

Dokumentation | DE

# EL6685-00x0

EtherCAT-Klemme, Referenzuhr, hochpräzise, Distributed Clocks





# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Produktübersicht EtherCAT-Klemmen, Referenzuhr, hochpräzise, Distributed Clocks.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Vorwort.....</b>	<b>6</b>
2.1	Hinweise zur Dokumentation .....	6
2.2	Wegweiser durch die Dokumentation .....	7
2.3	Sicherheitshinweise .....	8
2.4	Ausgabestände der Dokumentation.....	9
2.5	Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten .....	10
2.5.1	Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung .....	10
2.5.2	Versionsidentifikation von EL-Klemmen.....	11
2.5.3	Beckhoff Identification Code (BIC).....	12
2.5.4	Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC).....	14
<b>3</b>	<b>Produktbeschreibung .....</b>	<b>16</b>
3.1	Einführung.....	16
3.2	Technische Daten .....	17
3.3	LEDs .....	18
<b>4</b>	<b>Grundlagen der Kommunikation .....</b>	<b>19</b>
4.1	EtherCAT-Grundlagen .....	19
4.2	Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung.....	19
4.3	EtherCAT State Machine .....	20
4.4	CoE-Interface .....	22
4.5	Distributed Clock .....	27
<b>5</b>	<b>Grundlagen EtherCAT Synchronisierung (Distributed Clocks).....</b>	<b>28</b>
5.1	TwinCAT & Zeit .....	28
5.1.1	TwinCAT Zeitquellen.....	28
5.1.2	Lokale und externe EtherCAT Synchronisierung .....	31
5.1.3	Beispielprogramme .....	48
<b>6</b>	<b>Montage und Verdrahtung.....</b>	<b>51</b>
6.1	Hinweise zum ESD-Schutz .....	51
6.2	Hinweis zur Spannungsversorgung .....	52
6.3	Positionierung von passiven Klemmen .....	53
6.4	Einbaulagen .....	54
6.5	Entsorgung.....	56
<b>7</b>	<b>Inbetriebnahme .....</b>	<b>57</b>
7.1	TwinCAT Entwicklungsumgebung .....	57
7.1.1	Installation der TwinCAT Realtime-Treiber .....	57
7.1.2	Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung .....	63
7.1.3	TwinCAT ESI Updater.....	67
7.1.4	Unterscheidung Online / Offline .....	69
7.1.5	OFFLINE Konfigurationserstellung .....	69
7.1.6	ONLINE Konfigurationserstellung .....	75
7.1.7	EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration.....	83
7.1.8	Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI.....	93
7.2	Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT-Slave .....	100

7.3	Hinweise zur Inbetriebnahme EL6685-00x0 .....	108
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>109</b>
8.1	EtherCAT AL Status Codes .....	109
8.2	Firmware Kompatibilität.....	110
8.3	Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx .....	111
8.3.1	Gerätebeschreibung ESI-File/XML .....	112
8.3.2	Erläuterungen zur Firmware.....	115
8.3.3	Update Controller-Firmware *.efw .....	116
8.3.4	FPGA-Firmware *.rbf.....	118
8.3.5	Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte.....	122
8.4	Wiederherstellen des Auslieferungszustandes .....	123
8.5	Support und Service.....	125

# 1 Produktübersicht EtherCAT-Klemmen, Referenzuhr, hochpräzise, Distributed Clocks

[EL6685 \[► 16\]](#)

EtherCAT-Klemme, Referenzuhr, hochpräzise, Distributed Clocks

[EL6685-0010 \(in Vorbereitung\)](#)

EtherCAT-Klemme, Referenzuhr, hochpräzise, trimmbar, Distributed Clocks

## 2 Vorwort

### 2.1 Hinweise zur Dokumentation

#### Zielgruppe

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

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

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

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

#### Disclaimer

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

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

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

#### Marken

Beckhoff®, ATRO®, EtherCAT®, EtherCAT G®, EtherCAT G10®, EtherCAT P®, MX-System®, Safety over EtherCAT®, TC/BSD®, TwinCAT®, TwinCAT/BSD®, TwinSAFE®, XFC®, XPlanar® und XTS® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH.

Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Bezeichnungen führen.



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

#### Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

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

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

#### Fremdmarken

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

## 2.2 Wegweiser durch die Dokumentation

**HINWEIS**



**Weitere Bestandteile der Dokumentation**

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

Titel	Beschreibung
<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>IO-Konfiguration in TwinCAT</b> ( <a href="#">PDF</a> )	Schnellstartanleitung für EtherCAT-Box-Module und EtherCAT P-Box-Module
<b>Infrastruktur für EtherCAT/Ethernet</b> ( <a href="#">PDF</a> )	Technische Empfehlungen und Hinweise zur Auslegung, Ausfertigung und Prüfung
<b>Software-Deklarationen I/O</b> ( <a href="#">PDF</a> )	Open-Source-Software-Deklarationen für Beckhoff-I/O-Komponenten

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

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

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

## 2.3 Sicherheitshinweise

### Sicherheitsbestimmungen

Beachten Sie die folgenden Sicherheitshinweise und Erklärungen!

Produktspezifische Sicherheitshinweise finden Sie auf den folgenden Seiten oder in den Bereichen Montage, Verdrahtung, Inbetriebnahme usw.

### Haftungsausschluss

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

### Qualifikation des Personals

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

### Signalwörter

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

### Warnungen vor Personenschäden

#### **GEFAHR**

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

#### **WARNUNG**

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

#### **VORSICHT**

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

### Warnung vor Umwelt- oder Sachschäden

#### **HINWEIS**

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

### Information zum Umgang mit dem Produkt



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

## 2.4 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
1.0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ergänzungen &amp; Korrekturen</li><li>• 1. Veröffentlichung</li></ul>
0.3.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ergänzungen &amp; Korrekturen</li></ul>
0.2.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ergänzungen &amp; Korrekturen</li></ul>
0.1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorläufige Dokumentation für EL6685</li></ul>

## 2.5 Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten

### 2.5.1 Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung

#### Bezeichnung

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

- Familienschlüssel
- Typ
- Version
- Revision

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

#### Hinweise

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

## 2.5.2 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

### 2.5.3 Beckhoff Identification Code (BIC)

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

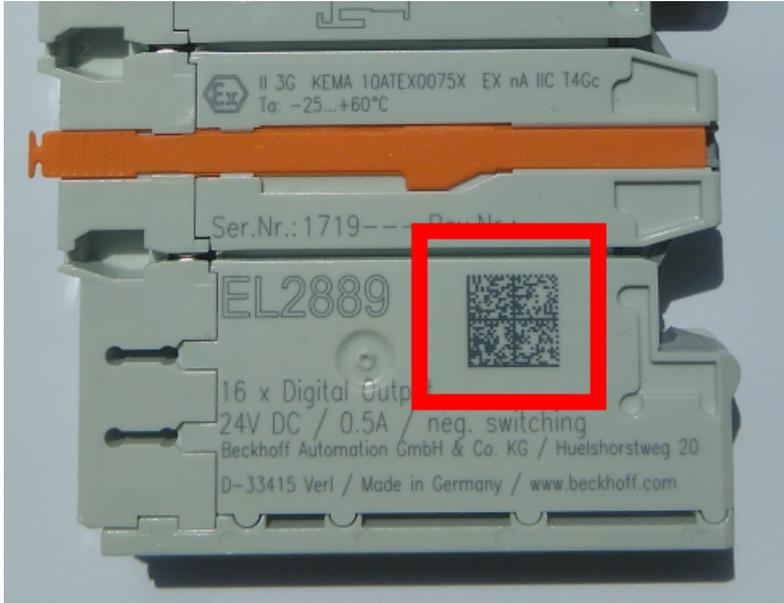


Abb. 2: BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200)

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

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

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

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

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

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

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

**Aufbau des BIC**

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

**1P072222**SBTNk4p562d7**1KEL1809** **Q1** **51S678294**

Entsprechend als DMC:



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

**BTN**

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

**HINWEIS**

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

## 2.5.4 Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC)

### Elektronischer BIC (eBIC)

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

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

### K-Bus Geräte (IP20, IP67)

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

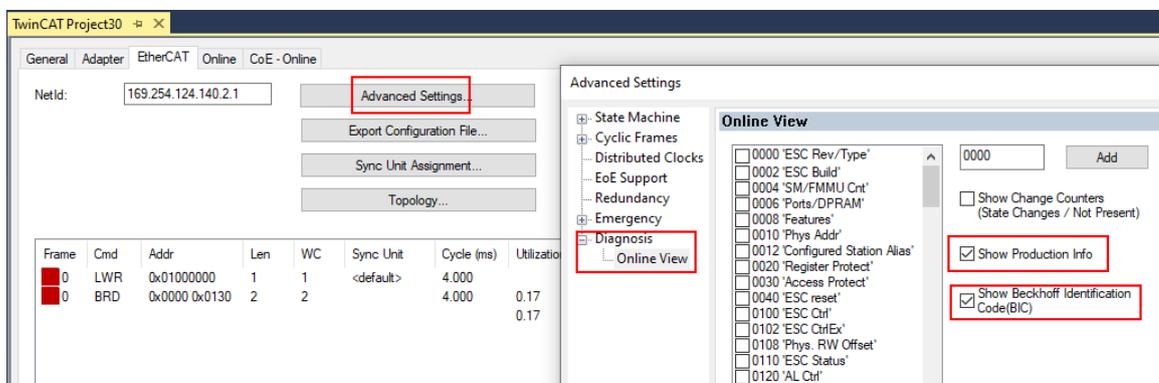
### EtherCAT-Geräte (IP20, IP67)

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

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

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

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



- Die BTN und Inhalte daraus werden dann angezeigt:

No	Addr	Name	State	CRC	Fw	Hw	Production Data	ItemNo	BTN	Description	Quantity	BatchNo	SerialNo
1	1001	Term 1 (EK1100)	OP	0.0	0	0	---						
2	1002	Term 2 (EL1018)	OP	0.0	0	0	2020 KW36 Fr	072222	k4p562d7	EL1809	1		678294
3	1003	Term 3 (EL3204)	OP	0.0	7	6	2012 KW24 Sa						
4	1004	Term 4 (EL2004)	OP	0.0	0	0	---	072223	k4p562d7	EL2004	1		678295
5	1005	Term 5 (EL1008)	OP	0.0	0	0	---						
6	1006	Term 6 (EL2008)	OP	0.0	0	12	2014 KW14 Mo						
7	1007	Term 7 (EK1110)	OP	0	1	8	2012 KW25 Mo						

- Hinweis: ebenso können wie in der Abbildung zu sehen die seit 2012 programmierten Produktionsdaten HW-Stand, FW-Stand und Produktionsdatum per „Show Production Info“ angezeigt werden.
- Zugriff aus der PLC: Ab TwinCAT 3.1. Build 4024.24 stehen in der Tc2\_EtherCAT Library ab v3.3.19.0 die Funktionen *FB\_EcReadBIC* und *FB\_EcReadBTN* zum Einlesen in die PLC bereit.

- Bei EtherCAT-Geräten mit CoE-Verzeichnis kann zusätzlich das Objekt 0x10E2:01 zur Anzeige der eigenen eBIC vorhanden sein, auch hierauf kann die PLC einfach zugreifen:
  - Das Gerät muss zum Zugriff in PREOP/SAFEOP/OP sein

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x015E1389 (22942601)
1008	Device name	RO	ELM3704-0000
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J0.1.27.0
1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
1018:0	Identity	RO	> 4 <
10E2:0	Manufacturer-specific Identification C...	RO	> 1 <
10E2:01	Subindex 001	RO	1P158442SBTN000@jekp1KELM3704 Q1 2P482001000016
10F0:0	Backup parameter handling	RO	> 1 <
10F3:0	Diagnosis History	RO	> 21 <
10F8	Actual Time Stamp	RO	0x170bfb277e

- Das Objekt 0x10E2 wird in Bestandsprodukten vorrangig im Zuge einer notwendigen Firmware-Überarbeitung eingeführt.
- Ab TwinCAT 3.1. Build 4024.24 stehen in der Tc2\_EtherCAT Library ab v3.3.19.0 die Funktionen *FB\_EcCoEReadBIC* und *FB\_EcCoEReadBTN* zum Einlesen in die PLC zur Verfügung
- Zur Verarbeitung der BIC/BTN Daten in der PLC stehen noch als Hilfsfunktionen ab TwinCAT 3.1 Build 4024.24 in der *Tc2\_Uutilities* zur Verfügung
  - *F\_SplitBIC*: Die Funktion zerlegt den BIC sBICValue anhand von bekannten Kennungen in seine Bestandteile und liefert die erkannten Teil-Strings in einer Struktur *ST\_SplittedBIC* als Rückgabewert
  - *BIC\_TO\_BTN*: Die Funktion extrahiert vom BIC die BTN und liefert diese als Rückgabewert
- Hinweis: bei elektronischer Weiterverarbeitung ist die BTN als String(8) zu behandeln, der Identifier „SBTN“ ist nicht Teil der BTN.
- Zum technischen Hintergrund:  
 Die neue BIC Information wird als Category zusätzlich bei der Geräteproduktion ins ESI-EEPROM geschrieben. Die Struktur des ESI-Inhalts ist durch ETG Spezifikationen weitgehend vorgegeben, demzufolge wird der zusätzliche herstellerspezifische Inhalt mithilfe einer Category nach ETG.2010 abgelegt. Durch die ID 03 ist für alle EtherCAT-Master vorgegeben, dass sie im Updatefall diese Daten nicht überschreiben bzw. nach einem ESI-Update die Daten wiederherstellen sollen. Die Struktur folgt dem Inhalt des BIC, siehe dort. Damit ergibt sich ein Speicherbedarf von ca. 50..200 Byte im EEPROM.
- Sonderfälle
  - 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.

## 3 Produktbeschreibung

### 3.1 Einführung

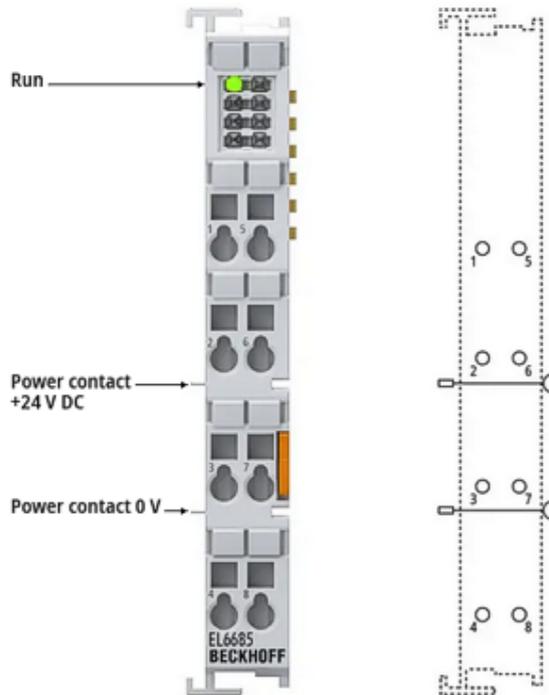


Abb. 4: EL6685 | EtherCAT-Klemme, Referenzuhr, hochpräzise, Distributed Clock

Die EL6685 dient als hochgenaue Referenzuhr des Distributed-Clocks-Systems. Bei Anwendungen mit höchsten Ansprüchen an die Zeitmessung erhöht der eingebaute Oszillator die Grundgenauigkeit des Zeitgebers deutlich.

#### Quick-Links

- [EtherCAT Funktionsgrundlagen](#)
- [Technische Daten \[► 17\]](#)
- [Hinweise zur Inbetriebnahme EL6685 \[► 108\]](#)

## 3.2 Technische Daten

Technische Daten	EL6685
Technik	Referenz-Oszillator
Oszillator-Grundgenauigkeit	±5 ppm (siehe auch <a href="#">Hinweise zur Inbetriebnahme</a> [► 108])
Distributed Clocks	ja
Spannungsversorgung	über den E-Bus
Stromaufnahme E-Bus	90 mA typ.
Konfiguration	TwinCAT System Manager/CAN-over-EtherCAT (CoE)
Gewicht	ca. 50 g
Betriebstemperatur	0...55 °C
Lagertemperatur	-25...+85 °C
Relative Feuchte	95 % ohne Betauung
Abmessungen (B x H x T)	ca. 12 mm x 100 mm x 68 mm (Breite angereicht: 23 mm)
Montage	auf 35 mm Tragschiene nach EN 50022
Schwingungs-/Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit/-Ausendung	gemäß EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Schutzart/Einbaulage	IP20/beliebig
Zulassungen/Kennzeichnungen <sup>*)</sup>	CE

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

### 3.3 LEDs

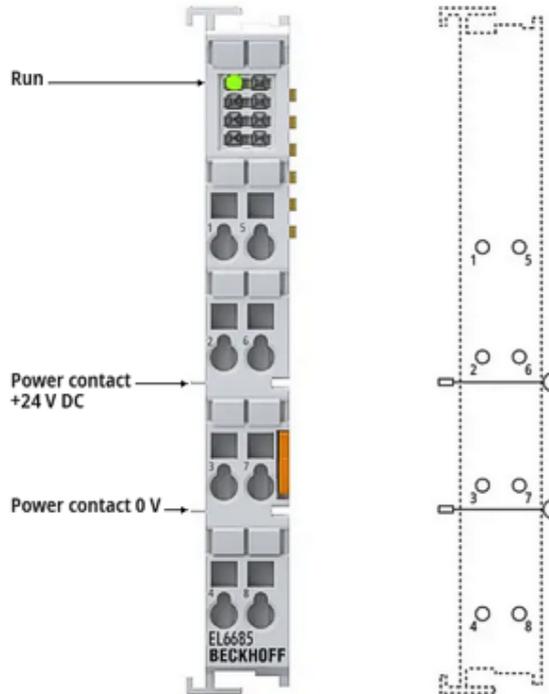


Abb. 5: LED EL6685

#### LED EL6685

LED	Farbe	Bedeutung	
RUN	grün	Diese LED gibt den Betriebszustand der Klemme wieder:	
		aus	Zustand der EtherCAT State Machine: <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 Ausgänge bleiben im sicheren Zustand
		an	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>OP</b> = normaler Betriebszustand; Mailbox- und Prozessdatenkommunikation ist möglich
flackernd/ schnell blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: <b>BOOTSTRAP</b> = Funktion für <u>Firmware-Updates</u> <a href="#">▶ 111</a>		

## 4 Grundlagen der Kommunikation

### 4.1 EtherCAT-Grundlagen

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

### 4.2 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:

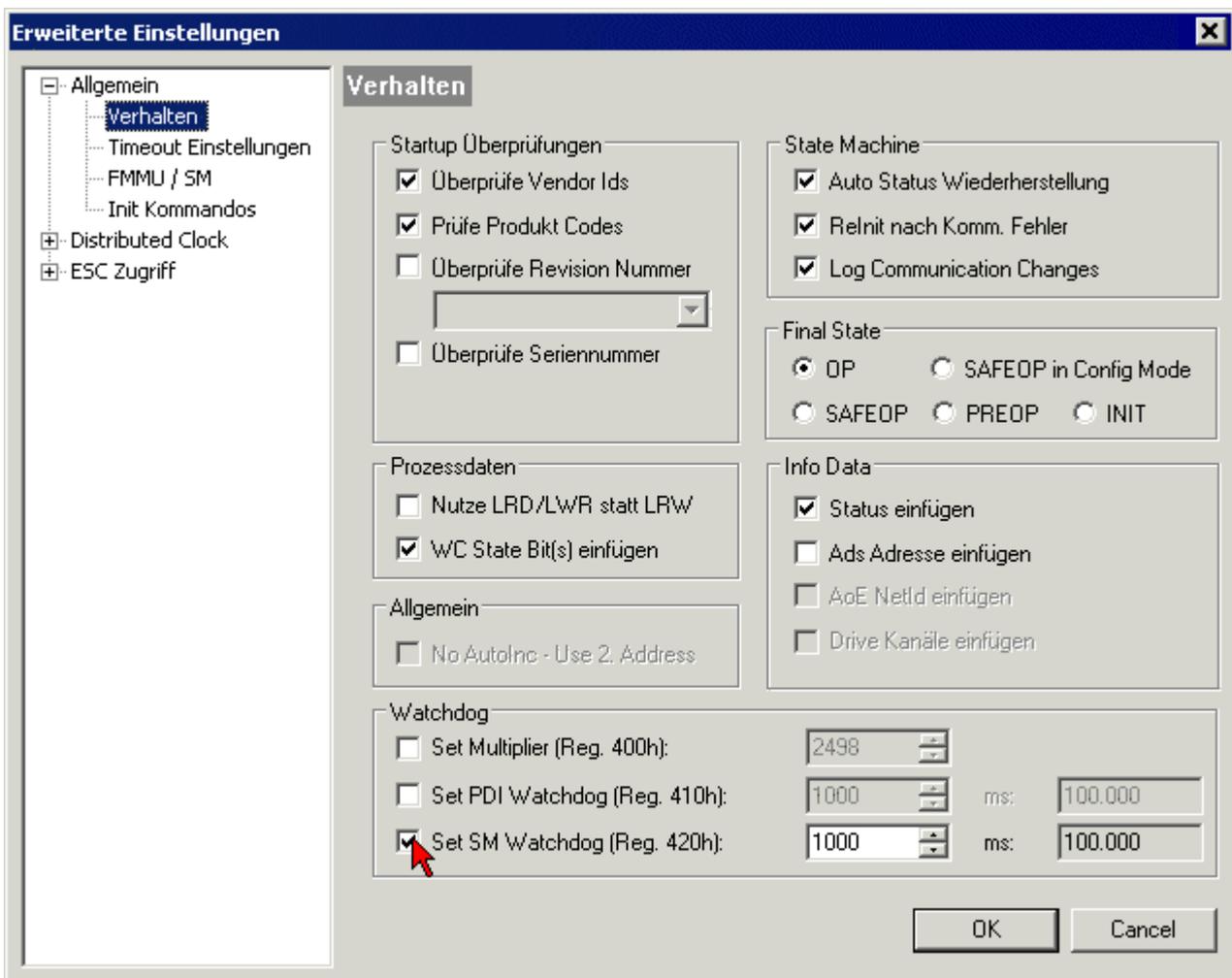


Abb. 6: Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten -> Watchdog

Anmerkungen:

- Das Multiplier-Register 400h (hexadezimal, also 0x0400), ist für beide Watchdogs gültig.
- Jeder Watchdog hat seine eigene Timer-Einstellung 410h bzw. 420h, die zusammen mit dem Multiplier eine resultierende Zeit ergibt.

- Wichtig: die Multiplier-/Timer-Einstellung wird nur dann beim EtherCAT-Start in den Slave geladen, wenn die Checkbox davor aktiviert ist. Ist diese nicht aktiviert, wird nichts herunter geladen und die im ESC befindliche Einstellung bleibt unverändert.
- Die heruntergeladenen Werte können in den ESC-Registern 400h, 410h und 420h eingesehen werden: ESC Zugriff -> Speicher (ESC Access -> Memory).

### SM-Watchdog (SyncManager-Watchdog)

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

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

Die maximal mögliche Watchdog-Zeit ist geräteabhängig. Beispielsweise beträgt sie bei „einfachen“ EtherCAT-Slaves (ohne Firmware) mit Watchdog-Ausführung im ESC in der Regel bis zu 170 Sekunden. Bei komplexen EtherCAT-Slaves (mit Firmware) wird die SM-Watchdog-Funktion in der Regel zwar über Register 400h/420h parametrisiert, aber vom Microcontroller ( $\mu\text{C}$ ) ausgeführt und kann deutlich darunter liegen. Außerdem kann die Ausführung dann einer gewissen Zeitunsicherheit unterliegen. Da der TwinCAT-Dialog ggf. Eingaben bis 65535 zulässt, wird ein Test der gewünschten Watchdog-Zeit empfohlen.

### PDI-Watchdog (Process Data Watchdog)

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

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

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

### Berechnung

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!

## 4.3 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).

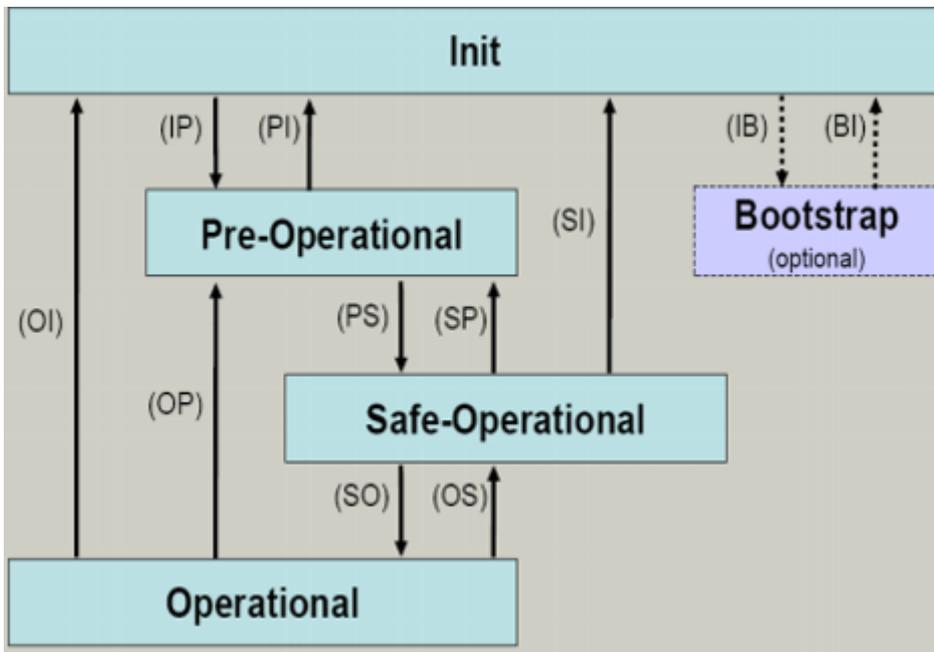


Abb. 7: Zustände der EtherCAT State Machine

**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.

## **4.4 CoE-Interface**

### **Allgemeine Beschreibung**

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

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

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

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

Die Wertebereiche sind:

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

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

Die für den EtherCAT-Feldbusanwender wichtigen Bereiche sind

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

Weitere wichtige Bereiche sind:

- 0x4000: Hier befinden sich bei manchen EtherCAT-Geräten die Kanalparameter. Historisch war dies der erste Parameterbereich, bevor der 0x8000 Bereich eingeführt wurde. EtherCAT-Geräte, die früher mit Parametern in 0x4000 ausgerüstet wurden und auf 0x8000 umgestellt wurden, unterstützen aus Kompatibilitätsgründen beide Bereiche und spiegeln intern.

- 0x6000: Hier liegen die Eingangs-PDO („Eingänge“ aus Sicht des EtherCAT-Masters)
- 0x7000: Hier liegen die Ausgangs-PDO („Ausgänge“ aus Sicht des EtherCAT-Masters)

**● Verfügbarkeit**

**I** Nicht jedes EtherCAT-Gerät muss über ein CoE-Verzeichnis verfügen. Einfache I/O-Module ohne eigenen Prozessor verfügen in der Regel über keine veränderlichen Parameter und haben deshalb auch kein CoE-Verzeichnis.

Wenn ein Gerät über ein CoE-Verzeichnis verfügt, stellt sich dies im TwinCAT System Manager als ein eigener Karteireiter mit der Auflistung der Elemente dar:

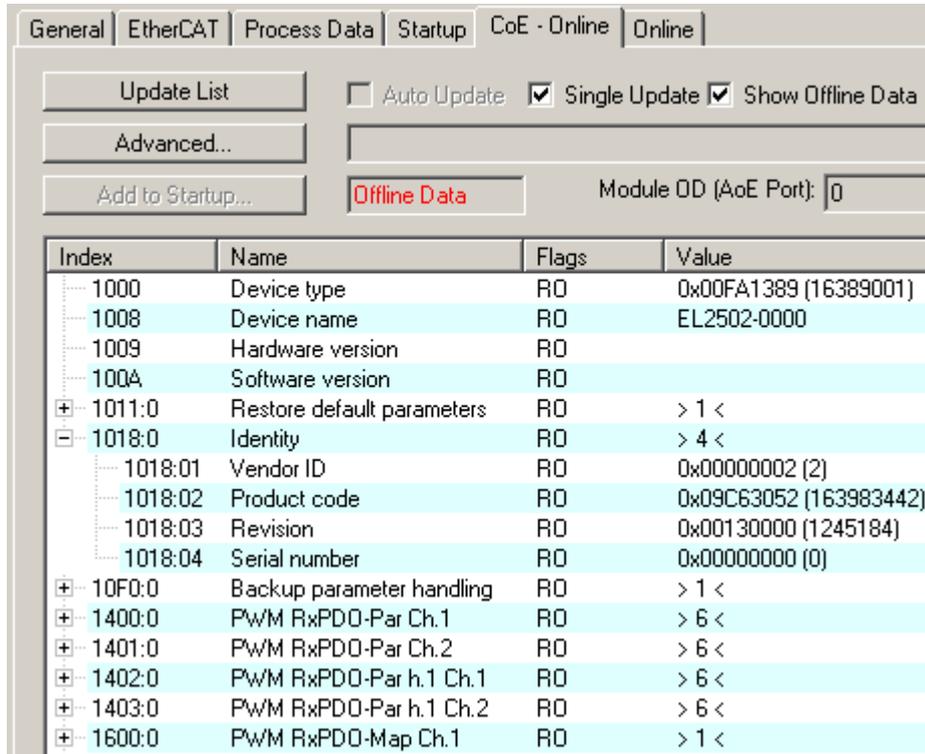


Abb. 8: Karteireiter „CoE-Online“

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

**HINWEIS**

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

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

- Startup-Liste führen für den Austauschfall,
- Unterscheidung zwischen Online/Offline Dictionary,
- Vorhandensein aktueller XML-Beschreibung (Download von der [Beckhoff Website](#)),
- "CoE-Reload" zum Zurücksetzen der Veränderungen
- Programmzugriff im Betrieb über die PLC (s. [TwinCAT 3 | PLC-Bibliothek: „Tc2\\_EtherCAT“](#) und [Beispielprogramm R/W CoE](#))

**Datenerhaltung und Funktion „NoCoeStorage“**

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

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

## ● Datenerhaltung

**i** 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.

## ● Startup-Liste

**i** 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 parametrieret.

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.

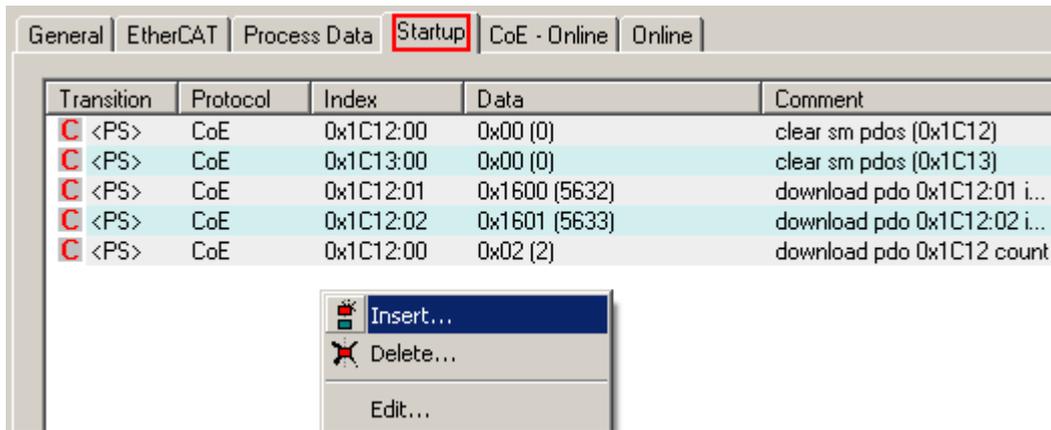


Abb. 9: Startup-Liste im TwinCAT System Manager

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.

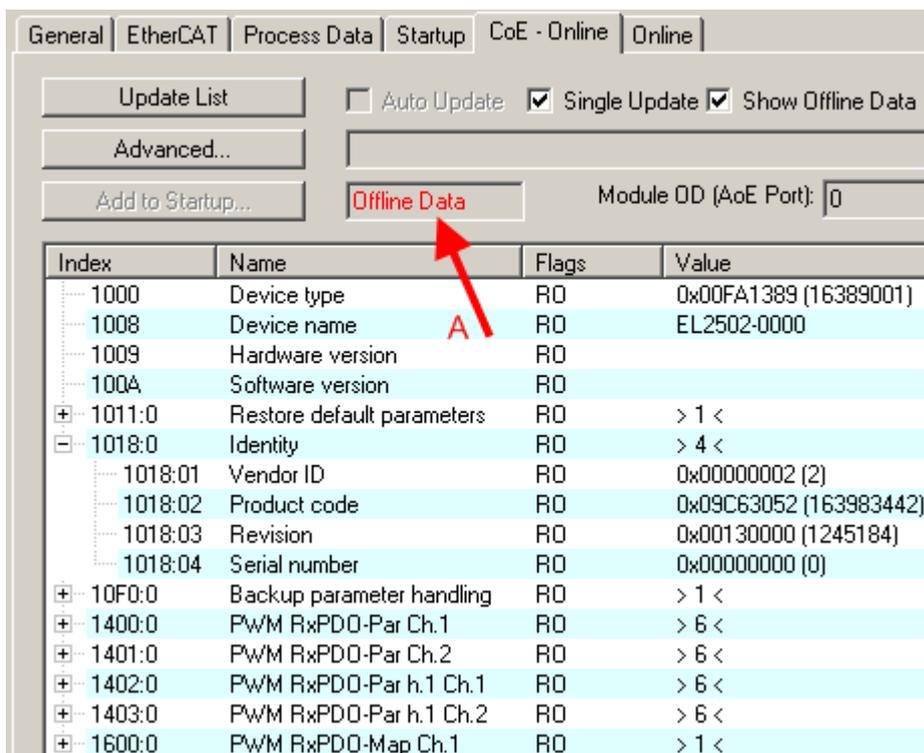


Abb. 10: Offline-Verzeichnis

- 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.

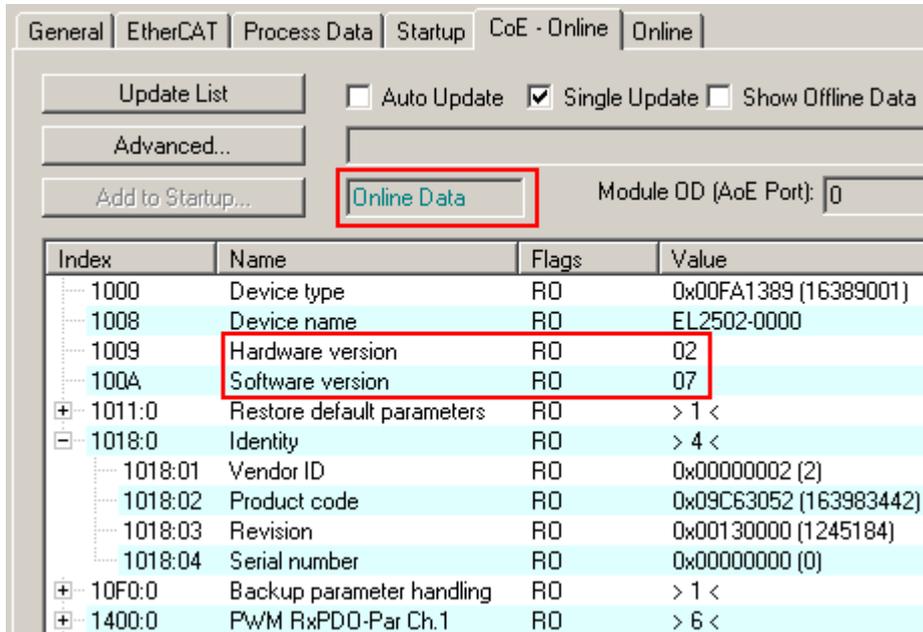


Abb. 11: Online-Verzeichnis

### Kanalweise Ordnung

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

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

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

Allgemein wird dies geschrieben als 0x80n0.

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

## 4.5 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](#).

## **5 Grundlagen EtherCAT Synchronisierung (Distributed Clocks)**

### **5.1 TwinCAT & Zeit**

#### **5.1.1 TwinCAT Zeitquellen**

In der Beckhoff TwinCAT Automatisierungssuite können mehrere unabhängige Zeitquellen ausgewertet werden. Siehe dazu auch das [Beispielprogramm \[► 48\]](#).

Angaben zur Architektur:

**Zeitarchitektur, benötigte Bibliotheken: TcEtherCAT.lib, TcUtilities.lib, TcSystem.lib**

Name	BIOS Mother-board	CPU Zeit	Windows/NT Zeit	TwinCAT/TC Zeit	Distributed Clocks/DC Zeit
<b>Beschreibung</b>	RTC (RealTimeClock), batteriegespeist auf dem Motherboard	CPU Counter aus der Hardware der Steuerung, nicht geregelt  Initialisiert durch RTC	Lokale Systemzeit des Windows-Betriebssystems (NT)  Initialisiert durch RTC	Fortlaufende TwinCAT-Uhr  Initialisiert durch Windows	Die Startzeit des aktuellen Task-Zyklus' wird zurückgegeben.  Initialisiert durch TwinCAT.
<b>Daten</b>		64 bit Auflösung: 100 ns <sub>PC Base</sub>	ab 1.1.1601 00:00 Auflösung: 1 ms Umfang: Struktur mit Jahr, Monat, Tag, Stunde usw.	ab 1.1.1601 00:00 Auflösung: 100 ns Umfang: 64 bit	ab 1.1.2000 00:00 Auflösung: 1 ns Umfang: 64 bit
<b>Bezug</b>			Lokal	Lokalzeit unter Berücksichtigung der eingestellten Zeitzone, meist also UTC	Lokalzeit unter Berücksichtigung der eingestellten Zeitzone, meist also UTC
<b>PLC-Format</b>		T_ULARGE_INTEGER	TIMESTRUCT	T_FILETIME	T_DcTime
<b>Aufruf</b>		GetCpuCounter	NT_GetTime()	GetSystemTime()	F_GetActualDcTime() (ab TwinCAT 2.11)  F_GetCurDcTickTime() (= GetSystemTime)  F_GetCurDcTaskTime() (ab TwinCAT 2.11)
<b>Aktualisierung</b>		bei jedem Aufruf, auch mehrmals innerhalb eines PLC-Zyklus		bei jedem Basistick (System Manager   BaseTime)	ActualDcTime bei jedem Aufruf, auch mehrmals innerhalb eines PLC-Zyklus  TickTime bei jedem Basistick (System Manager   BaseTime)  TaskTime bei Zyklusbeginn der Sync-Task
<b>beispielsweise Verwendung</b>	kann durch den PLC-Baustein <i>Nt_SetTimeToRtcTime</i> zur Korrektur der NT-Zeit verwendet werden	relative Zeitmessungen	Logging, Zeitstempelung auf Betriebssystemebene	hochgenaue relative zeitbasierte Aktionen innerhalb eines oder über mehrere Task-Zyklen	<ul style="list-style-type: none"> <li>hochgenaue relative zeitbasierte Aktionen innerhalb des EtherCAT-Systems</li> <li>endgültiger Bezug zu Globalzeit durch externe Synchronisierung möglich</li> </ul>
<b>Manipulationsmöglichkeit</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Durch den PLC-Baustein <i>Nt_SetTimeToRtcTime</i> kann sie auf die aktuelle RTC-Zeit geändert werden. Dies löst auch eine Korrektur der RTC-Zeit aus.</li> </ul> <p>ACHTUNG Eine Verwendung dieser Funktion in Verbindung mit EtherCAT Distributed Clocks Systemen wird nicht empfohlen!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Synchronisierung auf Netzwerkebene (SNTP, NTP)</li> </ul>		Synchronisierung zu externer Referenzzeit ab TwinCAT 2.11

**Einsatzszenario 1: Lokale Steuerung ohne netzwerkseitige Zwangssynchronisierung**

Die lokale Windowsuhr ist freilaufend und kann durch *Nt\_SetTimeToRtcTime* an die RTC gekoppelt werden. Beim Einsatz von Distributed Clocks Komponenten wird diese Möglichkeit nicht empfohlen!

Es wird die Verwendung der TC- oder DC-Uhr empfohlen, wenn absolute Zeitbezüge benötigt werden.

Ideal ist die Kopplung der DC-Zeit an eine externe Referenzzeit durch entsprechende EtherCAT-Komponenten.

**Einsatzszenario 2: Lokale Steuerung mit netzwerkseitiger Zwangssynchronisierung**

Die lokale Windowsuhr wird durch eine Netzwerkuhr/-server/Internet Zeitserver zyklisch mit der Weltzeit synchronisiert.

Eine Kopplung der Windowsuhr durch *Nt\_SetTimeToRtcTime* an die RTC wird nicht empfohlen.

Es wird die Verwendung der TC- oder DC-Uhr empfohlen. Der Bezug zur Absolutzeit kann applikationsseitig durch Offsetberechnung zur NT-Zeit hergestellt werden.

Ideal ist die Kopplung der DC-Zeit an eine externe Referenzzeit durch entsprechende EtherCAT-Komponenten.

**Einsatzszenario 3: Lokale Steuerung mit externer Referenzzeit über EtherCAT**

Durch Kopplung der DC-Zeit an eine externe Zeitquelle (GPS, Funkuhr, PTP/IEEE1588, EtherCAT) steht eine in Frequenz und Phase synchronisierte stetige Zeit zur Verfügung. NT- und TC-Zeit werden in der Applikation nicht benötigt.

---

**● Übliche Zeitsynchronisation**

**i** Die auf Betriebssystemebene übliche Zeitsynchronisation arbeitet in diskreten Intervallen von mehreren Sekunden bis Tagen. Im Synchronisationsfall führt dies zu einer sprunghaften/unsteten Änderung der unterlagerten Zeit! Davon betroffen sind übliche Netzwerksynchronisationen (SNTP, NTP u.ä.) oder auch *Nt\_SetTimeToRtcTime*. Die Applikation muss diese sprunghaften Änderungen der "Absolut"zeit erwarten!

Alle von Beckhoff in EtherCAT integrierten Verfahren arbeiten mit stetiger, nicht sprungbehafteter (Auf)Synchronisation.

---

## 5.1.2 Lokale und externe EtherCAT Synchronisierung

### 5.1.2.1 Einführung

Hinweis: Im Folgenden wird von einer „zentralen Steuerungsarchitektur“ ausgegangen: eine zentrale Steuerung (PLC, SPS) bedient über 1..n Feldbusse topologisch unterlagerte Stationen: I/O-Klemmen/Koppler, Antriebe, Kameras, Sensoren, ...

In einer Maschinensteuerung mit verteilten Komponenten (I/O, Antrieben, ggf. mehrere Master/Steuerungen) kann es erforderlich sein, dass die Komponenten in mehr oder weniger engem zeitlichen Bezug zueinander arbeiten.

#### **● Zeitdimension, Anspruch der Anwendung**

**i** Die Begriffe "enger zeitlicher Bezug" oder "gleichzeitig" müssen in Anbetracht der Anforderungen in greifbare Zahlen gefasst werden:

- für eine "Gleichzeitigkeit" im zweistelligen Millisekunden-Bereich kann eine serielle Kommunikationsstruktur und NTP-Synchronisierung ausreichend sein,
- sind dagegen eher einige Nanosekunden gefordert, müssen performante Synchronisierungstechnologien wie EtherCAT Distributed Clocks gewählt werden

Dazu muss in den Komponenten eine "Uhrzeit" vorhanden sein, auf die die Komponente (z. B. eine I/O-Klemme oder ein Antrieb) jederzeit Zugriff hat. Solche Anforderungen können sein:

#### **Anforderung 1**

- 1a) Mehrere Ausgänge in einer Steuerung müssen gleichzeitig gesetzt werden, unabhängig davon, wann die betreffende Station die Ausgangsdaten bekommt.
- 1b) Eingänge sollen gleichzeitig eingelesen werden, Antriebe/Achsen in einer Steuerung müssen synchron ihre Achsposition einlesen, unabhängig von der Topologie oder Zykluszeit.

Beide Anforderungen bedeuten, dass ein „lokaler“ Synchronisierungsmechanismus zwischen den Uhrzeiten der unterlagerten Stationen einer Steuerung besteht.

**Die Lösung:** die zentrale Steuerung (vorzugsweise TwinCAT3) synchronisiert per EtherCAT Distributed Clocks alle unterlagerten EtherCAT-Geräte -> „lokale Synchronisierung“

#### **Anforderung 2**

- 2a) Wenn Eingänge auf die Steuerung einwirken, muss die (absolute) Zeit festgehalten werden - dies kann zur späteren Auswertung hilfreich sein, wenn durch Analyse der Abfolge von Ereignissen Wirkungsketten nachvollzogen werden müssen.  
Dies bedeutet, dass die in den Komponenten laufende Uhrzeit an eine global gültige Zeit, z. B. die Weltzeit nach Greenwich oder eine Netzwerkuhr, angekoppelt sein muss.
- 2b) Eine Anlage besteht aus mehreren (zentralen) Steuerungen, die synchron oder zumindest mit gleicher Zeitbasis arbeiten sollen. Im Extremfall sollen Tasks auf verschiedenen Steuerungen synchron (i.e. frequenzgleich) und ohne Phasenverschiebung laufen.

**Die Lösung:** Beckhoff TwinCAT kann nicht nur Taktquelle für andere Steuerungen sein, sondern ist auch auf den Empfang externer Zeitsignale eingerichtet und kann so seinen eigenen Arbeitstakt danach ausrichten: TwinCAT kann sich also auf andere Taktquellen aufsynchronisieren („externe Synchronisierung“)

Um die Anforderungen 1 + 2 abzudecken, muss also in diesem Beispiel

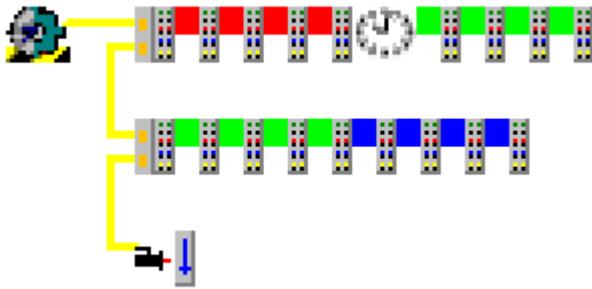


Abb. 12: Einfache I/O-Topologie

(bestehend aus dem EtherCAT Master, Teil der TwinCAT Steuerung, diversen I/O und einer Achse) folgendes gelöst werden:

- Synchronisierung der lokalen Uhren „lokale Synchronisierung“
- Ankopplung an einer übergeordneten Referenzzeit „externe Synchronisierung“
- ggf. Tasksynchronisierung, d.h. TwinCAT läuft synchron zu einem externen Takt

In den folgenden Abschnitten werden diese Themen besprochen.

### 5.1.2.2 Anforderung 1: lokale Synchronisierung

In einem EtherCAT-System wird das Distributed-Clocks-Konzept (DC) zur Synchronisierung der lokalen Uhren in den EtherCAT-Komponenten benutzt.

#### Synchronisierung der lokalen EtherCAT-Teilnehmer

Allgemein:

- Auflösung der Uhrzeit 1 ns entsprechend 1 digit, Umfang 64 Bit entsprechend ca. 584 Jahre
- Der EtherCAT-Master muss mit Synchronisierungsdatagrammen die verteilten Uhren im Rahmen der Systemgenauigkeit (EtherCAT: <100 ns) synchron halten.
- Nicht jeder EtherCAT-Teilnehmer muss dieses Feature unterstützen. Wenn ein Slave dieses Konzept nicht unterstützt, wird er vom Master nicht in die Synchronisierung mit aufgenommen. Wenn der verwendete EtherCAT-Master dieses Feature nicht unterstützt, ist DC auch in allen Slaves wirkungslos.
- Auch im EtherCAT-Master läuft eine solche Uhr, dort softwarebasiert.
- im System wird *eine* der vorhandenen Clocks als Reference-Clock ausgewählt - auf sie werden alle anderen Clocks synchronisiert. Diese Referenzuhr ist üblicherweise eine der Uhren der EtherCAT-Slaves, nicht die des EtherCAT-Masters. Üblicherweise wird der erste EtherCAT-Slave in der Topologie, der die Distributed-Clocks unterstützt, als Referenzuhr automatisch ausgewählt.
- es ist im Folgenden also zu unterscheiden zwischen
  - dem EtherCAT-Master (die Software die mit Ethernet-Frames die EtherCAT-Slaves "verwaltet") und den von ihm verwalteten EtherCAT-Slaves.
  - der Reference-Clock die üblicherweise im ersten DC-Slave sitzt und den ihr nachgeregelten Slave-Clocks, einschließlich der Uhr im EtherCAT-Master.

Zum Master:

- der EtherCAT-Master muss in der Systemstartphase die lokalen Uhr der Reference-Clock und der anderen Slave-Clocks auf die aktuelle Zeit setzen und im Folgenden durch zyklische Synchronisierungsdatagramme die Abweichungen der Uhren untereinander minimieren.
- bei Topologieänderungen muss der EtherCAT-Master die Uhren entsprechend neu synchronisieren
- nicht jeder EtherCAT-Master unterstützt dieses Verfahren
- der EtherCAT-Master in der Beckhoff TwinCAT Automatisierungssuite unterstützt Distributed Clocks in vollem Umfang.

Zum Slave:

- Auf Grund der hohen erforderlichen Exaktheit wird diese lokale Uhr in Hardware (ASIC, FPGA) ausgeführt.
- Distributed Clocks wird im EtherCAT Slave Controller (ESC) in den Registern 0x0900 - 0x09FF verwaltet, konkret läuft in den 8 Byte ab 0x0910 die lokale synchronisierte Uhrzeit.

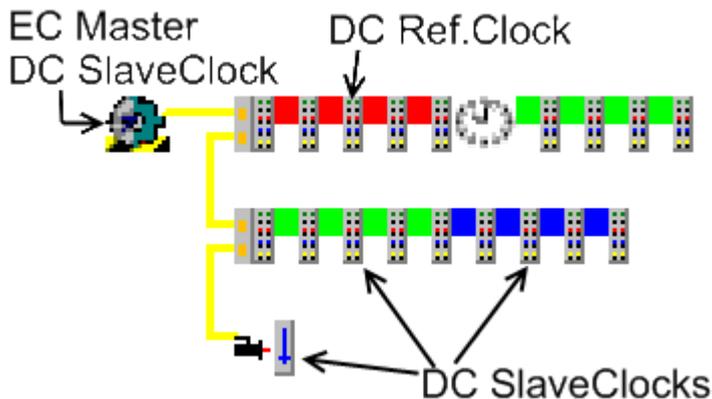


Abb. 13: Abbildung DC auf die Topologie

In Abb. *Abbildung DC auf die Topologie* wurde beispielhaft der 3. EtherCAT-Slave als DC-Reference-Clock ausgewählt - nach dessen lokaler Uhrzeit werden nun alle anderen Ausprägungen der verteilten Uhren nachgeregelt, also alle anderen EtherCAT-Slaves und die Uhr im EtherCAT-Master. Dies geschieht durch Synchronisierungsdatagramme, die der EtherCAT-Master zyklisch verschickt.

### ● Nachregelung TwinCAT-Clock

**i** Damit die PLC/NC-Tasks im Echtzeitkontext der Steuerung gleichzeitig mit den Distributed Clocks laufen, muss die allein echtzeitbestimmende TwinCAT-Uhr der DC-ReferenceClock nachgeführt werden. Wird mehr als 1 EtherCAT-System auf einer Steuerung eingesetzt, kann nur eines dieser Systeme die ReferenceClock stellen, der TwinCAT nachgeführt wird. Die anderen EtherCAT-Systeme wiederum müssen dann der TwinCAT-Uhr folgen.  
Siehe dazu die Hinweise im Kapitel "Kopplung von EtherCAT Systemen"

Durch dieses Verfahren ist gewährleistet, dass in allen DC-unterstützenden Teilnehmern jederzeit lokal auf eine Uhrzeit zurückgegriffen werden kann, die im Rahmen der DC-Synchronisierungsgenauigkeit in allen Teilnehmern gleich ist.

Das System arbeitet nun auf Basis der Zeitbasis der ausgewählten DC-Reference-Clock bzw. deren lokalem Taktgeber/Quarz mit  $T_{DC}$ . Diese Zeitbasis wird durch Produktions-/Fertigungsschwankungen kaum jemals gleich der amtlichen Sternzeit/koordinierte Weltzeit UTC  $T_{UTC}$  oder einer anderen Referenzzeit sein. Das bedeutet,  $1 \text{ ms}_{UTC}$  entspricht nie exakt  $1 \text{ ms}_{DC}$ ,  $T_{DC} \neq T_{UTC}$ . Über längere Zeiträume können auch Driftvorgänge das Verhältnis verändern. Solange DC für relative Vorgänge innerhalb des EtherCAT-Systems verwendet wird, spielt diese Abweichung von der UTC keine Rolle. Soll die DC-Zeit z. B. für Datenlogging mit globalem Zeitmaßstab verwendet werden, muss die Zeitbasis<sub>DC</sub> zur Zeitbasis<sub>UTC</sub> synchronisiert werden. Dies wird im Kapitel der Anforderung 3 beschrieben.

### 5.1.2.3 Anforderung 2a: übergeordnete Globalzeit, Absolutzeit

Soll die Zeitbasis  $T_{DC}$  einer übergeordneten Zeitbasis nachgeregelt werden, ist dazu die Zeitbasis und das Verfahren zu wählen. Üblicherweise werden gängige Synchronisationsprotokolle zur Synchronisation verwendet, Zeitquellen und Synchronisationsverfahren können sein

- Quellen: Weltzeit UTC, Netzwerkzeit, benachbarte Steuerung, Funkuhren (in Mitteleuropa: DCF77)
- Verfahren: GPS, Funkuhren, NTP (NetworkTimeProtokoll), SNTP (Simple NTP), PTP (IEEE1588), DistributedClocks DC

Erreichbare Synchronisationsgenauigkeiten liegen dabei (je nach Hardware) bei

- NTP/SNTP: ms-Bereich
- PTP:  $< 1 \mu\text{s}$
- DC:  $< 100 \text{ ns}$

Dabei sind die folgenden beiden Regelungsziele zu erreichen:

- die Frequenz der unterlagerten Zeitbasis ist der übergeordneten nachzuführen.
- ein ggf. bestehender Offset zwischen beiden Absolutzeiten muss nicht unbedingt zu 0 geregelt werden, es reicht ihn bekanntzugeben und konstant zu halten. Der Offset wird max. um  $\pm\frac{1}{2}$  Zykluszeit angepasst.

### ● Externe EtherCAT-Synchronisation

**i** Externe Synchronisationsquellen (EL6688, EL6692 u.a.) können erst ab TwinCAT 2.11 verwendet werden. In früheren Versionen von TwinCAT haben solche EtherCAT-Slaves keine sinnvolle Funktion.

Wird eine übergeordnete Master-Clock in ein EtherCAT-System eingebunden, wird dazu üblicherweise ein spezieller EtherCAT-Teilnehmer für den physikalischen Anschluss verwendet. Dieser kann, da er beide Zeitbasen beobachtet, die Zeitdifferenz ermitteln.

Bitte informieren Sie sich unter [www.beckhoff.de](http://www.beckhoff.de) über die für diesen Zweck geeigneten aktuell verfügbaren Produkte.

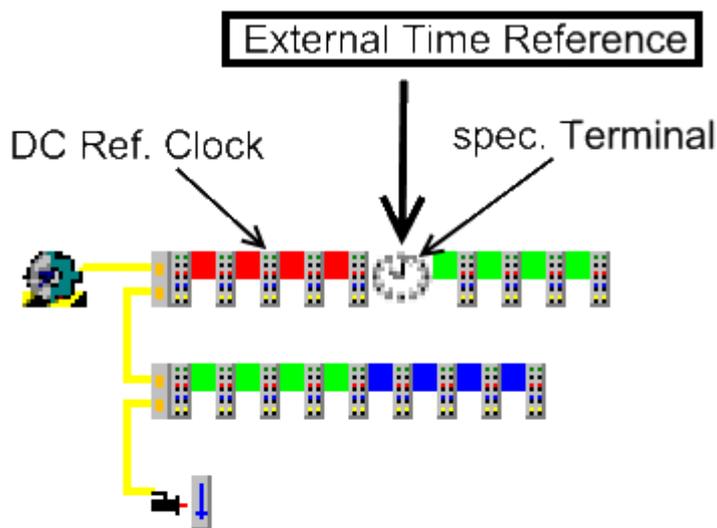


Abb. 14: EtherCAT-Topologie mit externer Referenz-Clock

Die unterschiedlichen Zeitbasen lassen sich hierarchisch anordnen - beim Start des jeweiligen System wird die aktuelle absolute Zeit vom jeweils unterlagerten System übernommen, ggf. wird eine Synchronisierung Top-Down wirksam, falls Externe Zeitbasis bzw. DC-Komponenten im System vorhanden sind..

### Nachregelung Lokalzeit vs. übergeordnete Absolutzeit

Die lokale DC-Zeit wird im Synchronisierungsfall nicht der übergeordneten Absolutzeit vollständig angeglichen, sondern nur auf einen konstanten Offset nachgeregelt. Dem Anwender wird dieser Offset als Prozessdatum zur Verfügung gestellt. Dabei wird der Offset um  $\pm\frac{1}{2}$  Zykluszeit korrigiert, damit beide Tasks in Phase laufen.

- Wenn TwinCAT den EtherCAT-Master startet, wird umgehend das lokale DC-System in den Slaves in Betrieb genommen und synchronisiert.
- Ein ExternalReference-Slave wie z. B. EL6688 (IEEE1588 PTP) liefert aber erst nach einigen Sekunden eine mit der übergeordneten Uhr abgestimmte Referenzzeit.
- Sobald diese externe Referenzzeit zur Verfügung steht, wird der Offset zur Lokalzeit berechnet, um  $\pm\frac{1}{2}$  Zykluszeit korrigiert, damit beide Tasks in Phase laufen und dem Anwender in den Info-Daten des EtherCAT-Masters zur Verrechnung mit seinen lokalen Zeitwerten zur Verfügung gestellt.
- Ab diesem Zeitpunkt wird dieser Offset je nach gewählter Regelungsrichtung konstant gehalten.

**5.1.2.4 Anforderung 2b: Externe Synchronisierung**

**5.1.2.4.1 Konzept externe TwinCAT Synchronisierung**

**Verwendung der Beispielprogramme**

**I** Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Kunden zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlenden Angaben.

**TwinCAT Uhrenhierarchie**

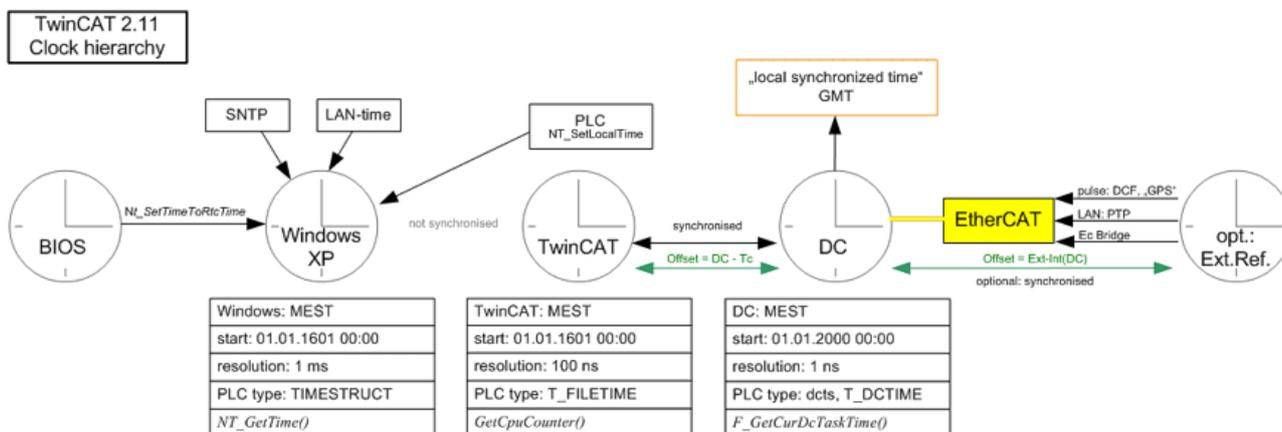


Abb. 15: Uhrenhierarchie TwinCAT 2.11 (ohne Gewähr)

Im Betriebssystem CE ist eine andere Betriebssystemzeit verankert, deshalb wird auch dort der Einsatz der DC-Uhr empfohlen.

**Grundlagen**

Bei der externen Synchronisierung von TwinCAT bei Benutzung von EtherCAT-Komponenten wird auf der lokalen Steuerung eine Zeit bereitgestellt, die in ihrem Wert der übergeordneten Zeit entspricht. EtherCAT als Feldbus stellt dabei die nötigen Betriebsmittel zur Verfügung, insbesondere den EtherCAT eigenen Synchronisierungsmechanismus der Distributed Clocks. Es werden also

- auf der TwinCAT-Steuerung die EtherCAT-Slaves und der EtherCAT-Master in TwinCAT lokal synchronisiert, s. dazu vorangegangene Seiten.
- danach die Steuerung insgesamt als Slave-Clock mit seiner DC-Clock der übergeordneten Uhr nachgeregelt.

Dabei tritt folgender Ablauf ein:

- die Frequenzsynchronität beider Zeitbasen wird hergestellt
- der Offset zwischen beiden Zeitbasen wird ermittelt und bekanntgegeben

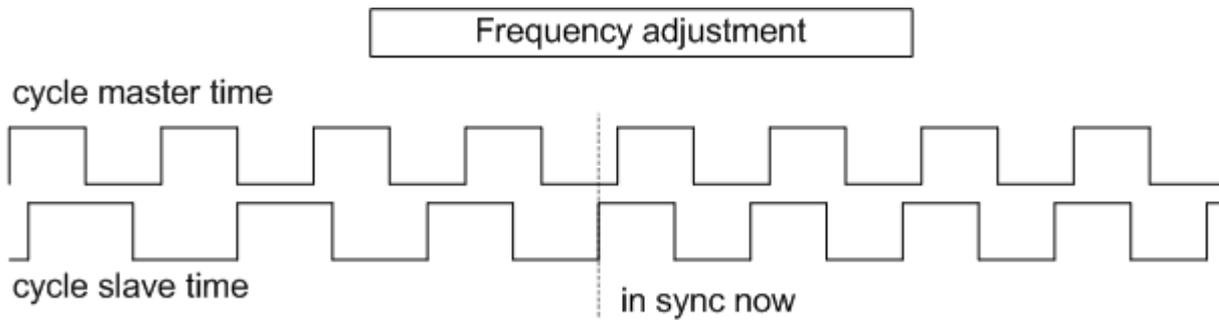


Abb. 16: Frequenzsynchronität

Folgendes ist zu beachten:

- Die Slave-Clock-Steuerung regelt nach dem TwinCAT-Start ihre Distributed-Clocks-Zeit der übergeordneten Zeit in der Frequenz nach:
  - beim EtherCAT-Start wird der erstmalige Offset zwischen beiden Zeiten festgestellt.
  - die nachfolgende Regelung hält diesen Offset konstant und gibt ihn bekannt.
  - die Nachregelung wird kontinuierlich vollzogen.
- Für den Fall, dass die Synchronisierung aussetzt (Verbindung unterbrochen, Neustart eines der Systeme) ist das Verhalten wie folgt:
  - setzt die Regelung in der Slave-Clock-Steuerung wieder ein, wird dort ein erneuter Offset berechnet und bekanntgegeben.
  - die Applikation hat diesen Offset deshalb ständig zu beachten.
- Es wird ebenfalls ein neuer Offset berechnet, wenn die Regelungsgrenze von  $\pm 1$  Zykluszeit überschritten wird.
- Sowohl die BIOS-Uhr (Motherboard) als auch die Betriebssystemuhr (Windows) wird davon nicht berührt!
- Die TwinCAT-Uhr wird ebenfalls nicht verändert.
- Für Aufgaben in Bezug auf die jeweilige Stationshardware (EtherCAT-Slaves, Klemmen) muss weiterhin die lokale DC-Zeit verwendet werden.
- Wird in der Applikation außerdem die TwinCAT-Zeit verwendet, ist der TcToDc-Offset zwischen TwinCAT- und DC-Uhr zu berücksichtigen.

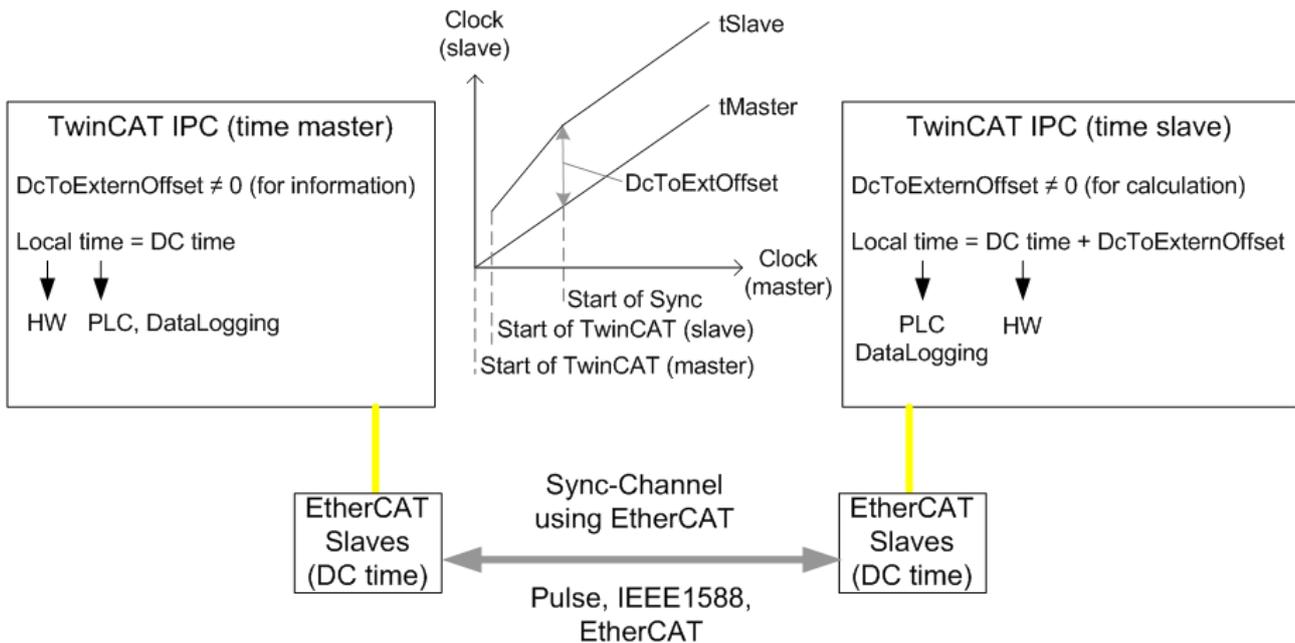


Abb. 17: Synchronisierung von 2 TwinCAT-IPC mithilfe von EtherCAT-Komponenten

**i Verwendung der synchronisierten Uhrzeit**

In der nachgeregelten Station ist die "andere" Zeit aus dem Master-PC bekannt durch:

**Synchronisierte DC-Zeit = Lokale DC-Zeit + Offset**

Diese synchronisierte Zeit kann nun für Datalogging verwendet werden. Für Aufgaben in Bezug auf die jeweilige Stationshardware (EtherCAT Slaves, Klemmen) muss weiterhin die lokale DC-Zeit verwendet werden.

**Kaskadierung von synchronisierten TwinCAT-Systemen**

Es wird davon abgeraten mehrere zeitsynchronisierte TwinCAT-Systeme zu kaskadieren. Eine einfache Kaskadierung tritt allerdings bereits dann auf, wenn ein TwinCAT-System durch externe Uhr z. B. gegen GPS geregelt ist und seine lokale Zeit wiederum über eine Bridgeklemme EL6692 an ein unterlagertes EtherCAT-System weitergibt.

Dann ist in den jeweils unterlagerten Systemen der jeweilige DcToExt-Offset der übergeordneten Systeme zu berücksichtigen!

**Synchronisierte DC-Zeit = Lokale DC-Zeit + DcToExtOffset<sub>lokal</sub> + Σ DcToExtOffset<sub>übergeordnet</sub>**

Die übergeordneten jeweiligen DcToExtOffset können durch Netzwerkvariablen, ADS, über die Bridgeklemme EL6692 oder beliebige andere Kanäle transportiert werden. Das unterlagerte System muss diese Offsets mit verrechnen.

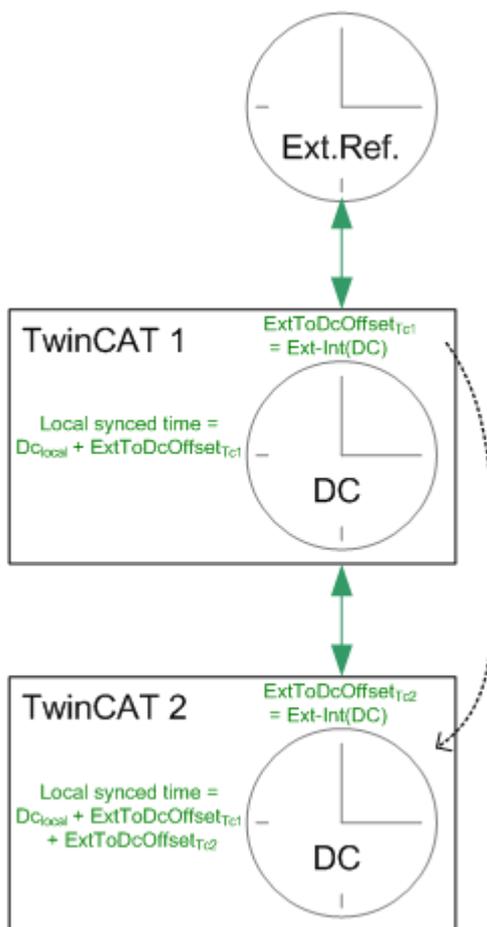
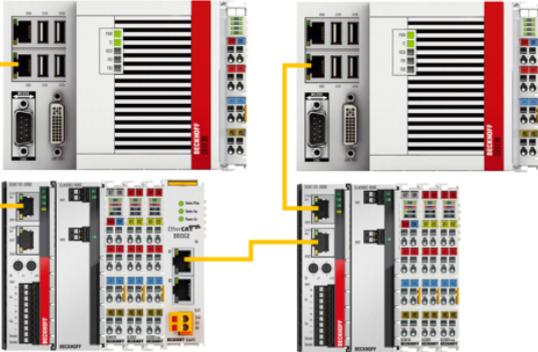
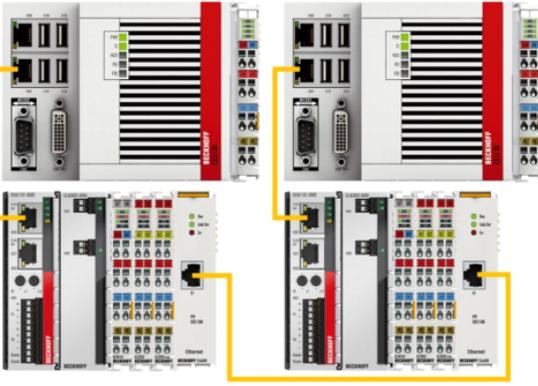
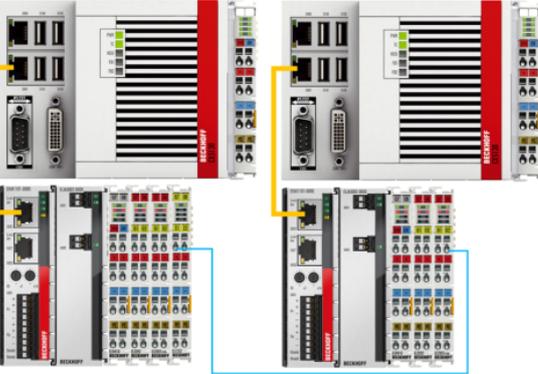
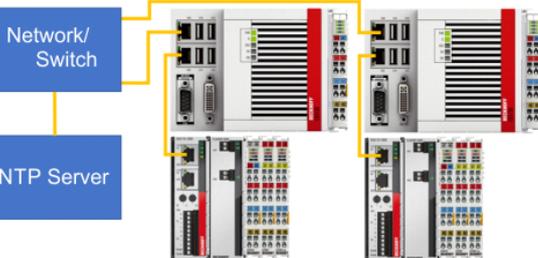


Abb. 18: Kaskade aus geregelten TwinCAT-Systemen

**5.1.2.4.2 Realisierungsmöglichkeiten**

Folgende technischen Varianten sind zur externen TwinCAT-Synchronisierung möglich (Stand 2022-08)

Fortlaufende Nr.	Bezeichnung	Bewertung	Beispielabbildung
1	<p>EtherCAT Datenaustauschgerät (Bridge-Klemme EL6692/6695, EtherCAT-slave card FC11xx)</p> <p>2 EtherCAT-Systeme werden direkt gekoppelt, zum Datenaustausch und zur DC-Zeitsynchronisierung</p>	<p>Bestmögliche Zeit(DC)-Kopplung; Master-IPC stellt die Absolutzeit; nur 2 Partner möglich (wenn mehr dann Verkettung nötig)</p>	
2	<p>PTP IEE1588</p> <p>n EtherCAT-Systeme werden per EL6688 an ein PTP-Netz gekoppelt, ggf. ist eine EL6688 auch der Zeitmaster</p>	<p>Gute Zeitkopplung; aufwendige Netzwerktechnik für beste Ergebnisse nötig; n Teilnehmer möglich</p>	
3	<p>TF6225 und EL1252</p> <p>n EtherCAT-Systeme werden per Drahtverbindung gekoppelt</p>	<p>Bestmögliche Zeit(DC)-Kopplung; wenn Transport der Absolutzeit nötig muß dies über eine Nebenkommunikation z.B. über NMEA0183 per serieller RS-Leitung erfolgen</p>	
4	<p>CU2508</p> <p>2 EtherCAT-Systeme werden direkt über jeweils einen CU2508 gekoppelt, zur DC-Zeitsynchronisierung</p>	<p>Bestmögliche Zeit(DC)-Kopplung; Master-IPC stellt die Absolutzeit;</p>	
5	<p>NTP</p> <p>n Steuerungen werden in einem NTP-Netzwerk miteinander synchronisiert</p>	<p>Mäßig gute Zeitkopplung; keine Nachführung der TwinCAT-Realtime! Lediglich die Absolutzeit steht im IPC zur weiteren applikationsseitigen Verwendung in der PLC zur Verfügung</p>	

### 5.1.2.4.3 Systemverhalten TwinCAT

#### Ausfall der externen Referenzclock

Fällt das Signal der externen Referenzclock aus, driften naturgemäß beide Zeitbasen wieder auseinander. Setzt das Signal wieder ein, wird auf den bisherigen Offsetwert stetig zurückgeregelt.

TwinCAT kann auch ohne Signal der externen Uhr starten, beim erstmaligen stabilen Empfang der externen Referenzclock wird der Offset wie oben beschrieben berechnet und beibehalten.

### 5.1.2.4.4 Externe Synchronisierung: Einstellungen in TwinCAT 2.11

Ab TwinCAT 2.11 wird die externe Synchronisierung über EtherCAT unterstützt. Im entsprechenden Dialog kann die Synchronisierungsrichtung eingestellt werden.

#### Einstellungen Distributed Clocks Timing

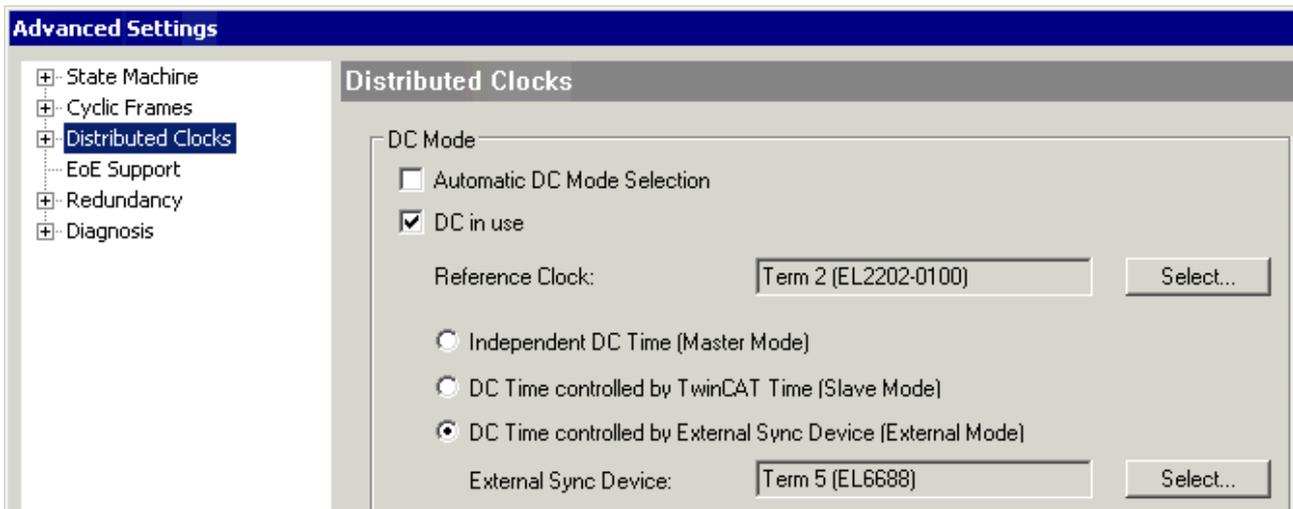


Abb. 19: TwinCAT 2.11 Distributed Clocks Settings

Das Bild oben zeigt ein Beispiel für EL6688 im PTP-Slave-Modus als Zeitreferenz für das lokale EtherCAT-System.

In Abb. *Synchronisierungsrichtung* ist die zur jeweiligen Synchronisierungsart gehörenden Synchronisierungsrichtung angeben - d.h. welche Quelle ihre Zeit dem Synchronisierten auferlegt.

- **Independent DC Time (A):**  
Eine der EL Klemmen (üblicherweise die erste Distributed Clocks (DC) unterstützende Klemme) ist die Referenz-Clock, alle anderen DC-Klemmen werden dieser nachgeregelt. Auswahl der Referenz-Clock im Dialog darüber.
- **DC Time controlled by TwinCAT (B):**  
Die DC-Referenz-Clock wird der lokalen TwinCAT-Zeit nachgeregelt. Diese Einstellung wird benutzt, wenn auf einer Steuerung mehrere EtherCAT-Systeme jeweils mit Distributed-Clocks-Funktion betrieben werden. Dieser Nachführmodus ist jedoch von verringerter Genauigkeit. Bei der Anforderung von hoher Genauigkeit muss der externe EtherCAT-Verteiler CU2508 benutzt werden.  
Hinweis: als Referenz-Clock in dem unterlagerten EtherCAT-System muss ein Gerät ohne Firmware-Intelligenz (z. B. ein Koppler Ek1100) gesetzt werden.  
Bitte das Kapitel "Kopplung von EtherCAT Systemen" beachten.
- **DC Time controlled by External Sync Device (C):**  
Wenn das EtherCAT-System einer übergeordneten Uhr nachgeregelt werden soll, kann hier das External Sync Device ausgewählt werden.  
Bitte das Kapitel "Externe Synchronisierung" [► 35] beachten.

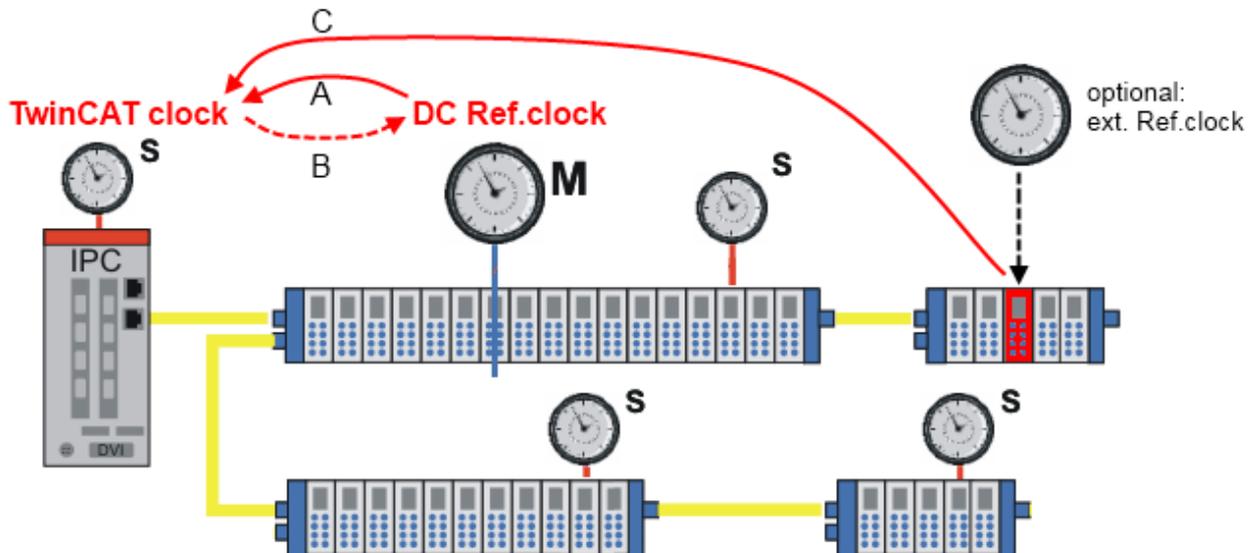


Abb. 20: Synchronisierungsrichtung

**Einstellungen Prozessdaten**

TwinCAT 2.11 kann in den EtherCAT-Master-Infodaten die aktuellen Offsets in [ns] anzuzeigen.

- Diese Offsets werden nach dem EtherCAT-Start einmalig berechnet.
- Die Synchronisationsregelung hält diese Offsets konstant.
- Sollen auf dem aufsynchronisierten EtherCAT-System lokale DC-Zeitwerte (z. B. aus Zeitstempelklemmen EL1252) in den absoluten Bezug des übergeordneten EtherCAT-Systems gesetzt werden, muss der Anwender diesen Offset mit jedem lokalen Zeitstempel verrechnen.

Beispiel:  $t_{EL1252 \text{ timestamp channel 1, absolute time}} = t_{EL1252 \text{ timestamp channel 1, local DC time}} + t_{ExtToDcOffset} + t_{TcToDcOffset}$

- [-] State Machine
  - Master Settings**
  - Slave Settings
- [-] Cyclic Frames
  - Sync Tasks
  - Process Image
  - VLAN Tagging
- [+] Distributed Clocks
- [-] EoE Support
- [+] Redundancy
- [+] Emergency
- [+] Diagnosis

### Master Settings

Startup State

'INIT'

'PRE-OP'

'SAFE-OP'

'OP'

Stay at 'PRE-OP' until Sync Task started

Run-Time Behaviour

Log Topology Changes

Log CRC Counters

Log Error Counters (only for testing)

Relnit after Communication Error

Show Input Toggle Information

Info Data

Enable

Include Device Id

Include Ads NetId

Include Cfg Slave Count

Include DC Time Offsets

Abb. 21: Anzeige aktueller Offsets

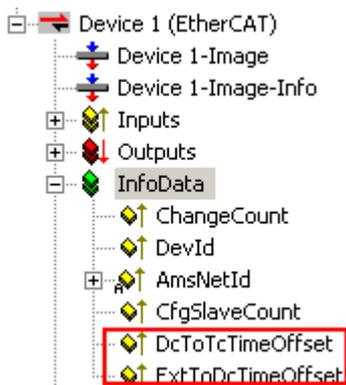


Abb. 22: Aktuelle Offsets

### 5.1.2.4.5 Beispiel: Bridge Klemme EL6692

#### ● Verwendung der Beispielprogramme

**i** Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Kunden zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlenden Angaben.

Im vorliegenden Beispiel werden zwei Beckhoff IPC mit TwinCAT 2.11, b1539 untereinander synchronisiert. Ein PC ist die Master-Clock, der andere (Slave-Clock) synchronisiert seine "Zeit" auf ihn auf. EtherCAT als Feldbus stellt dabei die nötigen Betriebsmittel zur Verfügung, insbesondere den EtherCAT eigenen Synchronisierungsmechanismus der Distributed Clocks.

Der Vorgang erfolgt nach den Erläuterungen im vorangegangenen Kapitel.

Zu beachten ist:

- Der Master-PC arbeitet autonom auf Basis seiner DC-Zeit
- Der Slave-PC regelt nach dem TwinCAT-Start seine Distributed Clocks Zeit dem Master-IPC nach:
  - beim EtherCAT-Start wird der erstmalige Offset zwischen beiden Zeiten festgestellt.
  - die nachfolgende Regelung hält diesen Offset konstant und gibt ihn bekannt.
  - die Nachregelung wird kontinuierlich vollzogen.
- Für den Fall, dass die Synchronisierung aussetzt (Verbindung unterbrochen, Neustart eines der Systeme) ist das Verhalten wie folgt
  - Setzt die Regelung im Slave-PC wieder ein, wird dort ein erneuter Offset berechnet und bekanntgegeben.
  - die Applikation hat diesen Offset deshalb ständig zu beachten.
- Für Aufgaben in Bezug auf die jeweilige Stationshardware (EtherCAT Slaves, Klemmen) muss weiterhin die lokale DC-Zeit verwendet werden.
- Die EtherCAT-Zykluszeit muss in beiden Systemen identisch sein.
- Werden in beiden Systemen unterschiedliche Konfigurationen verwendet, d.h. es kommen eine unterschiedliche Anzahl/Typen/Reihenfolge an Slaves zum Einsatz, werden auch die jeweils automatisch berechneten Shift-Zeiten differieren.  
Beispiel: in beiden Systemen arbeitet jeweils eine EL2202-0100, die beide gleichzeitig ihren Ausgang schalten sollen. Da unterschiedliche Output-Shift-Zeiten berechnet wurden, wird eine konstante Differenz gemessen werden.  
Es ist dann im System mit der kleineren Output-Shifttime die des anderen Systems einzutragen.

**HINWEIS****Beeinflussung von Geräten bei Veränderung der Shift-Zeiten**

Seiteneffekte in Bezug auf die Funktion der anderen Slaves bei Veränderung dieser Shift-Zeiten sind zu bedenken!

- Im geregelten System unterliegt der Zeitoffset zwischen den Systemen gewissen Schwankungen.

 Beispielprogramm (<https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el6685/Resources/2469158155.zip>), TwinCAT 2.11

Beachten Sie im Programm die nach Bedarf erfolgte Verwendung von "signed" und "unsigned" 64 Bit-Variablen.

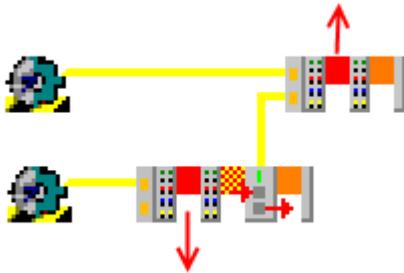
**Topologie**

Abb. 23: Topologie des Beispielprogramms

Station Master: EK1100, EL2202, EL6692

Station Slave: EK1100, EL2202

Synchronisiert wird in diesem Beispiel über die EL6692, Richtung *PrimarySide* --> *SecondarySide* (*RJ45 Anschluss*). Auch eine Synchronisierung in der anderen Richtung ist möglich.

### **EL6692 Dokumentation**

**i** Bitte beachten Sie die Angaben in der Dokumentation zur EL6692 zum Systemverhalten dieser Klemme.

**Demoprogramm**

In diesem Demoprogramm wird auf der Slave-Seite die eigene lokale DC-Zeit aus der ReferenceClock im EtherCAT-Strang mit dem Offset verrechnet, der sich aus der Zeitdifferenz zum externen Synchronisierungsgerät ergibt. Diese Verrechnung macht demzufolge nur auf einer Plattform Sinn, die Synchronisierung-Slave zu einem Master ist.

Der Synchronisierungsweg kann sein

- ein anderes EtherCAT-System, Mittel: Beckhoff EL6692 Bridge Klemme (dieses Beispiel)
- ein IEEE1588-System, Mittel: Beckhoff EL6688 PTP-Klemme
- ein beliebiger Zeitgeber mit Zeitinfo (GPS, Funkuhr), Mittel: TwinCAT Supplement "Externe Synchronisierung"

Das Prinzip:

TwinCAT bekommt zyklisch (z. B. sekundlich) ein Pärchen (64 Bit, Einheit 1 ns) aus Internem (DC) und externem Zeitstempel. Diese beiden Zeitstempel sind ursprünglich zum selben Zeitpunkt gewonnen. Aus der erstmaligen Differenz wird der Offset zwischen beiden Zeitbasen berechnet und im System Manager | Gerät EtherCAT | InfoData

bekanntgegeben. Weiterhin regelt das Slave-TwinCAT aus dem Verlauf der beiden Zeitstempel zueinander die lokale eigene DC-Zeit nach.

Berechnungen:

- aktuelle Regelabweichung = DcToExtOffset - (Externer Zeitstempel - Interner Zeitstempel)  
Dieser Wert ("signed", 64 Bit) wird mit einer Applikationsspezifischen Schranke verglichen, bei Einhaltung wird die Gültigkeit der Zeit ausgegeben
- lokale synchronisierte Zeit = lokale DC-Zeit + DcToExtOffset  
Diese "nuLocalTime" ("unsigned", 64 Bit) kann nun für Datalogging und Ereignisse mit Zeitbezug zur Master-PC-Clock verwendet werden.

**Einrichtung TwinCAT 2.11**

Im folgenden Ablauf wird das Gesamtsystem wie folgt eingestellt:

- EL6692 primäre Seite (E-Bus): Sync Master (also Referenzuhr)
- EL6692 sekundäre Seite (RJ45-Buchsen): Sync Slave (also synchronisierte Seite)

Die Synchronisierungsrichtung der Zeit kann auch andersherum eingerichtet werden, den Hinweisen ist dann sinngemäß zu folgen.

**Sync Master Seite**

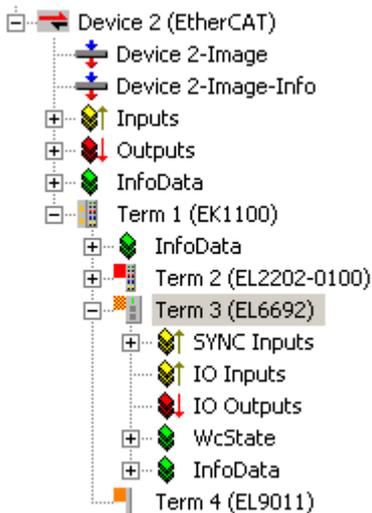


Abb. 24: Teilnehmer auf der Master Seite



Abb. 25: EL6692 PrimarySide auf DC stellen

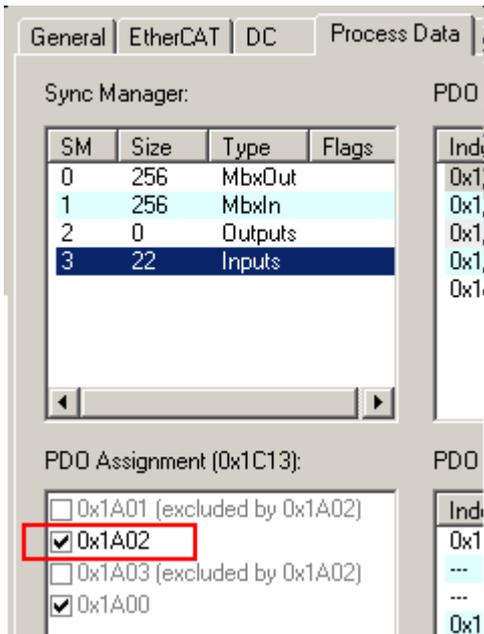


Abb. 26: PDO 0x1A02 aktivieren zur Darstellung der Zeitstempel

**● Zeitstempel PDO**

**i** Das Aktivieren der Zeitstempel-PDO ist für die TwinCAT-Software der jeweiligen Seite der Hinweis, dass diese synchronisiert werden soll, also der SyncSlave ist. Auf der Sync-Master-Seite (also die Seite die die Referenzuhr darstellt) ist das Aktivieren der Zeitstempel-PDO nicht erforderlich.

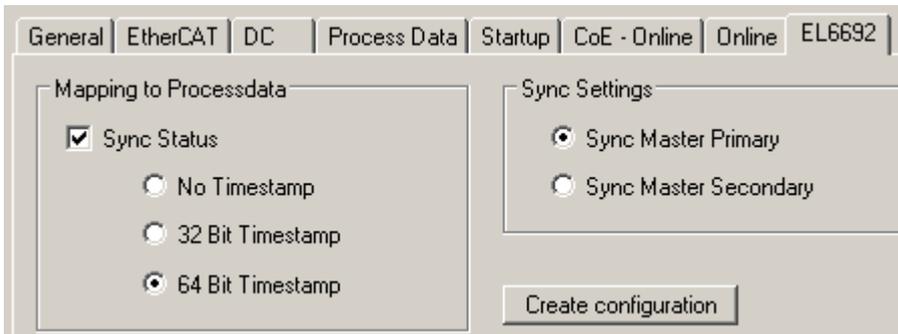


Abb. 27: Synchronisierungsrichtung auf der PrimarySide einstellen

Das Bild oben zeigt SyncSettings: Primary --> Secondary.

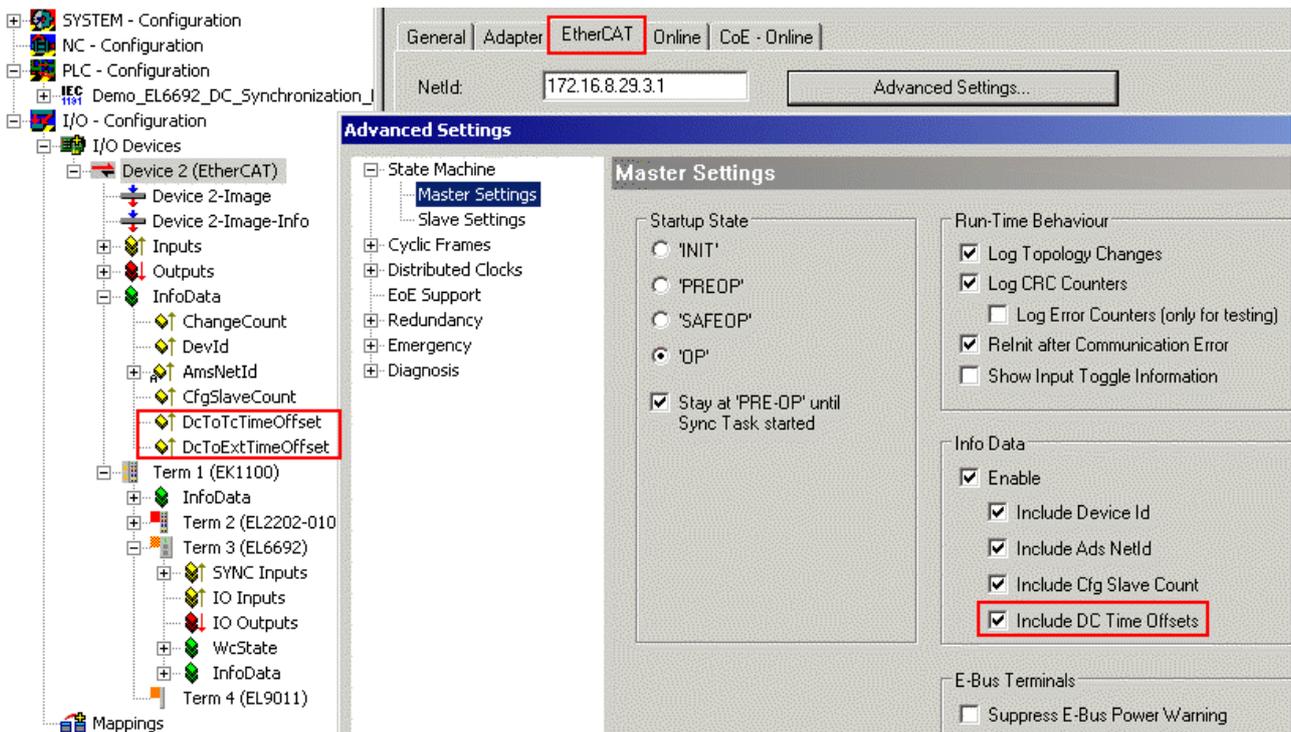


Abb. 28: Anzeige der DC Offsets im EtherCAT Master aktivieren

Sie können dann auf der Master-Seite ausgewertet werden.

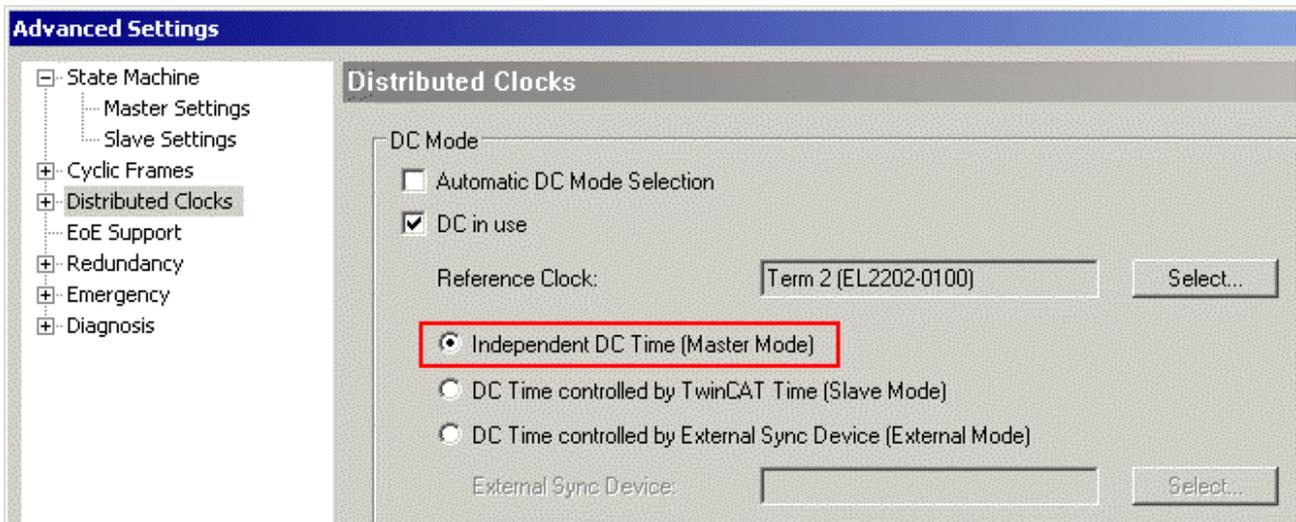


Abb. 29: Master PC arbeitet mit eigener ReferenceClock als Basis

Nun kann TwinCAT auf dieser Seite aktiviert und gestartet werden. Alle Teilnehmer müssen in OP sein, WorkingCounter = 0, keine LostFrames. Die Zeitstempel der EL6692, PrimarySide bleiben auf 0, da die SecondarySide noch nicht konfiguriert wurde.

**Sync Slave Seite**

Die EL6692, SecondarySide wird entsprechend Abb. EL6692 PrimarySide auf DC stellen und PDO 0x1A02 aktivieren zur Darstellung der Zeitstempel auf DC und 0x1A02 umgestellt.

Nach einem Reload der Konfiguration (oder Neustart im ConfigMode, FreeRun) kann durch GetConfiguration auf der SecondarySide die Synchronisierungsrichtung ausgelesen werden, siehe Abb. SecondarySide der EL6692.

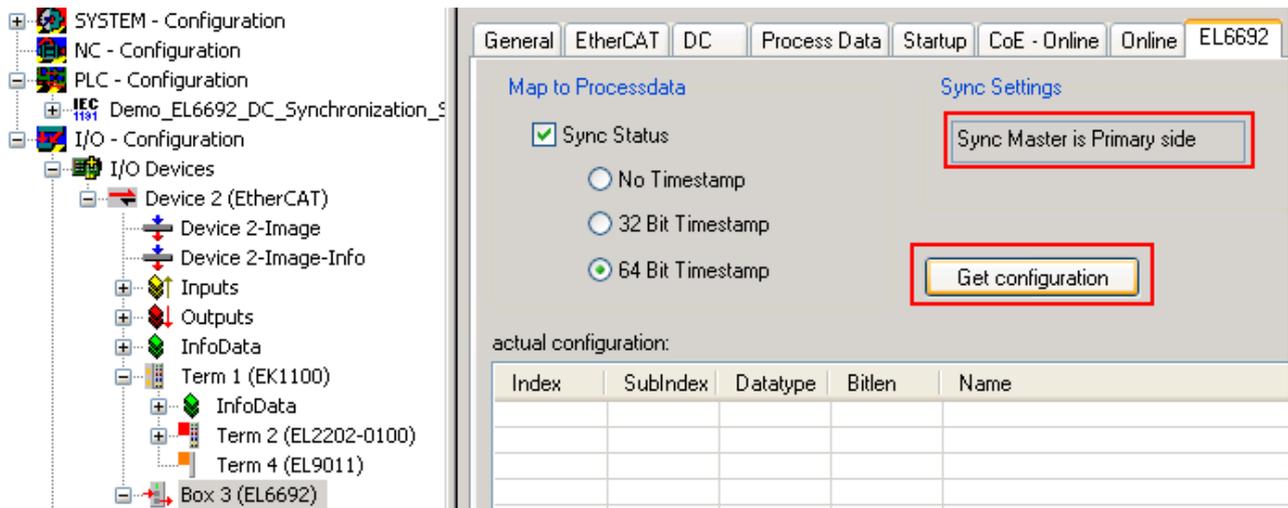


Abb. 30: SecondarySide der EL6692

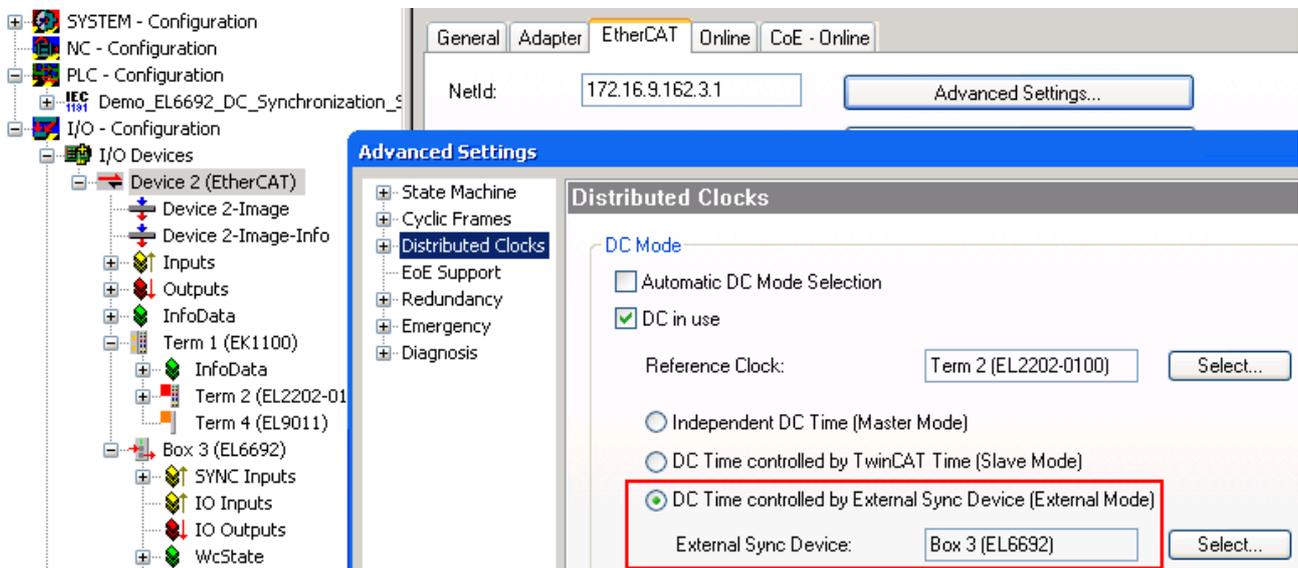


Abb. 31: Einstellung EtherCAT Master, Slave Seite

Nach dem Neustart ist dem EtherCAT Master die DC-Funktion der EL6692 bekannt, deshalb bietet er nun im DC-Dialog diese EL6692 als *ExternalSyncDevice* an.

Für die Auswertungen ist die Verknüpfung der folgenden Variablen nötig, s. Abb. *Slave Seite*.

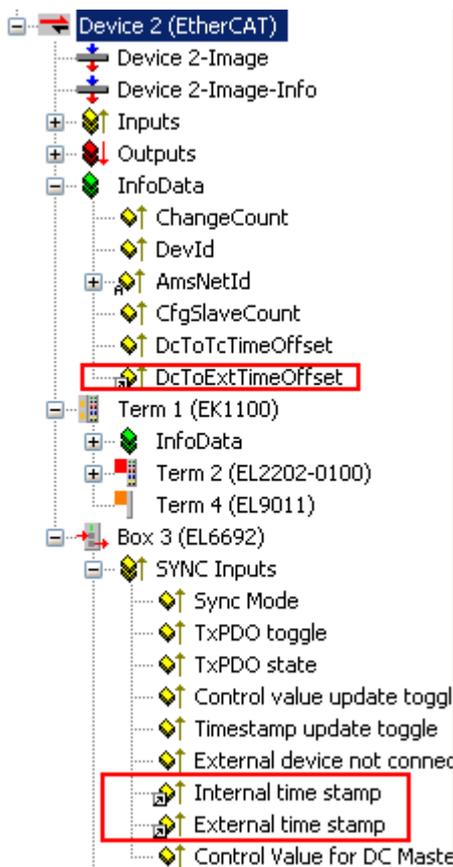


Abb. 32: Slave Seite

**HINWEIS**

**Demoprogramm**

Die nachfolgenden Screenshots und Angaben beziehen sich ausschließlich auf das hier besprochene PLC-Demoprogramm und den darin beispielhaft dargestellten Code, nicht auf Analysefunktionen des System Manager.

Beachten Sie dazu auch den [Hinweis \[► 41\]](#).

Auf der Slave-Seite kann mit der enthaltenen Visualisierung der Synchronisierungsstart beobachtet werden.

Synchronization started

local DC time (world time format): 2009-11-05-13:53:20.220000000

local synchronized time (world time format): 2009-11-05-13:53:20.220000000

Synchronization in Window  
window: 10000 ns

Synchronization  
in Progress

Abb. 33: Start Slave Seite

Sofort nach dem Start steht auf der Slave-Seite nur die lokale DC-Zeit zur Verfügung.

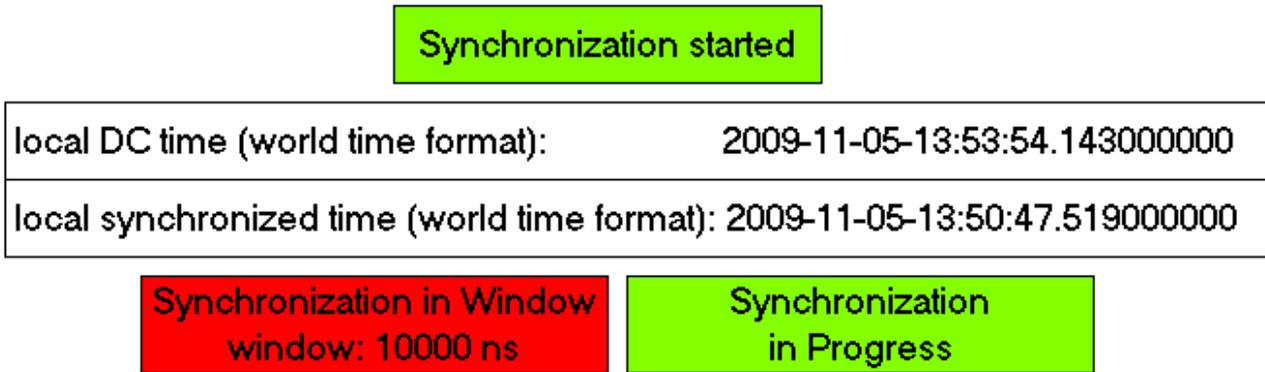


Abb. 34: Zeitstempel bekannt

Nach dem Erhalt der ersten Zeitstempel über die EL6692 ist der Offset bekannt, er beträgt hier rd. 3 Minuten Unterschied in der Zeit der verwendeten IPC. Die Einsynchronisierung hat begonnen, in diesem Beispiel ist ein Fenster von  $\pm 10 \mu\text{s}$  zu erreichen.

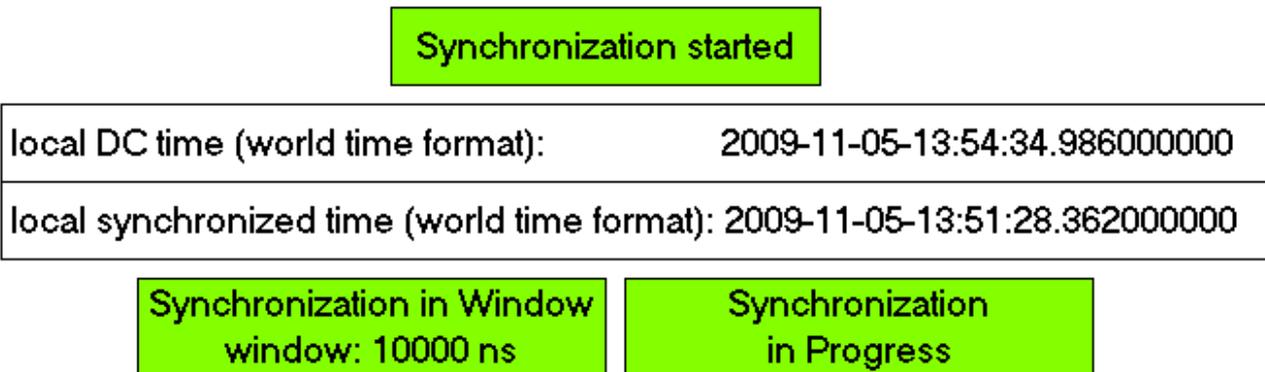


Abb. 35: Synchronisierung erfolgreich

### 5.1.3 Beispielprogramme

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

Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Anwenders zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlenden Angaben.

#### Beispiel 1: Anzeige und Auswertung der verschiedenen Zeiten in TwinCAT

Das Beispielprogramm ermittelt mehrere unabhängige lokale Zeiten in einem TwinCAT System unter Windows XPe, berechnet aktuelle Abweichungen und rechnet sie in verschiedene Darstellungen um. Die Funktion `Nt_SetTimeToRtcTime` kann testweise aktiviert werden.

Hinweise:

- verwendete Zykluszeit: 1 ms
- ermittelte Zeiten:
  - lokale Windows NT Zeit (Anzeige in der Taskleiste)
  - lokale TwinCAT Zeit
  - Distributed Clocks Zeit

- im Beispielaufbau werden EtherCAT-Distributed Clocks Klemmen verwendet, um die Distributed Clocks-Zeit (DC) ermitteln zu können.
- die einzelnen Umrechnungen, insbesondere die zyklischen String-Darstellungen, benötigen signifikante Rechenzeit, zum Test des Beispielprogramms wird eine Plattform ab CX1000 empfohlen.

Beachten Sie die allgemeinen Hinweise zur EtherCAT Synchronisation.

### Starten des Beispielprogramms

Die Applikationsbeispiele sind mit einem Prüfaufbau getestet und entsprechend beschrieben worden. Etwaige Abweichungen bei der Einrichtung an realen Applikationen sind möglich.

Für den Prüfaufbau wurde folgende Hardware und Software verwendet:

- TwinCAT-Master-PC mit Betriebssystem Windows XP Professional SP 3, TwinCAT Version 2.10 (Build 1330) und INTEL PRO/100 VE Ethernet-Adapter
- Beckhoff EtherCAT Koppler EK1100, Klemmen EL2202-0100, EL2252 und EL9011

#### 5.1.3.1 Beispielprogramm TwinCAT 2

 <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el6685/Resources/2469153803.zip>

#### Vorbereitungen zum Starten des Programms

- Nach Klick auf den Download-Button speichern Sie das Zip-Archiv lokal auf ihrer Festplatte und entpacken die \*.TSM (Konfigurationsdatei) und \*.PRO (PLC-Programmdatei) in einem temporären Arbeitsordner.
- Die \*.pro-Datei kann per Doppelklick geöffnet werden oder über die TwinCAT PLC Control Anwendung mit die Menüauswahl „Datei/ Öffnen“. Die \*.tsm-Datei ist für den der TwinCAT-System Manager vorgesehen (um hier Konfigurationen einzusehen oder zu übernehmen).
- Dieses Beispiel erfordert eine PLC Steuerung mit einer Klemme EL2202-0100. Sie können entweder einen embedded PC verwenden, an dem die Klemme rechtsseitig angebracht wird, oder einen IPC mit einer EtherCAT-Verbindung eines z.B. RJ-45 Anschlusses zum EK1100 Koppler mit der Klemme (z.B. C6915 + EK1100 + EL2202-0100).
- In diesem Beispiel ist es nicht erforderlich die Klemme ausgangsseitig zu beschalten (da lediglich von der DC-Betriebsart Gebrauch gemacht wird). Dennoch wird für den Sync Master ein Link zu einer Variable benötigt. Die externe Variable „bDummyOut“ ist daher dafür vorgesehen, sie mit einen von den beiden Kanälen der Klemme zu verknüpfen.

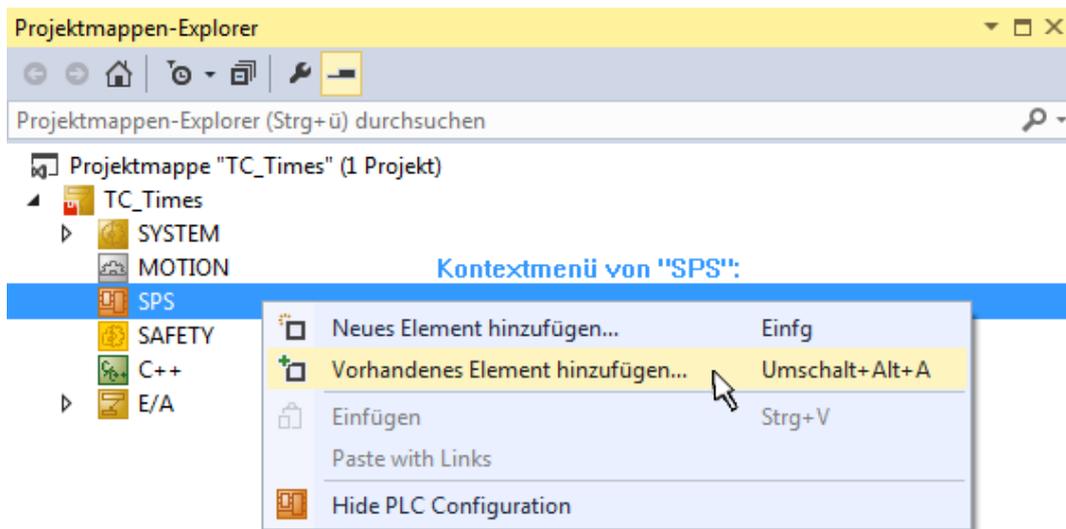
Für die weitere Vorgehensweise sehen Sie bitte das Kapitel TwinCAT Quickstart, TwinCAT 2.

#### 5.1.3.2 Beispielprogramm TwinCAT 3

 <https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el6685/Resources/3722257291.zip>

#### Vorbereitungen zum Starten des Beispielprogramms (tpzip - Datei/ TwinCAT 3)

- Nach Klick auf den Download-Button speichern Sie das Zip-Archiv lokal auf ihrer Festplatte und entpacken die \*.tpzip -Archivdatei in einem temporären Arbeitsordner.
- Erstellen Sie ein neues TwinCAT Projekt wie im Kapitel TwinCAT Quickstart, TwinCAT 3, Startup beschrieben.
- Öffnen Sie das Kontextmenü von „SPS“ im „Projektmappen-Explorer“ und wählen „Vorhandenes Element hinzufügen...“:



- Wählen Sie die zuvor entpackte .tpzip Datei (Beispielprogramm) aus.
- Dieses Beispiel erfordert eine PLC Steuerung mit einer Klemme EL2202-0100. Sie können entweder einen embedded PC verwenden, an dem die Klemme rechtsseitig angebracht wird, oder einen IPC mit einer EtherCAT-Verbindung eines z.B. RJ-45 Anschlusses zum EK1100 Koppler mit der Klemme (z.B. C6915 + EK1100 + EL2202-0100).
- In diesem Beispiel ist es nicht erforderlich die Klemme ausgangsseitig zu beschalten (da lediglich von der DC-Betriebsart Gebrauch gemacht wird). Dennoch wird für den Sync Master ein Link zu einer Variable benötigt. Die externe Variable „bDummyOut“ ist daher dafür vorgesehen, sie mit einen von den beiden Kanälen der Klemme zu verknüpfen.

Sehen Sie hierzu auch weitere Hinweise in dem Kapitel:  
Inbetriebnahme, TwinCAT Quickstart, TwinCAT 3, Startup.

## 6 Montage und Verdrahtung

### 6.1 Hinweise zum ESD-Schutz

#### HINWEIS

##### Zerstörung der Geräte durch elektrostatische Aufladung möglich!

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

- Beim Umgang mit den Bauteilen ist auf elektrostatische Entladung zu achten; außerdem ist das direkte Berühren der Federkontakte (siehe Abbildung) zu vermeiden.
- Der Kontakt mit hoch isolierenden Stoffen (Kunstfasern, Kunststofffolien etc.) sollte beim gleichzeitigen Umgang mit Komponenten vermieden werden.
- Beim Umgang mit den Komponenten ist auf eine sachgemäße Erdung der Umgebung (Arbeitsplatz, Verpackung und Personen) zu achten.
- Jede Busstation muss auf der rechten Seite mit der Endkappe [EL9011](#) oder [EL9012](#) abgeschlossen werden, um die Schutzart und den ESD-Schutz zu gewährleisten.

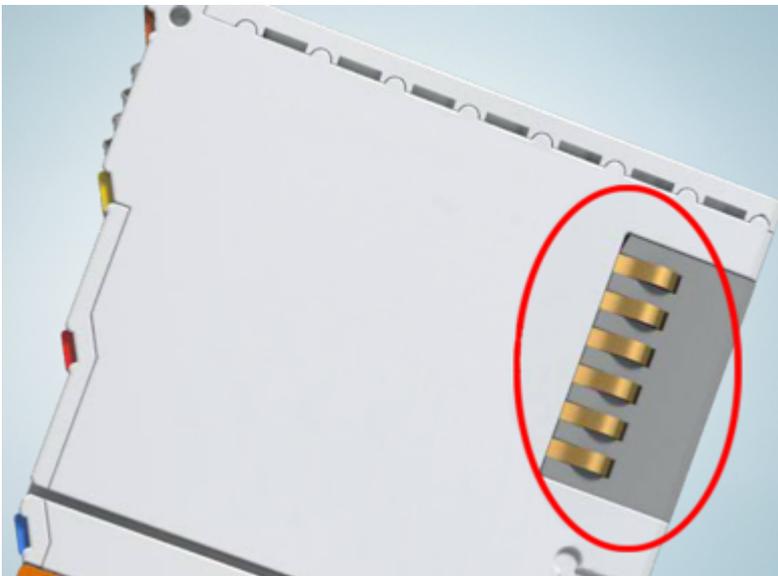


Abb. 36: Federkontakte der Beckhoff I/O-Komponenten

## 6.2 Hinweis zur Spannungsversorgung

### **WARNUNG**

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

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

Hinweise:

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

### 6.3 Positionierung von passiven Klemmen

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

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

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

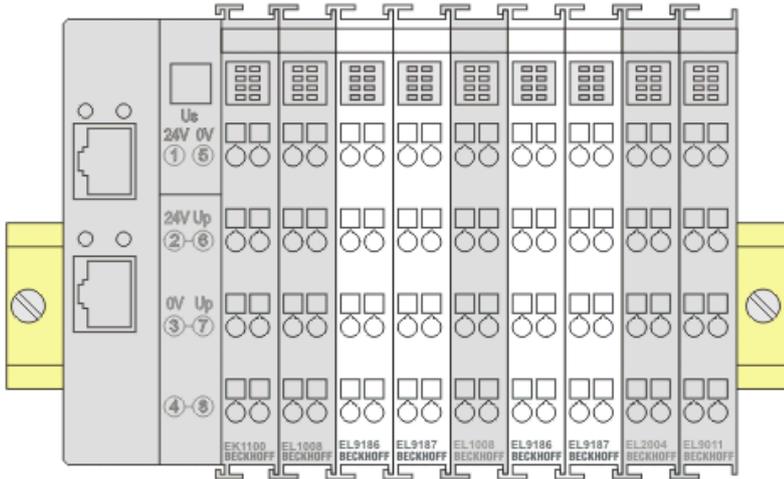


Abb. 37: Korrekte Positionierung

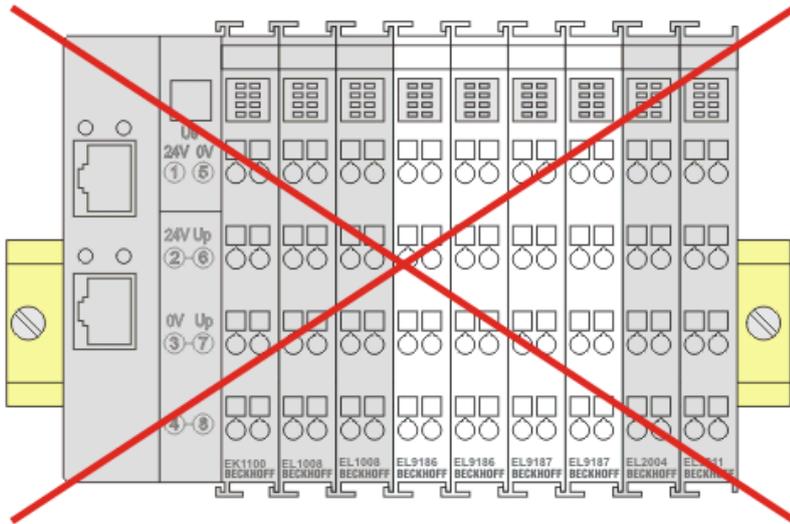


Abb. 38: Inkorrekte Positionierung

## 6.4 Einbaulagen

### HINWEIS

#### Einschränkung von Einbaulage und Betriebstemperaturbereich

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

#### Optimale Einbaulage (Standard)

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

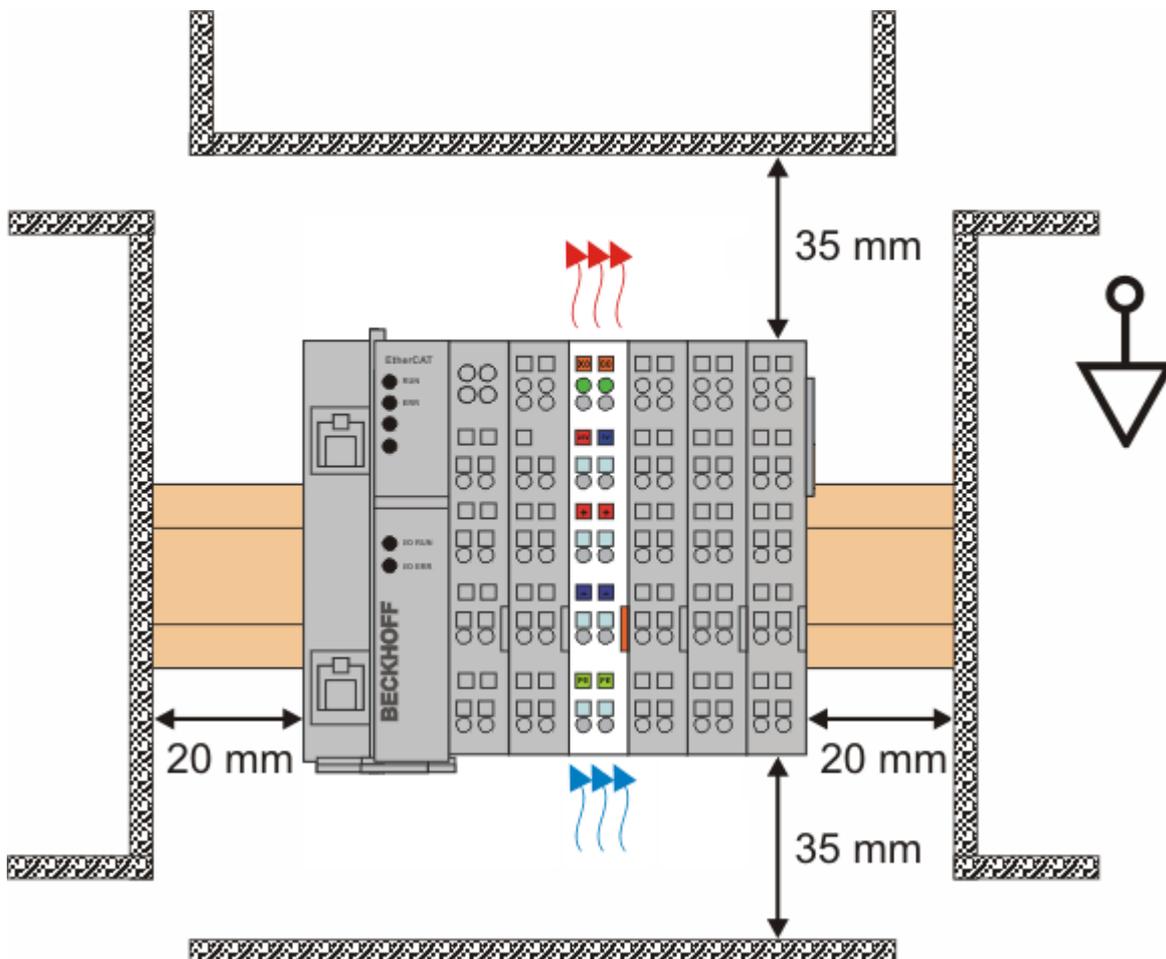


Abb. 39: Empfohlene Abstände bei Standard-Einbaulage

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

#### Weitere Einbaulagen

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

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

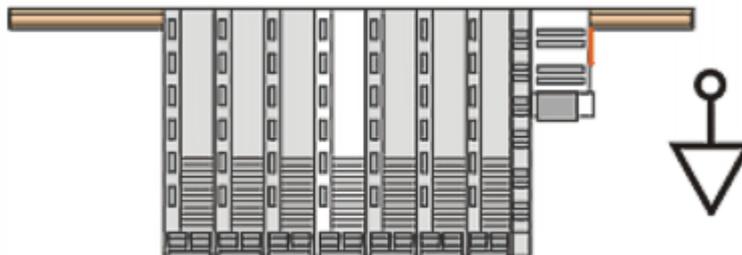
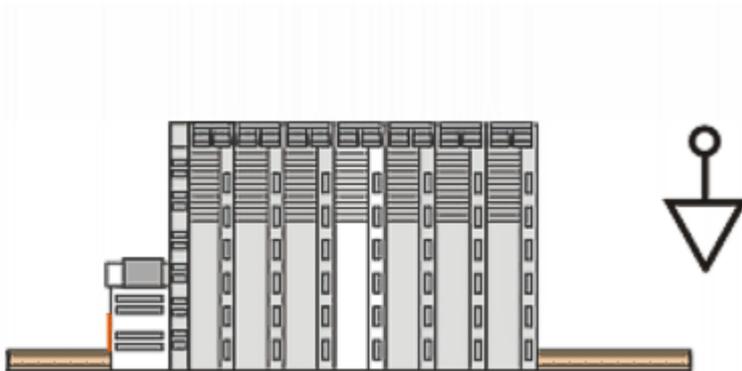
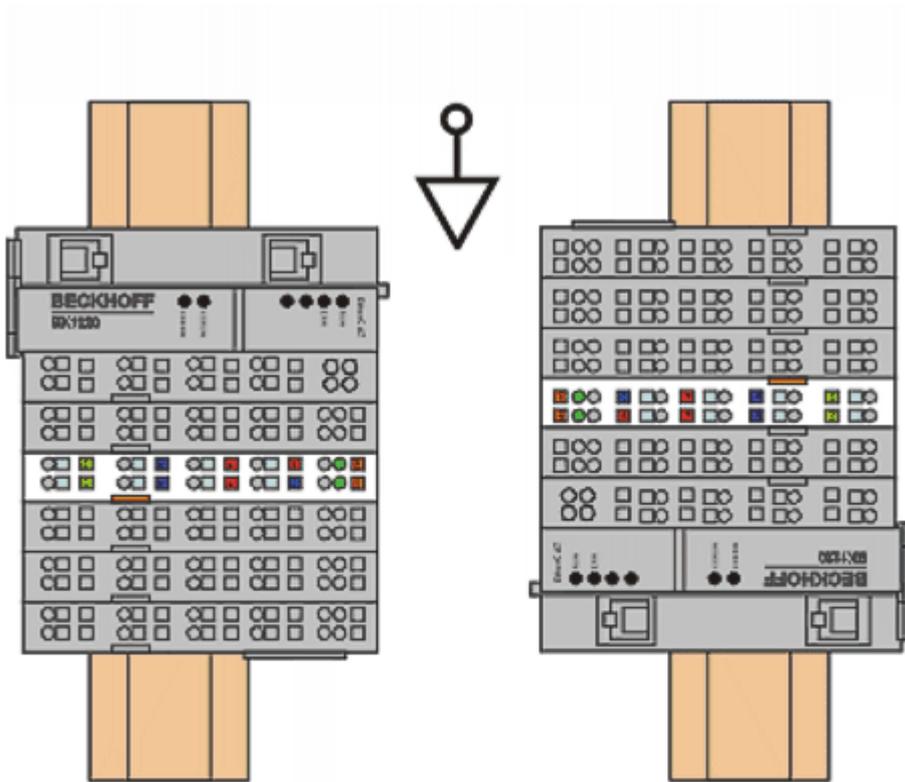


Abb. 40: Weitere Einbaulagen

## 6.5 Entsorgung



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

## 7 Inbetriebnahme

### 7.1 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/>.

#### 7.1.1 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. 41: Aufruf im System Manager (TwinCAT 2)

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

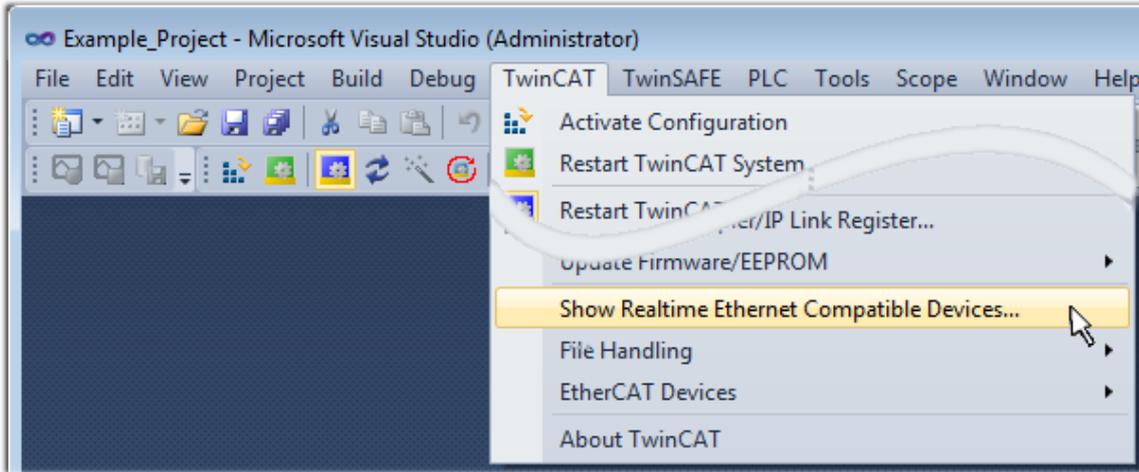


Abb. 42: Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3)

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

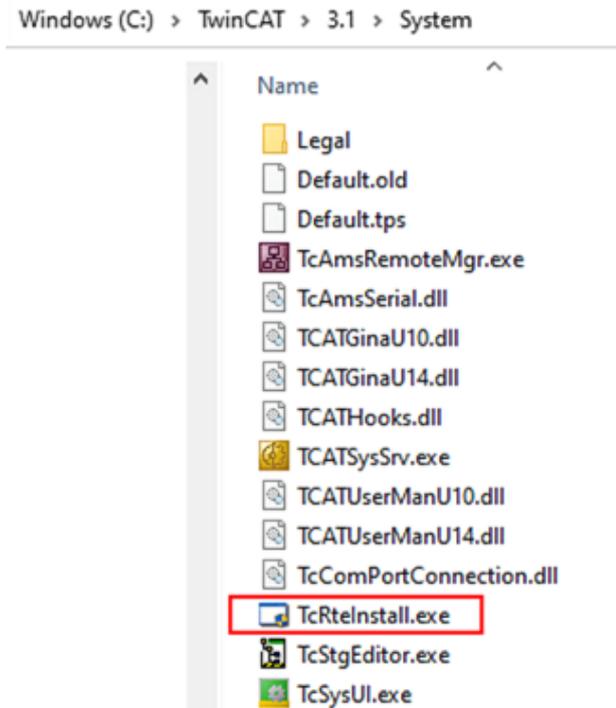


Abb. 43: TcRtelInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

In beiden Fällen erscheint der folgende Dialog:

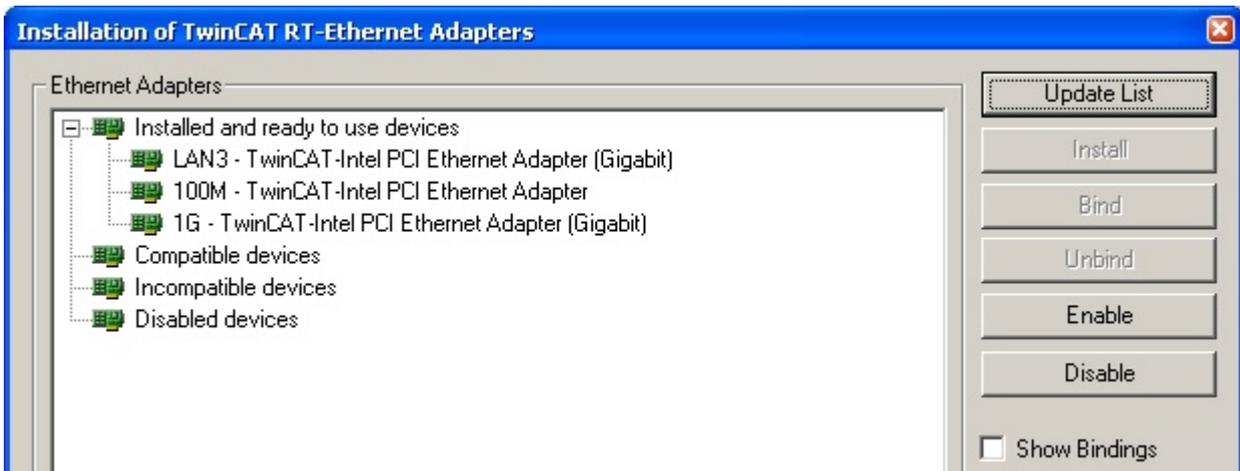


Abb. 44: Übersicht Netzwerkschnittstellen

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

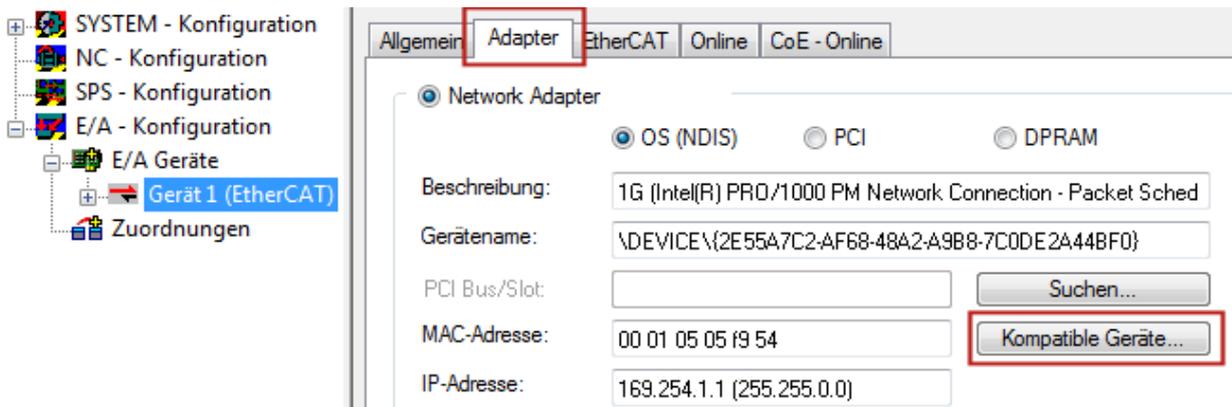
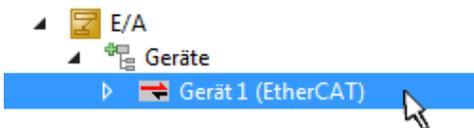


Abb. 45: Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte...“ von „Adapter“

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)

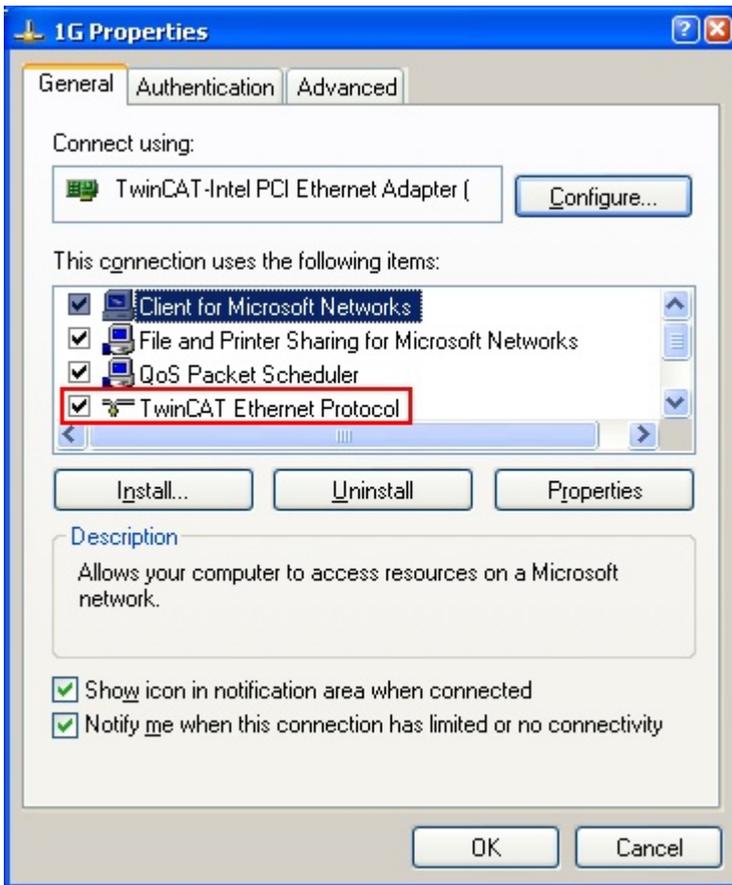


Abb. 46: Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle

Eine korrekte Einstellung des Treibers könnte wie folgt aussehen:

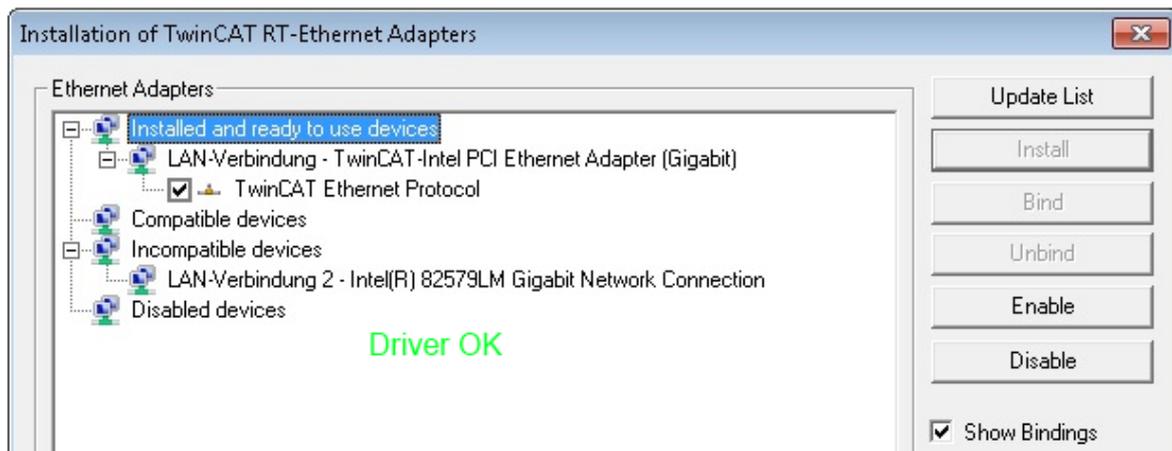


Abb. 47: Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports

Andere mögliche Einstellungen sind zu vermeiden:

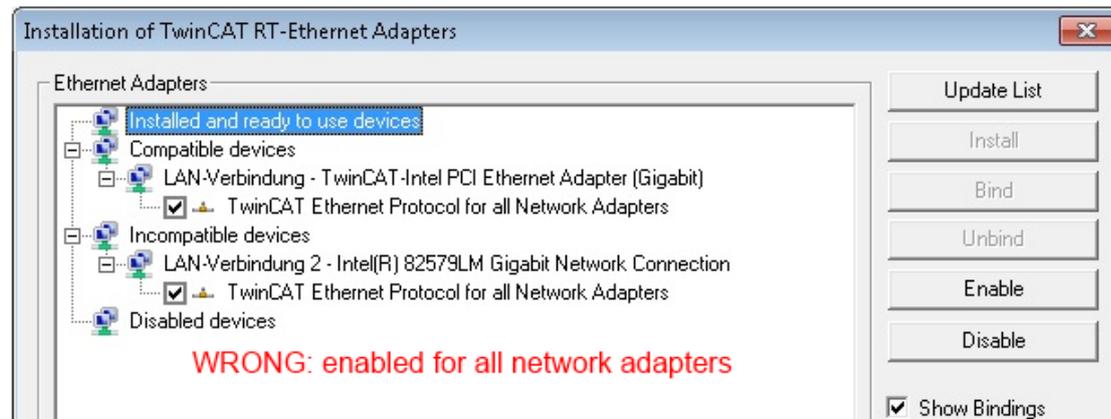
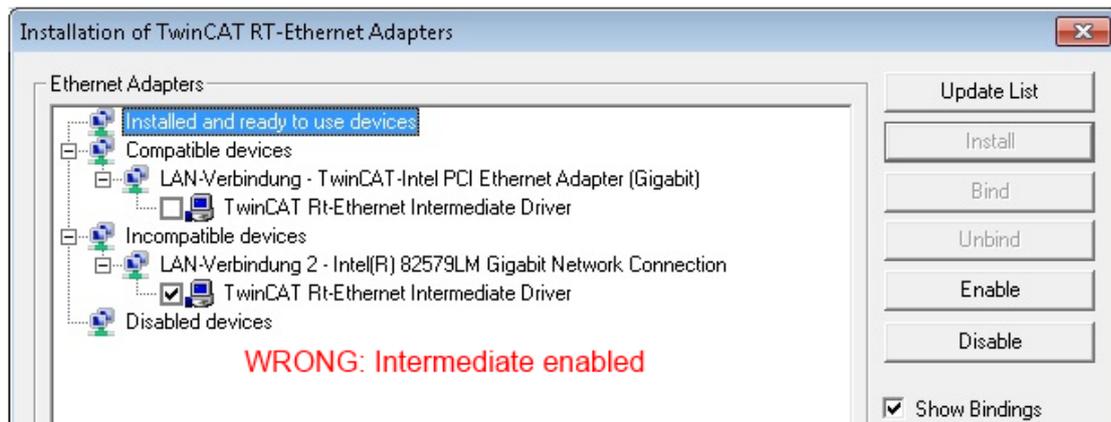
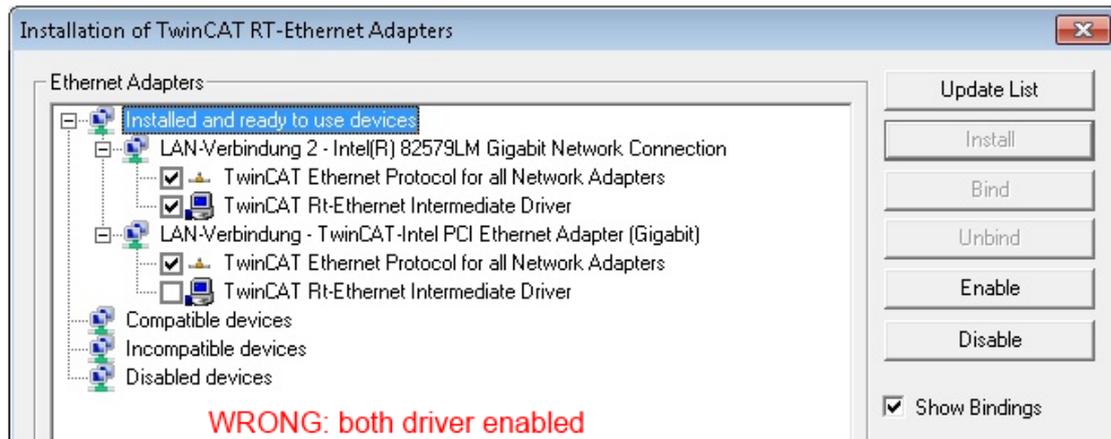


Abb. 48: Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports

## 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.

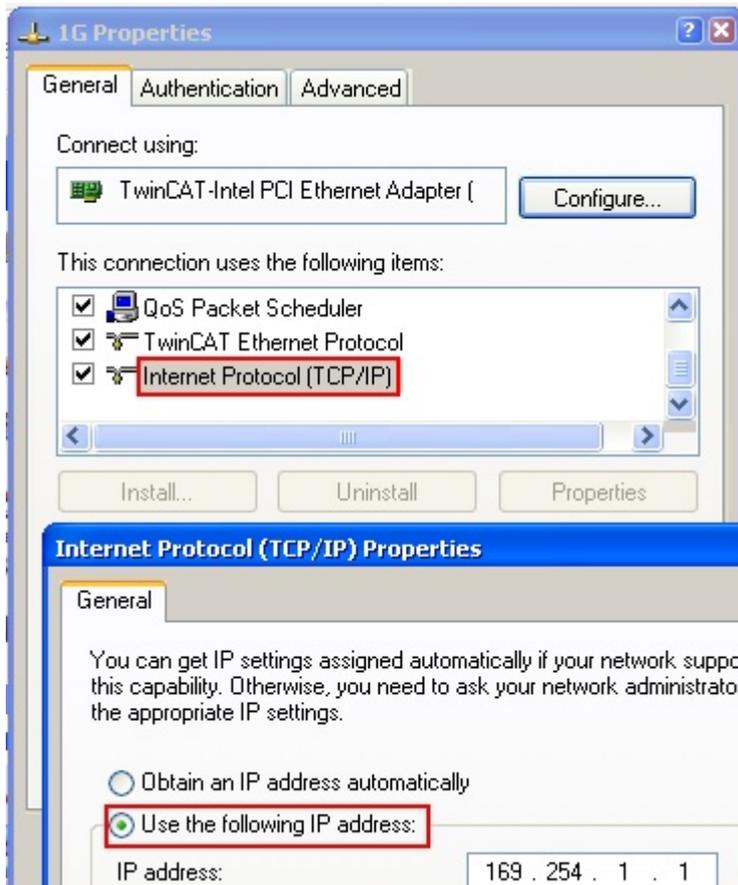


Abb. 49: TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports

## 7.1.2 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 \[► 67\]](#) 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“

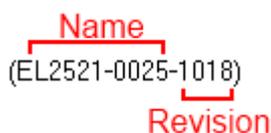


Abb. 50: Gerätebezeichnung: Struktur

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.

## 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.

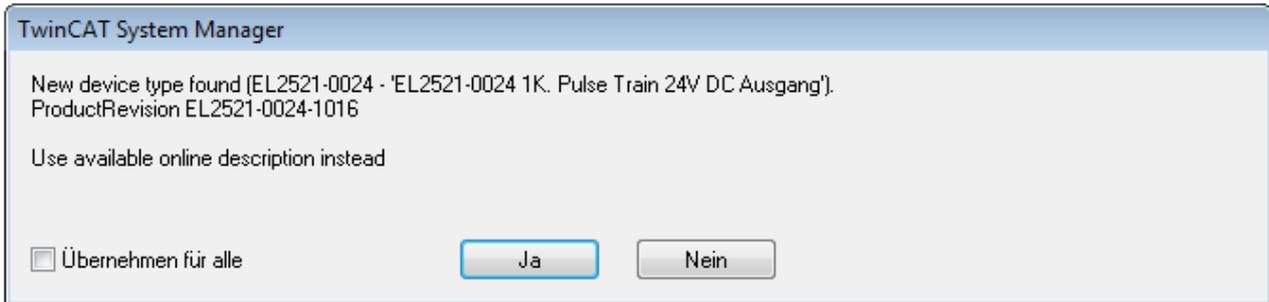


Abb. 51: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2)

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

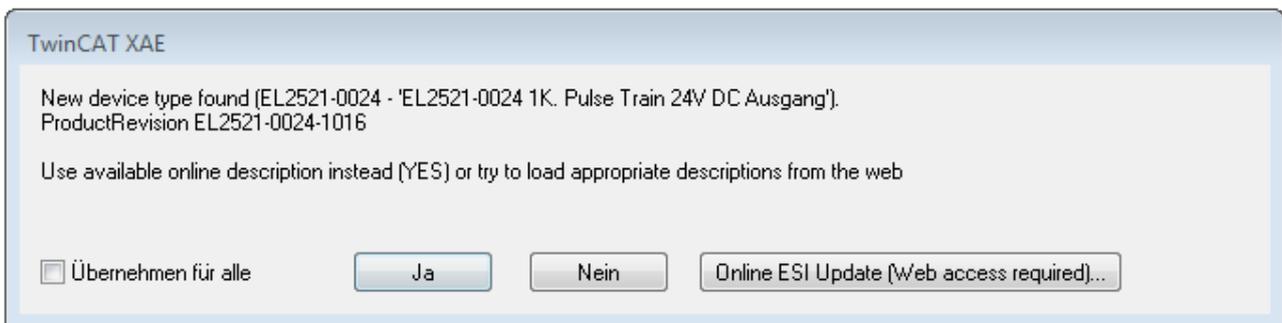


Abb. 52: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3)

Wenn möglich, ist das Yes abzulehnen und vom Geräte-Hersteller die benötigte ESI anzufordern. Nach Installation der XML/XSD-Datei ist der Konfigurationsvorgang erneut vorzunehmen.

### HINWEIS

#### Veränderung der „üblichen“ Konfiguration durch Scan

- ✓ für den Fall eines durch Scan entdeckten aber TwinCAT noch unbekanntes Geräts sind zwei Fälle zu unterscheiden. Hier am Beispiel der EL2521-0000 in der Revision 1019:
  - a) für das Gerät EL2521-0000 liegt überhaupt keine ESI vor, weder für die Revision 1019 noch für eine ältere Revision. Dann ist vom Hersteller (hier: Beckhoff) die ESI anzufordern.
  - b) für das Gerät EL2521-0000 liegt eine ESI nur in älterer Revision vor, z. B. 1018 oder 1017. Dann sollte erst betriebsintern überprüft werden, ob die Ersatzteilhaltung überhaupt die Integration der erhöhten Revision in die Konfiguration zulässt. Üblicherweise bringt eine neue/größere Revision auch neue Features mit. Wenn diese nicht genutzt werden sollen, kann ohne Bedenken mit der bisherigen Revision 1018 in der Konfiguration weitergearbeitet werden. Dies drückt auch die Beckhoff Kompatibilitätsregel aus.

Siehe dazu insbesondere das Kapitel „[Allgemeine Hinweise zur Verwendung von Beckhoff EtherCAT IO-Komponenten](#)“ und zur manuellen Konfigurationserstellung das Kapitel „[Offline Konfigurationserstellung \[▶ 69\]](#)“.

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. 53: 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. 54: 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.

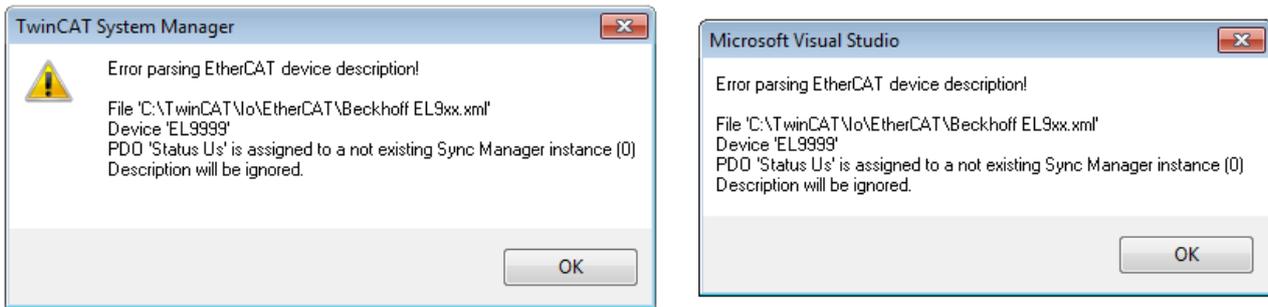


Abb. 55: Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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

### 7.1.3 TwinCAT ESI Updater

Der ESI Updater ist eine komfortable 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.

#### 7.1.3.1 TwinCAT 3

##### Schritt 1) Aktualisieren der ESI-Datensätze

Der Aufruf des Updaters erfolgt unter:  
 „TwinCAT“ → „EtherCAT Devices“ → „Update Device Description (via ETG Website)...“

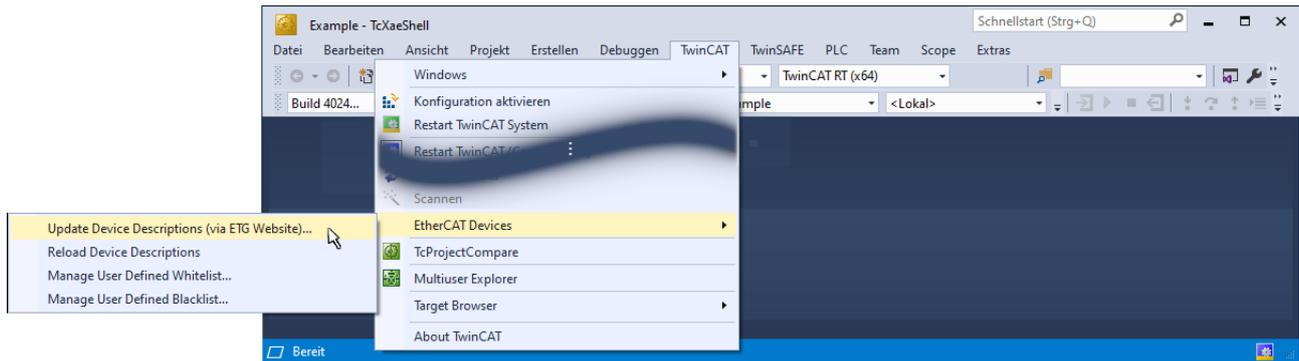
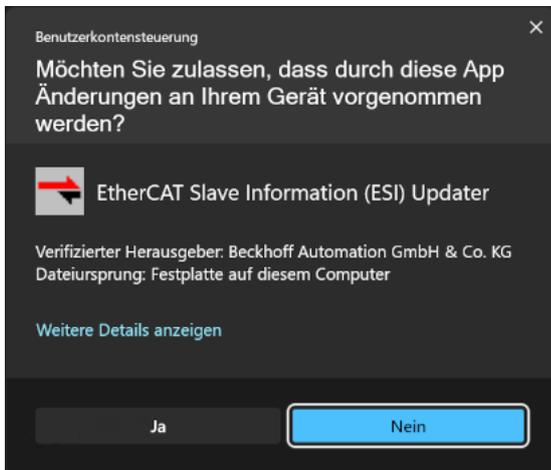


Abb. 56: Aufruf des ESI Updaters (TwinCAT 3)

Es erscheint nach dem Aufruf eine Abfrage zur Windows-Benutzerkontensteuerung, welche mit [Ja] zu bestätigen ist:



Danach erscheint das Fenster des „Updaters“, indem die Konfigurationsdatenquelle zu sehen ist:

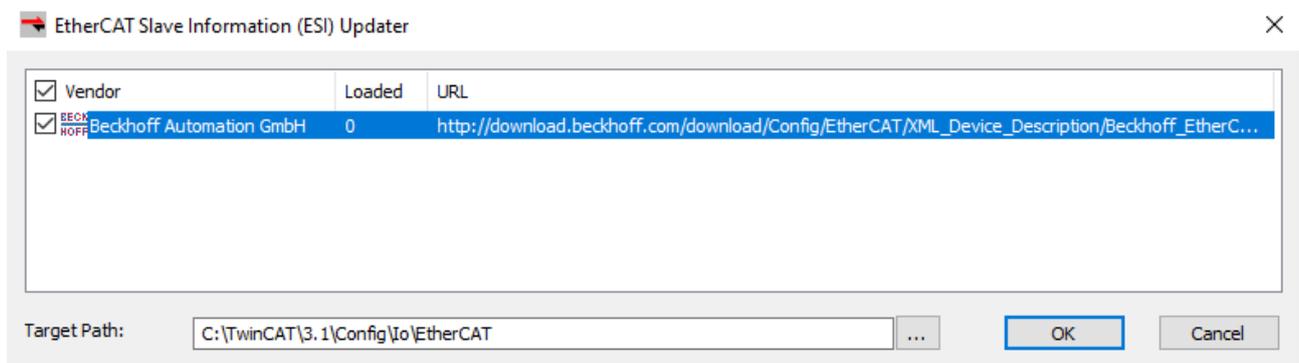
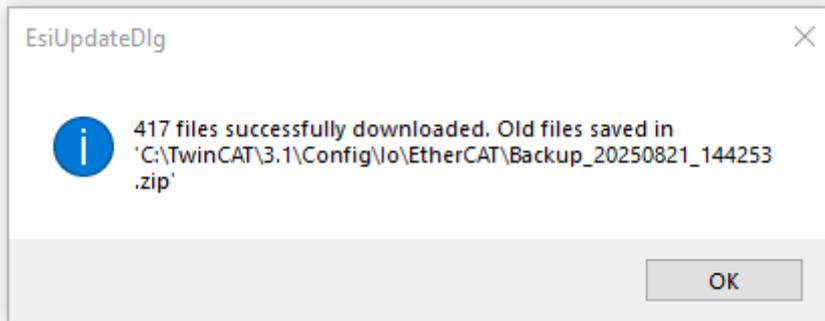


Abb. 57: (ESI) Updater

Die entsprechende gewünschte Zeile ist auszuwählen und mit [OK] kann der Download bzw. Update-Vorgang gestartet werden. Dies kann ggf. einige Minuten in Anspruch nehmen.

Die Beendigung des Download-Vorgangs wird durch die Meldung



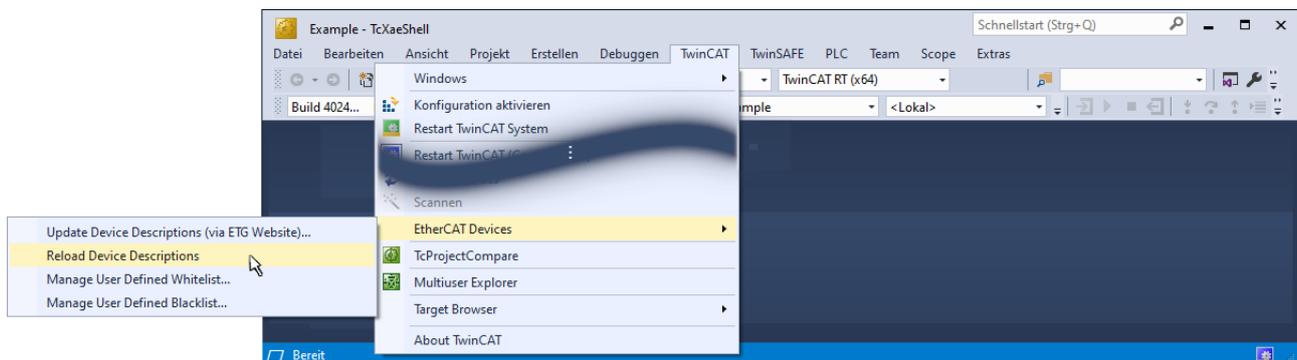
angezeigt, welche die Anzahl der heruntergeladenen Dateien und den Speicherort bzw. den Backup-Zip-Ordner angibt. Mit [OK] wird das Fenster geschlossen.

Hinweis: Manuell hinzugefügte ESI-Dateien werden nicht in den Backup-Zip-Ordner verschoben und bleiben in TwinCAT zugänglich. Nur die von Beckhoff gelieferten ESI-Dateien werden automatisch verwaltet.

Das noch geöffnete Fenster des (ESI) Updaters kann nun mit [X] (oben-rechts) oder [Cancel] geschlossen werden.

## Schritt 2) ESI-Cache aktualisieren

Die ESI-Dateien müssen nun in den Applikationscache geladen werden, um sie verwenden zu können. Dies geschieht einerseits durch das Neu-Starten von TwinCAT oder durch den Aufruf von „TwinCAT“ → „EtherCAT Devices“ → „Reload Device Descriptions“:



Der Status des Cache-Neuaufbaus ist in der unteren Statusleiste in TwinCAT zu sehen.

### 7.1.3.2 TwinCAT 2

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

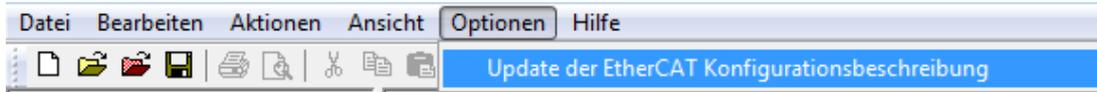


Abb. 58: Anwendung des ESI Updaters (>=TwinCAT 2.11)

Der Aufruf erfolgt unter:

„Options“ → „Update EtherCAT Device Descriptions“.

### 7.1.4 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“](#) [► 63].

#### 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](#) [► 75] (Ethernet-Port am IPC)
- [Erkennen der angeschlossenen EtherCAT-Teilnehmer](#) [► 76]. Dieser Schritt kann auch unabhängig vom vorangehenden durchgeführt werden.
- [Problembehandlung](#) [► 79]

Auch kann der [Scan bei bestehender Konfiguration](#) [► 80] zum Vergleich durchgeführt werden.

### 7.1.5 OFFLINE Konfigurationserstellung

#### Anlegen des Geräts EtherCAT

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

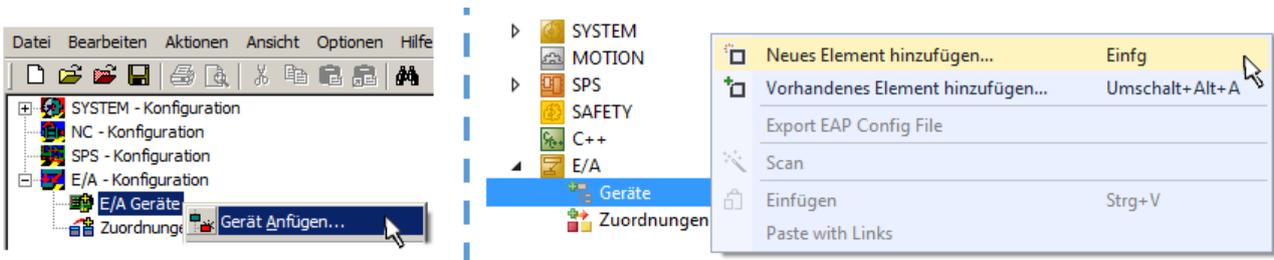


Abb. 59: Anfügen eines EtherCAT Device: links TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3

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.

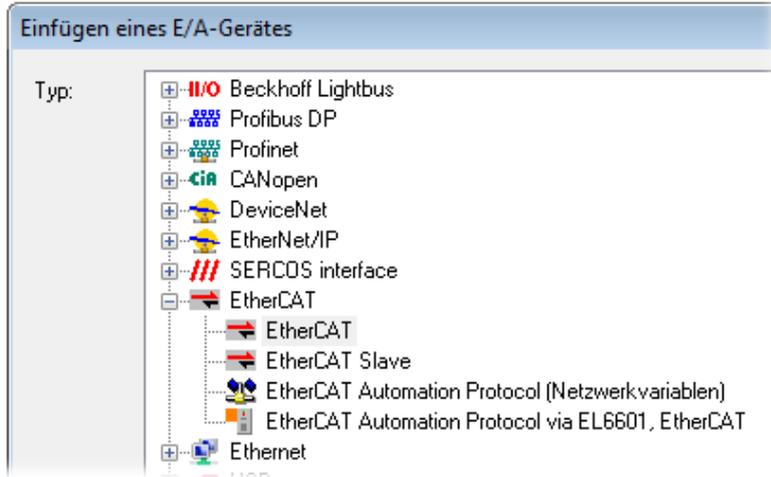


Abb. 60: Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

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

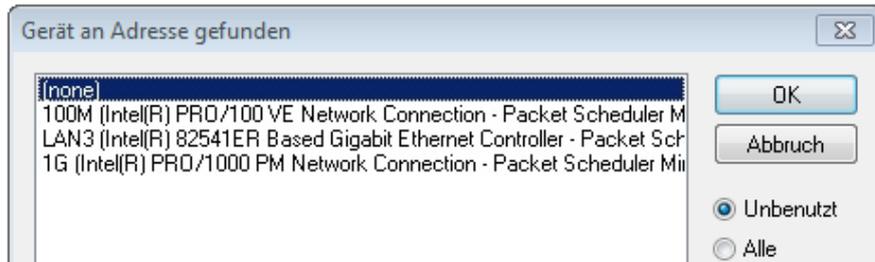


Abb. 61: Auswahl Ethernet Port

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)“.

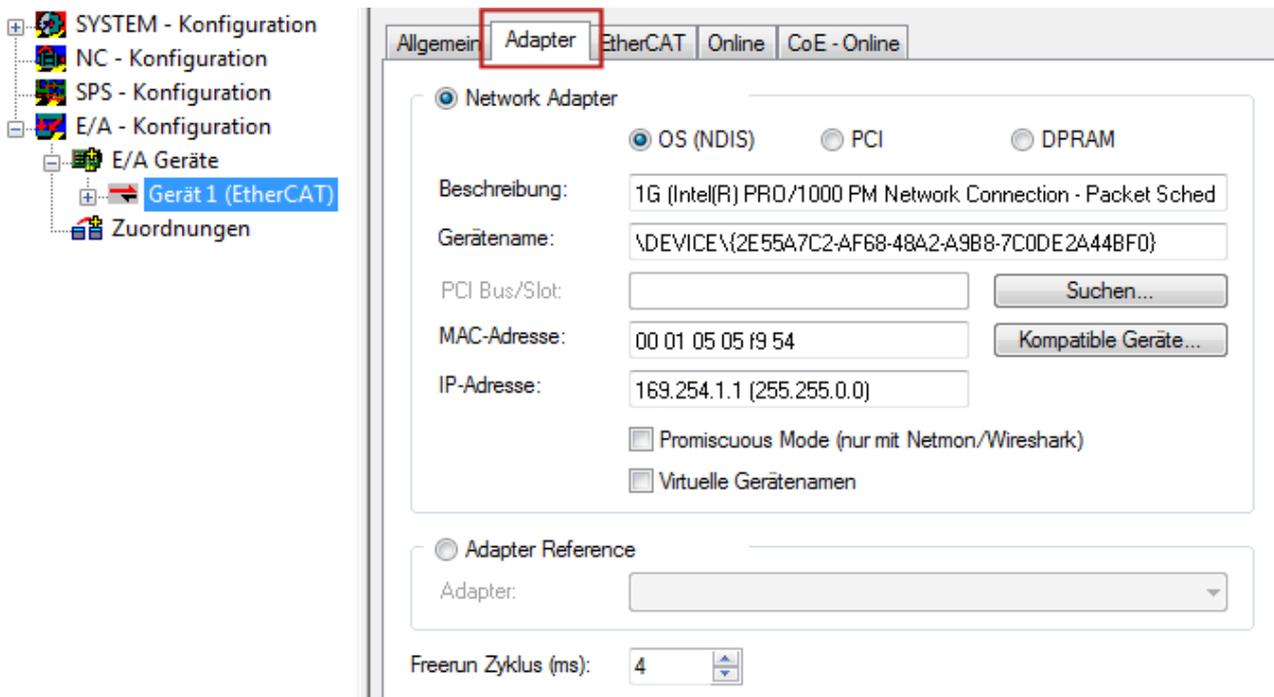


Abb. 62: Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2)

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](#) [ 57].

**Definieren von EtherCAT-Slaves**

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

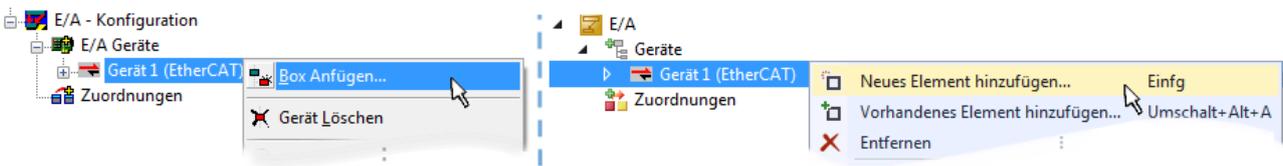


Abb. 63: Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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).

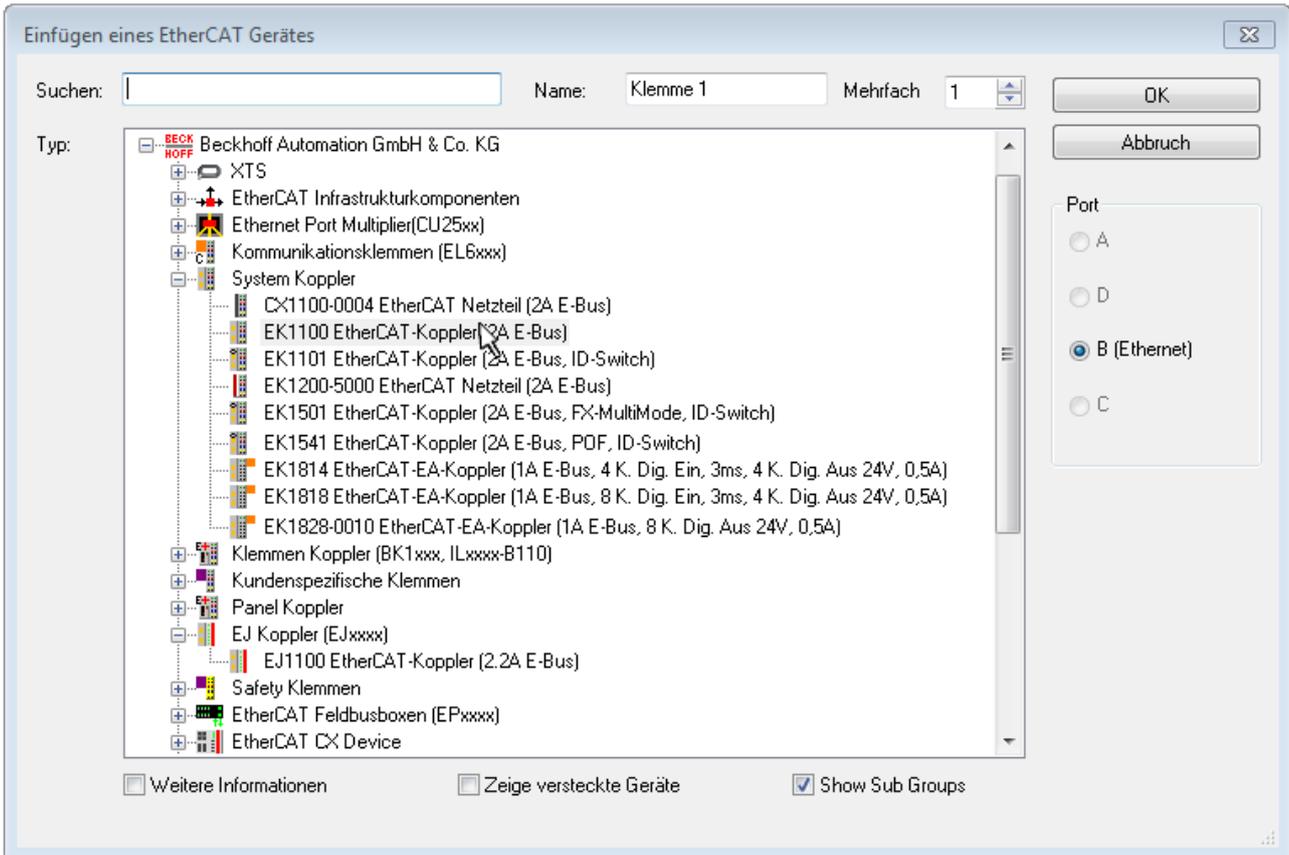


Abb. 64: Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät

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.

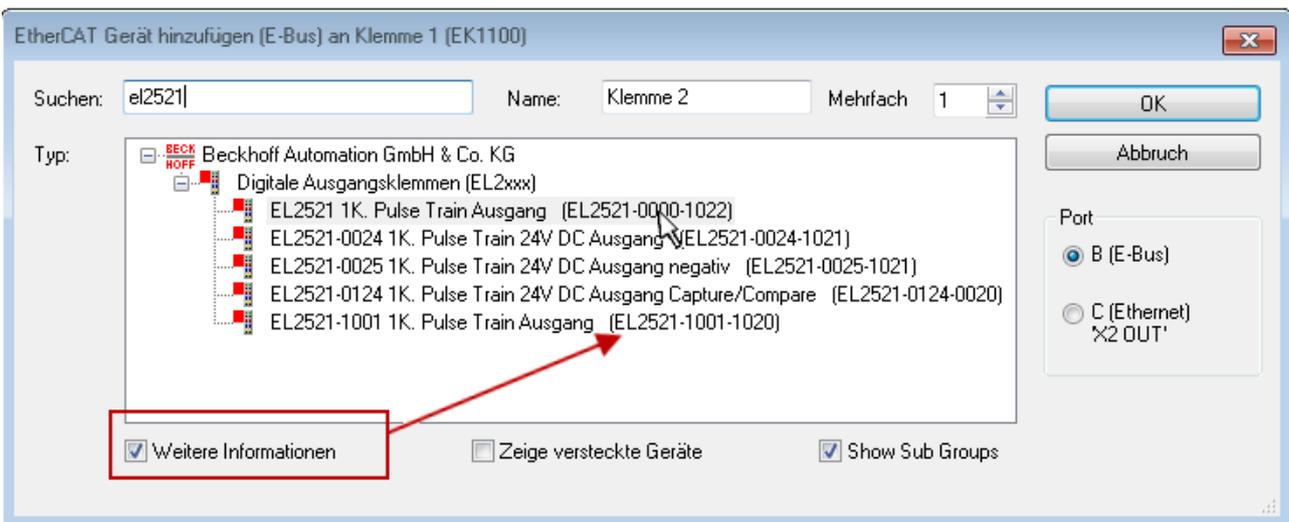


Abb. 65: Anzeige Geräte-Revision

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“.

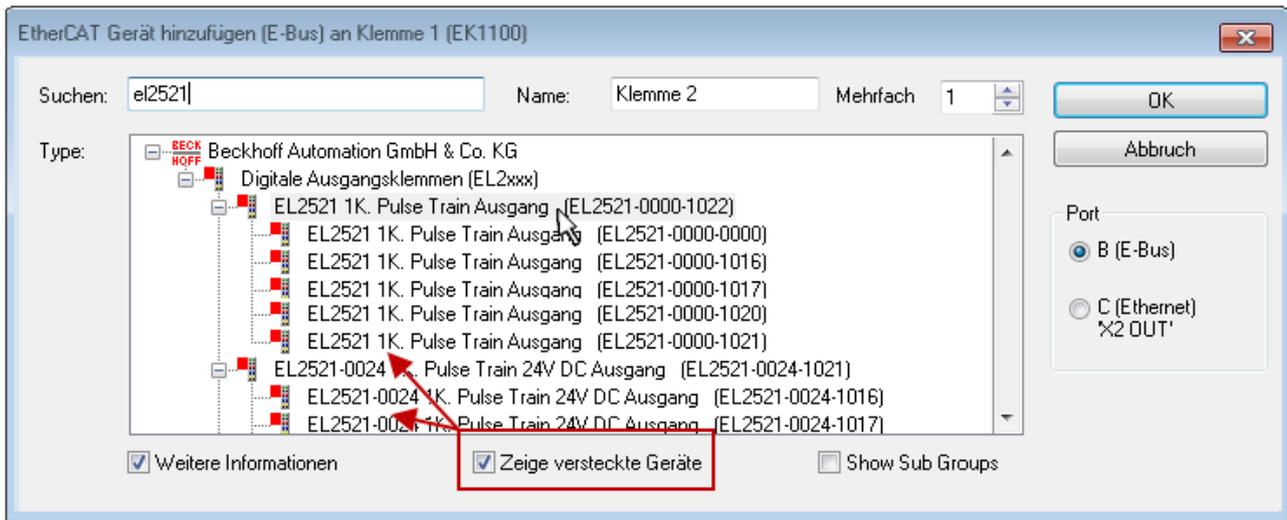


Abb. 66: Anzeige vorhergehender Revisionen

**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.

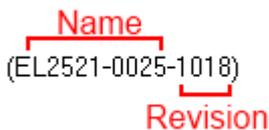


Abb. 67: Name/Revision Klemme

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, ...

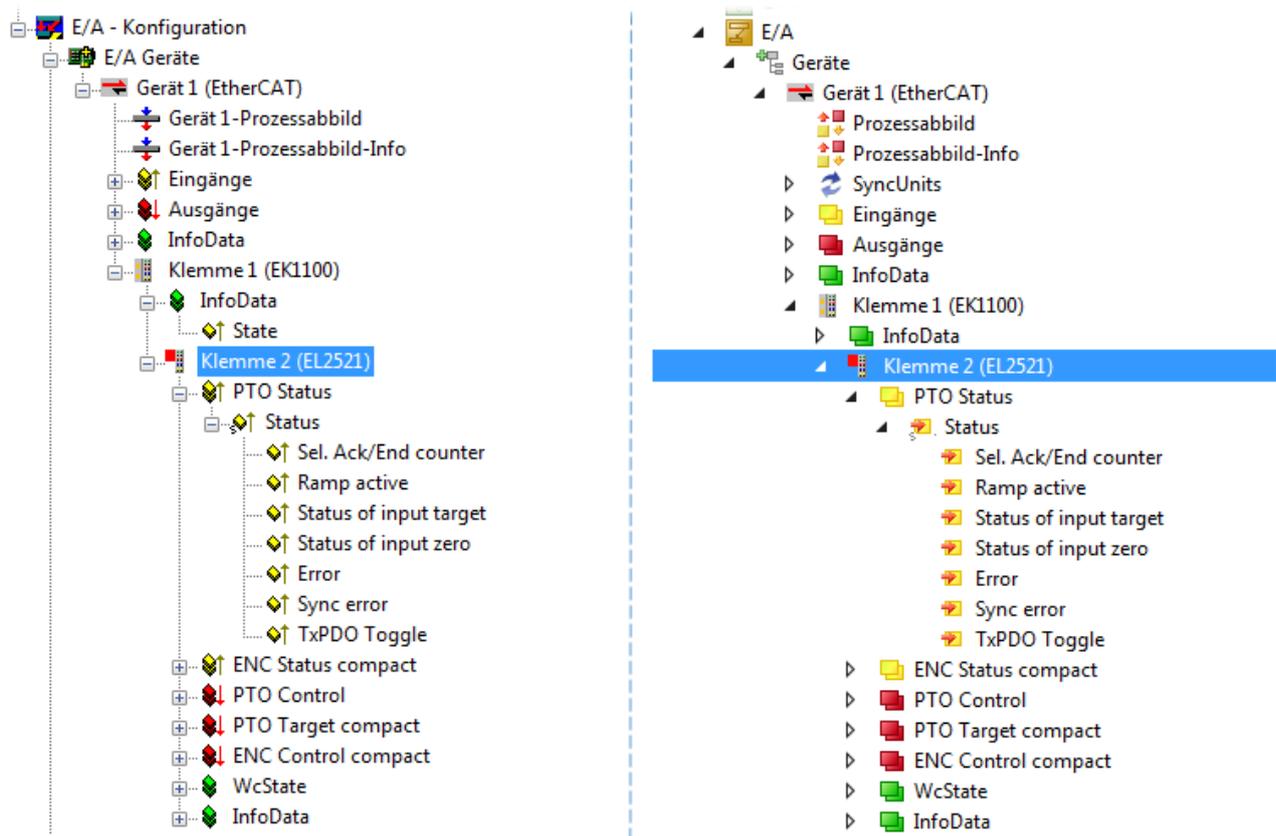


Abb. 68: EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

## 7.1.6 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. 69: 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.

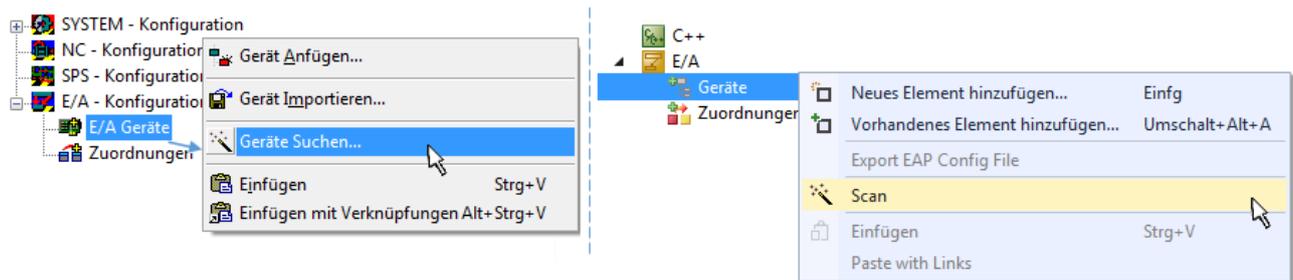


Abb. 70: Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

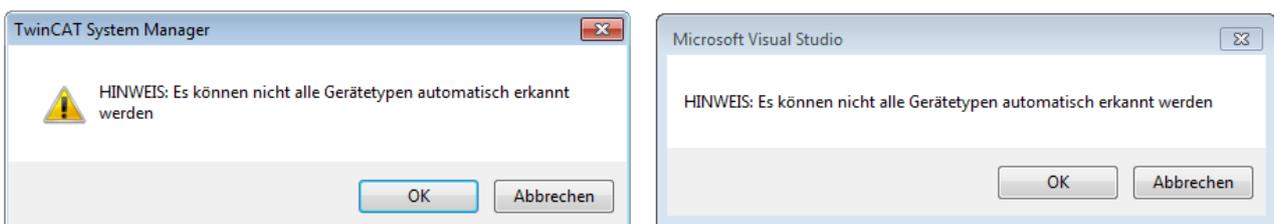


Abb. 71: Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

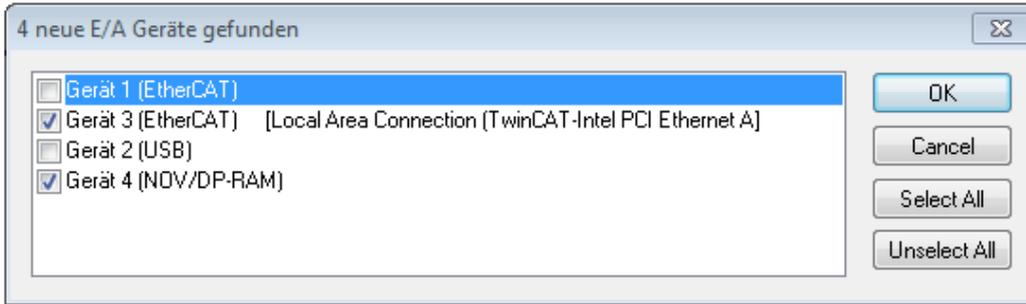


Abb. 72: Erkannte Ethernet-Geräte

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](#) [► 57].

## Erkennen/Scan der EtherCAT Teilnehmer

### ● Funktionsweise Online Scan

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

**Name**  
(EL2521-0025-1018)  
**Revision**

Abb. 73: 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 Serienmaschinenbau bzw. bei Reproduktion der Anlage sollte die Funktion aber nicht mehr zur Konfigurationserstellung verwendet werden sondern ggf. zum [Vergleich](#) [► 80] 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:

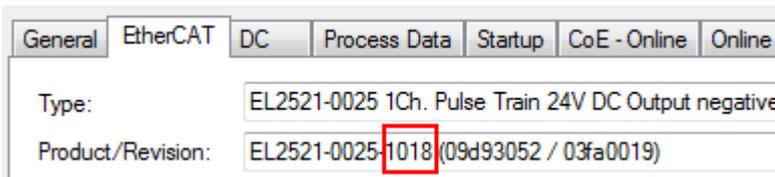


Abb. 74: Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018

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

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

Nach einiger Zeit erweitert Beckhoff die EL2521-0025 um ein neues Feature C. Deshalb wird die FW geändert, nach außen hin kenntlich durch einen höheren FW-Stand **und eine neue Revision -1019**. Trotzdem unterstützt das neue Gerät natürlich Funktionen und Schnittstellen der Vorgängerversion(en), eine Anpassung von „B.tsm“ oder gar „B.pro“ ist somit nicht nötig. Die Serienmaschinen können weiterhin mit „B.tsm“ und „B.pro“ gebaut werden, zur Kontrolle der aufgebauten Maschine ist ein vergleichender Scan [► 80] 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:

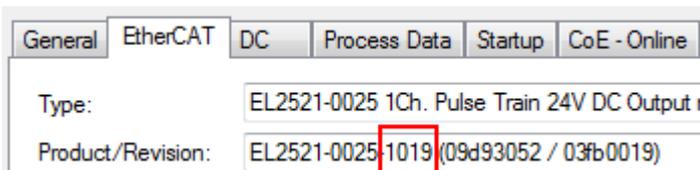


Abb. 75: Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019

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

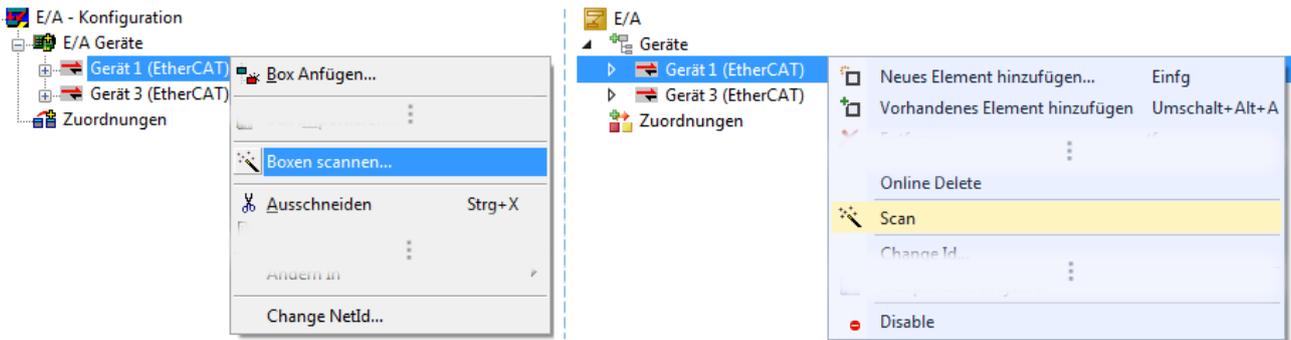


Abb. 77: Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3)

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



Abb. 78: Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2

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



Abb. 79: 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. 80: Anzeige des Wechsels zwischen „Free Run“ und „Config Mode“ unten rechts in der Statusleiste



Abb. 81: 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.

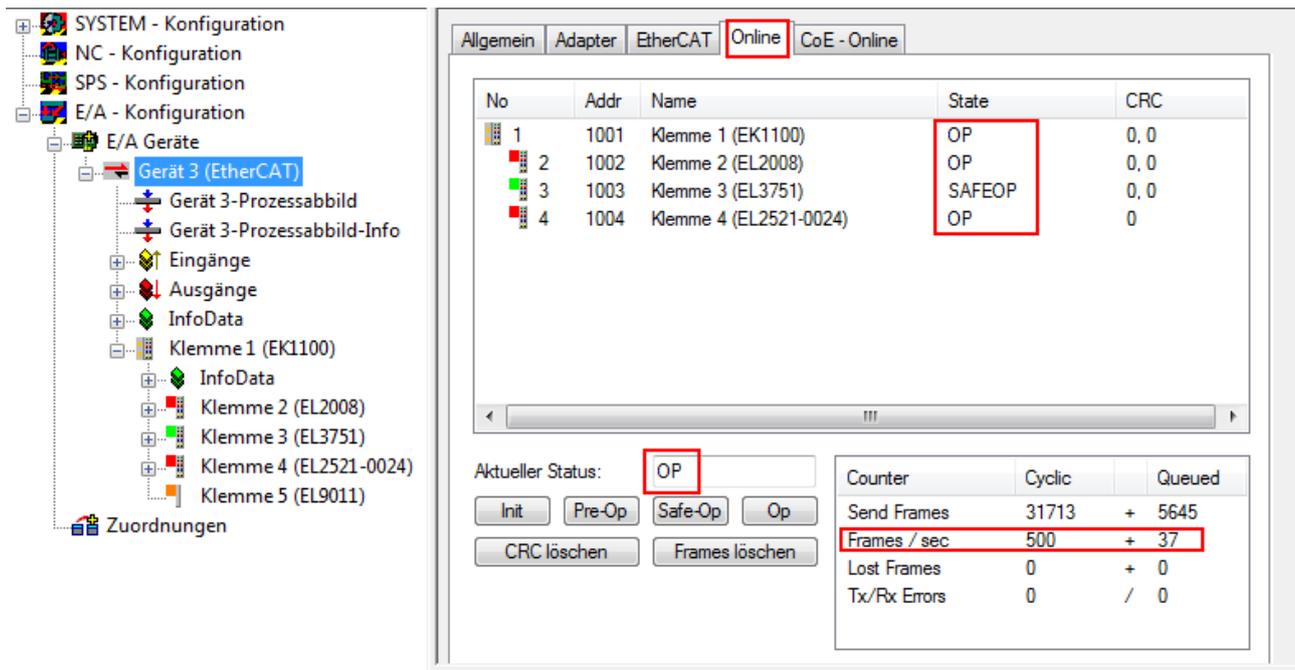


Abb. 82: Beispielhafte Online-Anzeige

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 \[▶ 69\]](#) 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.

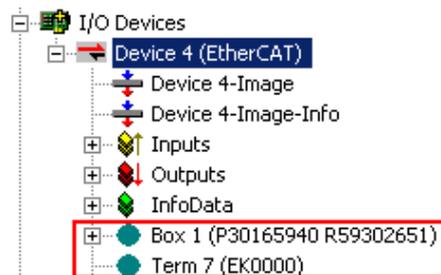


Abb. 83: Fehlerhafte Erkennung

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

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

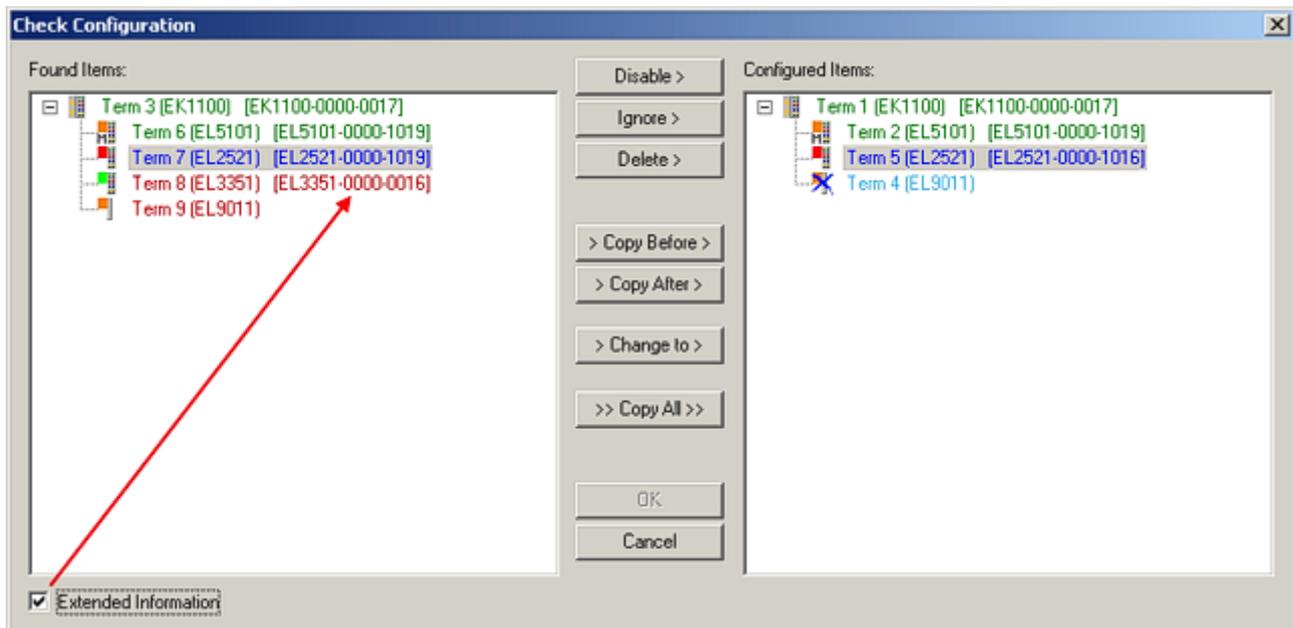


Abb. 85: Korrekturdialog

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

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

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

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

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

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

**Beispiel**

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

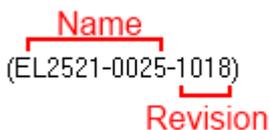


Abb. 86: Name/Revision Klemme

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.

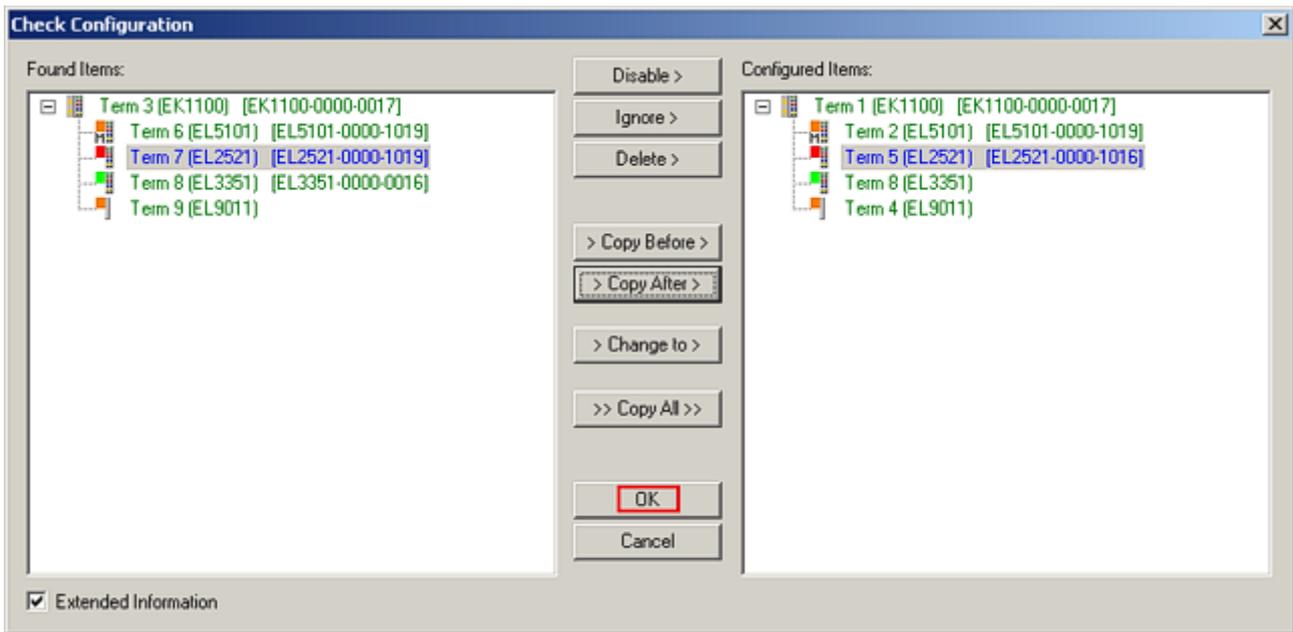


Abb. 87: Korrekturdialog mit Änderungen

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.

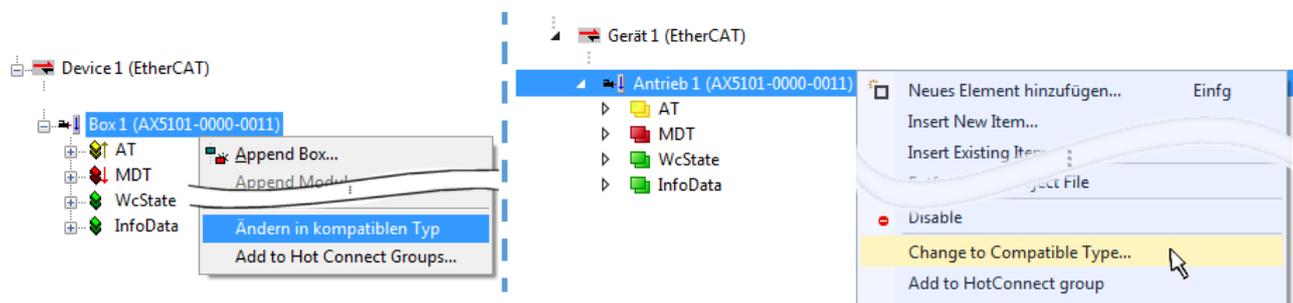


Abb. 88: Dialog „Change to Compatible Type...“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

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

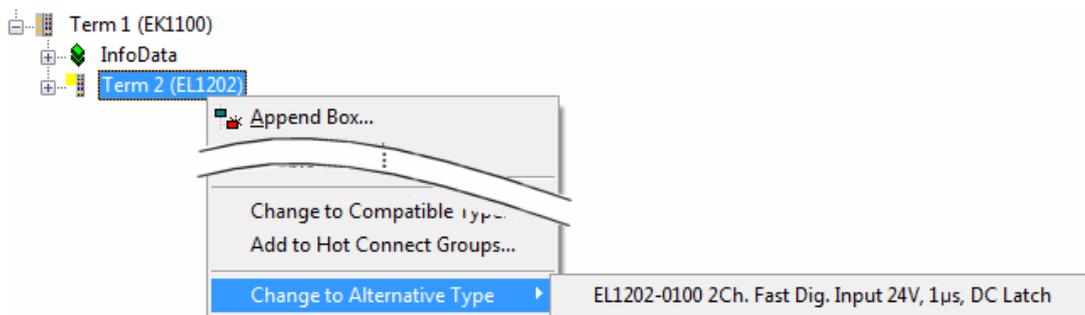


Abb. 89: TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type

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.

### 7.1.7 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. 90: „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“

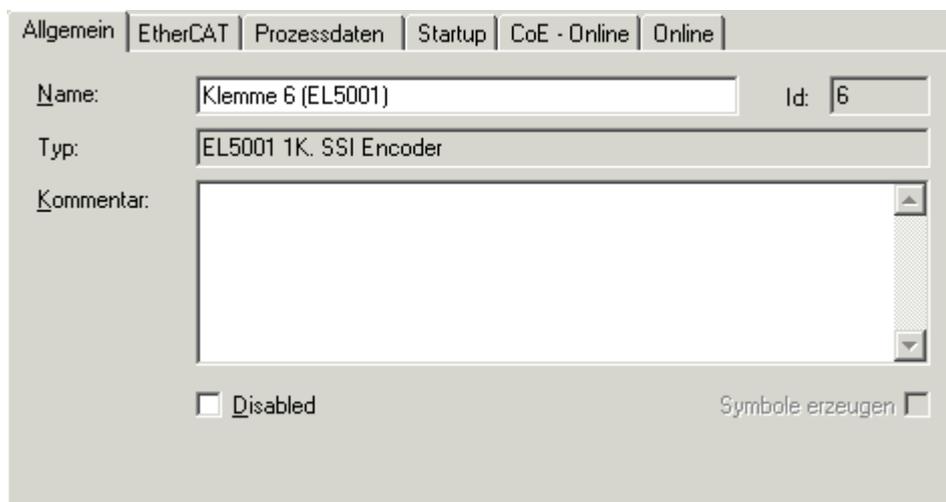


Abb. 91: Karteireiter „Allgemein“

<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. 92: Karteireiter „EtherCAT“

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

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

### Karteireiter „Prozessdaten“

Zeigt die (Allgemeine Slave PDO-) Konfiguration der Prozessdaten an. Die Eingangs- und Ausgangsdaten des EtherCAT-Slaves werden als CANopen Prozess-Daten-Objekte (**Process Data Objects, PDO**) dargestellt. Falls der EtherCAT-Slave es unterstützt, ermöglicht dieser Dialog dem Anwender ein PDO über PDO-Zuordnung auszuwählen und den Inhalt des individuellen PDOs zu variieren.

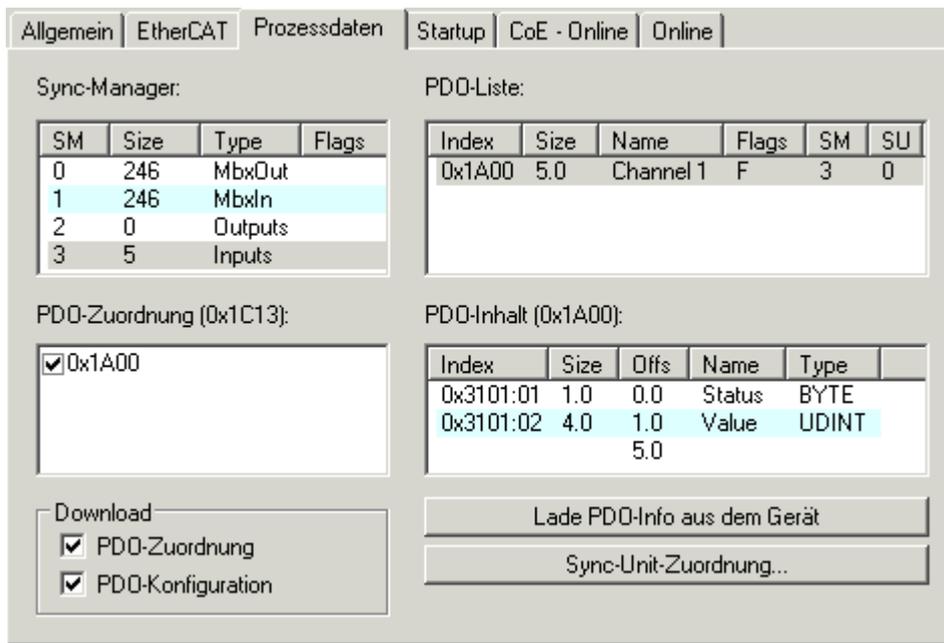


Abb. 93: Karteireiter „Prozessdaten“

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

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

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

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

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

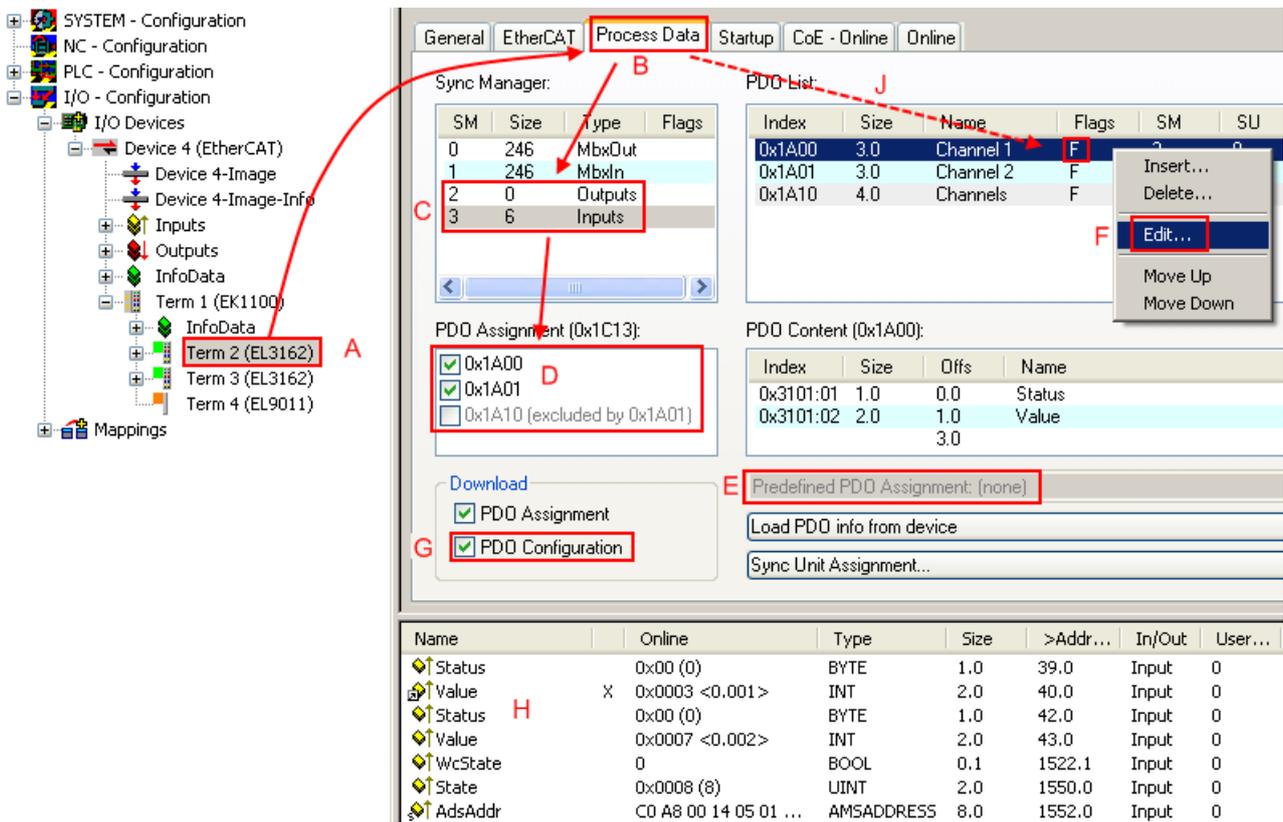


Abb. 94: Konfigurieren der Prozessdaten

### 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](#) [► 91] 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.

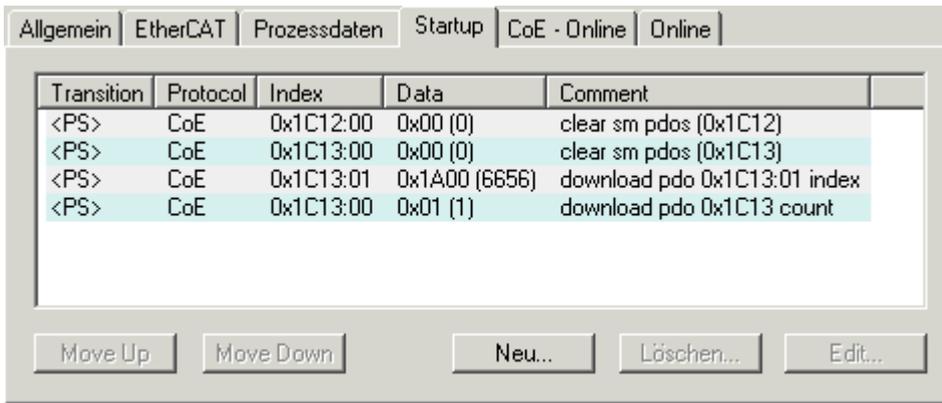


Abb. 95: Karteireiter „Startup“

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.

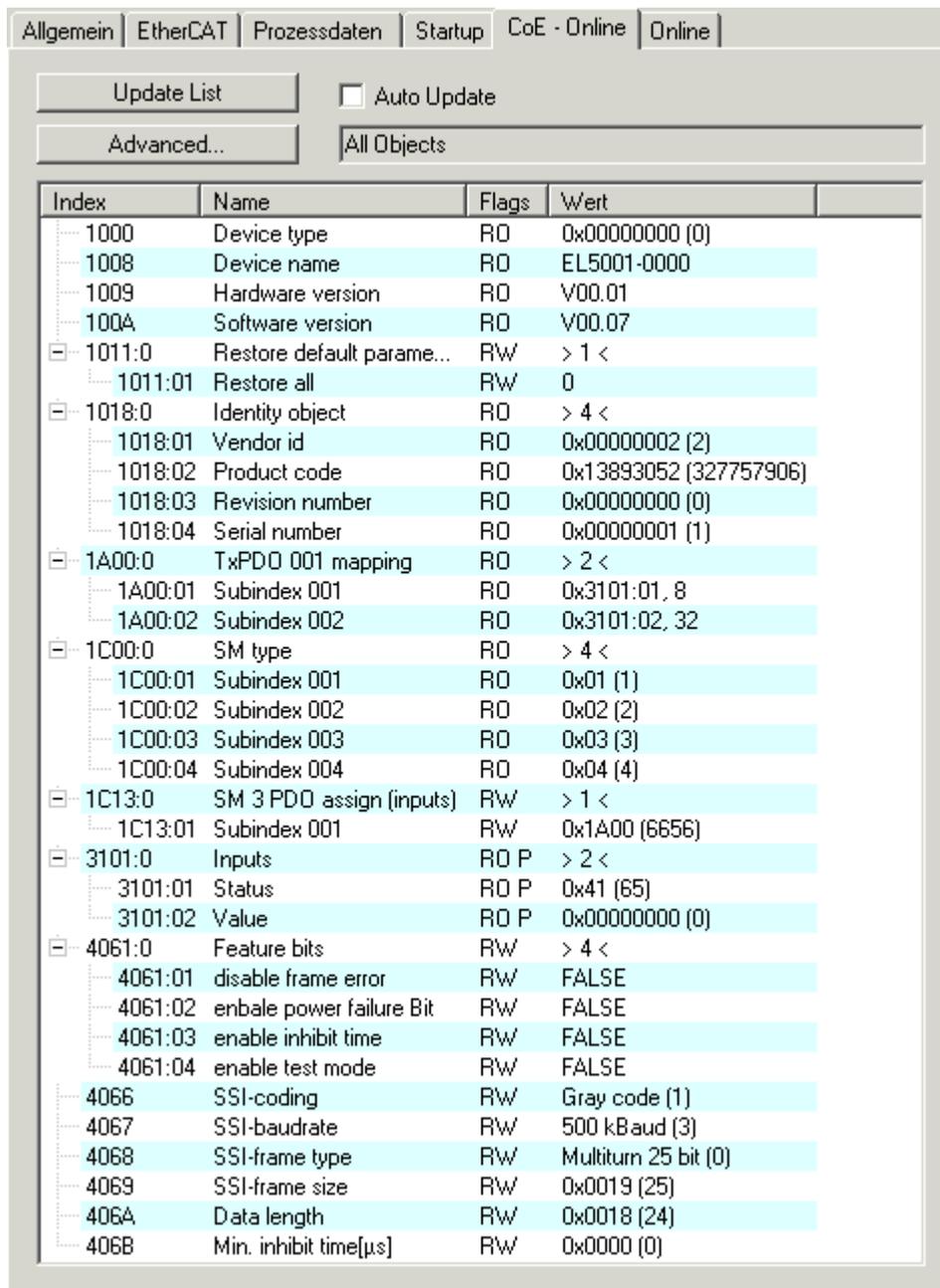


Abb. 96: Karteireiter „CoE - Online“

**Darstellung der Objekt-Liste**

Spalte	Beschreibung	
Index	Index und Subindex des Objekts	
Name	Name des Objekts	
Flags	RW	Das Objekt kann ausgelesen und Daten können in das Objekt geschrieben werden (Read/Write)
	RO	Das Objekt kann ausgelesen werden, es ist aber nicht möglich Daten in das Objekt zu schreiben (Read only)
	P	Ein zusätzliches P kennzeichnet das Objekt als Prozessdatenobjekt.
Wert	Wert des Objekts	

- Update List** Die Schaltfläche *Update List* aktualisiert alle Objekte in der Listenanzeige
- Auto Update** Wenn dieses Kontrollkästchen angewählt ist, wird der Inhalt der Objekte automatisch aktualisiert.
- Advanced** Die Schaltfläche *Advanced* öffnet den Dialog *Advanced Settings*. Hier können Sie festlegen, welche Objekte in der Liste angezeigt werden.

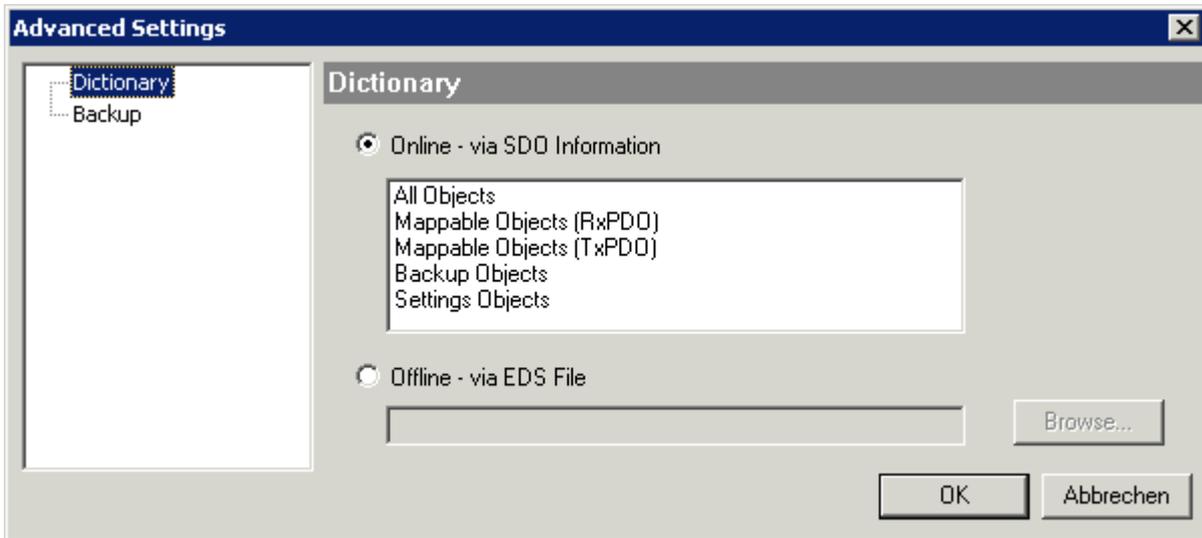


Abb. 97: Dialog „Advanced settings“

- 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“**

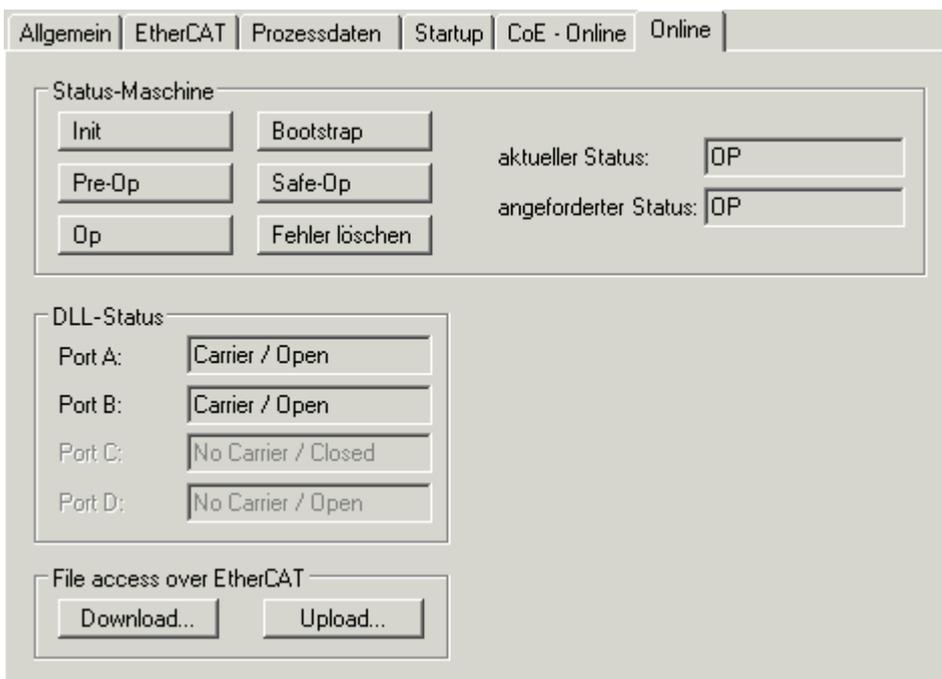


Abb. 98: Karteireiter „Online“

**Status Maschine**

- Init** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Init* zu setzen.
- Pre-Op** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Pre-Operational* zu setzen.
- Op** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Operational* zu setzen.
- Bootstrap** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Bootstrap* zu setzen.
- Safe-Op** Diese Schaltfläche versucht das EtherCAT-Gerät auf den Status *Safe-Operational* zu setzen.
- Fehler löschen** Diese Schaltfläche versucht die Fehleranzeige zu löschen. Wenn ein EtherCAT-Slave beim Statuswechsel versagt, setzt er eine Fehler-Flag.  
 Beispiel: ein EtherCAT-Slave ist im Zustand PREOP (Pre-Operational). Nun fordert der Master den Zustand SAFEOP (Safe-Operational) an. Wenn der Slave nun beim Zustandswechsel versagt, setzt er das Fehler-Flag. Der aktuelle Zustand wird nun als ERR PREOP angezeigt. Nach Drücken der Schaltfläche *Fehler löschen* ist das Fehler-Flag gelöscht und der aktuelle Zustand wird wieder als PREOP angezeigt.
- Aktueller Status** Zeigt den aktuellen Status des EtherCAT-Geräts an.
- Angeforderter Status** Zeigt den für das EtherCAT-Gerät angeforderten Status an.

**DLL-Status**

Zeigt den DLL-Status (Data-Link-Layer-Status) der einzelnen Ports des EtherCAT-Slaves an. Der DLL-Status kann vier verschiedene Zustände annehmen:

Status	Beschreibung
No Carrier / Open	Kein Carrier-Signal am Port vorhanden, der Port ist aber offen.
No Carrier / Closed	Kein Carrier-Signal am Port vorhanden und der Port ist geschlossen.
Carrier / Open	Carrier-Signal ist am Port vorhanden und der Port ist offen.
Carrier / Closed	Carrier-Signal ist am Port vorhanden, der Port ist aber geschlossen.

**File Access over EtherCAT**

- Download** Mit dieser Schaltfläche können Sie eine Datei zum EtherCAT-Gerät schreiben.
- Upload** Mit dieser Schaltfläche können Sie eine Datei vom EtherCAT-Gerät lesen.

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



Abb. 99: Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)

- Betriebsart** Auswahlmöglichkeiten (optional):
  - FreeRun
  - SM-Synchron
  - DC-Synchron (Input based)
  - DC-Synchron
- Erweiterte Einstellungen...** Erweiterte Einstellungen für die Nachregelung der echtzeitbestimmenden TwinCAT-Uhr

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

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

### 7.1.7.1 Detaillierte Beschreibung des Karteireiters „Prozessdaten“

#### Sync-Manager

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

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

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

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

#### PDO-Zuordnung

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

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

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

#### ● Aktivierung der PDO-Zuordnung



✓ Wenn Sie die PDO-Zuordnung geändert haben, muss zur Aktivierung der neuen PDO-Zuordnung

- a) der EtherCAT-Slave einmal den Statusübergang PS (von Pre-Operational zu Safe-Operational) durchlaufen (siehe [Karteireiter Online \[► 89\]](#))
- b) der System-Manager die EtherCAT-Slaves neu laden

(Schaltfläche  bei TwinCAT 2 bzw.  bei TwinCAT 3)

#### PDO-Liste

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

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

### PDO-Inhalt

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

### Download

Falls das Gerät intelligent ist und über eine Mailbox verfügt, können die Konfiguration des PDOs und die PDO-Zuordnungen zum Gerät heruntergeladen 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 heruntergeladen. Die notwendigen, zum Gerät zu sendenden Kommandos können in auf dem Karteireiter [Startup](#) [► 86] 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 heruntergeladen.

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

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

#### 7.1.8.1 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.

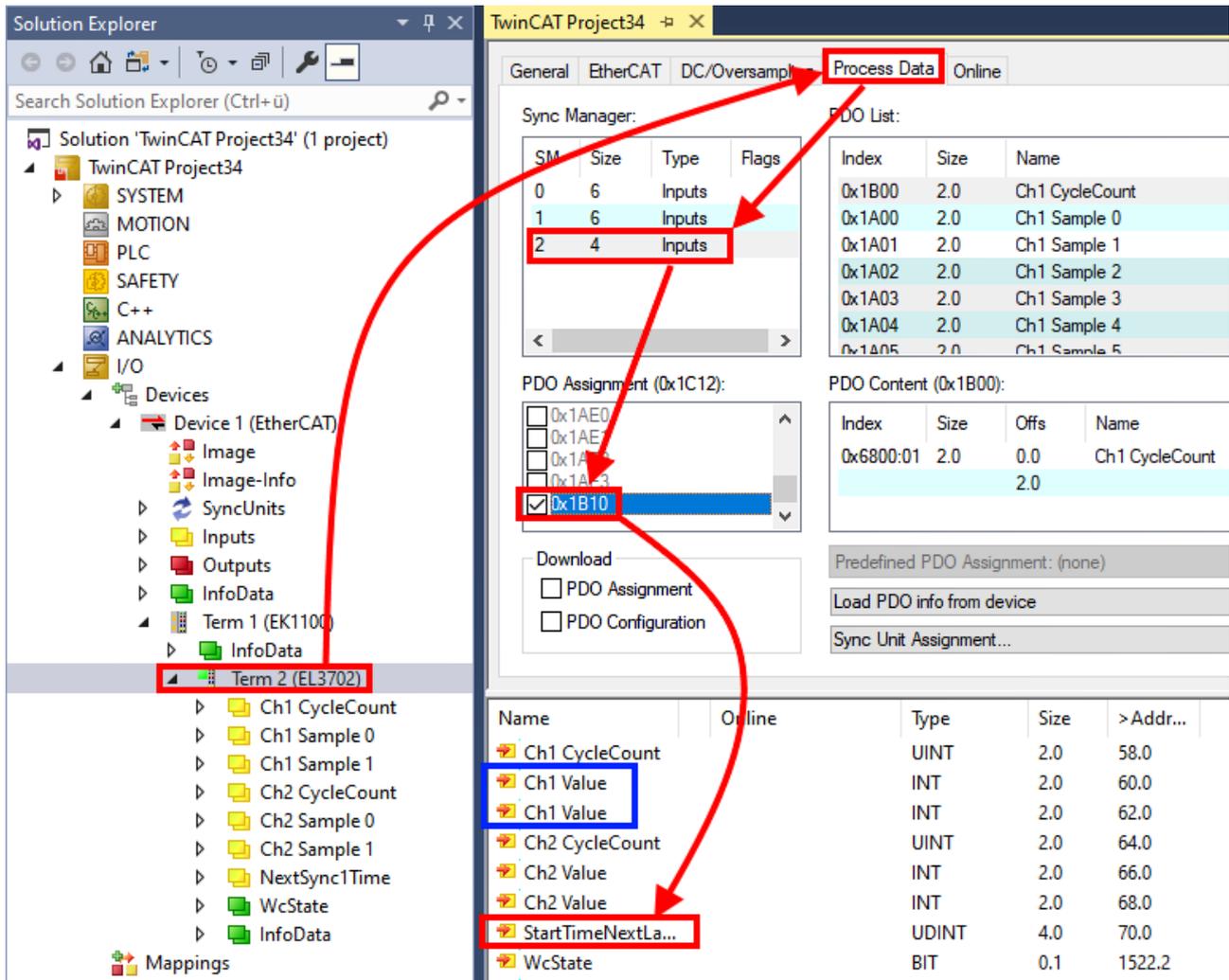
Nun kann der Bedarf entstehen, den veränderten Slave derartig in anderen Projekten wiederzuverwenden, ohne darin äquivalente Konfigurationsveränderungen an dem Slave nochmals vornehmen zu müssen. Um dies zu bewerkstelligen, ist wie folgt vorzugehen:

- 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.

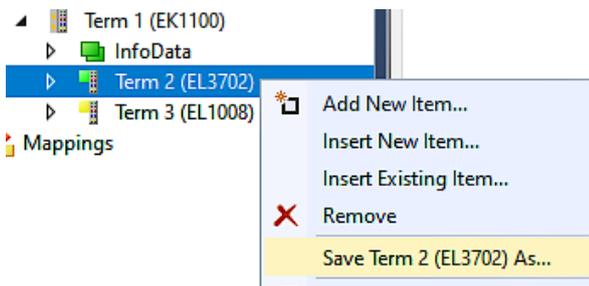
Zur Veranschaulichung im Folgenden ein Beispiel: eine EL3702-Klemme in Standard-Einstellung wird auf 2-fach Oversampling umgestellt (blau) und das optionale PDO „StartTimeNextLatch“ wahlweise hinzugefügt (rot):



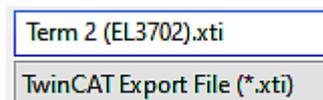
Die beiden genannten Methoden für den Export und Import der veränderten Klemme werden im Folgenden demonstriert.

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

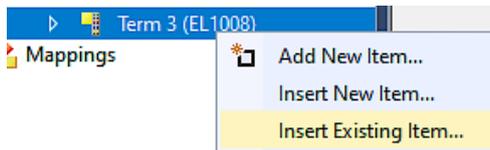
Jedes IO Gerät kann einzeln exportiert/abgespeichert werden:



Die xti-Datei kann abgelegt:



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



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

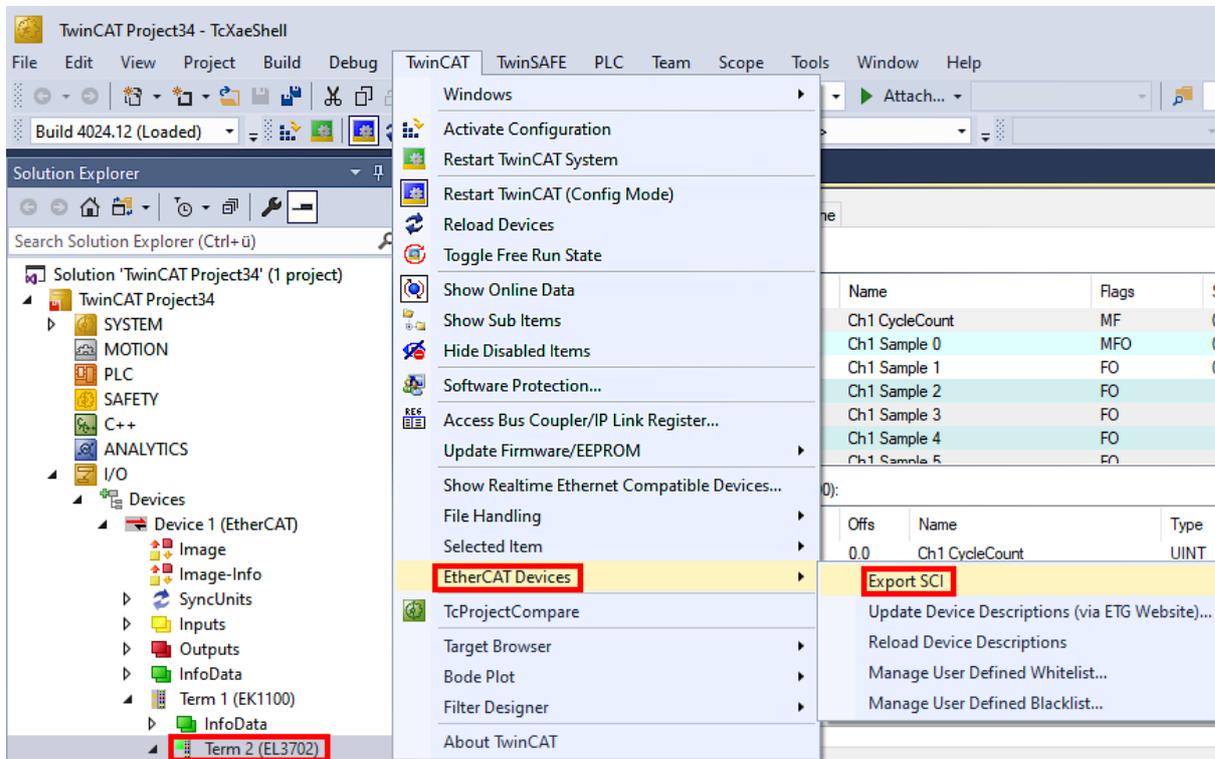
Hinweis Verfügbarkeit (2021/01)

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

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

**Export:**

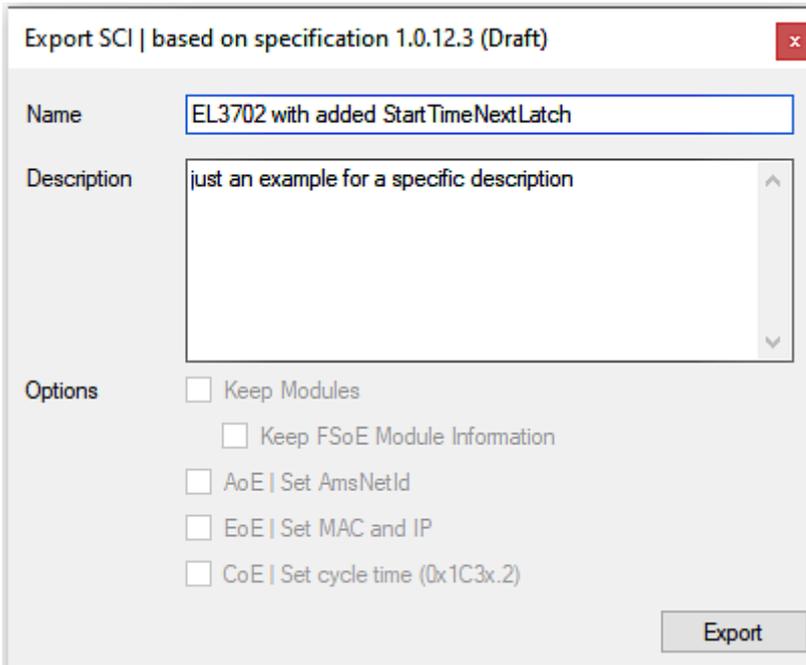
- einzelnes Gerät (auch Mehrfachauswahl möglich) über das Menü auswählen:  
TwinCAT → EtherCAT Devices → Export SCI.



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



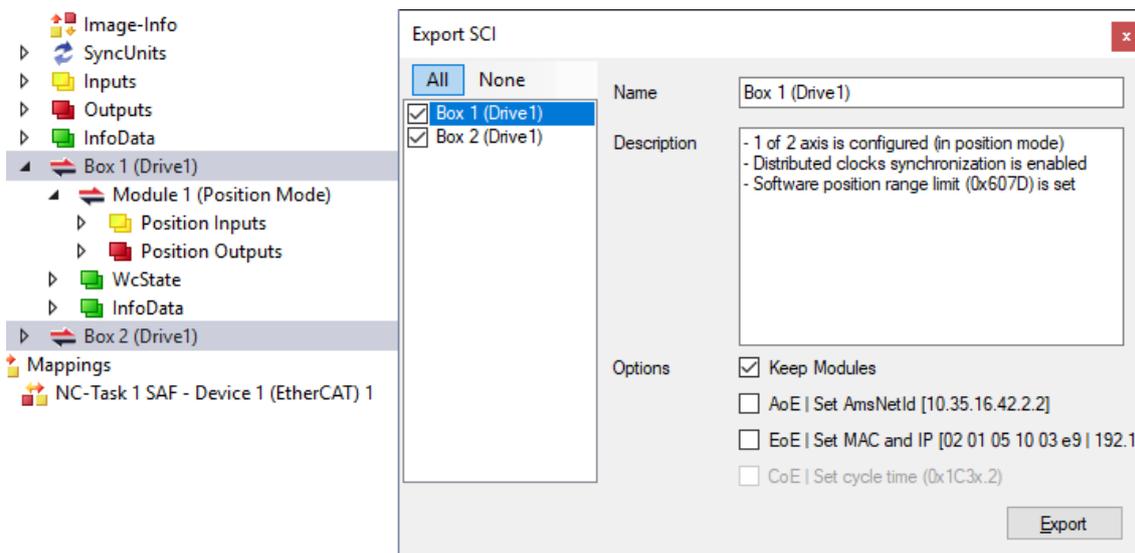
- Im Weiteren kann eine Beschreibung angegeben werden:



- Erläuterungen zum Dialogfenster:

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

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

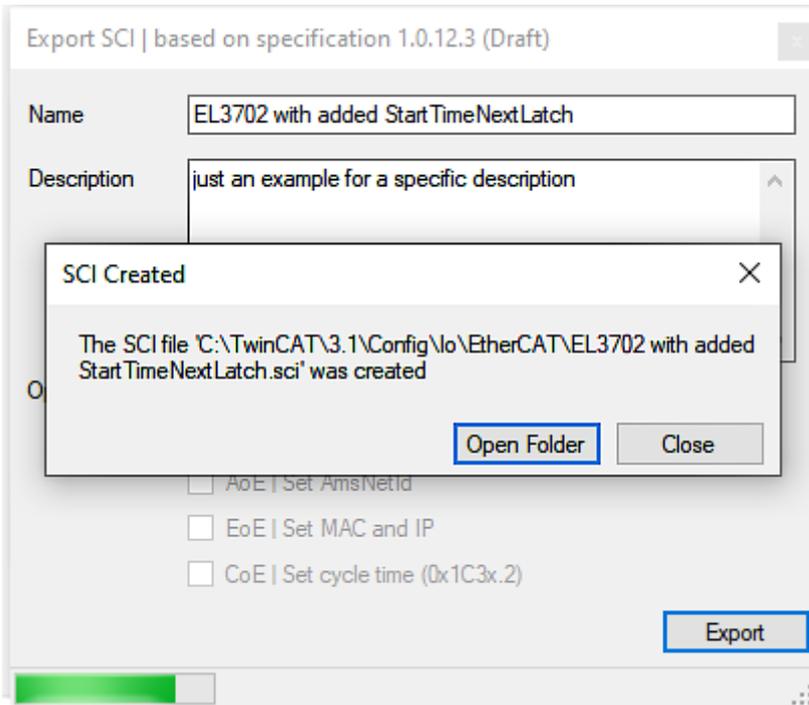


- Auswahl der zu exportierenden Slaves:

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

Dateiname:   
 Dateityp:

- Es erfolgt der Export:

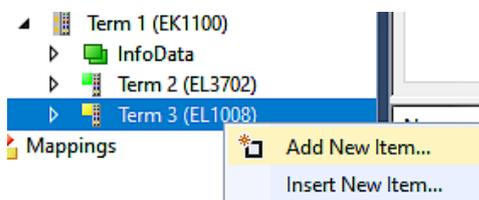


**Import**

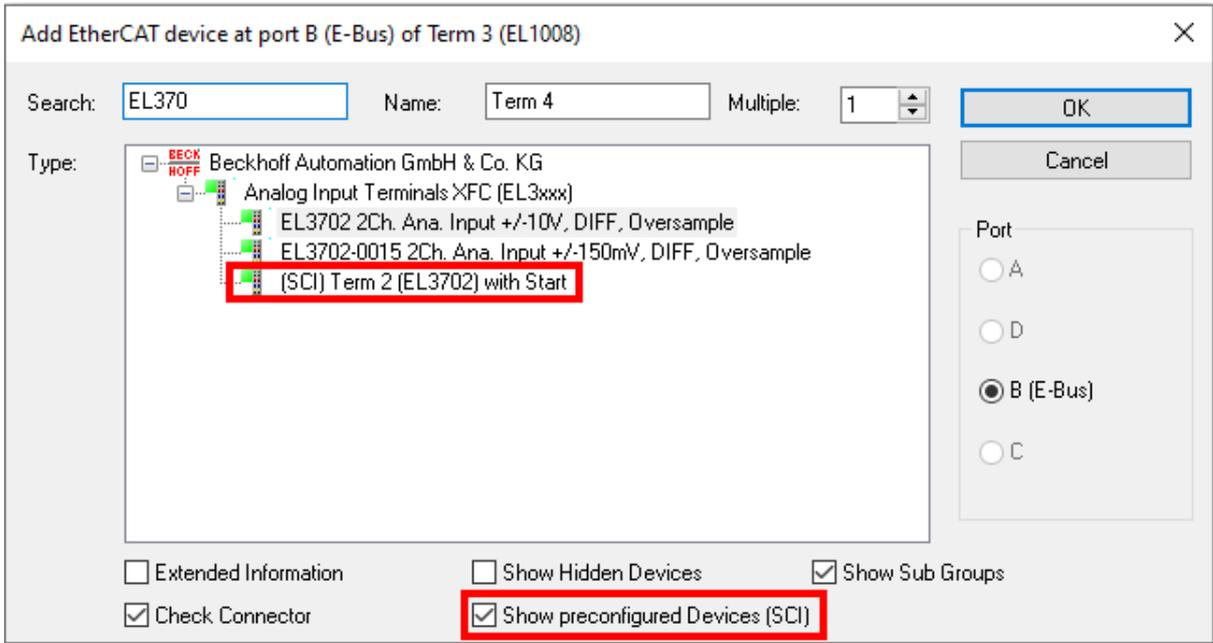
- Eine sci-Beschreibung kann wie jede normale Beckhoff-Gerätebeschreibung manuell in die TwinCAT-Konfiguration eingefügt werden.
- Die sci-Datei muss im TwinCAT-ESI-Pfad liegen, i.d.R. unter:  
C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT

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

- Öffnen des Auswahl-Dialogs:

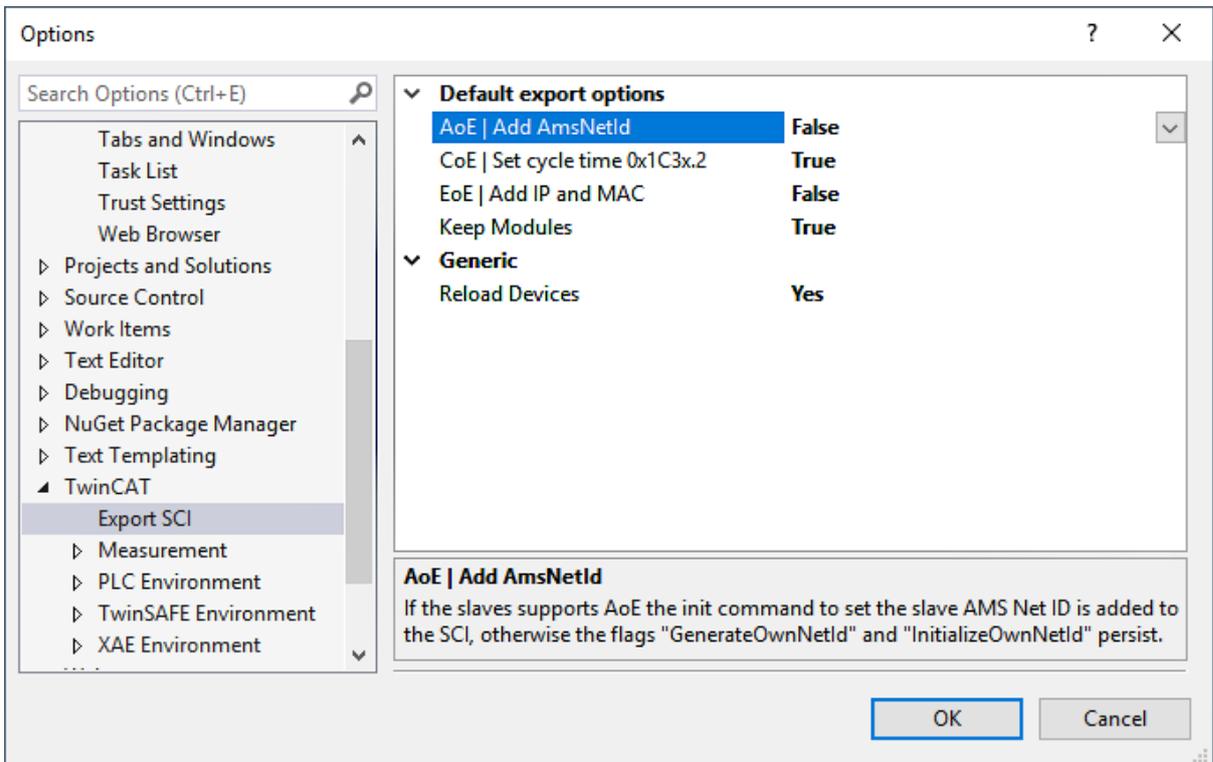


- SCI-Geräte anzeigen und gewünschtes Gerät auswählen und einfügen:



**Weitere Hinweise**

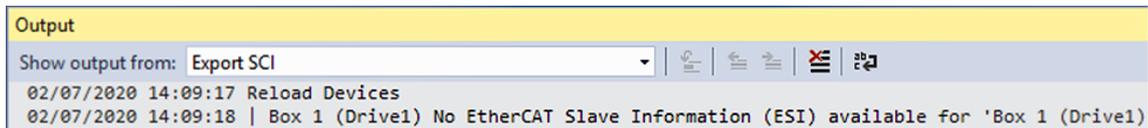
- Einstellungen für die SCI-Funktion können über den allgemeinen Options Dialog vorgenommen werden (Tools → Options → TwinCAT → Export SCI):



Erläuterung der Einstellungen:

Default export options	AoE   Set AmsNetId	Standard Einstellung, ob die konfigurierte AmsNetId exportiert wird.
	CoE   Set cycle time(0x1C3x.2)	Standard Einstellung, ob die konfigurierte Zykluszeit exportiert wird.
	EoE   Set MAC and IP	Standard Einstellung, ob die konfigurierten MAC- und IP-Adressen exportiert werden.
	Keep Modules	Standard Einstellung, ob die Module bestehen bleiben.
Generic	Reload Devices	Einstellung, ob vor dem SCI Export das Kommando „Reload Devices“ ausgeführt wird. Dies wird dringend empfohlen, um eine konsistente Slave-Konfiguration zu gewährleisten.

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



## 7.2 Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT-Slave

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

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

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

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

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

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

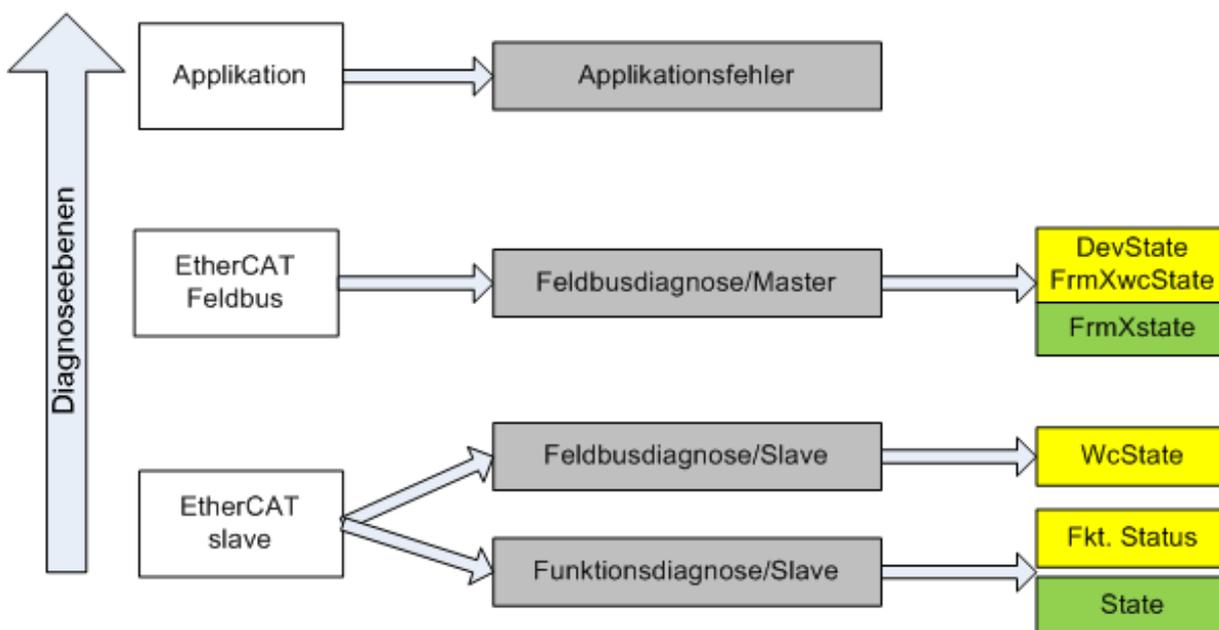


Abb. 100: Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slaves

Im Allgemeinen verfügt ein EtherCAT-Slave über

- slave-typische Kommunikationsdiagnose (Diagnose der erfolgreichen Teilnahme am Prozessdatenaustausch und richtige Betriebsart)  
Diese Diagnose ist für alle Slaves gleich.

als auch über

- kanal-typische Funktionsdiagnose (geräteabhängig),  
siehe entsprechende Gerätedokumentation

Die Farbgebung in Abb. *Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT-Slaves* entspricht auch den Variablenfarben im System Manager, siehe Abb. *Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC*.

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

In Abb. *Grundlegende EtherCAT Slave Diagnose in der PLC* ist eine Beispielimplementation einer grundlegenden EtherCAT-Slave Diagnose zu sehen. Dabei wird eine Beckhoff EL3102 (2 kanalige analoge Eingangsklemme) verwendet, da sie sowohl über slave-typische Kommunikationsdiagnose als auch über kanal-spezifische Funktionsdiagnose verfügt. In der PLC sind Strukturen als Eingangsvariablen angelegt, die jeweils dem Prozessabbild entsprechen.

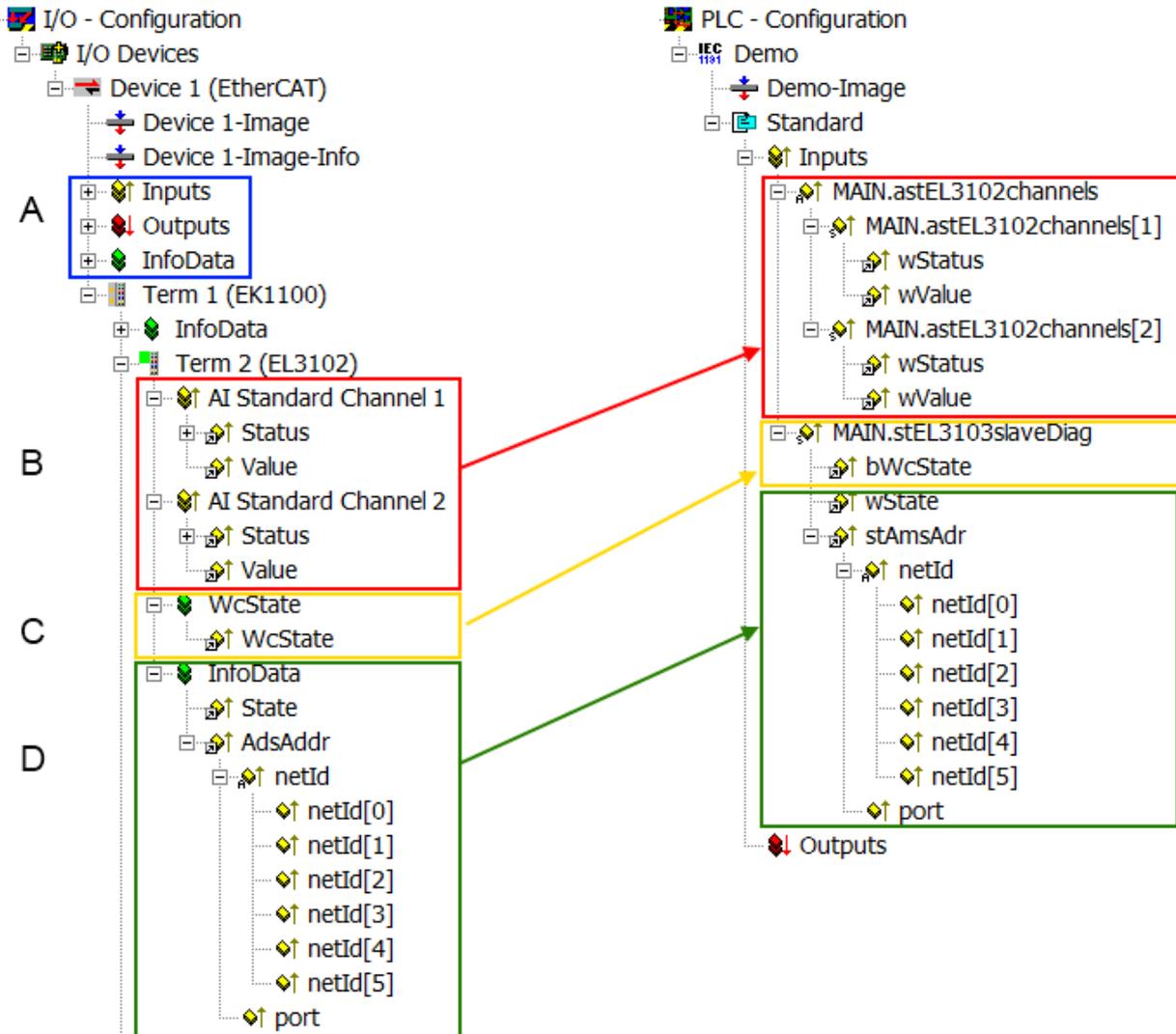


Abb. 101: Grundlegende EtherCAT-Slave Diagnose in der PLC

Dabei werden folgende Aspekte abgedeckt:

Kennzeichen	Funktion	Ausprägung	Anwendung/Auswertung
A	Diagnoseinformationen des EtherCAT-Masters zyklisch aktualisiert (gelb) oder azyklisch bereitgestellt (grün).		Zumindest der DevState ist in der PLC zyklusaktuell auszuwerten. Die Diagnoseinformationen des EtherCAT-Masters bieten noch weitaus mehr Möglichkeiten, die in der EtherCAT-Systemdokumentation behandelt werden. Einige Stichworte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• CoE im Master zur Kommunikation mit/über die Slaves</li> <li>• Funktionen aus <i>TcEtherCAT.lib</i></li> <li>• OnlineScan durchführen</li> </ul>
B	Im gewählten Beispiel (EL3102) umfasst die EL3102 zwei analoge Eingangskanäle, die einen eigenen Funktionsstatus zyklusaktuell übermitteln.	Status <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bitdeutungen sind der Gerätedokumentation zu entnehmen</li> <li>• andere Geräte können mehr oder keine slave-typischen Angaben liefern</li> </ul>	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Funktionsstatus ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
C	Für jeden EtherCAT-Slave mit zyklischen Prozessdaten zeigt der Master durch einen so genannten WorkingCounter an, ob der Slave erfolgreich und störungsfrei am zyklischen Prozessdatenverkehr teilnimmt. Diese elementar wichtige Information wird deshalb im System Manager zyklusaktuell <ol style="list-style-type: none"> <li>1. am EtherCAT-Slave als auch inhaltsidentisch</li> <li>2. als Sammelvariable am EtherCAT-Master (siehe Punkt A)</li> </ol> zur Verlinkung bereitgestellt.	WcState (Working Counter) <p>0: gültige Echtzeitkommunikation im letzten Zyklus</p> <p>1: ungültige Echtzeitkommunikation</p> <p>ggf. Auswirkung auf die Prozessdaten anderer Slaves, die in der gleichen SyncUnit liegen</p>	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Kommunikationsstatus des EtherCAT-Slaves ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
D	Diagnoseinformationen des EtherCAT-Masters, die zwar am Slave zur Verlinkung dargestellt werden, aber tatsächlich vom Master für den jeweiligen Slave ermittelt und dort dargestellt werden. Diese Informationen haben keinen Echtzeit-Charakter weil sie <ul style="list-style-type: none"> <li>• nur selten/nie verändert werden, außer beim Systemstart</li> <li>• selbst auf azyklischem Weg ermittelt werden (z.B. EtherCAT-Status)</li> </ul>	State aktueller Status (INIT..OP) des Slaves. Im normalen Betriebszustand muss der Slave im OP (=8) sein. <i>AdsAddr</i> Die ADS-Adresse ist nützlich, um aus der PLC/Task über ADS mit dem EtherCAT-Slave zu kommunizieren, z.B. zum Lesen/Schreiben auf das CoE. Die AMS-NetID eines Slaves entspricht der AMS-NetID des EtherCAT-Masters, über den <i>port</i> (= EtherCAT Adresse) ist der einzelne Slave ansprechbar.	Informationsvariablen des EtherCAT-Masters, die azyklisch aktualisiert werden, d.h. in einem Zyklus eventuell nicht den letztmöglichen Stand abbilden. Deshalb ist ein Auslesen solcher Variablen über ADS möglich.

**HINWEIS**

**Diagnoseinformationen**

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

**CoE-Parameterverzeichnis**

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

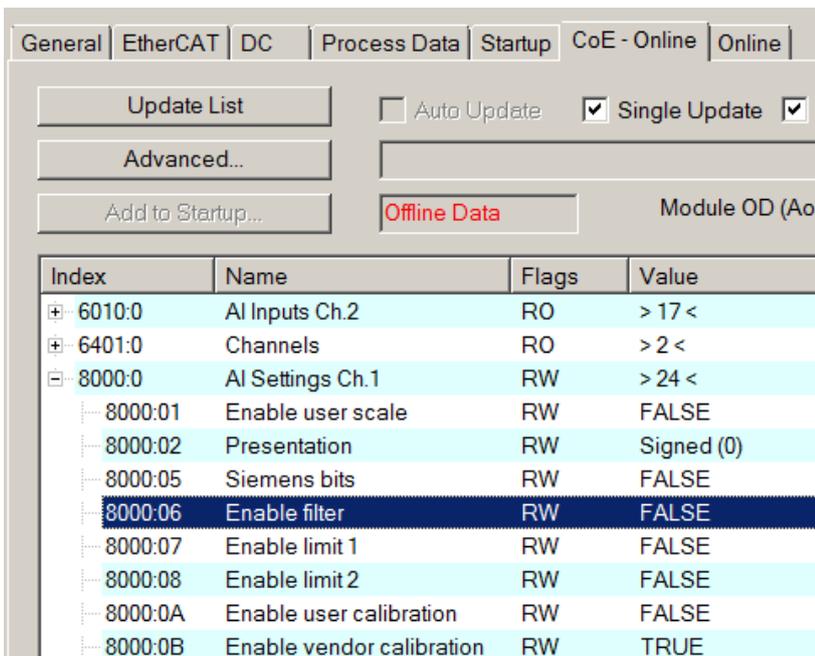


Abb. 102: EL3102, CoE-Verzeichnis

**i EtherCAT-Systemdokumentation**

Es ist die ausführliche Beschreibung in der [EtherCAT-Systemdokumentation](#) (EtherCAT Grundlagen --> CoE Interface) zu beachten!

Einige Hinweise daraus in Kürze:

- Es ist geräteabhängig, ob Veränderungen im Online-Verzeichnis slave-lokal gespeichert werden. EL-Klemmen (außer den EL66xx) verfügen über diese Speichermöglichkeit.
- Es ist vom Anwender die StartUp-Liste mit den Änderungen zu pflegen.

**Inbetriebnahmehilfe im TwinCAT System Manager**

In einem fortschreitenden Prozess werden für EL/EP-EtherCAT-Geräte Inbetriebnahmeoberflächen eingeführt. Diese sind im TwinCAT System Manager ab TwinCAT 2.11R2 verfügbar. Sie werden über entsprechend erweiterte ESI-Konfigurationsdateien in den System Manager integriert.

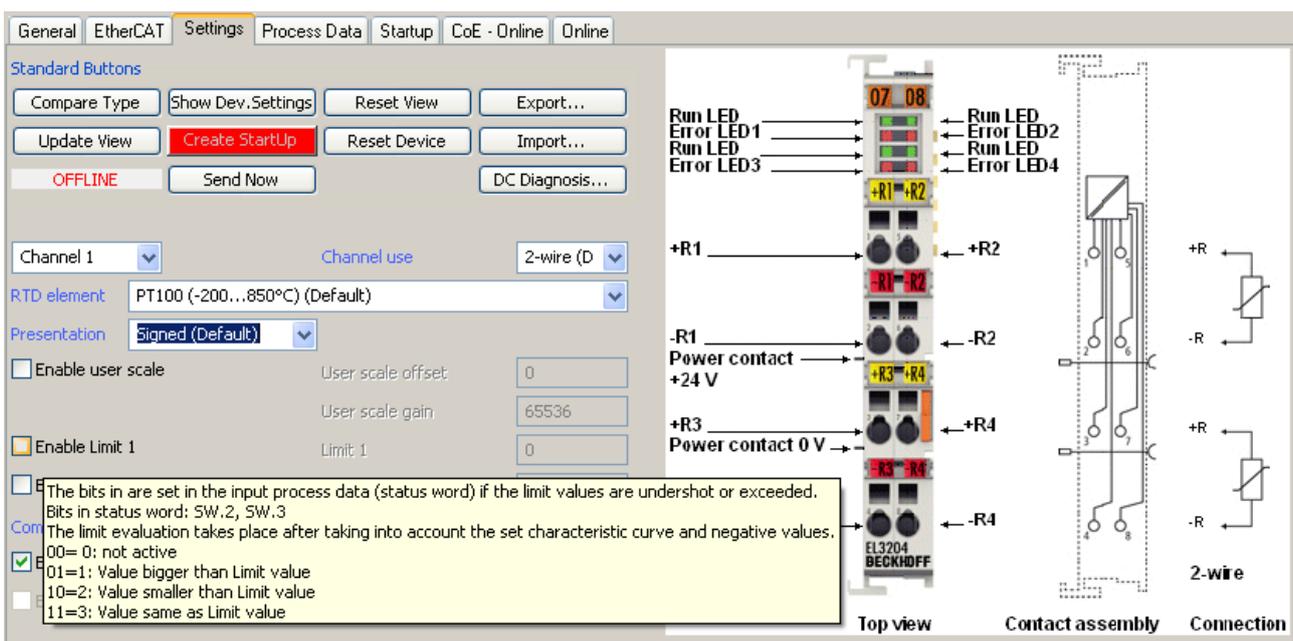


Abb. 103: Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204

Diese Inbetriebnahme verwaltet zugleich

- CoE-Parameterverzeichnis
- DC/FreeRun-Modus
- die verfügbaren Prozessdatensätze (PDO)

Die dafür bisher nötigen Karteireiter „Process Data“, „DC“, „Startup“ und „CoE-Online“ werden zwar noch angezeigt, es wird aber empfohlen die automatisch generierten Einstellungen durch die Inbetriebnahmehilfe nicht zu verändern, wenn diese verwendet wird.

Das Inbetriebnahme-Tool deckt nicht alle möglichen Einsatzfälle eines EL/EP-Gerätes ab. Sind die Einstellmöglichkeiten nicht ausreichend, können vom Anwender wie bisher DC-, PDO- und CoE-Einstellungen manuell vorgenommen werden.

### **EtherCAT State: automatisches Default-Verhalten des TwinCAT System Managers und manuelle Ansteuerung**

Ein EtherCAT-Slave hat für den ordnungsgemäßen Betrieb nach der Versorgung mit Betriebsspannung die Status

- INIT
- PREOP
- SAFEOP
- OP

zu durchlaufen. Der EtherCAT-Master ordnet diese Zustände an in Abhängigkeit der Initialisierungsroutinen, die zur Inbetriebnahme des Gerätes durch die ES/XML und Anwendereinstellungen (Distributed Clocks (DC), PDO, CoE) definiert sind. Siehe dazu auch Kapitel "[Grundlagen der Kommunikation, EtherCAT State Machine \[► 20\]](#)". 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.

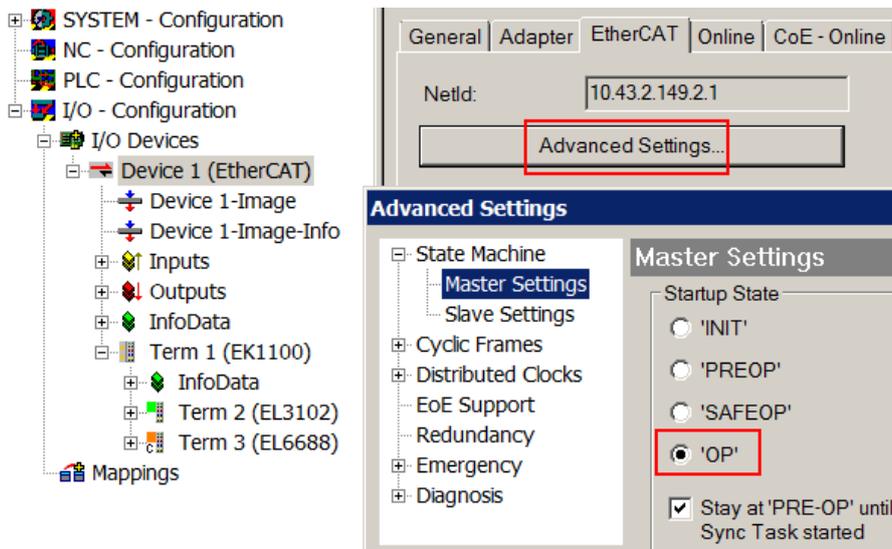


Abb. 104: Default Verhalten System Manager

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

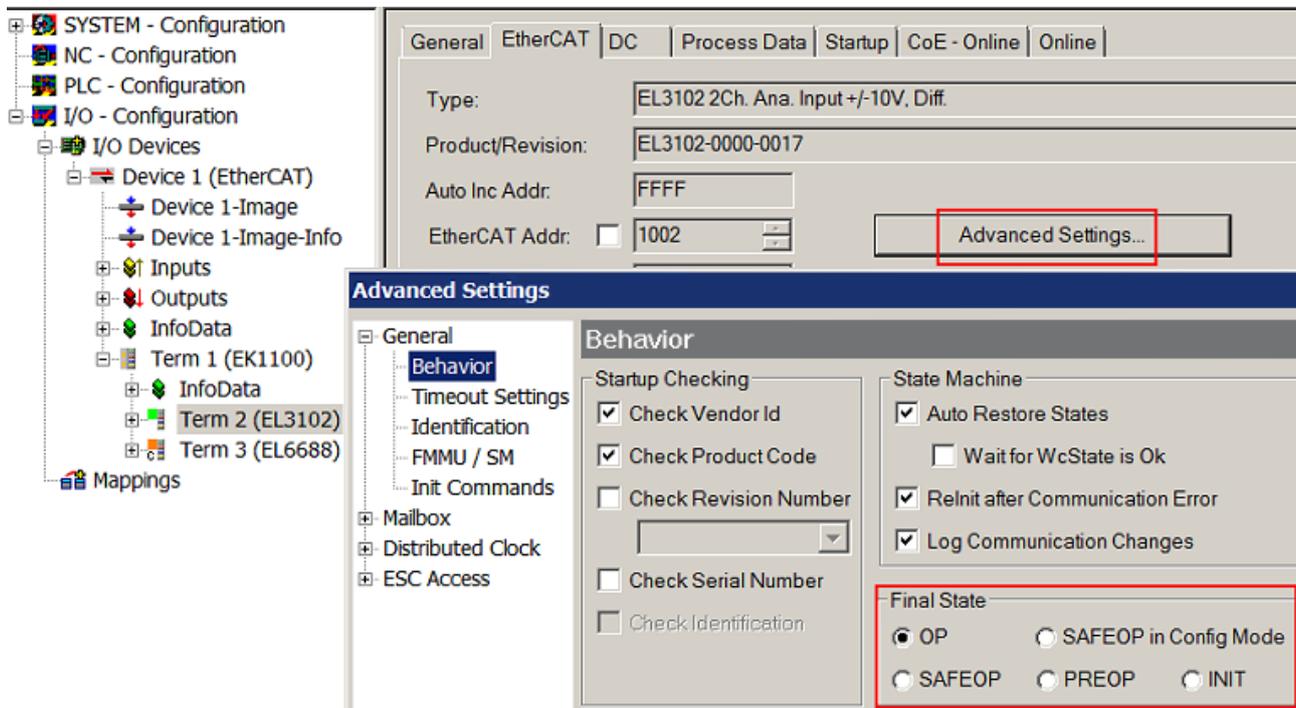


Abb. 105: Default Zielzustand im Slave

### 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.

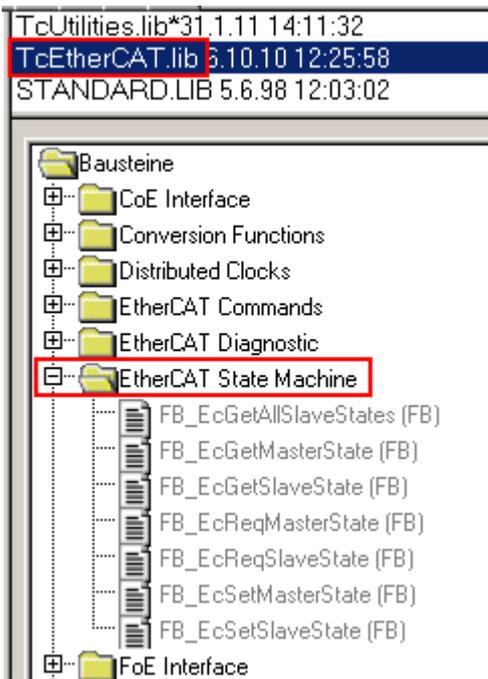


Abb. 106: PLC-Bausteine

**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. 107: 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:

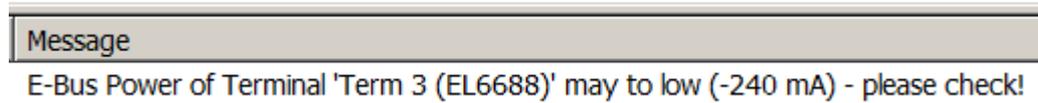


Abb. 108: Warnmeldung E-Bus-Überschreitung

### HINWEIS

#### **Fehlfunktion möglich!**

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

## 7.3 Hinweise zur Inbetriebnahme EL6685-00x0

### HINWEIS

#### Grundlegende Informationen zu Distributed Clocks (DC)

Die EL6685-00x0 ist ein EtherCAT-Slave zur Zeitsynchronisierung. Bitte die Erläuterungen in der EtherCAT-System-Dokumentation ab Kapitel „EtherCAT Synchronisierung“ beachten.

Die EL6685-00x0 dient als Referenzuhr im EtherCAT-Netzwerk und sollte physisch als erster Teilnehmer im EtherCAT-Klemmenverbund eingesetzt werden (nächstmögliche Position zum EtherCAT-Master). Die Wahl des EtherCAT-Masters für die Referenzuhr fällt somit automatisch auf die EL6685. Hiermit wird die zeitliche Genauigkeit erhöht, da die erste Klemme im Verbund als Referenz am besten geeignet ist.

Beim Betrieb an einem IPC braucht man zwingend einen EK1100-Koppler, der typischerweise der erste Distributed Clocks-Teilnehmer ist. Die DC-Fähigkeit des Kopplers ist manuell zu deaktivieren, damit der EtherCAT-Master als erster DC-Teilnehmer die EL6685-00x0 als Referenzuhr auswählt.

Im Folgenden sind die Spezifikationen der EL6685-00x0 dargestellt:

Spezifikation	EL6685	EL6685-0010	Einheit	Bedingungen
Oszillator-Grundgenauigkeit <sup>*)</sup>	±5000	±275	ppb	umfasst Frequenzcharakteristiken wie Anfangstoleranz, Frequenz/Temperatur, Frequenz/Last, Frequenz/Spannungscharakteristik sowie Alterung (konstante Temperatur, 20 Jahre)
1-Tag-Stabilität (max.)	±50	±0,5	ppb	Betriebstemperatur 25 °C, 1 Tag, nach 48 Stunden Dauerbetrieb
1-Tag-Stabilität (typ.)	±10	±0,2	ppb	Betriebstemperatur 25 °C, 1 Tag, nach 30 Tagen Dauerbetrieb
1-Jahr-Stabilität <sup>*)</sup>	±600	±100	ppb	Die Alterungsbeständigkeit wird anhand von Zuverlässigkeitstests unter Umweltbedingungen und der erwarteten Frequenzschwankungen im Laufe der Zeit bewertet.
Temperaturabweichung	±130	±0,4	ppb/°C	Über den Betriebstemperaturbereich (max. 1 K/Minute)

<sup>\*)</sup> Dies stellt keine Garantie für die Leistung während des gesamten Produktlebenszyklus dar.

## 8 Anhang

### 8.1 EtherCAT AL Status Codes

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

## 8.2 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 \[► 111\]](#).

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!

EL6688			
Hardware (HW)	Firmware (FW)	Revision-Nr.	Release-Datum
00 <sup>*)</sup>	01 <sup>*)</sup>	EL6685-0000-0016	03/2025

<sup>\*)</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.

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

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

### HINWEIS

#### Nur TwinCAT 3 Software verwenden!

Ein Firmware-Update von Beckhoff IO Geräten ist ausschließlich mit einer TwinCAT 3-Installation durchzuführen. Es empfiehlt sich ein möglichst aktuelles Build, kostenlos zum Download verfügbar auf der [Beckhoff-Website](#).

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

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

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

### Speicherorte

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

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

### HINWEIS

#### Applikationsspezifisches Beschreiben des ESI-EEPROM

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

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

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

- Je nach Funktionsumfang und Performance besitzen EtherCAT-Slaves einen oder mehrere lokale Controller zur Verarbeitung von IO-Daten. Das darauf laufende Programm ist die so genannte **Firmware** im Format \*.efw.
- In bestimmten EtherCAT-Slaves kann auch die EtherCAT Kommunikation in diesen Controller integriert sein. Dann ist der Controller meist ein so genannter **FPGA**-Chip mit der \*.rbf-Firmware.

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

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

### Vereinfachtes Update per Bundle-Firmware

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

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

Nach dem Update sollte eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden

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

#### HINWEIS

##### Beschädigung des Gerätes möglich!

✓ Beim Herunterladen von neuen Gerätedateien ist zu beachten

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

### 8.3.1 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:

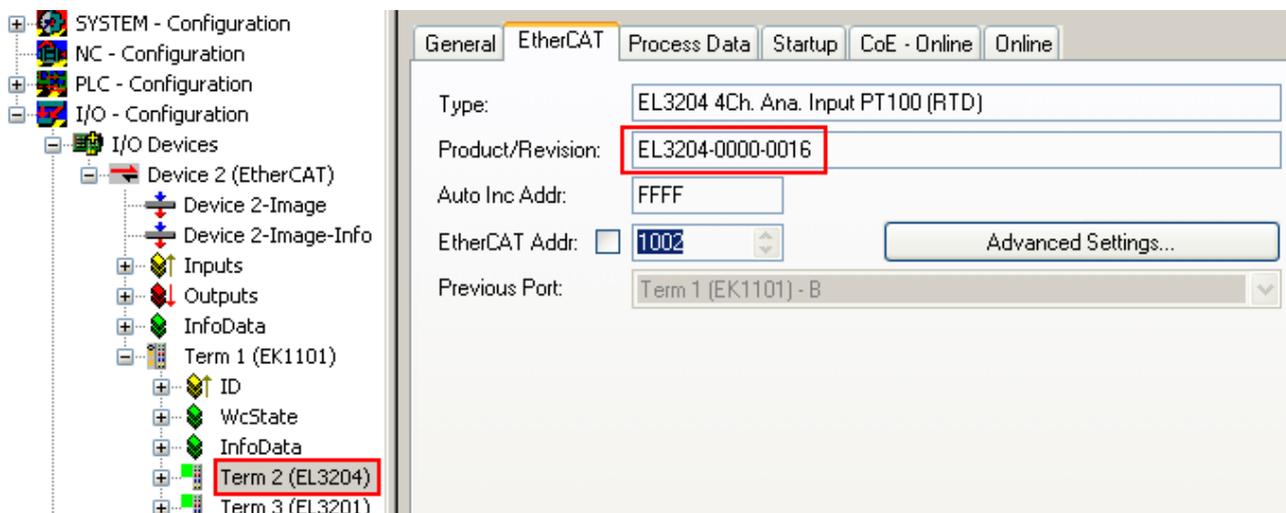


Abb. 109: Geräteerkennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016

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:

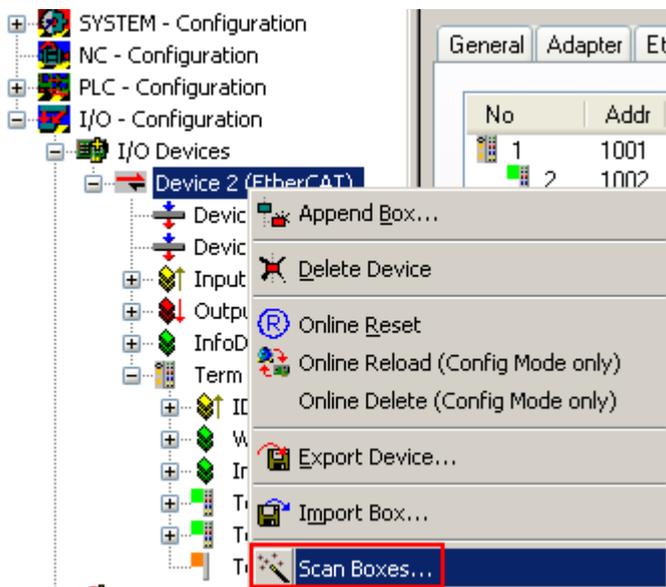


Abb. 110: Rechtsklick auf das EtherCAT-Gerät bewirkt das Scannen des unterlagerten Feldes

Wenn das gefundene Feld mit dem konfigurierten übereinstimmt, erscheint



Abb. 111: Konfiguration identisch

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

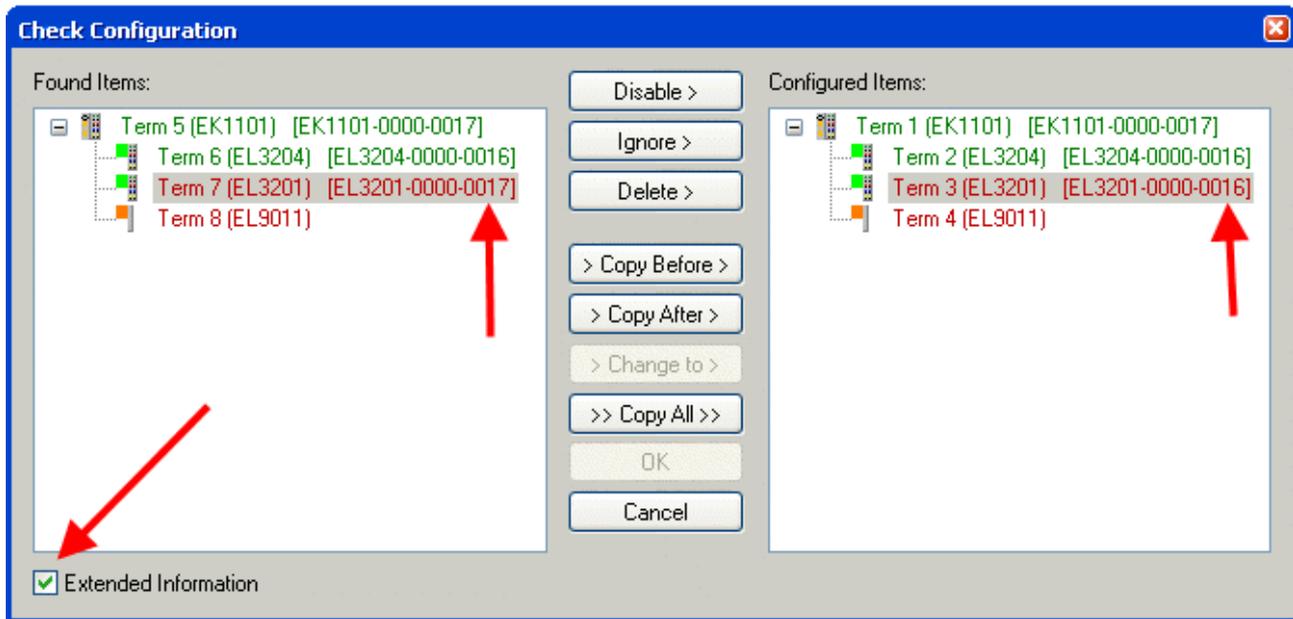


Abb. 112: Änderungsdialog

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*

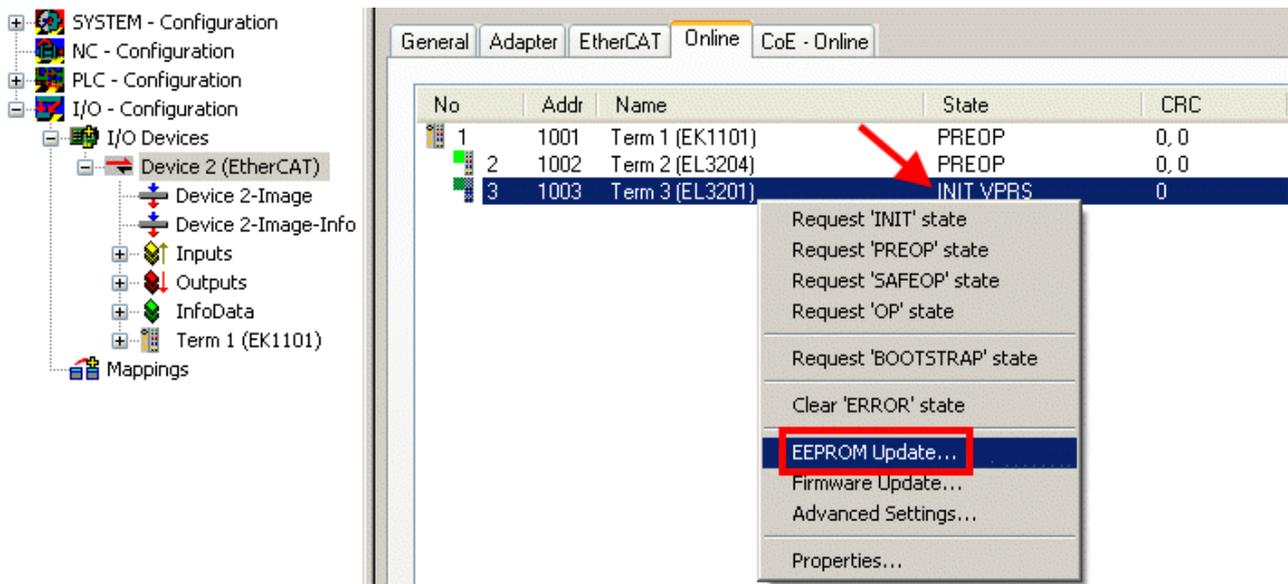


Abb. 113: EEPROM Update

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.

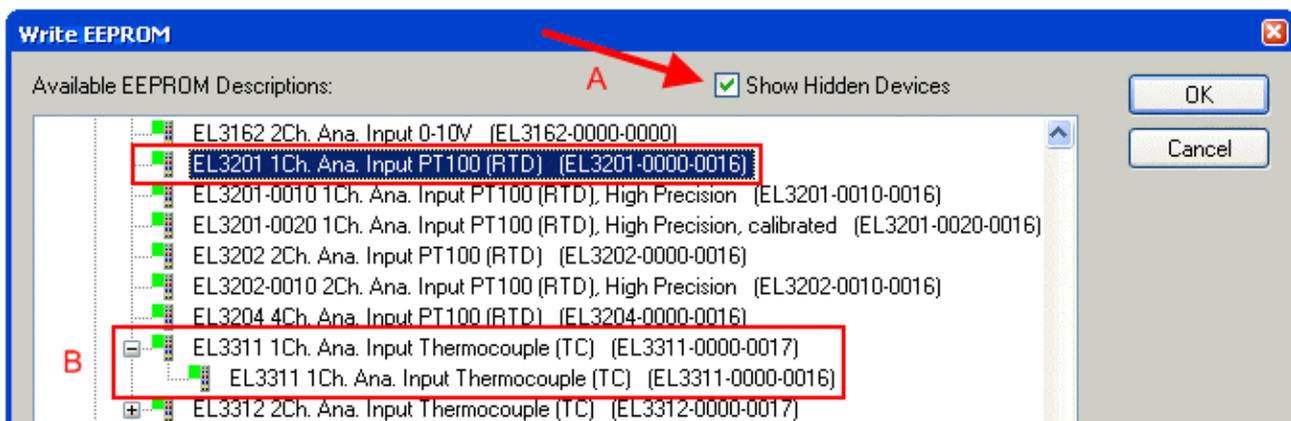


Abb. 114: Auswahl des neuen ESI

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.

## 8.3.2 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).

### ● CoE-Online und Offline-CoE

**i** Es existieren zwei CoE-Verzeichnisse:

- **online:** es wird im EtherCAT-Slave vom Controller angeboten, wenn der EtherCAT-Slave dies unterstützt. Dieses CoE-Verzeichnis kann nur bei angeschlossenem und betriebsbereitem Slave angezeigt werden.
- **offline:** in der EtherCAT Slave Information ESI/XML kann der Default-Inhalt des CoE enthalten sein. Dieses CoE-Verzeichnis kann nur angezeigt werden, wenn es in der ESI (z. B. „Beckhoff EL5xx.xml“) enthalten ist.

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

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

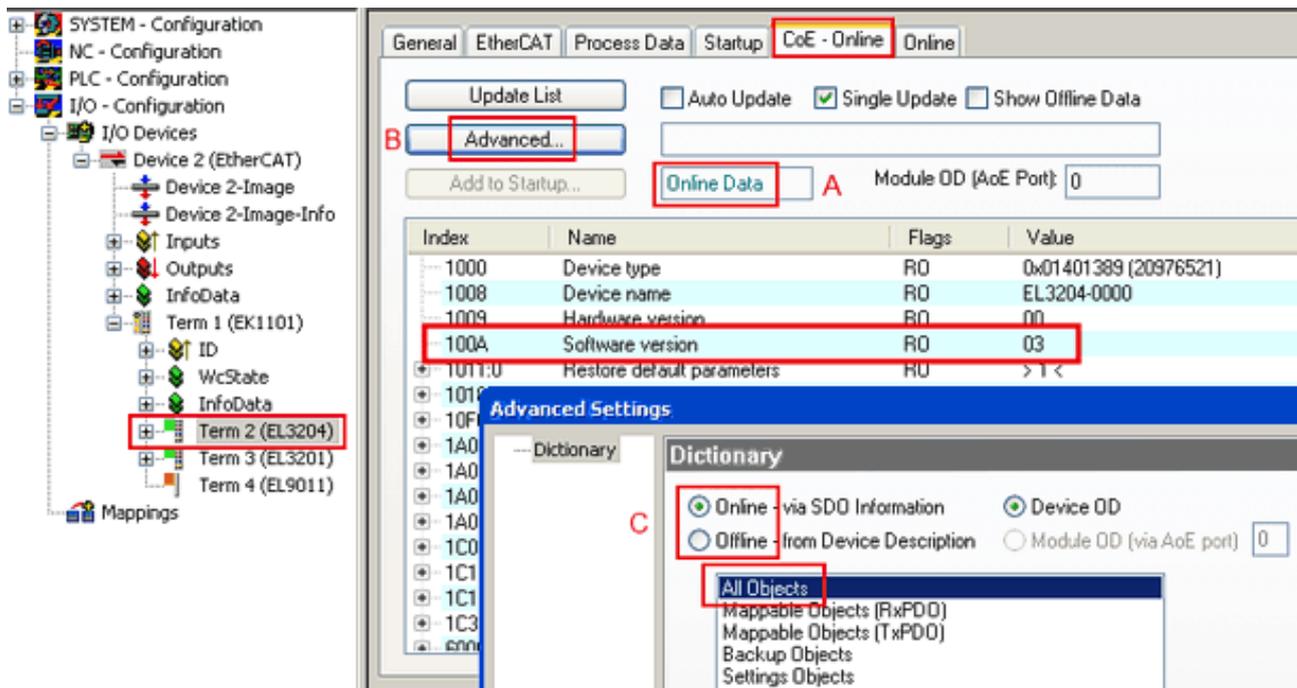


Abb. 115: Anzeige FW-Stand EL3204

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.

### 8.3.3 Update Controller-Firmware \*.efw

#### ● CoE-Verzeichnis

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

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

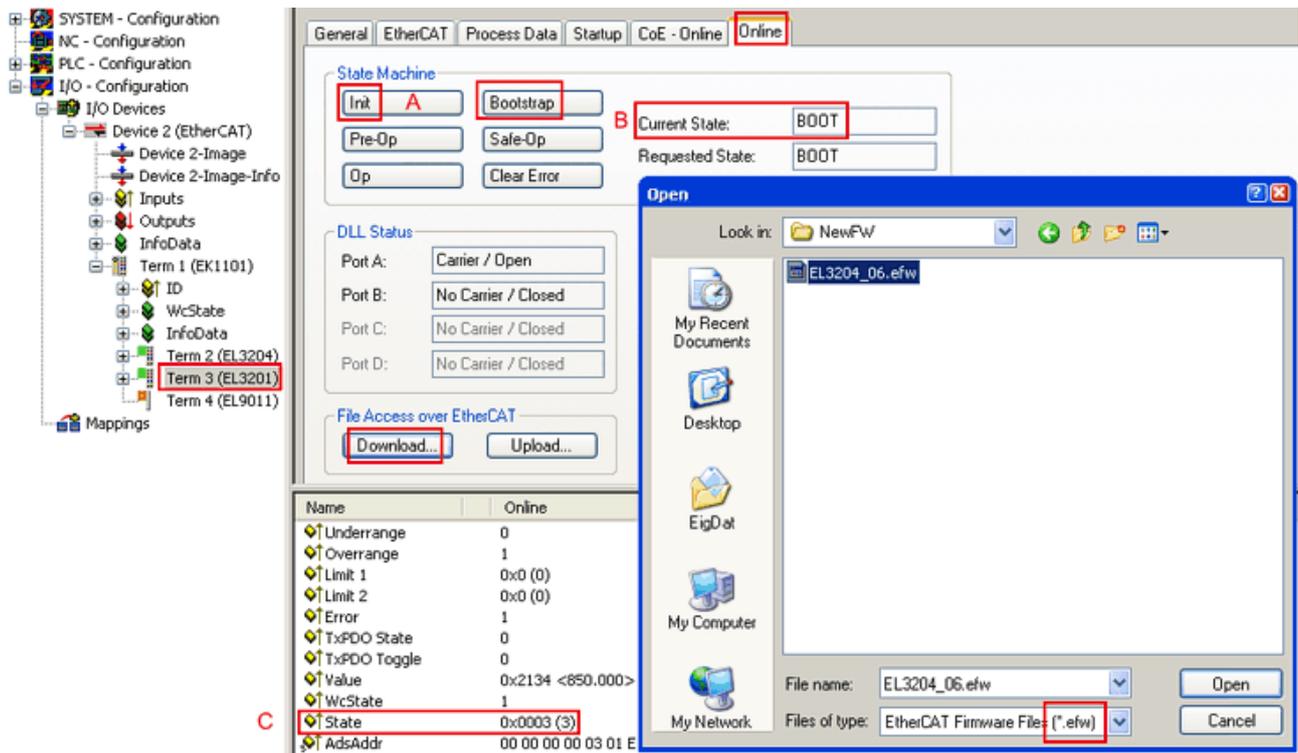
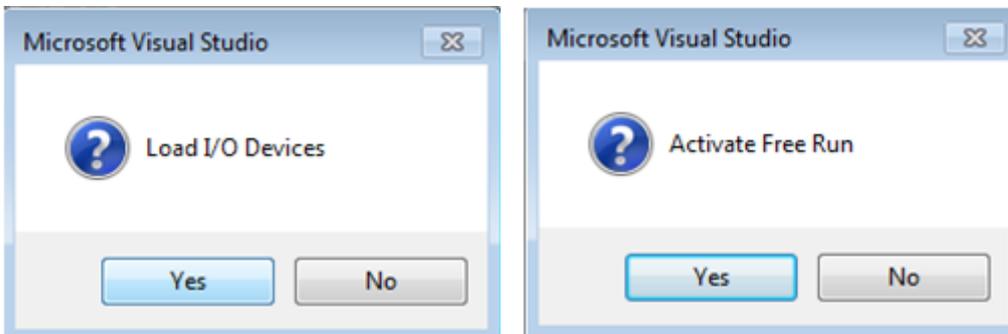


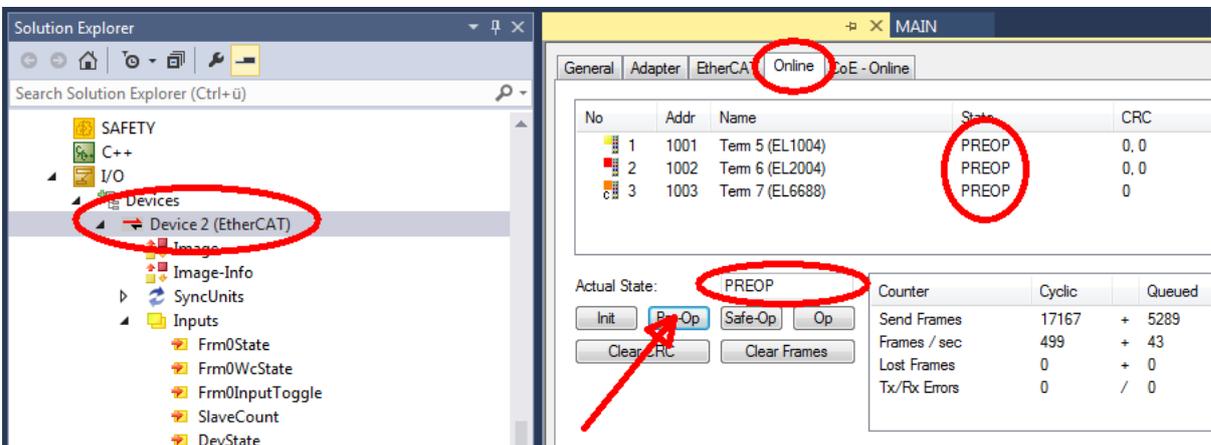
Abb. 116: Firmware Update

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.

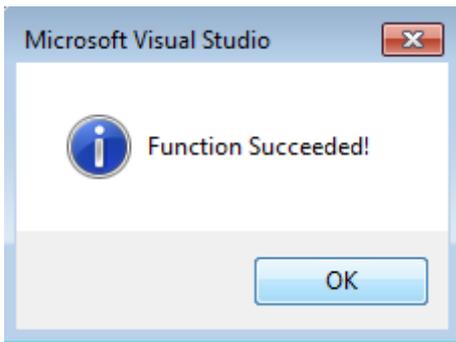


- EtherCAT-Master in PreOP schalten



- 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.

### 8.3.4 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.

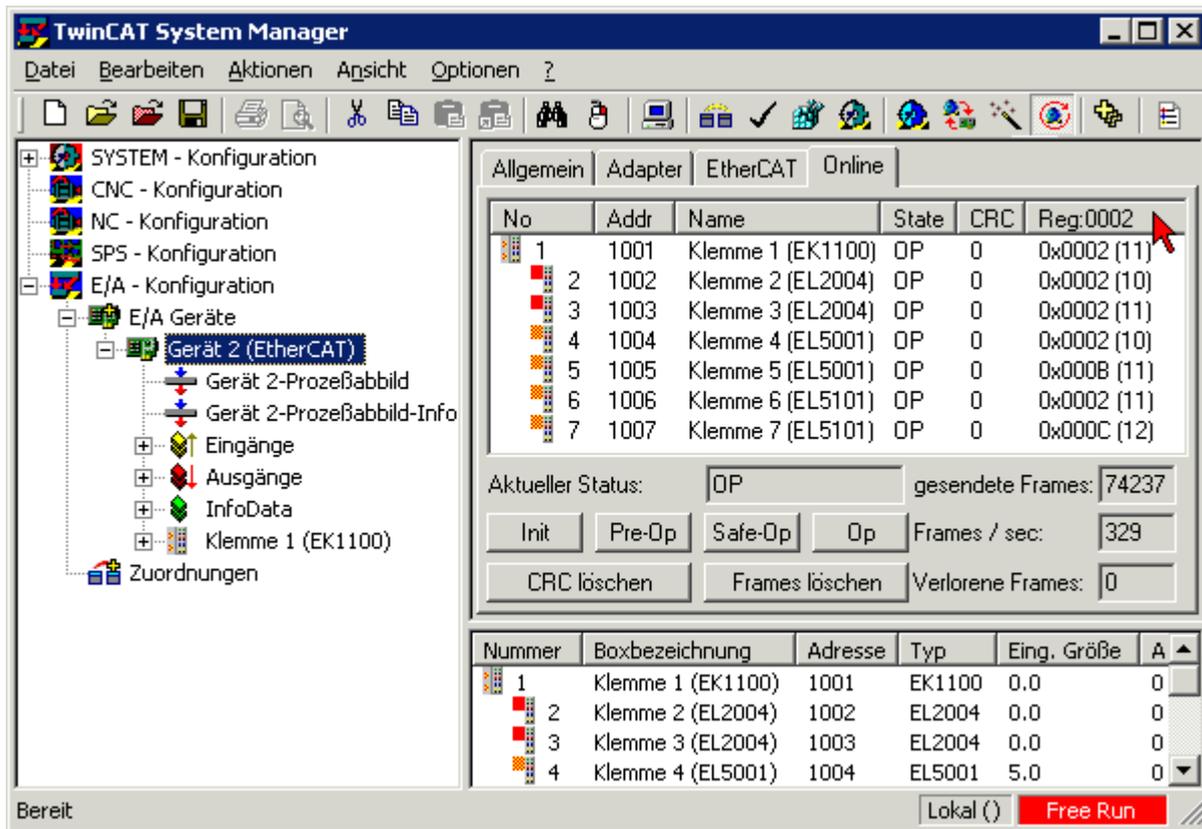


Abb. 117: Versionsbestimmung FPGA-Firmware

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*.

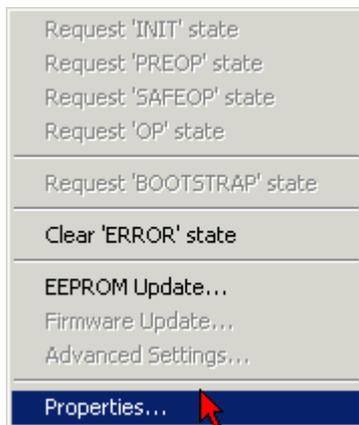
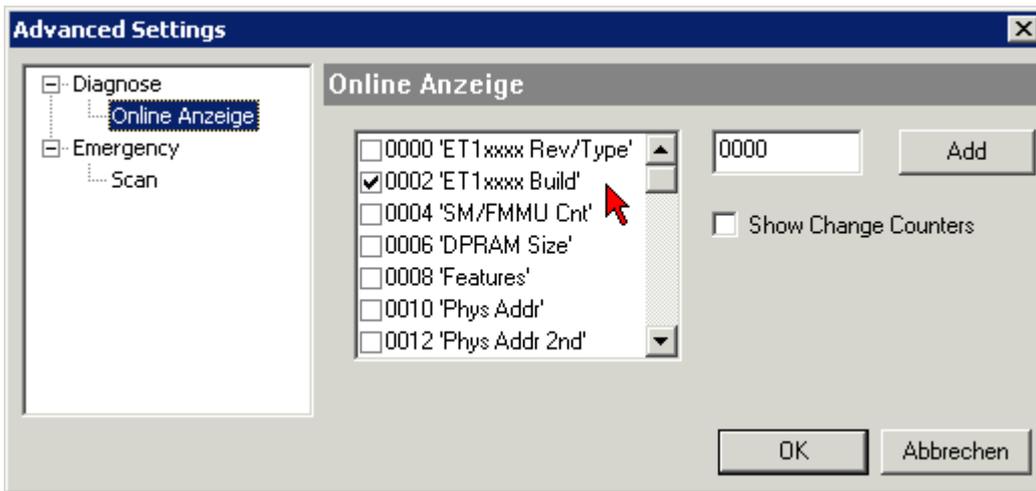


Abb. 118: Kontextmenu *Eigenschaften (Properties)*

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. 119: 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.

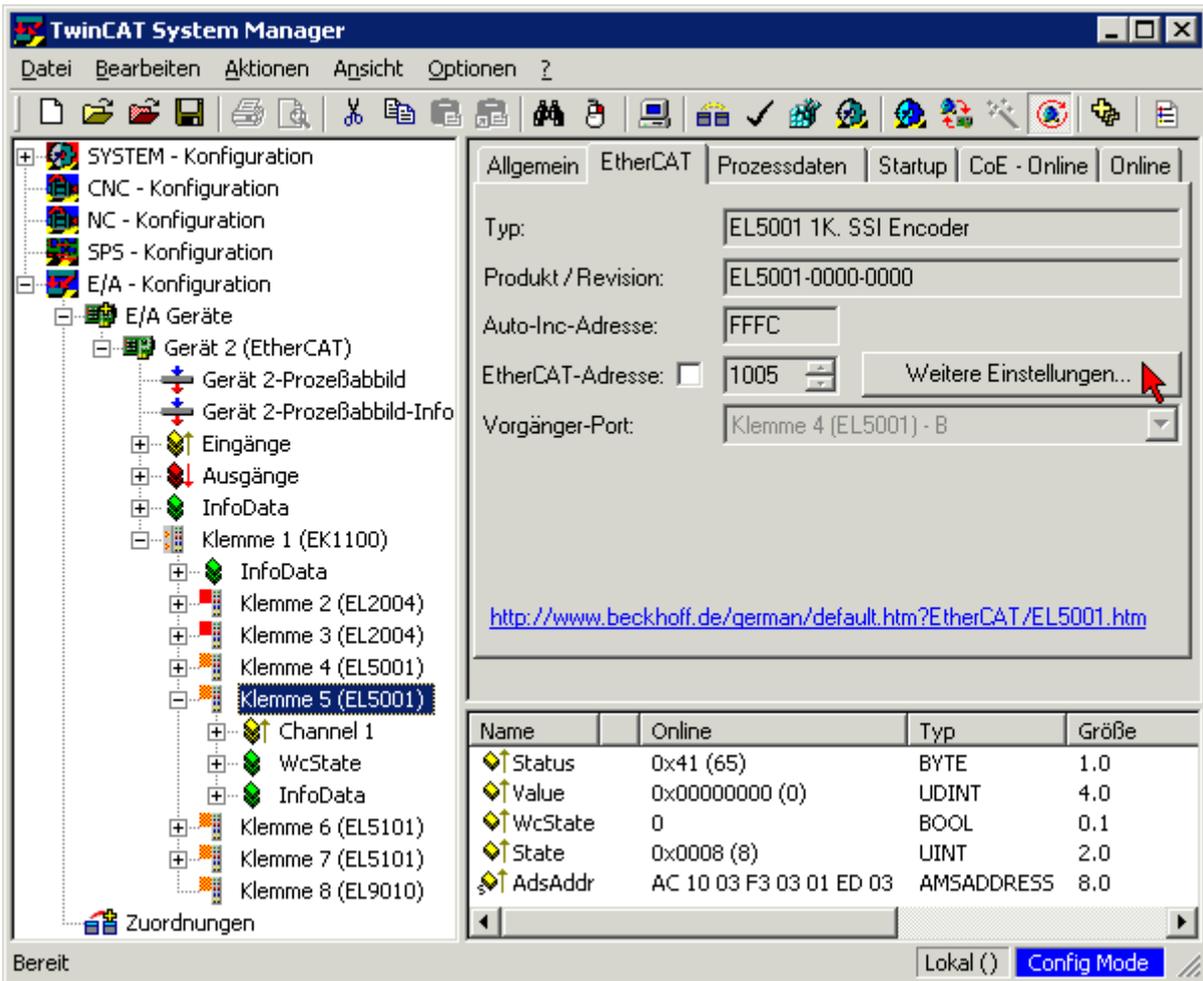
Ältere Firmware-Stände können nur vom Hersteller aktualisiert werden!

### Update eines EtherCAT-Geräts

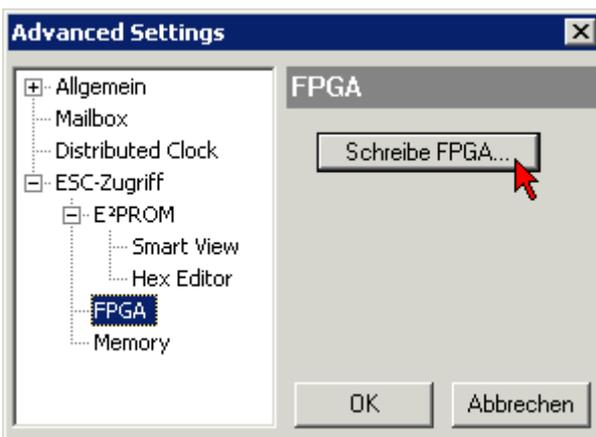
Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen:

- 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.

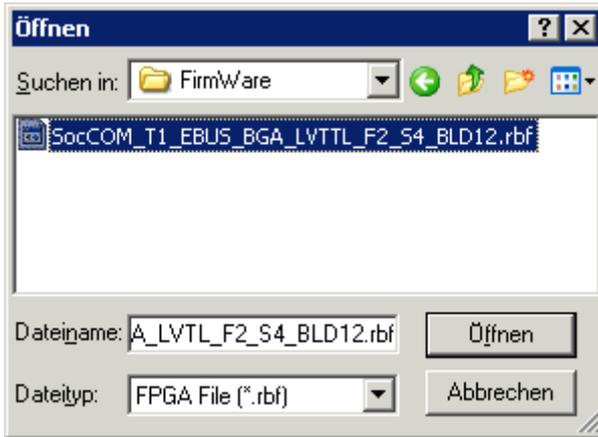
- Wählen Sie im TwinCAT System Manager die Klemme an, deren FPGA-Firmware Sie aktualisieren möchten (im Beispiel: Klemme 5: EL5001) und klicken Sie auf dem Karteireiter *EtherCAT* auf die Schaltfläche *Weitere Einstellungen*:



- 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!

## 8.3.5 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.

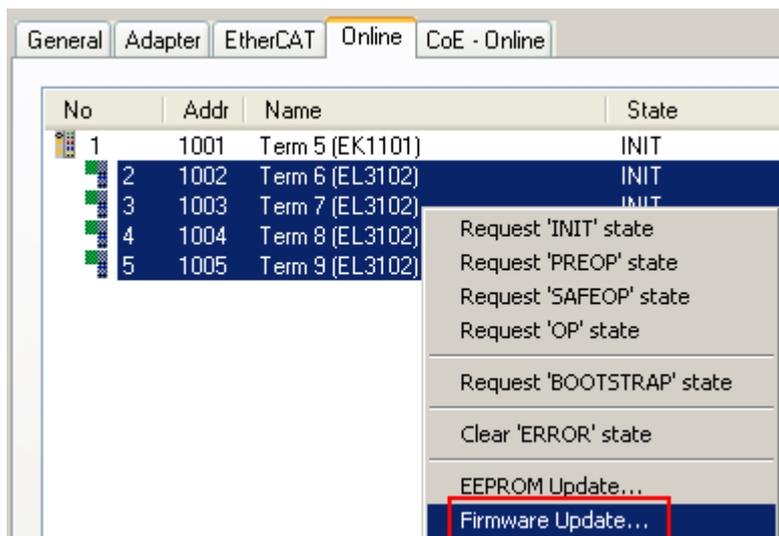


Abb. 120: Mehrfache Selektion und FW-Update

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

## 8.4 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*)

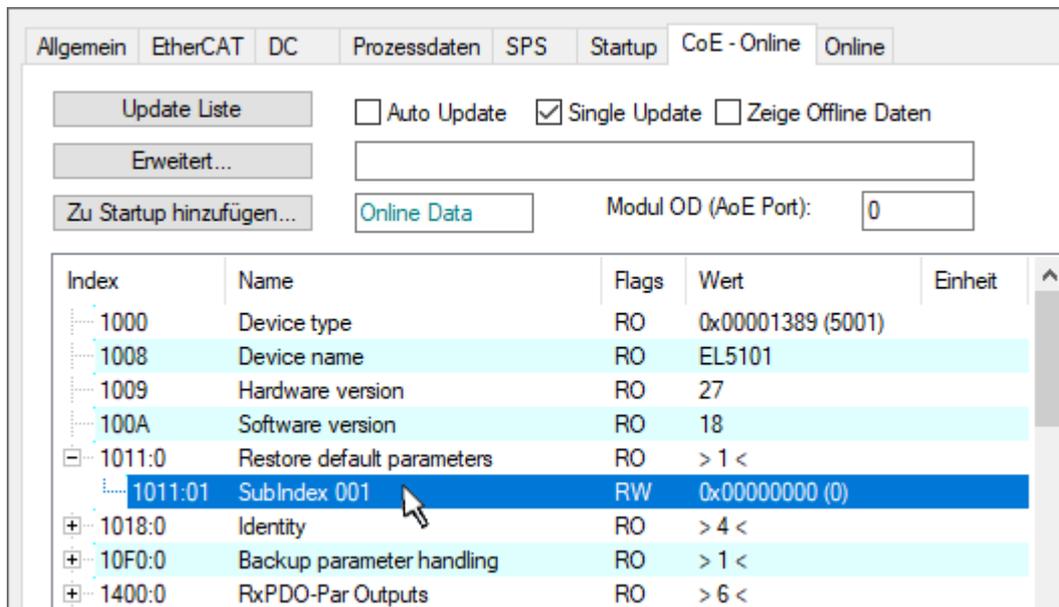


Abb. 121: Auswahl des PDO *Restore default parameters*

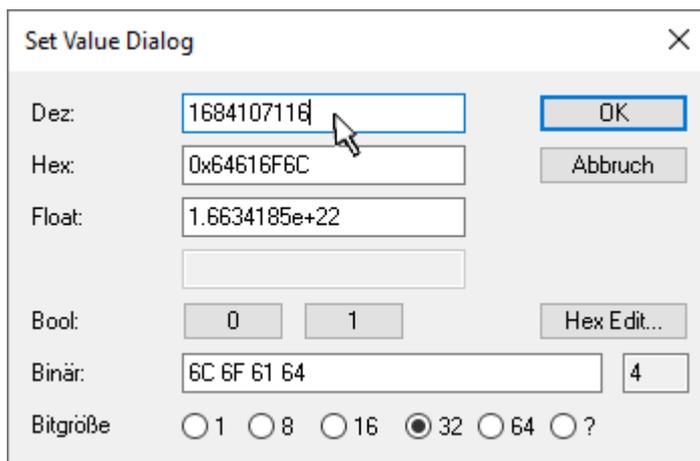


Abb. 122: Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog

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!

---

## 8.5 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)

## **Trademark statements**

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

## **Third-party trademark statements**

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

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

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

Mehr Informationen:  
**[www.beckhoff.com/EL6685](http://www.beckhoff.com/EL6685)**

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)

