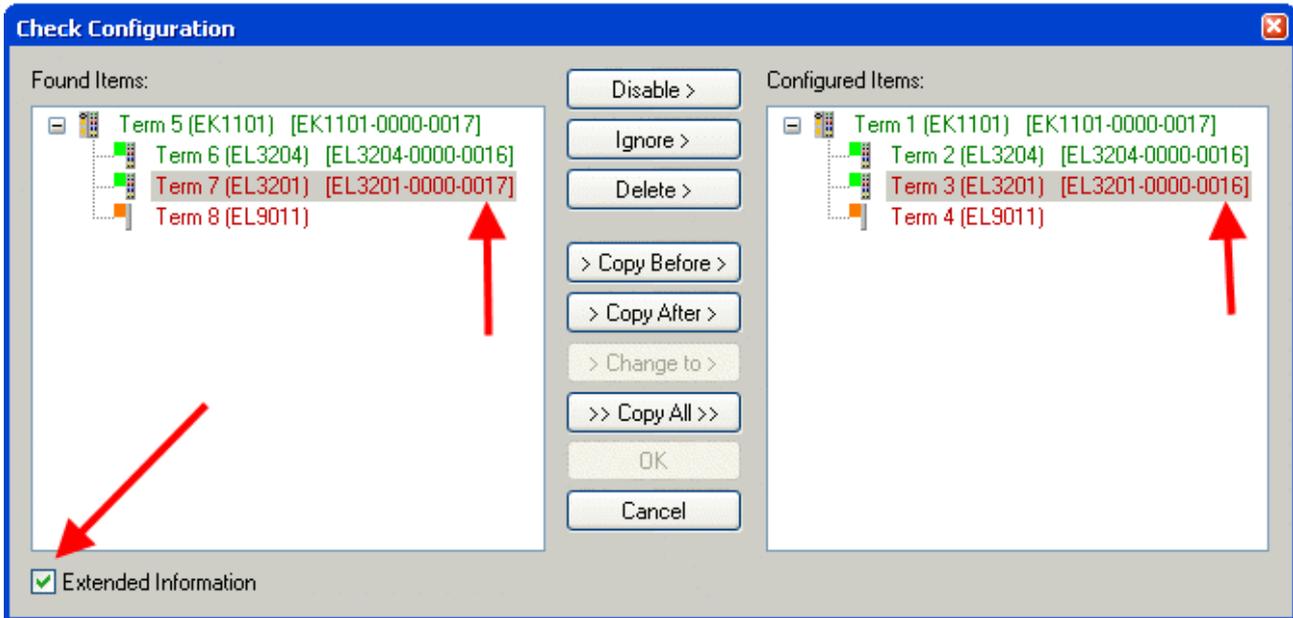


Abb. 145: Änderungsdialog

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*

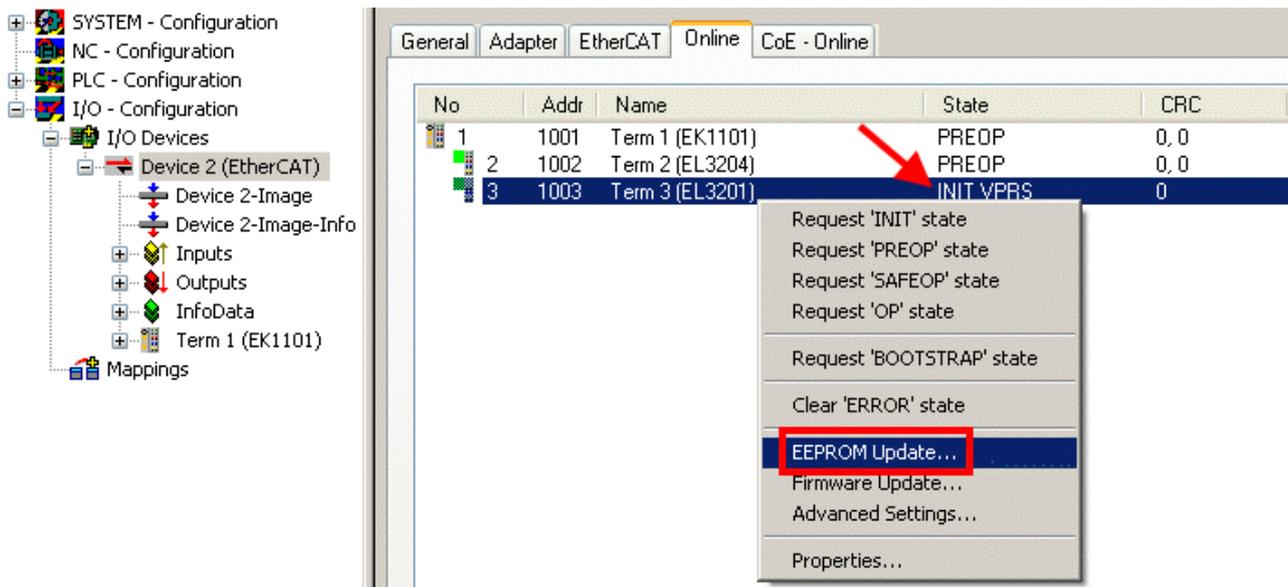


Abb. 146: EEPROM Update

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.

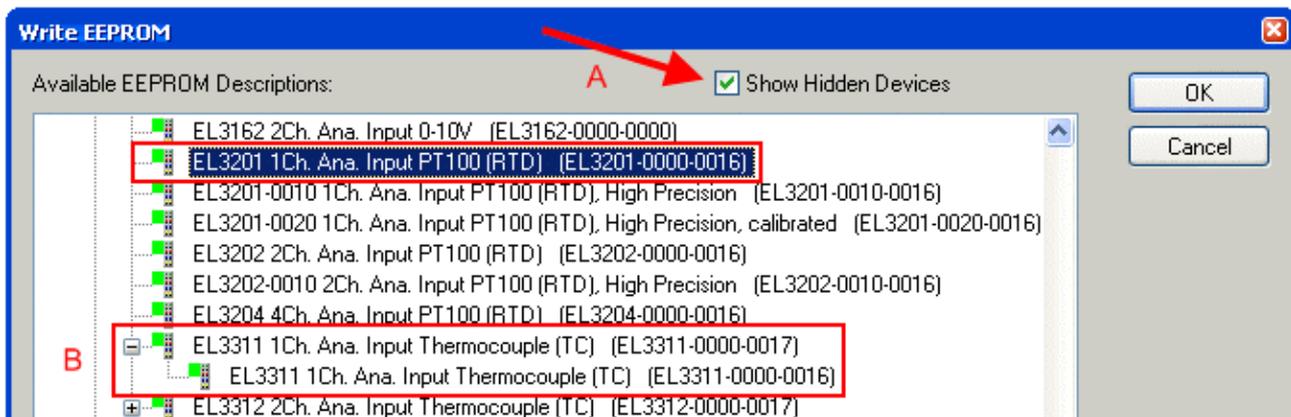


Abb. 147: Auswahl des neuen ESI

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.

## 8.2.2 Erläuterungen zur Firmware

### Versionsbestimmung der Firmware

#### Versionsbestimmung mit dem TwinCAT System Manager

Der TwinCAT System Manager zeigt die Version der Controller-Firmware an, wenn der Slave online für den Master zugänglich ist. Klicken Sie hierzu auf die E-Bus-Klemme deren Controller-Firmware Sie überprüfen möchten (im Beispiel Klemme 2 (EL3204) und wählen Sie den Karteireiter *CoE-Online* (CAN over EtherCAT).

**i CoE-Online und Offline-CoE**

Es existieren zwei CoE-Verzeichnisse:

- **online:** es wird im EtherCAT-Slave vom Controller angeboten, wenn der EtherCAT-Slave dies unterstützt. Dieses CoE-Verzeichnis kann nur bei angeschlossenem und betriebsbereitem Slave angezeigt werden.
- **offline:** in der EtherCAT Slave Information ESI/XML kann der Default-Inhalt des CoE enthalten sein. Dieses CoE-Verzeichnis kann nur angezeigt werden, wenn es in der ESI (z. B. „Beckhoff EL5xxx.xml“) enthalten ist.

Die Umschaltung zwischen beiden Ansichten kann über den Button *Advanced* vorgenommen werden.

In Abb. *Anzeige FW-Stand EL3204* wird der FW-Stand der markierten EL3204 in CoE-Eintrag 0x100A mit 03 angezeigt.

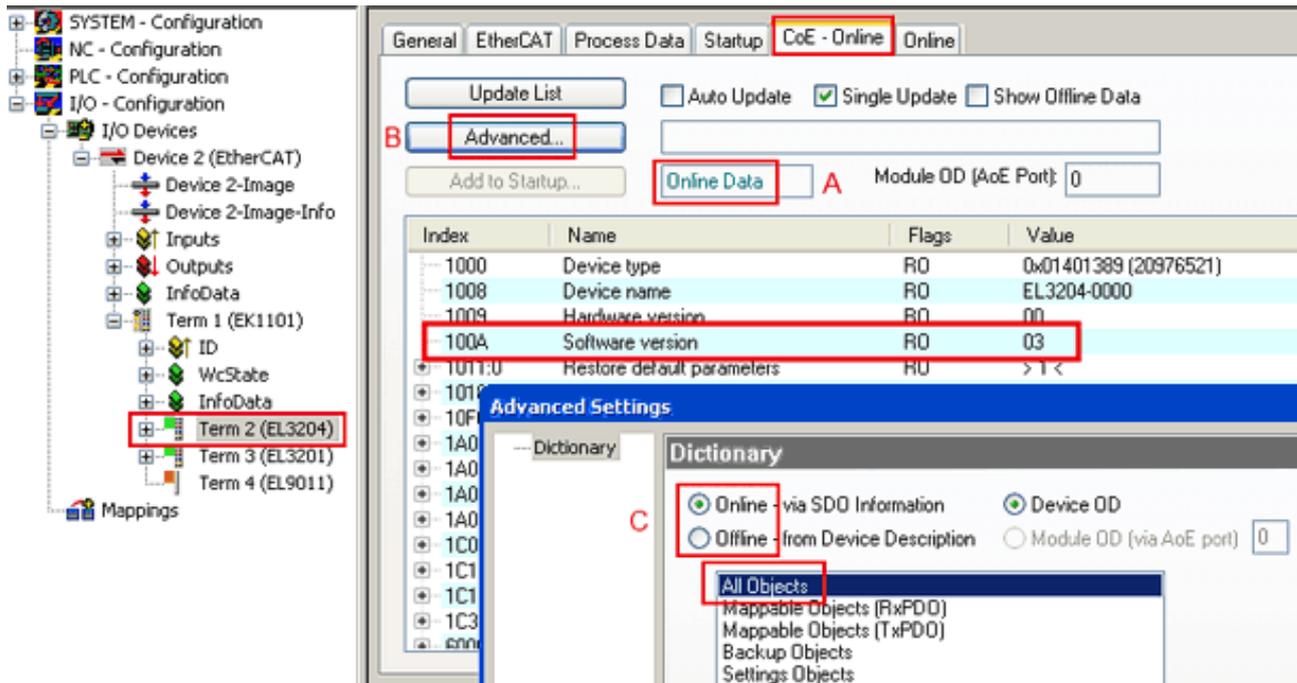


Abb. 148: Anzeige FW-Stand EL3204

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.

**8.2.3 Update Controller-Firmware \*.efw**

**i CoE-Verzeichnis**

Das Online-CoE-Verzeichnis wird vom Controller verwaltet und in einem eigenen EEPROM gespeichert. Es wird durch ein FW-Update im Allgemeinen nicht verändert.

Um die Controller-Firmware eines Slave zu aktualisieren, wechseln Sie zum Karteireiter *Online*, s. Abb. *Firmware Update*.

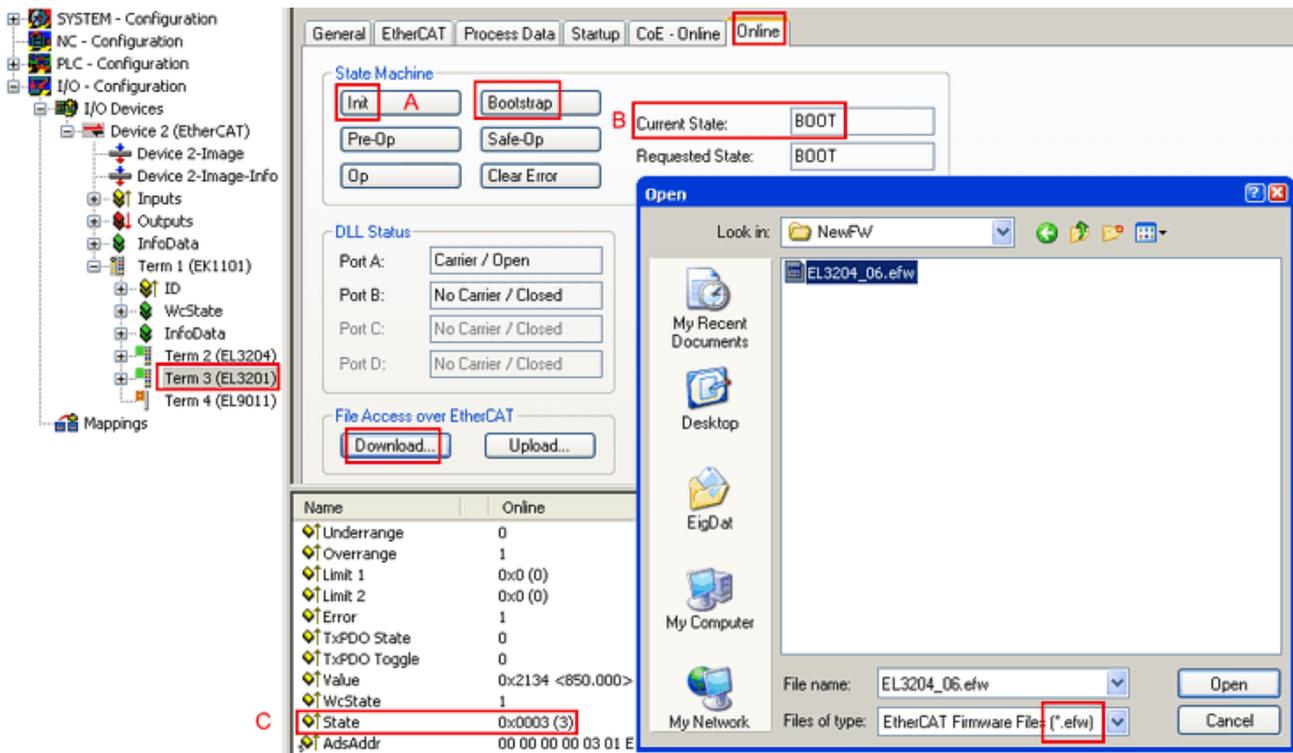
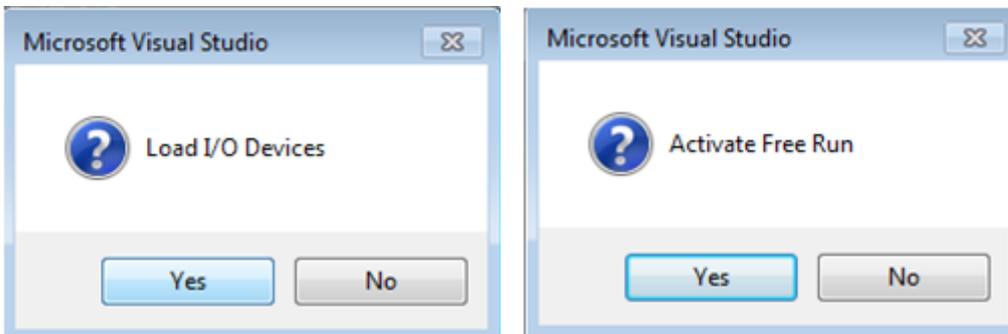


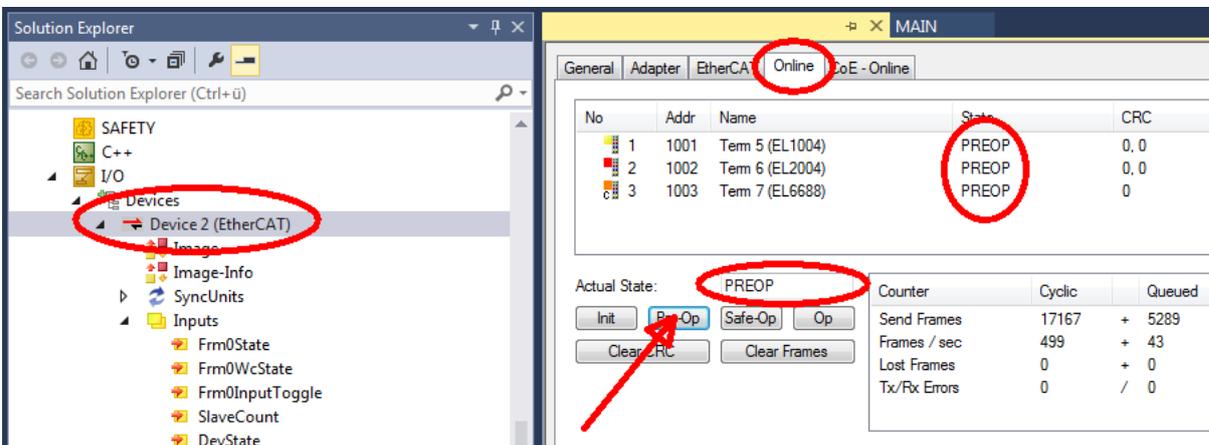
Abb. 149: Firmware Update

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

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

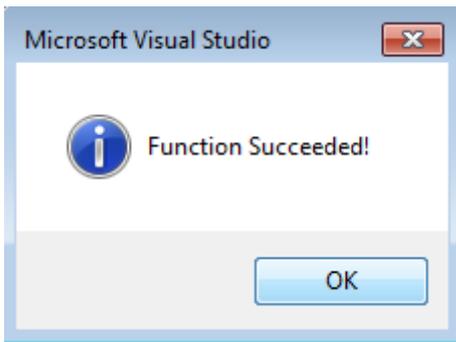


- EtherCAT-Master in PreOP schalten



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

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



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

## 8.2.4 FPGA-Firmware \*.rbf

Falls ein FPGA-Chip die EtherCAT-Kommunikation übernimmt, kann ggf. mit einer \*.rbf-Datei ein Update durchgeführt werden.

- Controller-Firmware für die Aufbereitung der E/A-Signale
- FPGA-Firmware für die EtherCAT-Kommunikation (nur für Klemmen mit FPGA)

Die in der Seriennummer der Klemme enthaltene Firmware-Versionsnummer beinhaltet beide Firmware-Teile. Wenn auch nur eine dieser Firmware-Komponenten verändert wird, dann wird diese Versionsnummer fortgeschrieben.

### Versionsbestimmung mit dem TwinCAT System-Manager

Der TwinCAT System Manager zeigt die Version der FPGA-Firmware an. Klicken Sie hierzu auf die Ethernet-Karte Ihres EtherCAT-Stranges (im Beispiel Gerät 2) und wählen Sie den Karteireiter *Online*.

Die Spalte *Reg:0002* zeigt die Firmware-Version der einzelnen EtherCAT-Geräte in hexadezimaler und dezimaler Darstellung an.

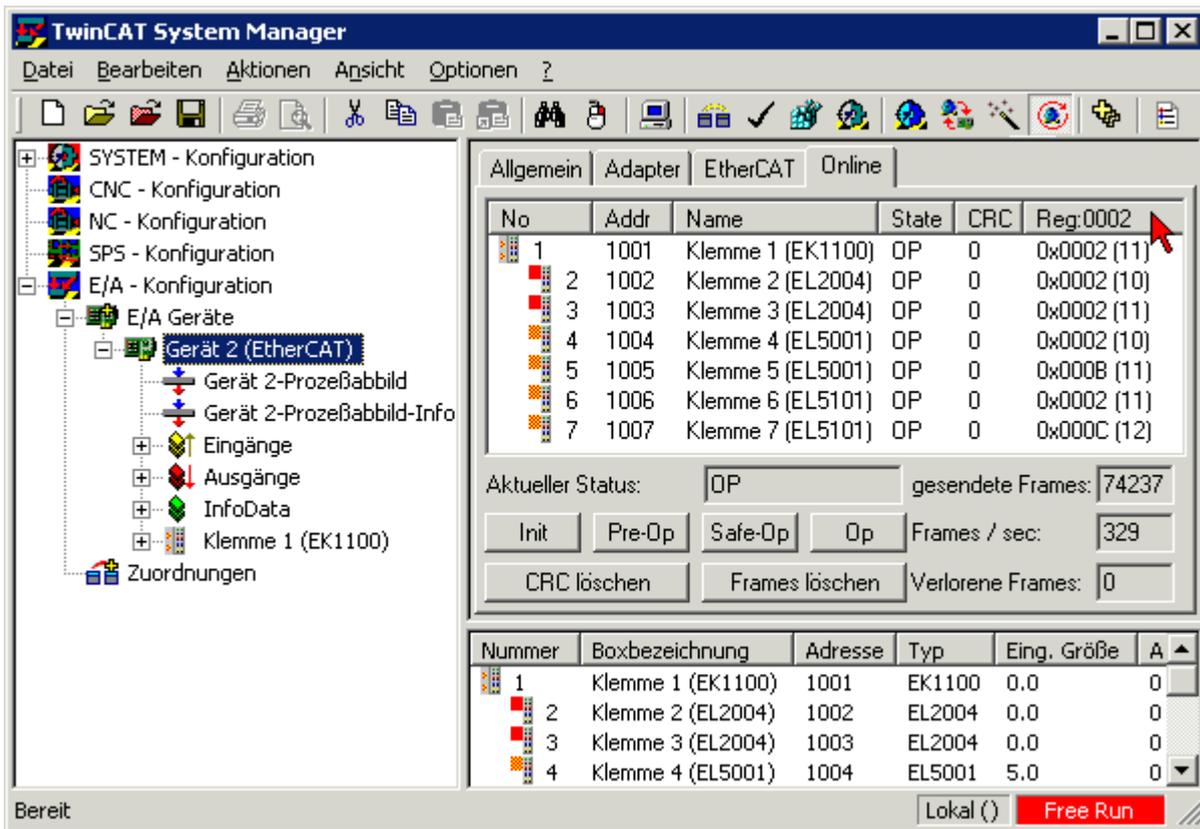
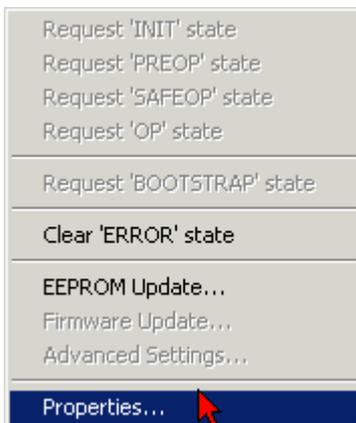


Abb. 150: Versionsbestimmung FPGA-Firmware

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. 151: 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.

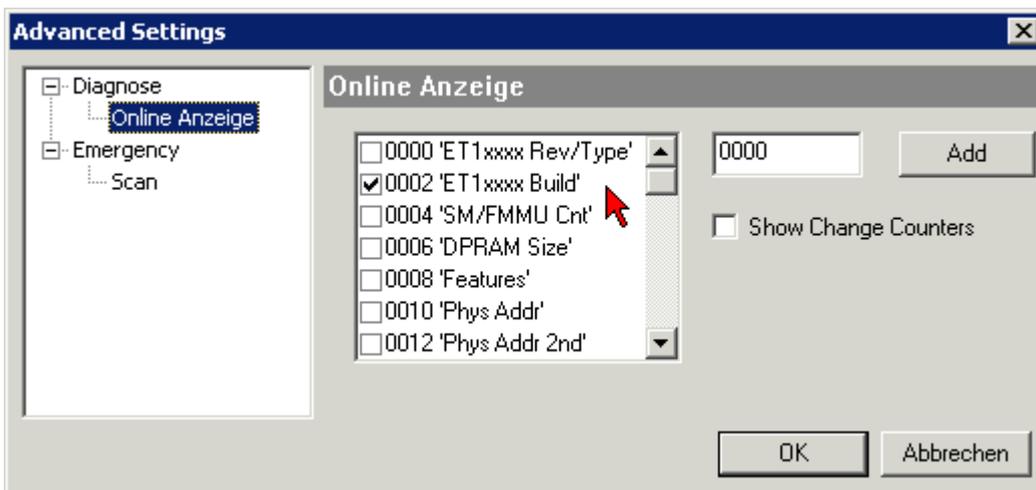


Abb. 152: Dialog *Advanced settings*

## Update

Für das Update der FPGA-Firmware

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

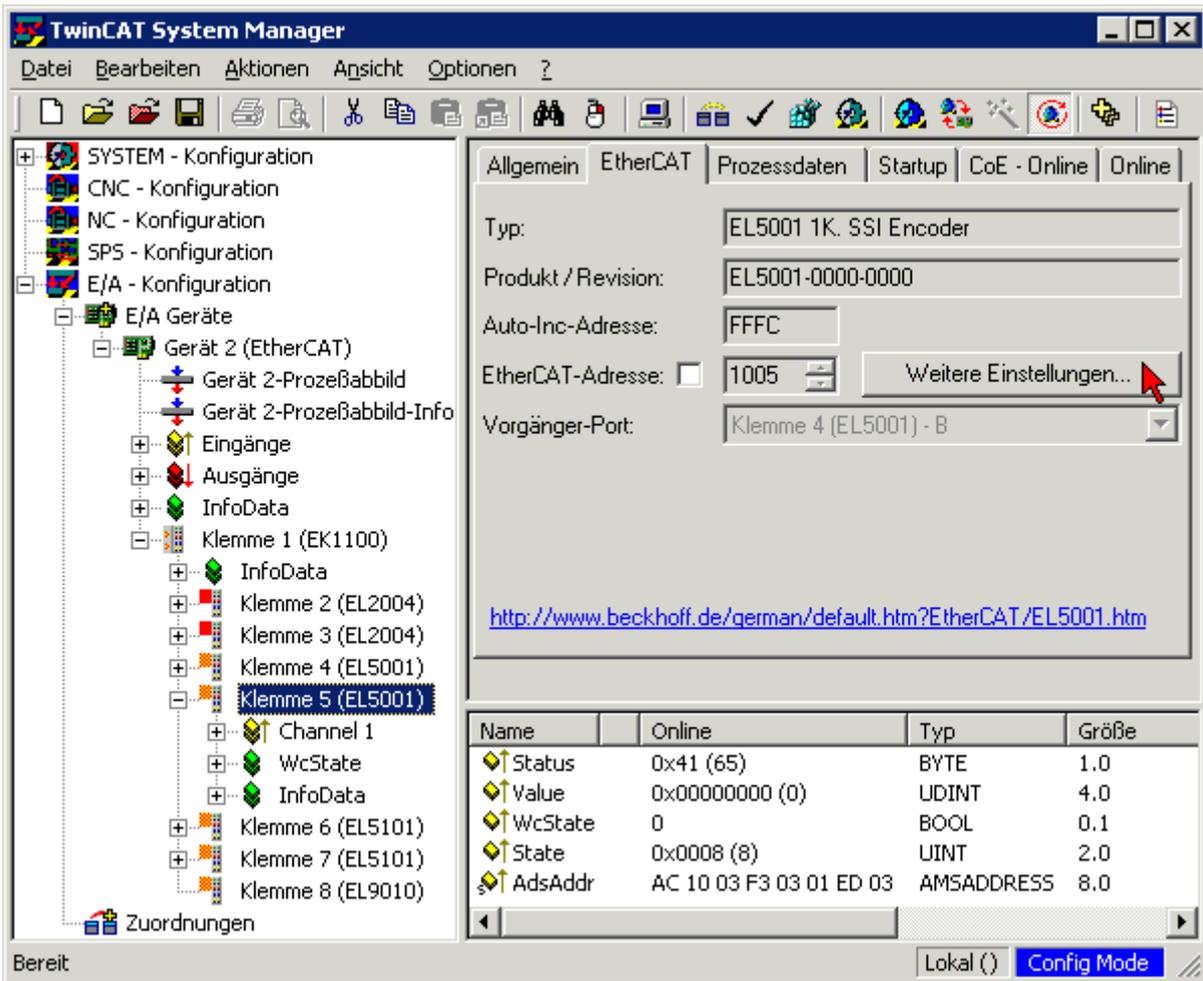
Ältere Firmware-Stände können nur vom Hersteller aktualisiert werden!

## Update eines EtherCAT-Geräts

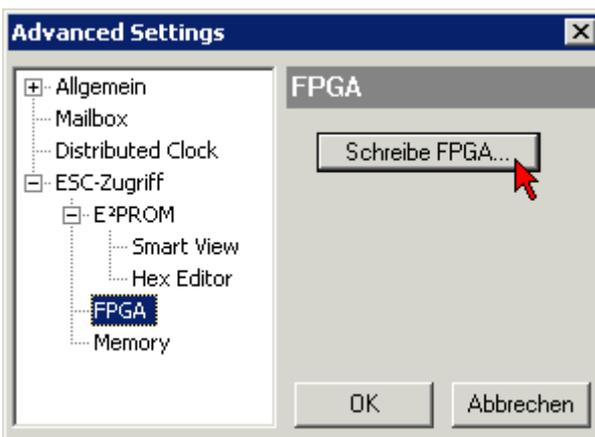
Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen:

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

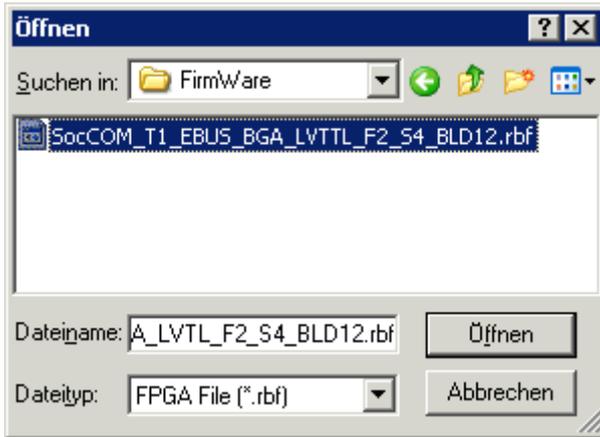
- Wählen Sie im TwinCAT System Manager die Klemme an, deren FPGA-Firmware Sie aktualisieren möchten (im Beispiel: Klemme 5: EL5001) und klicken Sie auf dem Karteireiter *EtherCAT* auf die Schaltfläche *Weitere Einstellungen*:



- Im folgenden Dialog *Advanced Settings* klicken Sie im Menüpunkt *ESC-Zugriff/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!

**8.2.5 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.

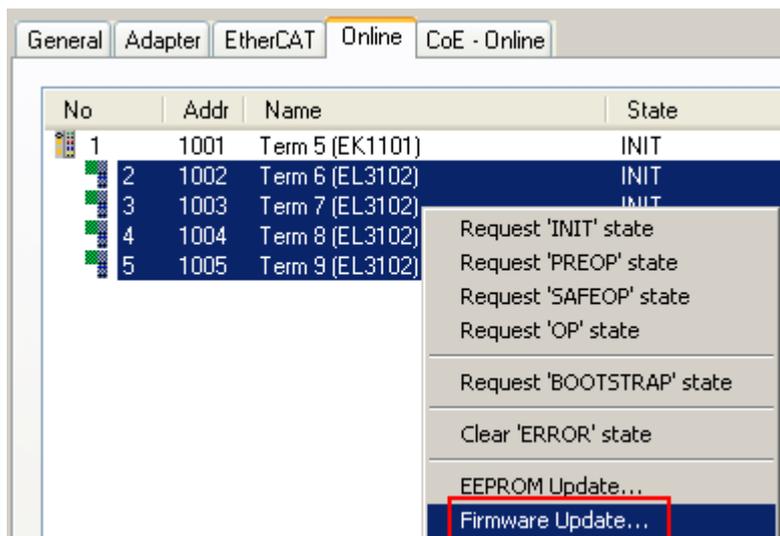


Abb. 153: Mehrfache Selektion und FW-Update

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

## 8.3 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 \[► 148\]](#). 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!

EL2642			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00*	01*	0016	03/2021

ELM2642			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
01*	01*	0016	12/2020

ELM2644			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
01*	01*	0016	12/2020

ELM2742			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
01*	01*	0016	12/2020

ELM2744			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
01*	01*	0016	12/2020

<sup>1)</sup> 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.

## 8.4 Firmware Kompatibilität - Passive Klemmen

Die Passiven Klemmen der ELxxxx Serie verfügen über keine Firmware.

## 8.5 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*)

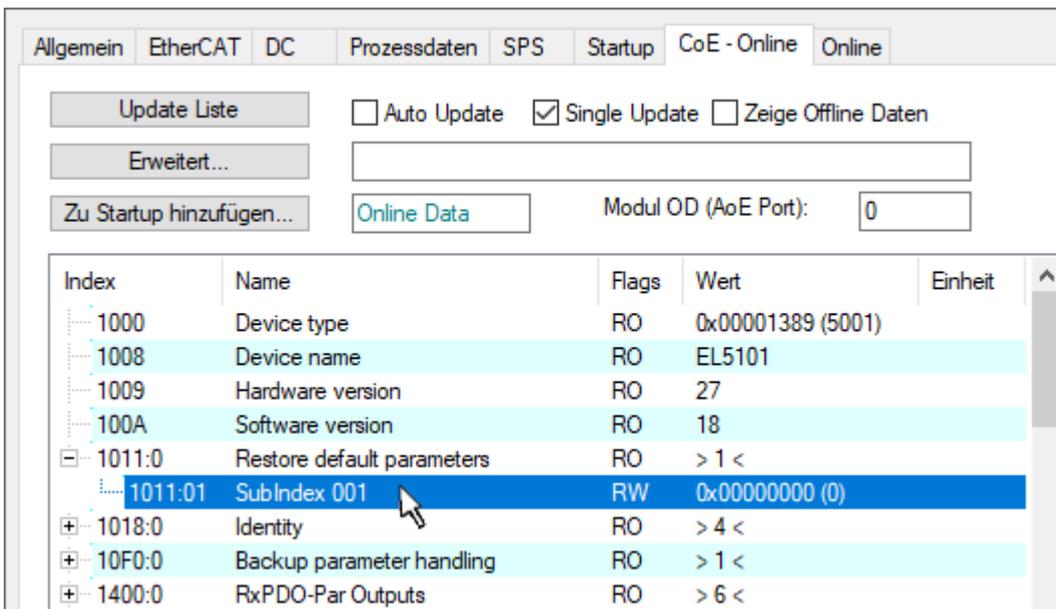


Abb. 154: Auswahl des PDO *Restore default parameters*

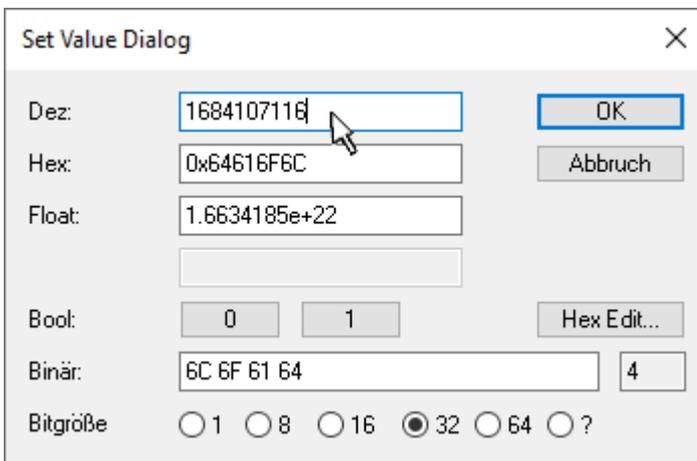


Abb. 155: Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog

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!

---

## 8.6 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](http://www.beckhoff.com)

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

### Support

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

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

Hotline: +49 5246 963 157  
E-Mail: [support@beckhoff.com](mailto:support@beckhoff.com)  
Internet: [www.beckhoff.com/support](http://www.beckhoff.com/support)

### Service

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

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

Hotline: +49 5246 963 460  
E-Mail: [service@beckhoff.com](mailto:service@beckhoff.com)  
Internet: [www.beckhoff.com/service](http://www.beckhoff.com/service)

### Unternehmenszentrale Deutschland

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20  
33415 Verl  
Deutschland

Telefon: +49 5246 963 0  
E-Mail: [info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)  
Internet: [www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

## 8.7 Rücksendung und Retoure

Dieses Produkt ist einzeln verpackt und versiegelt. Wenn nicht anders vereinbart, ist eine Rücknahme durch Beckhoff nur in ungeöffneter Originalverpackung mit intaktem Siegel möglich.

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	EL2872 mit Revision 0022 und Seriennummer 01200815.....	10
Abb. 2	ELM3002-0000 mit eindeutiger BTN 0000www und Seriennummer 09200506.....	10
Abb. 3	BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200) .....	11
Abb. 4	Beispiel-DMC 1P072222SBTNk4p562d71KEL1809 Q1 51S678294 .....	12
Abb. 5	EL2642.....	16
Abb. 6	ELM2642-0000, ELM2644-0000 .....	18
Abb. 7	ELM2742-0000, ELM2744-0000 .....	20
Abb. 8	Multiplex-Beispiel: 16 zu 2 Kanäle mit ELM2644 und ELM3602.....	22
Abb. 9	Betriebsstundenzähler in Minuten In 0xF900:12 ist ein Geräte-Betriebsminutenzähler abrufbar. Er ist nicht löscherbar.....	26
Abb. 10	Unterbrechung des „direkten“ Signalflusses der Sensorsignale zum Messeingang im realen Aufbau.....	29
Abb. 11	Beispiele zur Einschwingzeit in Abhängigkeit zur Filter-Grenzfrequenz (ELM3602 in Kombination mit ELM2742).....	31
Abb. 12	PDO der ELM2644 geltend auch für ELM2642, ELM274x und EL2642 (entsprechend der Kanalanzahl).....	34
Abb. 13	Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slave .....	37
Abb. 14	Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC .....	38
Abb. 15	EL3102, CoE-Verzeichnis .....	40
Abb. 16	Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204 .....	41
Abb. 17	Default Verhalten System Manager .....	42
Abb. 18	Default Zielzustand im Slave.....	42
Abb. 19	PLC-Bausteine .....	43
Abb. 20	Unzulässige Überschreitung E-Bus Strom.....	44
Abb. 21	Warnmeldung E-Bus-Überschreitung .....	44
Abb. 22	Bezug von der Anwender Seite (Inbetriebnahme) zur Installation .....	45
Abb. 23	Aufbau der Steuerung mit Embedded-PC, Eingabe (EL1004) und Ausgabe (EL2008).....	46
Abb. 24	Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 2.....	47
Abb. 25	Wähle Zielsystem.....	48
Abb. 26	PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems .....	48
Abb. 27	Auswahl „Gerät Suchen...“ .....	49
Abb. 28	Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte .....	49
Abb. 29	Abbildung der Konfiguration im TwinCAT 2 System Manager .....	50
Abb. 30	Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen.....	50
Abb. 31	TwinCAT PLC Control nach dem Start .....	51
Abb. 32	Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung) .....	52
Abb. 33	Hinzufügen des Projektes des TwinCAT PLC Control .....	52
Abb. 34	Eingebundenes PLC-Projekt in der SPS-Konfiguration des System Managers .....	53
Abb. 35	Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten.....	53
Abb. 36	Auswahl des PDO vom Typ BOOL .....	54
Abb. 37	Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“ .....	54
Abb. 38	Anwendung von „Goto Link Variable“ am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“ .....	55
Abb. 39	Auswahl des Zielsystems (remote) .....	56
Abb. 40	PLC Control Logged-in, bereit zum Programmstart.....	56
Abb. 41	Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 3.....	57

Abb. 42	Neues TwinCAT 3 Projekt erstellen .....	58
Abb. 43	Neues TwinCAT 3 Projekt im Projektmappen-Explorer .....	58
Abb. 44	Auswahldialog: Wähle Zielsystem.....	59
Abb. 45	PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems .....	59
Abb. 46	Auswahl „Scan“ .....	60
Abb. 47	Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte .....	60
Abb. 48	Abbildung der Konfiguration in VS Shell der TwinCAT 3 Umgebung.....	61
Abb. 49	Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen .....	61
Abb. 50	Einfügen der Programmierumgebung in „SPS“ .....	62
Abb. 51	Festlegen des Namens bzw. Verzeichnisses für die PLC Programmierumgebung.....	63
Abb. 52	Initiales Programm „Main“ des Standard PLC Projektes.....	63
Abb. 53	Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompilervorgang (ohne Variablenanbindung) .....	64
Abb. 54	Kompilierung des Programms starten.....	64
Abb. 55	Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten.....	65
Abb. 56	Auswahl des PDO vom Typ BOOL .....	65
Abb. 57	Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“ .....	66
Abb. 58	Anwendung von "Goto Link Variable" am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“ .....	67
Abb. 59	Erzeugen eines SPS Datentyps .....	67
Abb. 60	Instance_of_struct.....	68
Abb. 61	Verknüpfung der Struktur .....	68
Abb. 62	Lesen einer Variable aus der Struktur der Prozessdaten .....	68
Abb. 63	TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung (VS Shell): Logged-in, nach erfolgten Programmstart.....	69
Abb. 64	Aufruf im System Manager (TwinCAT 2) .....	71
Abb. 65	Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3).....	71
Abb. 66	TcRteInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis .....	71
Abb. 67	Übersicht Netzwerkschnittstellen .....	72
Abb. 68	Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte...“ von „Adapter“ .....	72
Abb. 69	Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle.....	73
Abb. 70	Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports.....	73
Abb. 71	Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports .....	74
Abb. 72	TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports .....	75
Abb. 73	Gerätebezeichnung: Struktur .....	76
Abb. 74	Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2).....	77
Abb. 75	Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3).....	77
Abb. 76	Vom System Manager angelegt OnlineDescription.xml.....	78
Abb. 77	Kennzeichnung einer online erfassten ESI am Beispiel EL2521 .....	78
Abb. 78	Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	79
Abb. 79	Anwendung des ESI Updater (>=TwinCAT 2.11) .....	80
Abb. 80	Anwendung des ESI Updater (TwinCAT 3).....	80
Abb. 81	Anfügen eines EtherCAT Device: links TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3 .....	81
Abb. 82	Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3) .....	81
Abb. 83	Auswahl Ethernet Port .....	82
Abb. 84	Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2).....	82
Abb. 85	Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	83
Abb. 86	Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät .....	83
Abb. 87	Anzeige Geräte-Revision .....	84

Abb. 88	Anzeige vorhergehender Revisionen .....	84
Abb. 89	Name/Revision Klemme.....	85
Abb. 90	EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	85
Abb. 91	Unterscheidung Lokalsystem/ Zielsystem (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	86
Abb. 92	Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	86
Abb. 93	Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3).....	86
Abb. 94	Erkannte Ethernet-Geräte .....	87
Abb. 95	Beispiel Default-Zustand .....	87
Abb. 96	Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018 .....	88
Abb. 97	Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019 .....	88
Abb. 98	Scan-Abfrage nach automatischem Anlegen eines EtherCAT-Gerätes (links: TC2; rechts TC3) .....	88
Abb. 99	Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3) .....	89
Abb. 100	Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2 .....	89
Abb. 101	Abfrage Config/FreeRun (links: TC2; rechts TC3) .....	89
Abb. 102	Anzeige des Wechsels zwischen „Free Run“ und „Config Mode“ unten rechts in der Statusleiste.....	89
Abb. 103	TwinCAT kann auch über einen Button in diesen Zustand versetzt werden (links: TC2; rechts TC3) .....	89
Abb. 104	Beispielhafte Online-Anzeige .....	90
Abb. 105	Fehlerhafte Erkennung.....	90
Abb. 106	Identische Konfiguration (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3).....	91
Abb. 107	Korrekturdialog .....	91
Abb. 108	Name/Revision Klemme.....	92
Abb. 109	Korrekturdialog mit Änderungen .....	93
Abb. 110	Dialog „Change to Compatible Type...“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3) .....	93
Abb. 111	TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type.....	94
Abb. 112	„Baumzweig“ Element als Klemme EL3751 .....	94
Abb. 113	Karteireiter „Allgemein“ .....	94
Abb. 114	Karteireiter „EtherCAT“ .....	95
Abb. 115	Karteireiter „Prozessdaten“ .....	96
Abb. 116	Konfigurieren der Prozessdaten .....	97
Abb. 117	Karteireiter „Startup“ .....	98
Abb. 118	Karteireiter „CoE - Online“.....	99
Abb. 119	Dialog „Advanced settings“ .....	100
Abb. 120	Karteireiter „Online“ .....	100
Abb. 121	Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks).....	101
Abb. 122	System Manager Stromberechnung .....	111
Abb. 123	Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten -> Watchdog .....	112
Abb. 124	Zustände der EtherCAT State Machine .....	114
Abb. 125	Karteireiter „CoE-Online“ .....	116
Abb. 126	Startup-Liste im TwinCAT System Manager .....	117
Abb. 127	Offline-Verzeichnis .....	118
Abb. 128	Online-Verzeichnis .....	119
Abb. 129	Abmessungen: ELM2xxx Klemmen .....	121
Abb. 130	Empfohlene Abstände bei Standard Einbaulage .....	133
Abb. 131	Weitere Einbaulagen .....	134

Abb. 132 Korrekte Konfiguration .....	135
Abb. 133 Inkorrekte Konfiguration .....	135
Abb. 134 Schirmschiene.....	136
Abb. 135 Schirmschienen-Bügel .....	137
Abb. 136 Schirmanbindung .....	137
Abb. 137 Darstellung der galvanischen Trennung I/O zu Versorgung bei EL2642, ELM264x, ELM274x...	138
Abb. 138 Öffnen der Riegel durch Anheben an der Ober- und Unterseite z.B. mit einem Schraubendreher .....	139
Abb. 139 Einschieben der ELM-Klemmen und schließen der Tragschienenriegel oben und unten .....	140
Abb. 140 Öffnen des oberen und unteren Tragschienenriegels und herausziehen der ELM-Klemme .....	141
Abb. 141 ELM264x/ ELM274x Anschlüsse und LEDs.....	146
Abb. 142 Geräteerkennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016 .....	150
Abb. 143 Rechtsklick auf das EtherCAT-Gerät bewirkt das Scannen des unterlagerten Feldes .....	150
Abb. 144 Konfiguration identisch.....	151
Abb. 145 Änderungsdialog .....	151
Abb. 146 EEPROM Update .....	152
Abb. 147 Auswahl des neuen ESI .....	152
Abb. 148 Anzeige FW-Stand EL3204.....	153
Abb. 149 Firmware Update.....	154
Abb. 150 Versionsbestimmung FPGA-Firmware.....	156
Abb. 151 Kontextmenu Eigenschaften (Properties) .....	156
Abb. 152 Dialog Advanced settings.....	157
Abb. 153 Mehrfache Selektion und FW-Update .....	159
Abb. 154 Auswahl des PDO Restore default parameters .....	161
Abb. 155 Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog .....	161



Mehr Informationen:  
[www.beckhoff.com/el2xxx](http://www.beckhoff.com/el2xxx)

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

