BECKHOFF New Automation Technology

Dokumentation | DE

EL2212

2-Kanal-Digital-Ausgangsklemme 24...72 V DC mit Übererregung, Multi-Timestamp

29.11.2023 | Version: 2.8

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort ... 5
1.1 Hinweise zur Dokumentation ... 5
1.2 Wegweiser durch die Dokumentation ... 6
1.3 Sicherheitshinweise ... 7
1.4 Ausgabestände der Dokumentation ... 8
1.5 Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten ... 9
1.5.1 Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung ... 9
1.5.2 Versionsidentifikation von EL-Klemmen ... 10
1.5.3 Beckhoff Identification Code (BIC) ... 11
1.5.4 Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC) ... 13
1.6 Rückwirkungsfreie Busklemmen ... 15
2 Produktbeschreibung ... 21
2.1 EL2212 - Einführung ... 21
2.2 EL2212 - Technische Daten ... 22
2.3 Technologie: PWM und induktive Last ... 23
2.4 Start Up ... 24
3 Grundlagen der Kommunikation ... 25
3.1 EtherCAT-Grundlagen ... 25
3.2 EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden ... 25
3.3 Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung ... 26
3.4 EtherCAT State Machine ... 28
3.5 CoE-Interface ... 30
3.6 Distributed Clock ... 35
4 Montage und Verdrahtung ... 36
4.1 Tragschienenmontage ... 36
4.2 Hinweise zur Strommessung über Hall-Sensor ... 38
4.3 Anschlusstechnik ... 39
4.4 Positionierung von passiven Klemmen ... 42
4.5 Einbaulagen ... 43
4.6 EL2212 - Anschlussbelegung ... 46
4.7 Entsorgung ... 47
5 Inbetriebnahme ... 48
5.1 TwinCAT Quickstart ... 48
5.1.1 TwinCAT 2 ... 51
5.1.2 TwinCAT 3 ... 61
5.2 TwinCAT Entwicklungsumgebung ... 74
5.2.1 Installation der TwinCAT Realtime-Treiber ... 74
5.2.2 Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung ... 80
5.2.3 TwinCAT ESI Updater ... 84
5.2.4 Unterscheidung Online/Offline ... 84
5.2.5 OFFLINE Konfigurationserstellung ... 85
5.2.6 ONLINE Konfigurationserstellung ... 90
5.2.7 EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration ... 98

5.2.8 Import/Export von EtherCAT-Teilnehmern mittels SCI und XTI ... 107
5.3 Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT Slave ... 114
5.4 Quickstart ... 122
5.5 Grundlagen zur Funktion ... 129
5.5.1 Weitere Eigenschaften ... 130
5.5.2 Aktivierung der externen PWM ... 133
5.6 Anwendungshinweise ... 136
5.7 Prozessdaten ... 137
5.8 Prozessdatenvorauswahl ... 152
5.9 Distributed Clocks Einstellungen ... 156
5.10 Anwendungsdemonstration 1: 12 V Relais ... 160
5.11 Anwendungsdemonstration 2: 24 V Druckluftventil ... 165
5.12 Beispielprogramme ... 169
5.12.1 Beispiel 1: Ausgabe und Auswertung von Pulsen ... 169
5.12.2 Beispiel 2: Multi-Timestamping ... 173

6 Objektbeschreibung und Parametrierung ... 181
6.1 Restore-Objekt ... 181
6.2 Konfigurationsdaten (kanalspezifisch) ... 182
6.3 Kommando-Objekt ... 185
6.4 Eingangsdaten ... 185
6.5 Ausgangsdaten ... 186
6.6 Informations-/Diagnostikdaten (kanalspezifisch) ... 188
6.7 Hersteller-Konfigurationsdaten (gerätespezifisch) ... 190
6.8 Informations-/Diagnostikdaten (gerätespezifisch) ... 190
6.9 Distributed Clocks Ein-/Ausgangsdaten ... 191
6.10 Diagnosis History Daten ... 191
6.11 Timestamp ... 192
6.12 Standardobjekte ... 192

7 Diagnose ... 208
7.1 Diagnose-LEDs ... 210
7.2 Diagnose - Grundlagen zu Diag Messages ... 211

8 Anhang ... 221
8.1 Firmware Kompatibilität ... 221
8.2 Firmware Update EL/ES/ELM/EM/EP/EPP/ERPxxxx ... 222
8.2.1 Gerätebeschreibung ESI-File/XML ... 223
8.2.2 Erläuterungen zur Firmware ... 226
8.2.3 Update Controller-Firmware *.efw ... 227
8.2.4 FPGA-Firmware *.rbf ... 229
8.2.5 Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte ... 233
8.3 EtherCAT AL Status Codes ... 234
8.4 Wiederherstellen des Auslieferungszustandes ... 234
8.5 Support und Service ... 236

1 Vorwort

1.1 Hinweise zur Dokumentation

Zielgruppe

Diese Beschreibung wendet sich ausschließlich an ausgebildetes Fachpersonal der Steuerungs- und Automatisierungstechnik, das mit den geltenden nationalen Normen vertraut ist.
Zur Installation und Inbetriebnahme der Komponenten ist die Beachtung der Dokumentation und der nachfolgenden Hinweise und Erklärungen unbedingt notwendig.
Das Fachpersonal ist verpflichtet, stets die aktuell gültige Dokumentation zu verwenden.

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

Disclaimer

Diese Dokumentation wurde sorgfältig erstellt. Die beschriebenen Produkte werden jedoch ständig weiterentwickelt.
Wir behalten uns das Recht vor, die Dokumentation jederzeit und ohne Ankündigung zu überarbeiten und zu ändern.
Aus den Angaben, Abbildungen und Beschreibungen in dieser Dokumentation können keine Ansprüche auf Änderung bereits gelieferter Produkte geltend gemacht werden.

Marken

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

Patente

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

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

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.
Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.
Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.

1.2 Wegweiser durch die Dokumentation

HINWEIS

Weitere Bestandteile der Dokumentation

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

Titel	Beschreibung
EtherCAT System-Dokumentation (PDF)	• Systemübersicht • EtherCAT-Grundlagen • Kabel-Redundanz • Hot Connect • Konfiguration von EtherCAT-Geräten
Infrastruktur für EtherCAT/Ethernet (PDF)	Technische Empfehlungen und Hinweise zur Auslegung, Ausfertigung und Prüfung
Software-Deklarationen I/O (PDF)	Open-Source-Software-Deklarationen für Beckhoff-I/O-Komponenten

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

- den Bereich „Dokumentation und Downloads“ der jeweiligen Produktseite,
- den Downloadfinder,
- das Beckhoff Information System.

1.3 Sicherheitshinweise

Sicherheitsbestimmungen

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

Haftungsausschluss

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

Qualifikation des Personals

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

Signalwörter

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

Warnungen vor Personenschäden

⚠ GEFAHR

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

⚠ WARNUNG

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

⚠ VORSICHT

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

Warnung vor Umwelt- oder Sachschäden

HINWEIS

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

Information zum Umgang mit dem Produkt

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

1.4 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
2.8	• Update Kapitel "Technische Daten“ • Kapitel "Rückwirkungsfreie Klemmen“ ergänzt • Update Struktur
2.7	• Update Kapitel "Quickstart“ • Update Kapitel "Objektbeschreibung und Parametrierung“ • Update Kapitel "Grundlagen zur Funktion“ • Update Kapitel "Prozessdaten“ • Update Struktur • Update Revisionsstand
2.6	• Update Kapitel "Quickstart“ • Update Kapitel "Technische Daten“ • Update Struktur
2.5	• Update Kapitel "Technische Daten“ • Update Struktur
2.4	• Update Kapitel "Einführung“ • Update Struktur • Update Revisionsstand
2.3	• Update Kapitel "Grundlagen zur Funktion“ • Update Kapitel "Objektbeschreibung und Parametrierung" • Update Struktur • Update Revisionsstand
2.2	• Update Kapitel "Inbetriebnahme", „Beispielprogramme“
2.1	• Update Kapitel "Hinweise zur Dokumentation" • Korrektur Technische Daten • Update Kapitel "TwinCAT 2.1x" -> Kapitel "TwinCAT Entwicklungsumgebung" und Kapitel "TwinCAT Quick Start" • Update Revisionsstand
2.0	• Migration • Ergänzung neuer Features zu FW 08 (Externe PWM, Multi-Timestamp) • Beispielprogramm 2 hinzugefügt • Anwendungsdemonstration 1 und 2 sowie Kapitel „Technologie: PWM und induktive Last“ überarbeitet • Kapitel „Weitere Eigenschaften“ ergänzt • „Detaillierte Erläuterung zu Enable time check/ Force order“ im Kapitel „Prozessdaten“ hinzugefügt
1.2	• Update Kapitel "Prozessdaten" • Update Kapitel "Prozessdatenvorauswahl" • Update Kapitel "Objektbeschreibung und Parametrierung"
1.1	• Update Kapitel "Technische Daten"
1.0	• Ergänzungen & Korrekturen, 1. Veröffentlichung
0.2 - 0.6	• Ergänzungen & Korrekturen
0.1	• vorläufige Dokumentation für EL2212

1.5 Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten

1.5.1 Allgemeine Hinweise zur Kennzeichnung

Bezeichnung

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

- Familienschlüssel
- Typ
- Version
- Revision

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

Hinweise

- die oben genannten Elemente ergeben die **technische Bezeichnung**, im Folgenden wird das Beispiel EL3314-0000-0016 verwendet.
- Davon ist EL3314-0000 die Bestellbezeichnung, umgangssprachlich bei „-0000“ dann oft nur EL3314 genannt. „-0016“ ist die EtherCAT-Revision.
- Die **Bestellbezeichnung** setzt sich zusammen aus
  - Familienschlüssel (EL, EP, CU, ES, KL, CX, ...)
  - Typ (3314)
  - Version (-0000)
- Die **Revision** -0016 gibt den technischen Fortschritt wie z. B. Feature-Erweiterung in Bezug auf die EtherCAT Kommunikation wieder und wird von Beckhoff verwaltet.
  Prinzipiell kann ein Gerät mit höherer Revision ein Gerät mit niedrigerer Revision ersetzen, wenn nicht anders z. B. in der Dokumentation angegeben.
  Jeder Revision zugehörig und gleichbedeutend ist üblicherweise eine Beschreibung (ESI, EtherCAT Slave Information) in Form einer XML-Datei, die zum Download auf der Beckhoff Webseite bereitsteht.
  Die Revision wird seit 2014/01 außen auf den IP20-Klemmen aufgebracht, siehe Abb. *„EL5021 EL-Klemme, Standard IP20-IO-Gerät mit Chargennummer und Revisionskennzeichnung (seit 2014/01)“*.
- Typ, Version und Revision werden als dezimale Zahlen gelesen, auch wenn sie technisch hexadezimal gespeichert werden.

1.5.2 Versionsidentifikation von EL-Klemmen

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

Aufbau der Seriennummer: **KK YY FF HH**	Beispiel mit Seriennummer 12 06 3A 02:
KK - Produktionswoche (Kalenderwoche)	12 - Produktionswoche 12
YY - Produktionsjahr	06 - Produktionsjahr 2006
FF - Firmware-Stand	3A - Firmware-Stand 3A
HH - Hardware-Stand	02 - Hardware-Stand 02

Abb. 1: EL2872 mit Revision 0022 und Seriennummer 01200815

1.5.3 Beckhoff Identification Code (BIC)

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

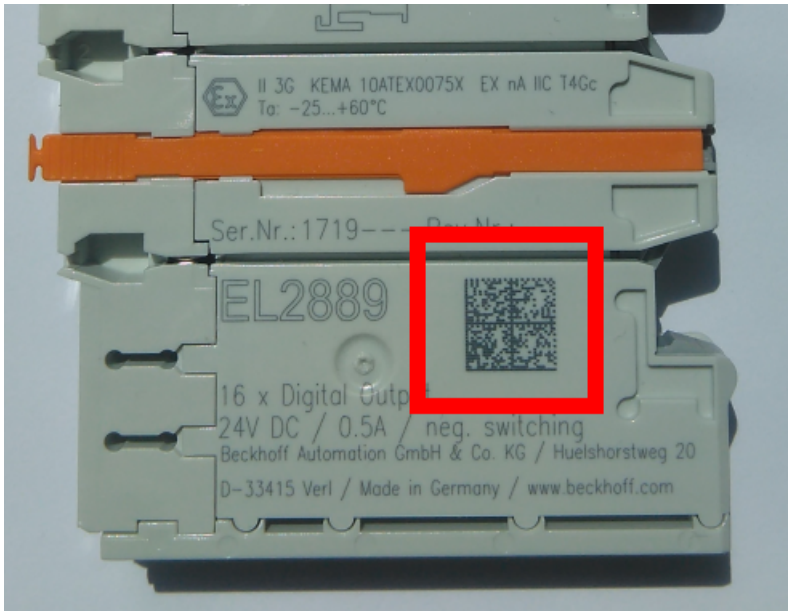


Abb. 2: BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200)

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

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

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

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

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

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

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

Aufbau des BIC

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

1P072222**S**BTNk4p562d7**1K**EL1809 **Q**1 **51S**678294

Entsprechend als DMC:

Abb. 3: Beispiel-DMC **1P**072222**S**BTNk4p562d7**1K**EL1809 **Q**1 **51S**678294

BTN

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

HINWEIS

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

1.5.4 Elektronischer Zugriff auf den BIC (eBIC)

Elektronischer BIC (eBIC)

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

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

K-Bus Geräte (IP20, IP67)

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

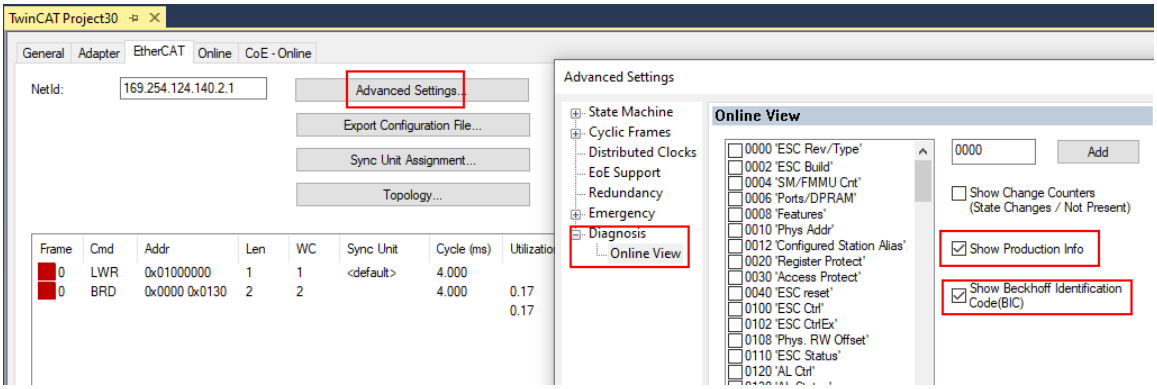
EtherCAT-Geräte (IP20, IP67)

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

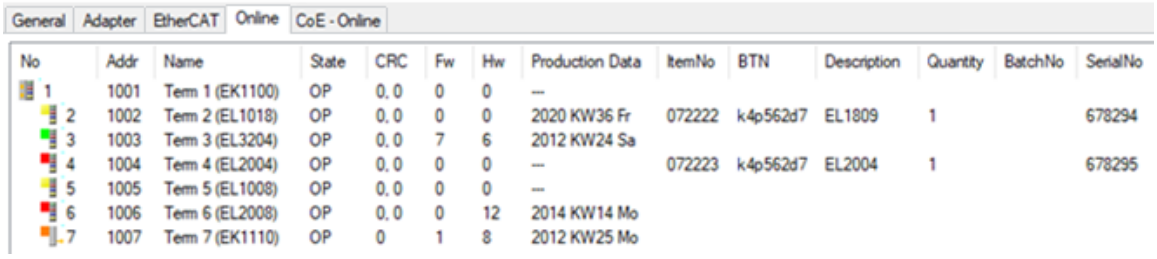
In das ESI-EEPROM wird durch Beckhoff auch die eBIC gespeichert. Die Einführung des eBIC in die Beckhoff IO Produktion (Klemmen, Box-Module) erfolgt ab 2020; Stand 2023 ist die Umsetzung weitgehend abgeschlossen.

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

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



  - Die BTN und Inhalte daraus werden dann angezeigt:



  - Hinweis: ebenso können wie in der Abbildung zu sehen die seit 2012 programmierten Produktionsdaten HW-Stand, FW-Stand und Produktionsdatum per „Show Production Info“ angezeigt werden.
  - Zugriff aus der PLC: Ab TwinCAT 3.1. build 4024.24 stehen in der Tc2_EtherCAT Library ab v3.3.19.0 die Funktionen *FB_EcReadBIC* und *FB_EcReadBTN* zum Einlesen in die PLC.

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

Index	Name	Flags	Value
1000	Device type	RO	0x015E1389 (22942601)
1008	Device name	RO	ELM3704-0000
1009	Hardware version	RO	00
100A	Software version	RO	01
100B	Bootloader version	RO	J0.1.27.0
1011:0	Restore default parameters	RO	> 1 <
1018:0	Identity	RO	> 4 <
10E2:0	Manufacturer-specific Identification C...	RO	> 1 <
10E2:01	SubIndex 001	RO	1P158442SBTN0008jekp1KELM3704 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_Utilities* zur Verfügung
  - F_SplitBIC: Die Funktion zerlegt den Beckhoff Identification Code (BIC) sBICValue anhand von bekannten Kennungen in seine Bestandteile und liefert die erkannten Teil-Strings in einer Struktur ST_SplittedBIC als Rückgabewert
  - BIC_TO_BTN: Die Funktion extrahiert vom BIC die BTN und liefert diese als Rückgabewert
- Hinweis: bei elektronischer Weiterverarbeitung ist die BTN als String(8) zu behandeln, der Identifier „SBTN“ ist nicht Teil der BTN.
- Technischer Hintergrund
  Die neue BIC Information wird als Category zusätzlich bei der Geräteproduktion ins ESI-EEPROM geschrieben. Die Struktur des ESI-Inhalts ist durch ETG Spezifikationen weitgehend vorgegeben, demzufolge wird der zusätzliche herstellerspezifische Inhalt mithilfe einer Category nach ETG.2010 abgelegt. Durch die ID 03 ist für alle EtherCAT Master vorgegeben, dass sie im Updatefall diese Daten nicht überschreiben bzw. nach einem ESI-Update die Daten wiederherstellen sollen.
  Die Struktur folgt dem Inhalt des BIC, siehe dort. Damit ergibt sich ein Speicherbedarf von ca. 50..200 Byte im EEPROM.
- Sonderfälle
  - Sind mehrere ESC in einem Gerät verbaut die hierarchisch angeordnet sind, trägt nur der TopLevel ESC die eBIC Information.
  - Sind mehrere ESC in einem Gerät verbaut die nicht hierarchisch angeordnet sind, tragen alle ESC die eBIC Information gleich.
  - Besteht das Gerät aus mehreren Sub-Geräten mit eigener Identität, aber nur das TopLevel-Gerät ist über EtherCAT zugänglich, steht im CoE-Objekt-Verzeichnis 0x10E2:01 die eBIC des TopLevel-Geräts, in 0x10E2:nn folgen die eBIC der Sub-Geräte.

PROFIBUS-, PROFINET-, DeviceNet-Geräte usw.

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

1.6 Rückwirkungsfreie Busklemmen

Einsatz von rückwirkungsfreien Bus- bzw. EtherCAT-Klemmen in Sicherheitsanwendungen

Bezeichnet man eine Bus- bzw. EtherCAT-Klemme als rückwirkungsfrei, versteht man darunter das passive Verhalten der nachgeschalteten Klemme in einer Sicherheitsanwendung (z.B. bei allpoliger Abschaltung einer Potenzialgruppe).
Die Klemmen stellen hier keinen aktiven Teil der Sicherheitssteuerung dar und beeinflussen nicht den in der sicherheitstechnischen Anwendung erreichten Sicherheits-Integritätslevel (SIL) bzw. Performance Level (PL).
Beachten Sie bitte hierzu im Applikationshandbuch TwinSAFE Kapitel „Allpolige Abschaltung einer Potentialgruppe mit nachgeschalteten rückwirkungsfreien Standardklemmen (Kategorie 4, PL e)“ und folgende.

HINWEIS

Hardwarestand beachten

Beachten Sie in den Kapiteln „Technische Daten“ bzw. „Firmware Kompatibilität“ die Angaben zum Hardwarestand und zur Rückwirkungsfreiheit der jeweiligen Busklemme!
Nur Klemmen mit entsprechendem Hardwarestand dürfen eingesetzt werden, ohne dass der erreichte SIL/PL beeinflusst wird!

In den folgenden Tabellen sind die zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Dokumentation als rückwirkungsfrei geltenden Bus- bzw. EtherCAT-Klemmen mit den entsprechenden Hardwareständen aufgelistet:

Klemmenbezeichnung Busklemme	ab Hardwarestand
KL2408	05
KL2809	02
KL2134	09
KL2424	05
KL9110	07

Klemmenbezeichnung EL/ELX-Klemme	ab Hardwarestand
EL2004	15
EL2008	07
EL2014	00
EL2022	09
EL2024	06
EL2034	06
EL2044	01
EL2068	00
EL2212	00
EL2809	01
EL2819	00
EL2828	00
EL2869	00
EL2872	01
EL2878-0005	00
EL9110	13
EL9184	00
EL9185	00
EL9186	00
EL9187	00
EL9410	16
ELX1052	00
ELX1054	00
ELX1058	00
ELX2002	00
ELX2008	00
ELX3152	00
ELX3181	00
ELX3202	00
ELX3204	00
ELX3252	00
ELX3312	00
ELX3314	00
ELX3351	00
ELX4181	00
ELX5151	00
ELX9560	03

Externe Beschaltung

Die folgenden Anforderungen sind *durch den Anlagenbauer* sicherzustellen und müssen in die Anwenderdokumentation aufgenommen werden.

- **Schutzklasse IP54**
  Zur Sicherstellung der notwendigen Schutzklasse IP54 müssen die Klemmen in IP54-Schaltschränken moniert werden.
- **Netzteil**
  Zur Versorgung der Standardklemmen mit 24 V muss ein SELV/PELV Netzteil mit einer ausgangsseitigen Spannungsbegrenzung von U_{max}=60 V im Fehlerfall verwendet werden.
- **Verhinderung von Rückspeisung**
  Rückspeisung kann durch unterschiedliche Maßnahmen verhindert werden. Diese werden im Folgenden beschrieben. Neben zwingenden Anforderungen gibt es auch optional auszuwählende Anforderungen, von denen nur eine Option ausgewählt werden muss.
  - **Kein Schalten von Lasten mit separater Spannungsversorgung**
    Es dürfen keine Lasten durch die Standardklemmen geschaltet werden, die über eine eigene Spannungsversorgung verfügen, da hier eine Rückspeisung der Last nicht ausgeschlossen werden kann.

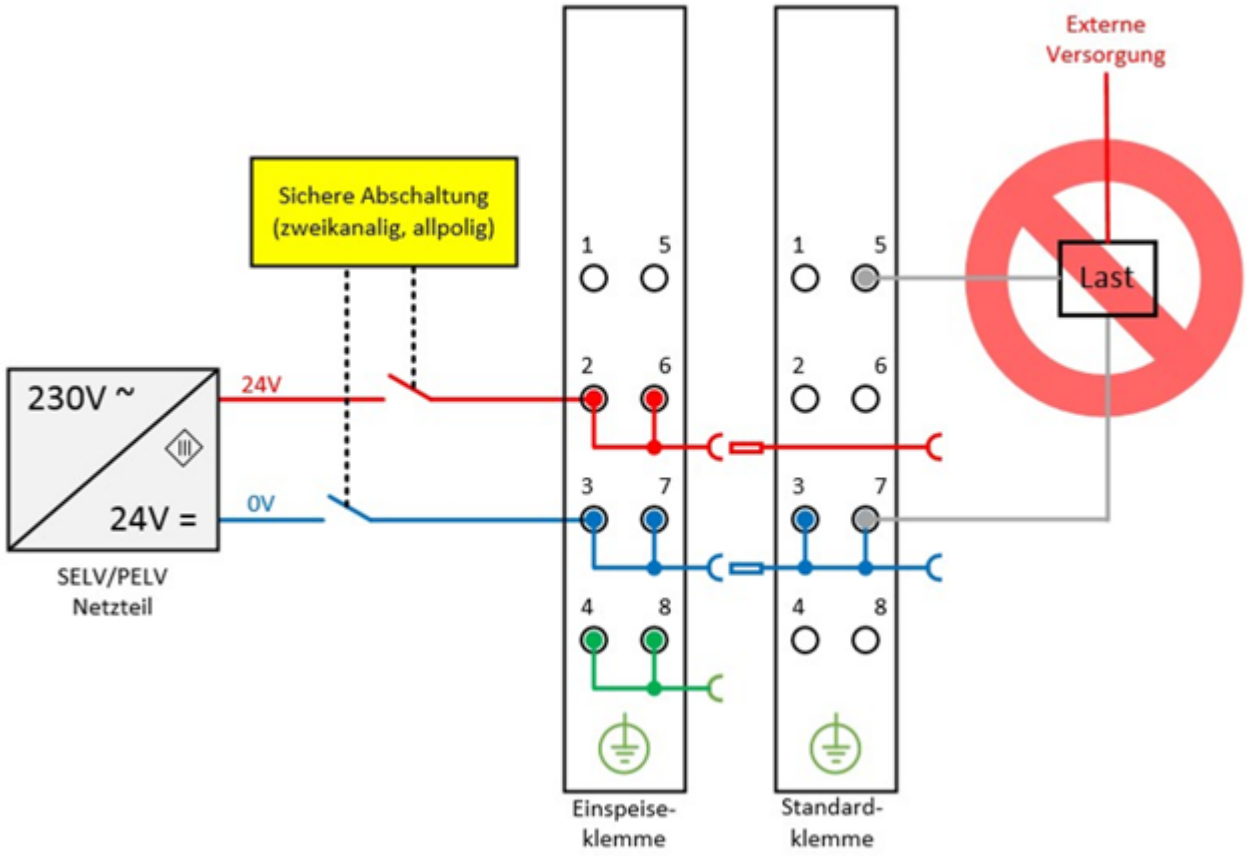


Abb. 4: Negativbeispiel aktive Last

- Als **Negativbeispiel** könnte hier das Ansteuern eines STO-Eingangs eines Frequenzumrichters dienen.
  Ausnahmen von dieser allgemeinen Anforderung sind nur erlaubt, wenn der Hersteller der angeschlossenen Last garantiert, dass es zu keiner Rückspeisung auf den Ansteuereingang kommen kann. Dies kann z.B. durch Einhaltung lastspezifischer Normen erreicht werden.
- **Option 1: Masserückführung und allpolige Abschaltung**
  Die Masseverbindung der angeschlossen Last muss auf die sicher geschaltete Masse zurückgeführt werden.

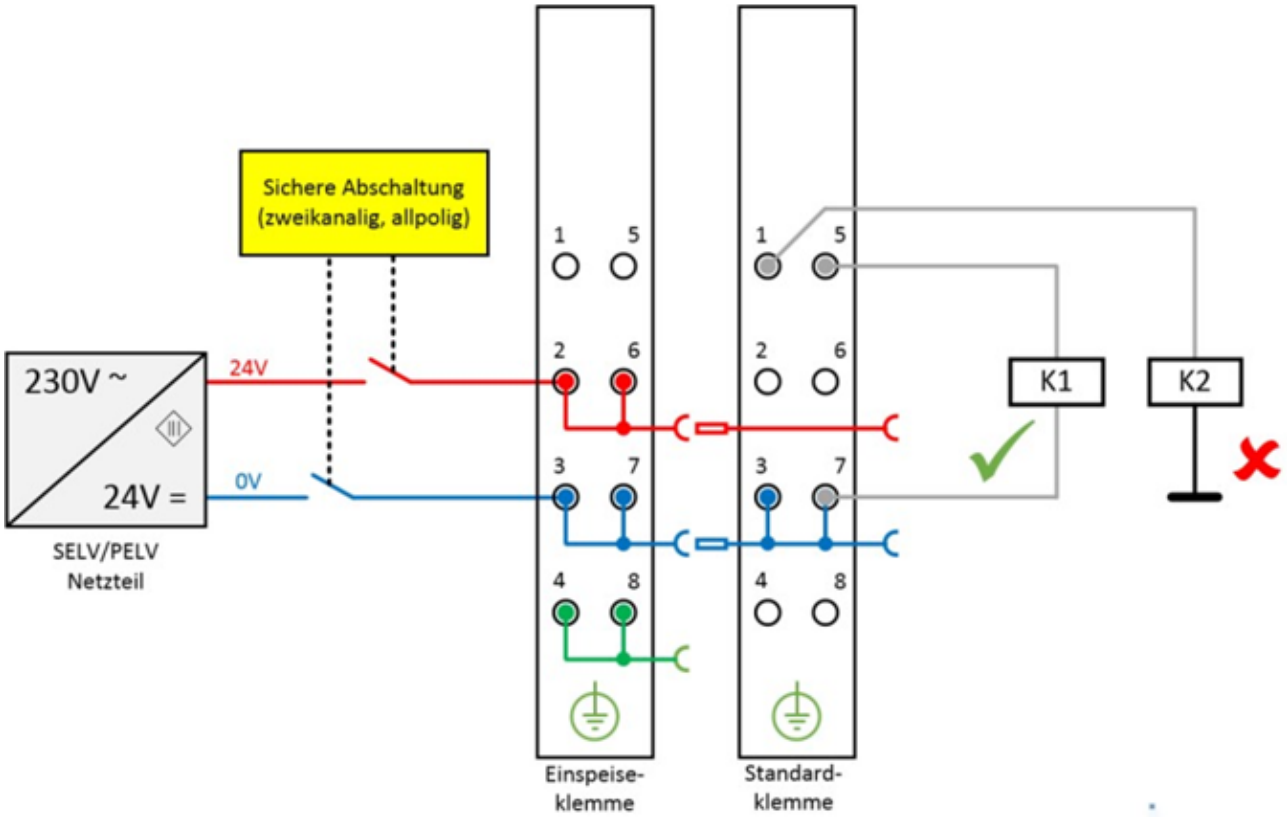


Abb. 5: Masseanschluss der Last richtig (K1) und falsch (K2)

- Wird entweder
  a) die Masse der Last nicht auf die Klemme zurückgeführt oder
  b) die Masse nicht sicher geschaltet sondern permanent verbunden

  sind Fehlerausschlüsse bzgl. des Kurzschlusses mit Fremdpotential notwendig, um Kat. 4 PLe nach DIN EN ISO 13849-1:2007 oder SIL3 nach IEC 61508:2010 erreichen zu können (siehe dazu Übersicht in Kapitel „Einfluss der Optionen auf den Sicherheitslevel“).
- **Option 2: Fehlerausschluss Leitungskurzschluss**
  Ist die Lösungsoption 1 nicht umsetzbar, kann auch auf die Masserückführung und allpolige Abschaltung verzichtet werden, wenn die Gefahr der Rückspeisung aufgrund eines Leitungskurzschlusses durch weitere Maßnahmen ausgeschlossen werden kann. Diese Maßnahmen, welche alternativ umsetzbar sind, werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

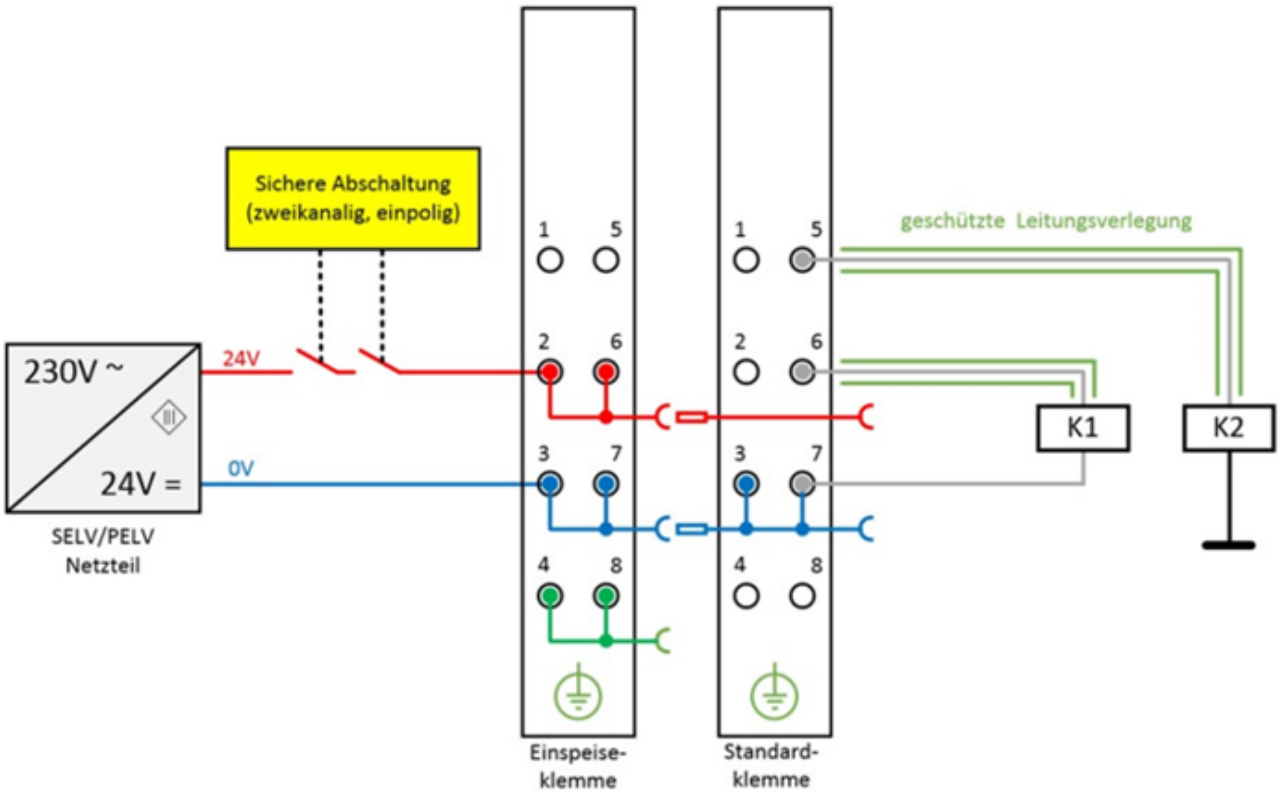


Abb. 6: Fehlerausschluss Kurzschluss durch geschützte Leitungsverlegung

- **a) Möglichkeit 1: Lastanschluss durch separate Mantelleitungen**
  Das nicht sicher geschaltete Potential der Standardklemme darf nicht zusammen mit anderen potentialführenden Leitungen in derselben Mantelleitung geführt werden. *(Fehlerausschluss, siehe DIN EN ISO 13849-2:2013, Tabelle D.4)*
- **b) Möglichkeit 2: Verdrahtung nur Schaltschrank-intern**
  Alle an die nicht sicheren Standardklemmen angeschlossenen Lasten müssen sich im selben Schaltschrank wie die Klemmen befinden. Die Leitungsverlegung verbleibt vollkommen innerhalb des Schaltschrankes. *(Fehlerausschluss, siehe DIN EN ISO 13849-2:2013, Tabelle D.4)*
- **c) Möglichkeit 3: Eigene Erdverbindung pro Leiter**
  Alle an die nicht sichere Standardklemme angeschlossenen Leiter sind durch eigene Erdverbindungen geschützt. *(Fehlerausschluss, siehe DIN EN ISO 13849-2:2013, Tabelle D.4)*
- **d) Möglichkeit 4: Verdrahtung dauerhaft (fest) verlegt und gegen äußere Beschädigung geschützt**
  Alle an die nicht sicheren Standardklemmen angeschlossenen Leiter sind dauerhaft fest verlegt und z.B. durch einen Kabelkanal oder Panzerrohr gegen äußere Beschädigung geschützt.

- **Einfluss der Optionen auf den Sicherheitslevel**
  Grundsätzlich sind Standardklemmen in sicher geschalteten Potentialgruppen kein aktiver Teil der Sicherheitssteuerung. Dementsprechend ist der **erreichte Sicherheitslevel nur durch die überlagerte Sicherheitssteuerung definiert**, d.h. die Standardklemmen werden bei der Berechnung nicht einbezogen! Allerdings kann die Beschaltung der Standardklemmen zu Einschränkungen des maximal erreichbaren Sicherheitslevels führen.
  Je nach gewählter Lösungsoption (siehe Option 1 und Option 2) zur Vermeidung von Rückspeisung und der betrachteten Sicherheitsnorm ergeben sich unterschiedliche maximal erreichbare Sicherheitslevels, welche in der folgenden Tabelle zusammengefasst sind:

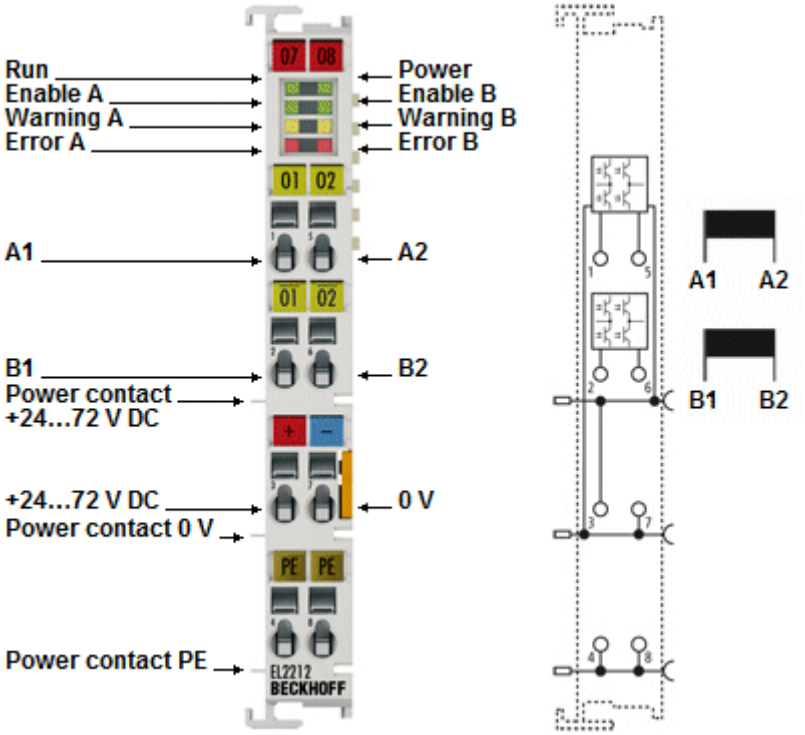
Zusammenfassung Sicherheitseinstufungen

Vermeidungsmaßnahme Rückspeisung	DIN EN ISO 13849-1	IEC 61508	EN 62061
Fehlerausschluss Leitungskurzschluss	max. Kat. 4	max. SIL3	max. SIL2 *
Masserückführung + Allpolige Abschaltung	PLe		max. SIL3

Hinweis: Alle sich in einer Potenzialgruppe befindlichen Klemmen müssen rückwirkungsfrei sein und es muss sichergestellt werden, dass keine Energie durch externe Beschaltung, auch im Fehlerfall, rückgespeist wird.

2 Produktbeschreibung

2.1 EL2212 - Einführung



Zweikanalige Digital Ausgangsklemme 24..72 V DC mit Übererregung und Timestamp

Die digitale Ausgangsklemme EL2212 schaltet die binären Steuersignale des Automatisierungsgerätes – galvanisch getrennt zur Prozessebene – an die Aktoren weiter. Ab FW04 unterstützt sie auch das Multitimestamp-Verfahren - durch Multi-Timestamp können zudem in jedem EtherCAT-Zyklus so viele Ereignisse pro Kanal einzeln ausgegeben werden, wie im internen Buffer vorgeladen wurden.

Sie ist für mechanische Aktoren, z. B. Ventile oder Relais geeignet, die besonders schnell geschaltet werden sollen. Zu diesem Zweck wird die Klemme mit einer höheren Betriebsspannung gespeist, als der Nennspannung des Aktors entspricht. Im Einschaltmoment wird diese Spannung für einige Millisekunden an den Aktor weitergegeben und sorgt dort durch den entsprechend erhöhten Laststrom für dynamisches Schalten. Einstellungsgemäß schaltet sie dann automatisch in einen stromregelnden PWM-Modus, senkt den Haltestrom ab und reduziert damit insbesondere die Verlustleistung. Das Abschalten der Last und damit ggf. die mechanische Rückbewegung wird durch ein aktives Umpolen der Betriebsspannung erheblich beschleunigt. Die gesamte Dynamik des Schaltvorgangs wird im CoE der Klemme parametriert. Das An-/Abschalten wird über die Prozessdaten gesteuert.
Zusätzlich ist es möglich, mit einer übergeordneten An/Aus-Steuerung, der sog. „externen PWM“, den Aktor pulsierend zu betreiben um z.B. eine dauerhafte ON-Schaltung zu vermeiden (Langsamfahrschutz).

Die EL2212 kann als normale 2-kanalige Ausgangsklemme betrieben werden. Sie schaltet also nach Empfang der Prozessdaten. Als weitere Betriebsart kann die Klemme auch mit Distributed Clocks und Timestamp-Funktion wie die EL2252 betrieben werden und schaltet die Ausgänge dann mit der Nanosekunden-genauen Distributed-Clocks-Präzision unabhängig vom Buszyklus. Dadurch ist die zeitsynchrone Zusammenarbeit mit anderen Klemmen im Distributed-Clocks-System möglich.

Die EL2212 enthält zwei Kanäle, deren Signalzustand durch Leuchtdioden angezeigt wird.

Als Einspeiseklemme für eine Versorgungsspannung von >24V kann die EL9150 verwendet werden.

2.2 EL2212 - Technische Daten

Technische Daten	EL2212
Anzahl der Ausgänge	2
Nennlastspannung	24…72 V DC (-15%/+0%)
Lastart	induktiv > 1 mH
Auflösung Time Stamp	1 ns
Genauigkeit Time Stamp in der Klemme	10 ns (+ Ausgangsschaltungsdrift)
Distributed Clocks	ja
Genauigkeit der Distributed Clocks	<< 1 µs
Ausgangsstrom (je Kanal)	Boost-On-Strom: max. 10 A, einstellbar Haltestrom (ab FW11/HW10): 0,2…3,5 A@Lastspannung < 50V, 0,2…2,5 A@Lastspannung >= 50V, Vorgängerversionen: 0,2…2,5 A
Kurzschlussstrom	Ausgang kurzschlussgeschützt, typ. 12 A
Verpolungsschutz	nein
Schaltzeiten	ohne Distributed Clocks: T_{ON}/T_{OFF}: 20 µs typ. mit Distributed Clocks: T_{ON}/T_{OFF}: < 1 µs typ. durch interne Kompensation (siehe Hinweise Delay [▶ 129])
Ausgangsstufe	Vollbrücke (Push/Pull)
Spannungsversorgung für Elektronik	über den E-Bus
Stromaufnahme aus dem E-Bus	typ. 120 mA
Stromaufnahme Powerkontakte (Versorgungskontakte)	abhängig von Last und Dynamik
Unterstützt Funktion NoCoeStorage [▶ 31]	ja
Potenzialtrennung	500 V_{eff} (E-Bus/Feldspannung)
Konfiguration	über TwinCAT System Manager
Gewicht	ca. 50 g
zulässiger Umgebungstemperaturbereich im Betrieb	0°C ... + 55°C
zulässiger Umgebungstemperaturbereich bei Lagerung	-25°C ... + 85°C
zulässige relative Luftfeuchtigkeit	95%, keine Betauung
Abmessungen (B x H x T)	ca. 15 mm x 100 mm x 70 mm
Montage [▶ 36]	auf 35 mm Tragschiene nach EN 60715
Vibrations- / Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Schutzart	IP 20
Einbaulage	beliebig
Kennzeichnung*)	CE

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

2.3 Technologie: PWM und induktive Last

Interne PWM der Klemme

Die 2-Kanal-Digital-Ausgangsklemme EL2212 hat für jeden Kanal eine kompakte PWM-Endstufe in kleinster Bauform integriert, die in 3 Phasen einen bzw. zwei Aktoren ansteuert. Dabei wird in jedem Fall die angelegte Versorgungsspannung auf den Aktor durchgeschaltet. Um einen in Abhängigkeit vom ohmschen Widerstand des Aktors ggf. unzulässig zu hohen Laststrom entgegen zu wirken, wird in den verschiedenen Phasen durch Pulsweitenmodulation (PWM) die Spannung an den Aktor nur pulsierend durchgeschaltet. Im zeitlichen Mittel stellt sich dadurch am Aktor insgesamt ein geringerer Strom ein, der durch die induktive Komponente des Aktors nahezu zu einer Gleichspannung geglättet wird. Dieser Vorgang kommt bei der Klemme EL2212 zum Einsatz und erfolgt stets durch die Vorgabe des Haltestroms und der Versorgungsspannung: der vorgegebene Strom wird als Sollwert eingeregelt auch wenn die Versorgungsspannung mit dem Innenwiderstand des Aktors einen weitaus größeren Laststrom ermöglicht.

Pulsweitenmodulation zur Stromregelung

Mittels PWM-Endstufe wird die Pulsweitenmodulation (PWM) der Versorgungsspannung zur Regelung des Ausgangsstroms einer angeschlossenen Ohmsch-Induktiven Last eingesetzt. Dem Ausgang wird dabei die Versorgungsspannung in voller Höhe mit einer bestimmten Frequenz pulsierend zugeführt. Nur mit dem High -Pegel baut sich an der Induktivität ein Laststrom auf. Eine Änderung des Laststroms erfolgt nun nicht durch Änderung der Spannungshöhe, sondern durch die Dauer des Ausschaltens (Pulsweite) im Verhältnis zur Periodendauer. Dies ergibt ein Tastverhältnis von Pulsweite dividiert durch Periodendauer entsprechend zwischen 0 bis 100 % und ist proportional zum Laststrom.

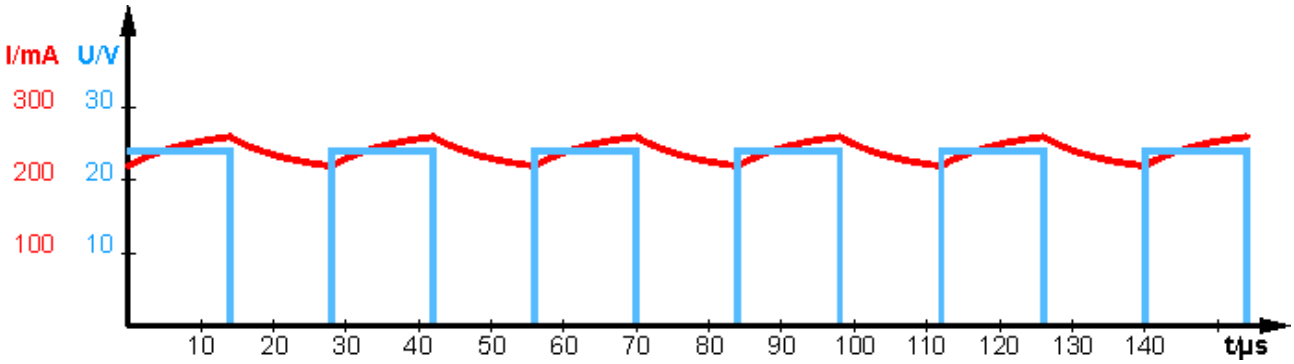


Abb. 7: *Betrieb an Last mit ausreichend großer Induktivität*

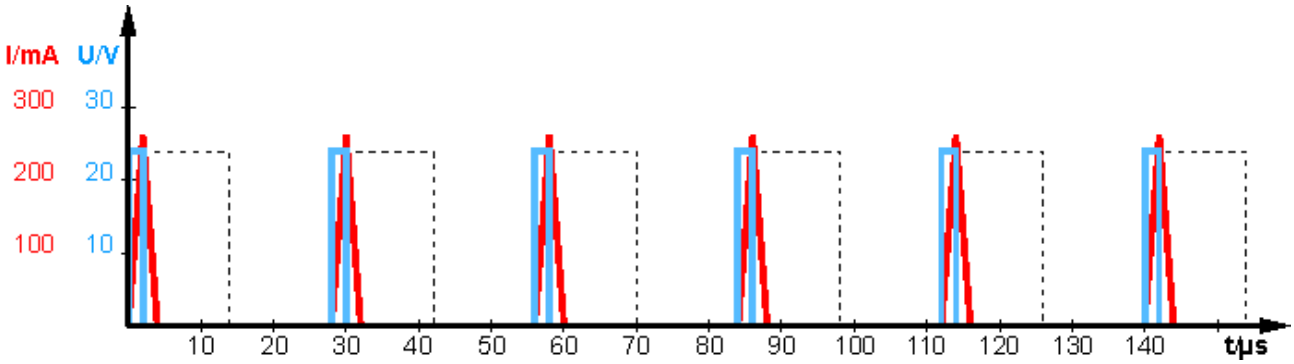


Abb. 8: *Betrieb an Last mit zu kleiner Induktivität (nahezu ohmsch)*

In der Abbildung „Betrieb an Last mit zu kleiner Induktivität“ ist zur Veranschaulichung der Betrieb mit einer nicht ausreichend großen Induktivität dargestellt. Ein kontinuierlicher Stromfluss kommt nicht zustande. Der Strom "lückt". Diese Betriebsart ist nicht zulässig.

Pulsweitenstromklemmen benötigen induktive Lasten

Die Induktivität der Last sollte mindestens 1 mH betragen! Ein Betrieb der Pulsweitenstromklemmen an Lasten mit einer Induktivität von weniger als 1 mH wird nicht empfohlen, weil auf Grund des unterbrochenen Stromflusses kein Bezug zwischen dem Sollwert und dem arithmetischen Mittelwert des Stroms gegeben ist!

2.4 Start Up

Zur Inbetriebsetzung:

- montieren Sie den EL2212 wie im Kapitel Montage und Verdrahtung [▶ 36] beschrieben
- konfigurieren Sie den EL2212 in TwinCAT wie im Kapitel Inbetriebnahme [▶ 122] beschrieben.

3 Grundlagen der Kommunikation

3.1 EtherCAT-Grundlagen

Grundlagen zum Feldbus EtherCAT entnehmen Sie bitte der EtherCAT System-Dokumentation.

3.2 EtherCAT-Verkabelung - Drahtgebunden

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

Kabel und Steckverbinder

Verwenden Sie zur Verbindung von EtherCAT-Geräten nur Ethernet-Verbindungen (Kabel + Stecker), die mindestens der Kategorie 5 (CAT5) nach EN 50173 bzw. ISO/IEC 11801 entsprechen. EtherCAT nutzt 4 Adern des Kabels für die Signalübertragung.

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

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

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

Empfohlene Kabel

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

Geeignete Kabel zur Verbindung von EtherCAT-Geräten finden Sie auf der Beckhoff Website!

E-Bus-Versorgung

Ein Buskoppler kann die an ihm angefügten EL-Klemmen mit der E-Bus-Systemspannung von 5 V versorgen, in der Regel ist ein Koppler dabei bis zu 2 A belastbar (siehe Dokumentation des jeweiligen Gerätes).
Zu jeder EL-Klemme ist die Information, wie viel Strom sie aus der E-Bus-Versorgung benötigt, online und im Katalog verfügbar. Benötigen die angefügten Klemmen mehr Strom als der Koppler liefern kann, sind an entsprechender Position im Klemmenstrang Einspeiseklemmen (z. B. EL9410) zu setzen.

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

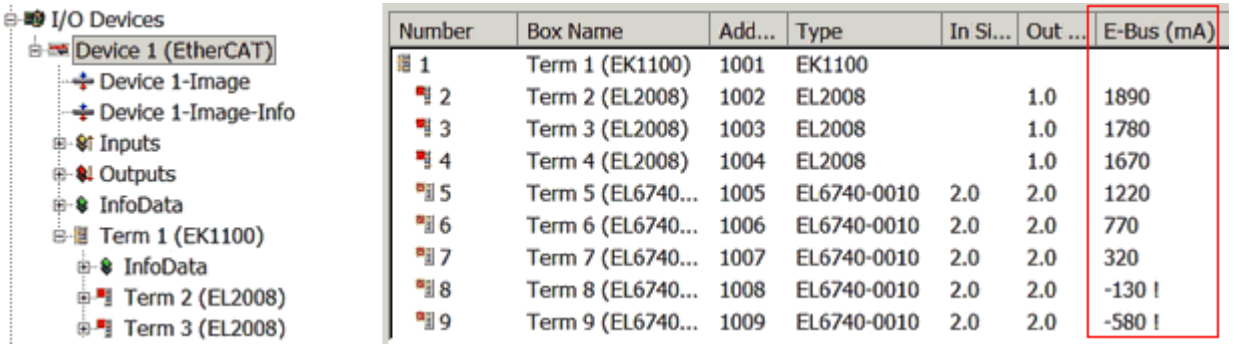


Abb. 9: System Manager Stromberechnung

HINWEIS

Fehlfunktion möglich!

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

3.3 Allgemeine Hinweise zur Watchdog-Einstellung

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

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

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

Deren Zeiten werden in TwinCAT wie folgt einzeln parametriert:

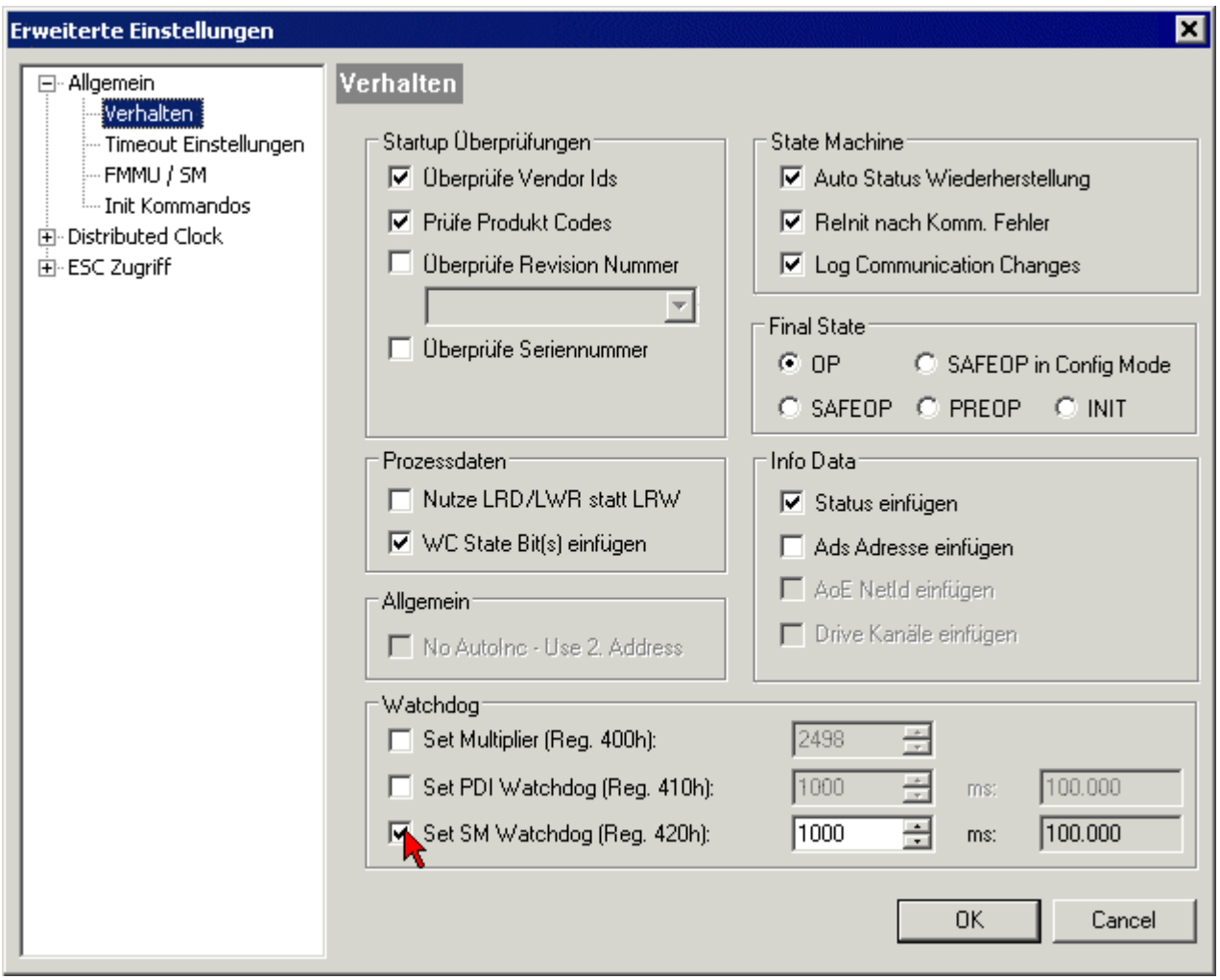


Abb. 10: Karteireiter EtherCAT -> Erweiterte Einstellungen -> Verhalten --> Watchdog

Anmerkungen:

- der Multiplier Register 400h (hexadezimal, also x0400) ist für beide Watchdogs gültig.
- jeder Watchdog hat seine eigene Timer-Einstellung 410h bzw. 420h, die zusammen mit dem Multiplier eine resultierende Zeit ergibt.
- Wichtig: die Multiplier/Timer-Einstellung wird nur dann beim EtherCAT-Start in den Slave geladen, wenn die Checkbox davor aktiviert ist.
  Ist diese nicht aktiviert, wird nichts herunter geladen und die im ESC befindliche Einstellung bleibt unverändert.
- Die heruntergeladenen Werte können in den ESC-Registern x0400/0410/0420 eingesehen werden: ESC Access -> Memory

SM-Watchdog (SyncManager-Watchdog)

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

Der SyncManager-Watchdog ist also eine Überwachung auf korrekte und rechtzeitige Prozessdatenkommunikation mit dem ESC von der EtherCAT-Seite aus betrachtet.

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

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

PDI-Watchdog (Process Data Watchdog)

Findet länger als die eingestellte und aktivierte PDI-Watchdog-Zeit keine PDI-Kommunikation mit dem EtherCAT Slave Controller (ESC) statt, löst dieser Watchdog aus.
PDI (Process Data Interface) ist die interne Schnittstelle des ESC, z. B. zu lokalen Prozessoren im EtherCAT Slave. Mit dem PDI-Watchdog kann diese Kommunikation auf Ausfall überwacht werden.

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

Berechnung

Watchdog-Zeit = [1/25 MHz * (Watchdog-Multiplier + 2)] * PDI/SM Watchdog

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

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

⚠ VORSICHT

Ungewolltes Verhalten des Systems möglich!

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

⚠ VORSICHT

Beschädigung von Geräten und ungewolltes Verhalten des Systems möglich!

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

3.4 EtherCAT State Machine

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

Es werden folgende Zustände unterschieden:

- Init
- Pre-Operational
- Safe-Operational und
- Operational
- Boot

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

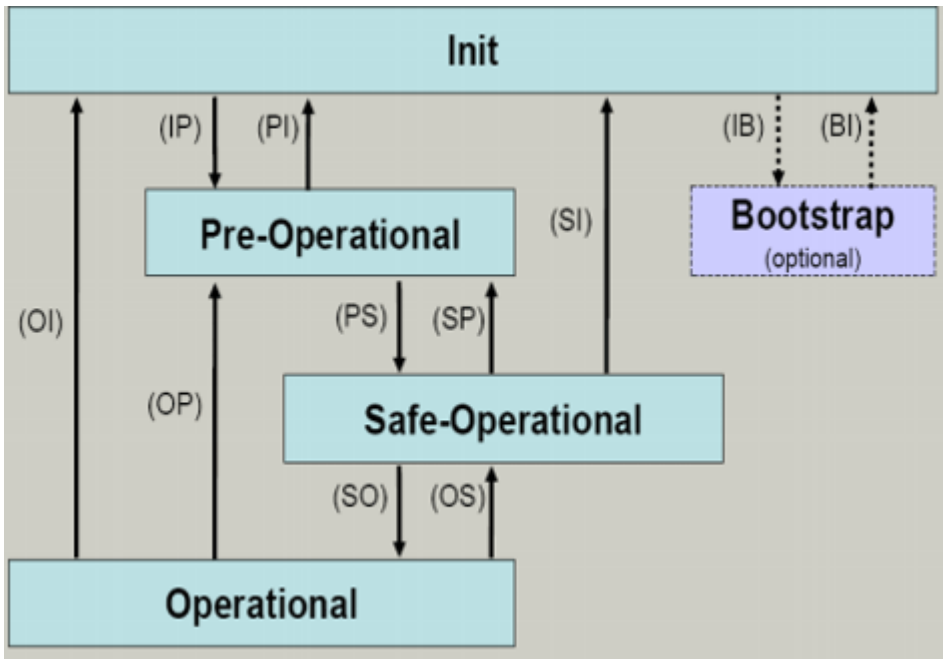


Abb. 11: Zustände der EtherCAT State Machine

Init

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

Pre-Operational (Pre-Op)

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

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

Safe-Operational (Safe-Op)

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

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

Ausgänge im SAFEOP

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

Operational (Op)

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

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

Boot

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

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

3.5 CoE-Interface

Allgemeine Beschreibung

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

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

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

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

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

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

Die für den EtherCAT-Feldbusanwender wichtigen Bereiche sind

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

Weitere wichtige Bereiche sind:

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

Verfügbarkeit

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:

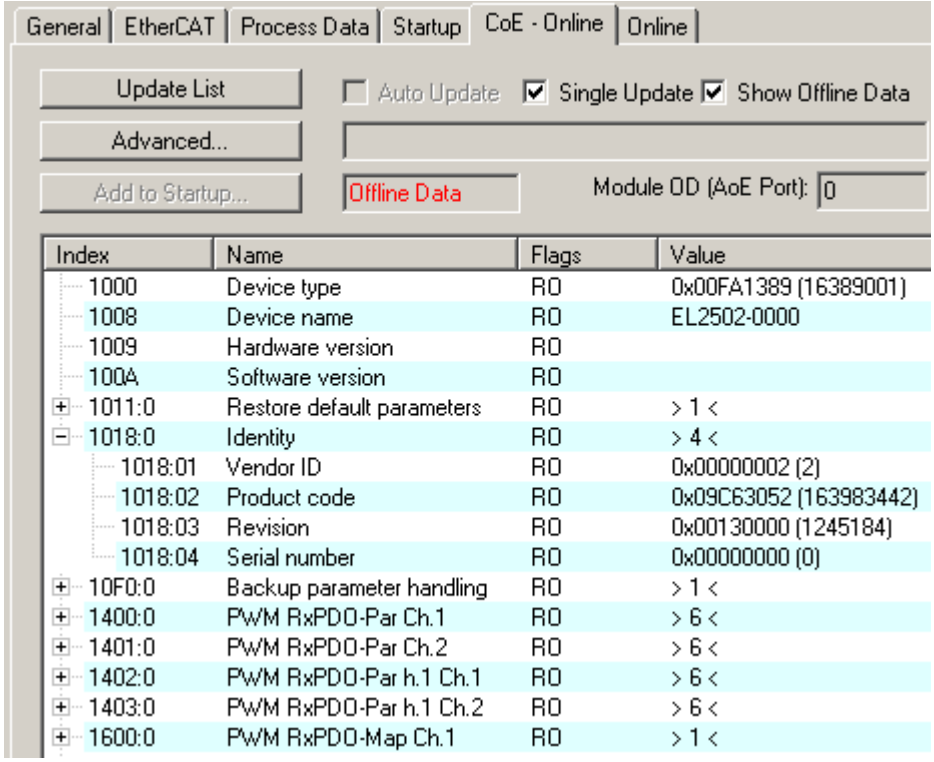


Abb. 12: Karteireiter „CoE-Online“

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

HINWEIS

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

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

- StartUp-Liste führen für den Austauschfall,
- Unterscheidung zwischen Online/Offline Dictionary,
- Vorhandensein aktueller XML-Beschreibung (Download von der Beckhoff Website),
- "CoE-Reload" zum Zurücksetzen der Veränderungen
- Programmzugriff im Betrieb über die PLC (s. TwinCAT3 | PLC-Bibliothek: Tc2_EtherCAT und Beispielprogramm R/W CoE)

Datenerhaltung und Funktion „NoCoeStorage“

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

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

Datenerhaltung

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

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

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

- wird unterstützt: die Funktion ist per einmaligem Eintrag des Codeworts 0x12345678 in CoE 0xF008 zu aktivieren und solange aktiv, wie das Codewort nicht verändert wird. Nach dem Einschalten des Gerätes ist sie nicht aktiv.
  Veränderte CoE-Werte werden dann nicht im EEPROM abgespeichert, sie können somit beliebig oft verändert werden.
- wird nicht unterstützt: eine fortlaufende Änderung von CoE-Werten ist angesichts der o.a. Lebensdauergrenze nicht zulässig.

Startup List

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

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

Empfohlenes Vorgehen bei manueller Veränderung von CoE-Parametern

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

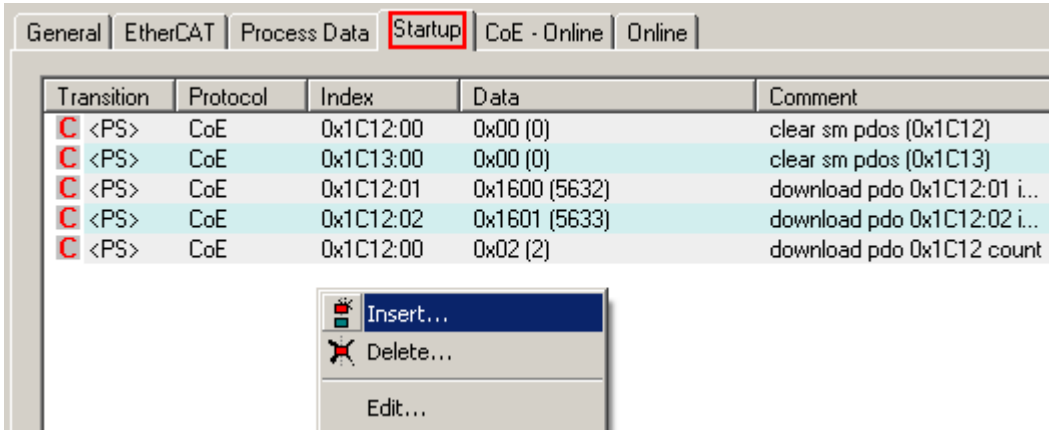


Abb. 13: StartUp-Liste im TwinCAT System Manager

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

Online/Offline Verzeichnis

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

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

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

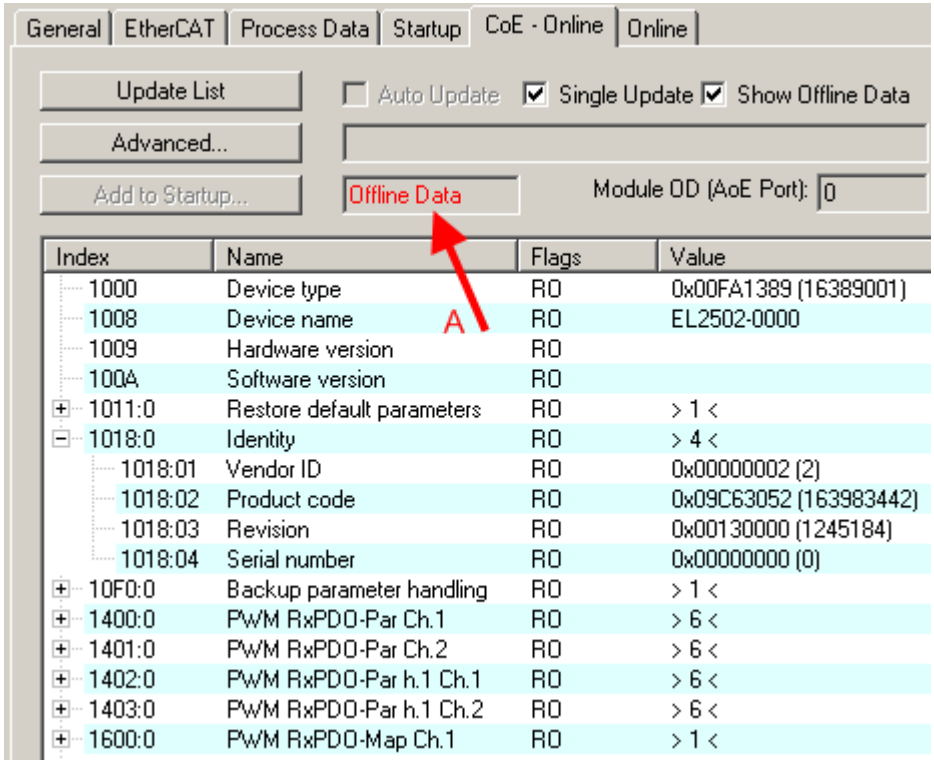


Abb. 14: Offline-Verzeichnis

- wenn der Slave online ist
  - wird das reale aktuelle Verzeichnis des Slaves ausgelesen. Dies kann je nach Größe und Zykluszeit einige Sekunden dauern.
  - wird die tatsächliche Identität angezeigt
  - wird der Firmware- und Hardware-Stand des Gerätes laut elektronischer Auskunft angezeigt
  - ist ein grünes **Online** zu sehen

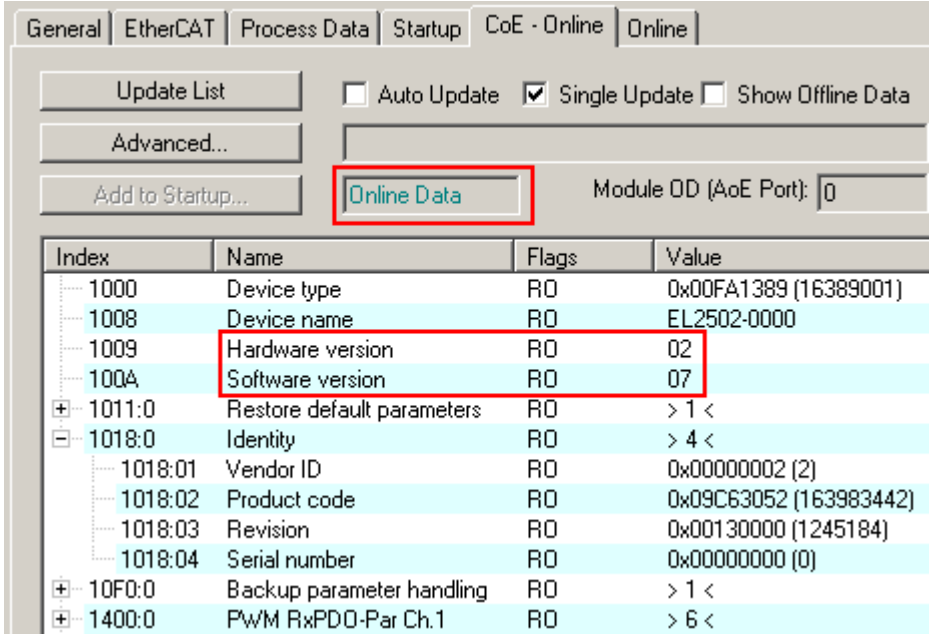


Abb. 15: Online-Verzeichnis

Kanalweise Ordnung

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

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

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

Allgemein wird dies geschrieben als 0x80n0.

Ausführliche Hinweise zum CoE-Interface finden Sie in der EtherCAT-Systemdokumentation auf der Beckhoff Website.

3.6 Distributed Clock

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

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

Detaillierte Informationen entnehmen Sie bitte der vollständigen EtherCAT-Systembeschreibung.

4 Montage und Verdrahtung

4.1 Tragschienenmontage

⚠ WARNUNG

Verletzungsgefahr durch Stromschlag und Beschädigung des Gerätes möglich!

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

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

Montage

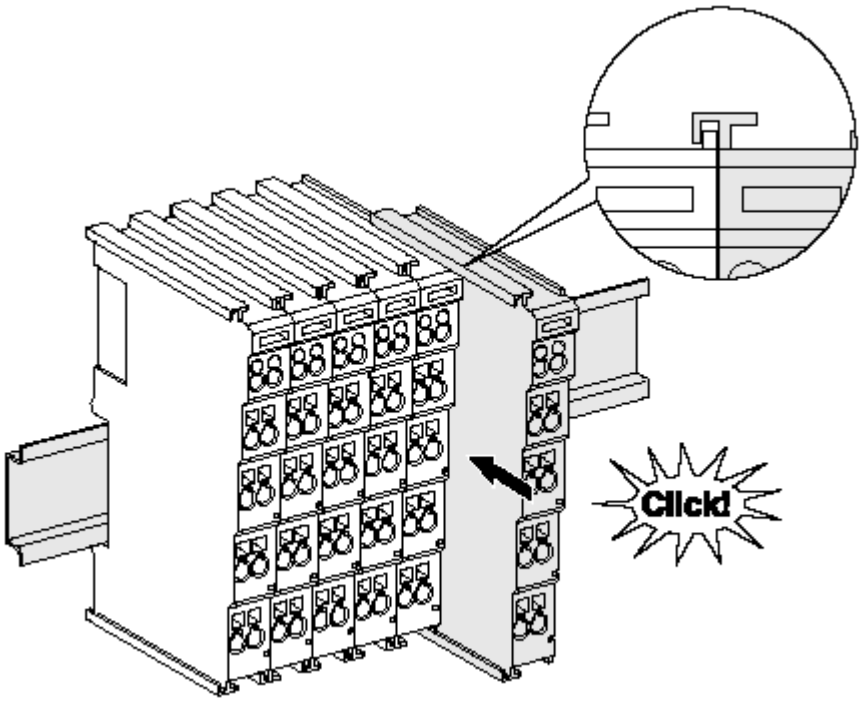


Abb. 16: Montage auf Tragschiene

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

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

Tragschienenbefestigung

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

Demontage

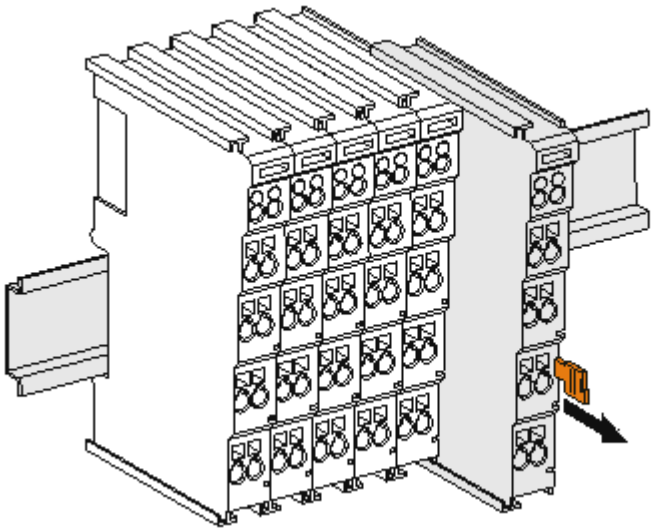


Abb. 17: Demontage von Tragschiene

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

1. Ziehen Sie die Klemme an ihren orangefarbigen Laschen ca. 1 cm von der Tragschiene herunter. Dabei wird die Tragschienenverriegelung dieser Klemme automatisch gelöst und Sie können die Klemme nun ohne großen Kraftaufwand aus dem Busklemmenblock herausziehen.
2. Greifen Sie dazu mit Daumen und Zeigefinger die entriegelte Klemme gleichzeitig oben und unten an den Gehäuseflächen und ziehen sie aus dem Busklemmenblock heraus.

Verbindungen innerhalb eines Busklemmenblocks

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

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

Powerkontakte

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

PE-Powerkontakt

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

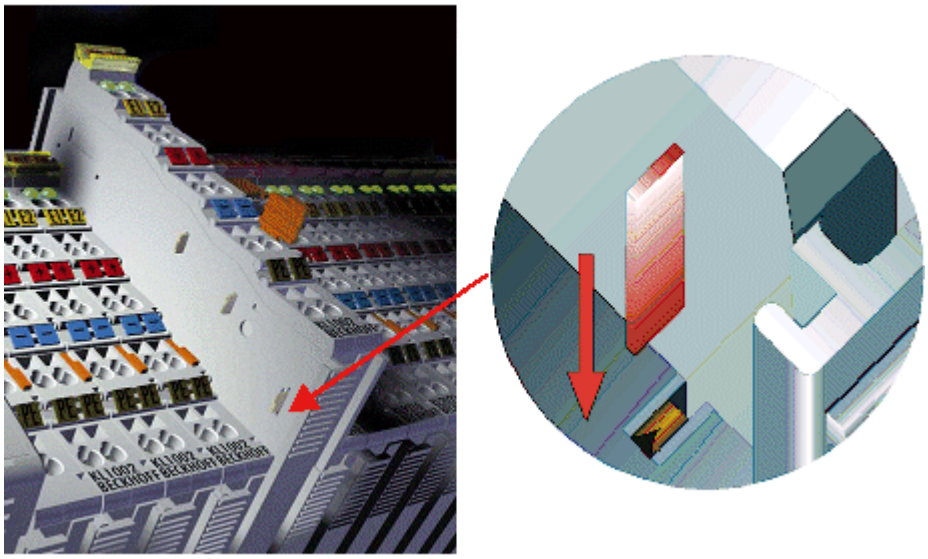


Abb. 18: Linksseitiger Powerkontakt

HINWEIS

Beschädigung des Gerätes möglich

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

⚠ WARNUNG

Verletzungsgefahr durch Stromschlag!

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

4.2 Hinweise zur Strommessung über Hall-Sensor

Das in dieser Dokumentation angesprochene Gerät verfügt über einen oder mehrere integrierte Hall-Sensoren zur Strommessung.

Dabei wird das magnetische Feld, das durch einen Stromfluss durch einen Leiter erzeugt wird, von dem Hall-Sensor quantitativ erfasst.

Um die Messung nicht zu beeinträchtigen wird empfohlen, äußere Magnetfelder vom Gerät abzuschirmen oder hinreichend weit entfernt zu halten.

Hintergrund

Ein stromdurchflossener Leiter erzeugt in seinem Umfeld ein magnetisches Feld nach

$B = \mu 0 * I / (2\pi * d)$

mit

B [Tesla] magnetisches Feld

$\mu 0 = 4*\pi*10\text{-}7$ [H/m] (Annahme: keine magnetische Abschirmung)

I [A] Strom

d [m] Abstand zum Leiter

Beeinträchtigung durch äußere Magnetfelder

Die magnetische Feldstärke sollte allseitig um das Gerät herum eine zulässige Größe nicht übersteigen.
Praktisch bedeutet dies für den empfohlenen Mindestabstand eines benachbarten Stromleiters zur Geräteoberfläche:

- Strom 10 A: 12 mm
- Strom 20 A: 25 mm
- Strom 40 A: 50 mm

Wenn es in der Gerätedokumentation nicht anders spezifiziert ist, ist das Aneinanderreihen von Modulen (z.B. Reihenklemmen im 12 mm Rastermaß) gleichen Typs (z.B. EL2212-0000) darüberhinaus zulässig.

4.3 Anschlusstechnik

⚠ WARNUNG

Verletzungsgefahr durch Stromschlag und Beschädigung des Gerätes möglich!

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

Übersicht

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

- Die Klemmen der Serien ELxxxx und KLxxxx mit Standardverdrahtung enthalten Elektronik und Anschlussebene in einem Gehäuse.

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

Standardverdrahtung (ELxxxx / KLxxxx)

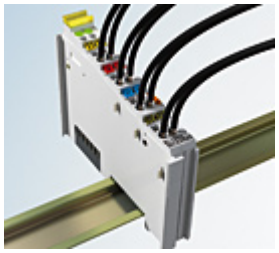


Abb. 19: Standardverdrahtung

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

Steckbare Verdrahtung (ESxxxx / KSxxxx)

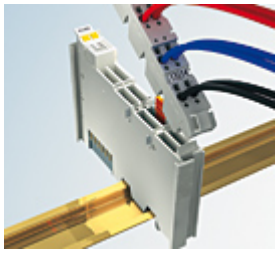


Abb. 20: Steckbare Verdrahtung

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

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

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

Leiterquerschnitte von 0,08 mm^2 bis 2,5 mm^2 können weiter in der bewährten Federkrafttechnik verwendet werden.

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

High-Density-Klemmen (HD-Klemmen)

Abb. 21: High-Density-Klemmen

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

Verdrahtung HD-Klemmen

Die High-Density-Klemmen der Serien ELx8xx und KLx8xx unterstützen keine stehende Verdrahtung.

Ultraschall-litzenverdichtete Leiter

Ultraschall-litzenverdichtete Leiter

An die Standard- und High-Density-Klemmen (HD-Klemmen) können auch ultraschall-litzenverdichtete (ultraschallverschweißte) Leiter angeschlossen werden. Beachten Sie die unten stehenden Tabellen zum Leitungsquerschnitt [▶ 41]!

Verdrahtung

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

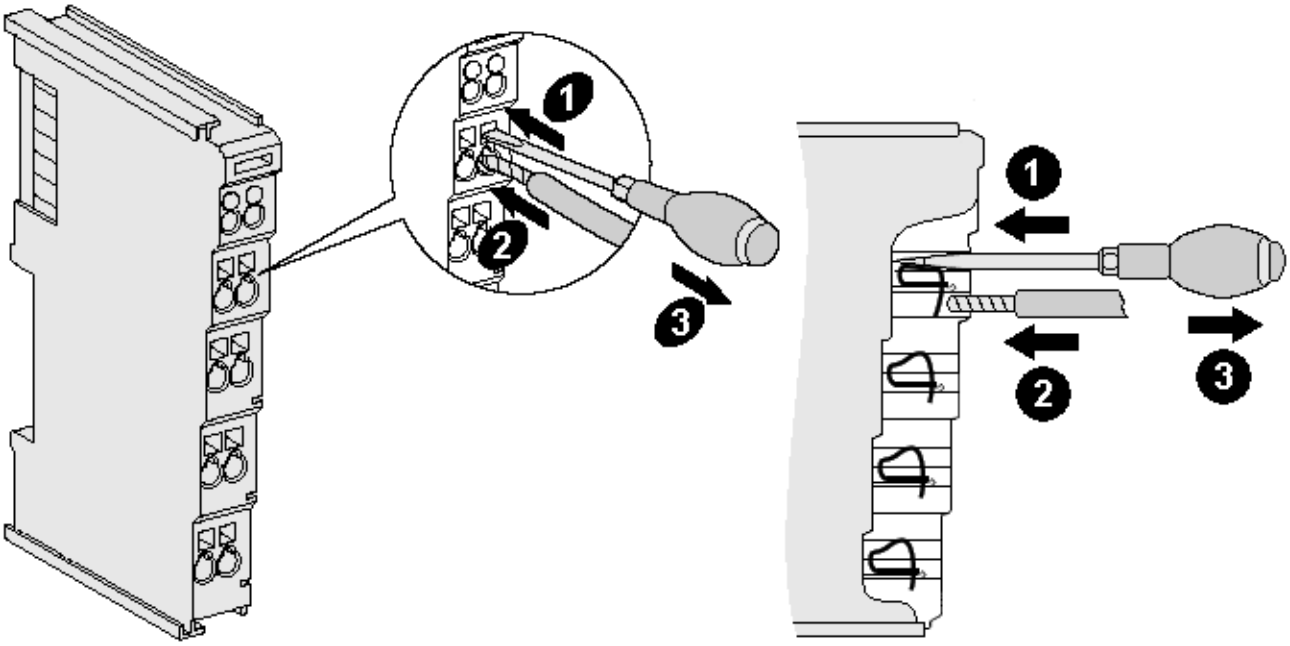


Abb. 22: Anschluss einer Leitung an eine Klemmstelle

Bis zu acht Klemmstellen ermöglichen den Anschluss von massiven oder feindrähtigen Leitungen an die Busklemme. Die Klemmstellen sind in Federkrafttechnik ausgeführt. Schließen Sie die Leitungen folgendermaßen an:

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

Den zulässigen Leiterquerschnitt entnehmen Sie der nachfolgenden Tabelle.

Klemmengehäuse	**ELxxxx, KLxxxx**	**ESxxxx, KSxxxx**
Leitungsquerschnitt (massiv)	0,08 ... 2,5 mm^2	0,08 ... 2,5 mm^2
Leitungsquerschnitt (feindrähtig)	0,08 ... 2,5 mm^2	0,08 ... 2,5 mm^2
Leitungsquerschnitt (Aderleitung mit Aderendhülse)	0,14 ... 1,5 mm^2	0,14 ... 1,5 mm^2
Abisolierlänge	8 ... 9 mm	9 ... 10 mm

High-Density-Klemmen ELx8xx, KLx8xx (HD)

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

Klemmengehäuse	**HD-Gehäuse**
Leitungsquerschnitt (massiv)	0,08 ... 1,5 mm^2
Leitungsquerschnitt (feindrähtig)	0,25 ... 1,5 mm^2
Leitungsquerschnitt (Aderleitung mit Aderendhülse)	0,14 ... 0,75 mm^2
Leitungsquerschnitt (ultraschall-litzenverdichtet)	nur 1,5 mm^2 (siehe Hinweis [▶ 41]!)
Abisolierlänge	8 ... 9 mm

Schirmung

Schirmung

Analoge Sensoren und Aktoren sollten immer mit geschirmten, paarig verdrillten Leitungen angeschlossen werden.

4.4 Positionierung von passiven Klemmen

Hinweis zur Positionierung von passiven Klemmen im Busklemmenblock

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

Beispiele für die Positionierung von passiven Klemmen (hell eingefärbt)

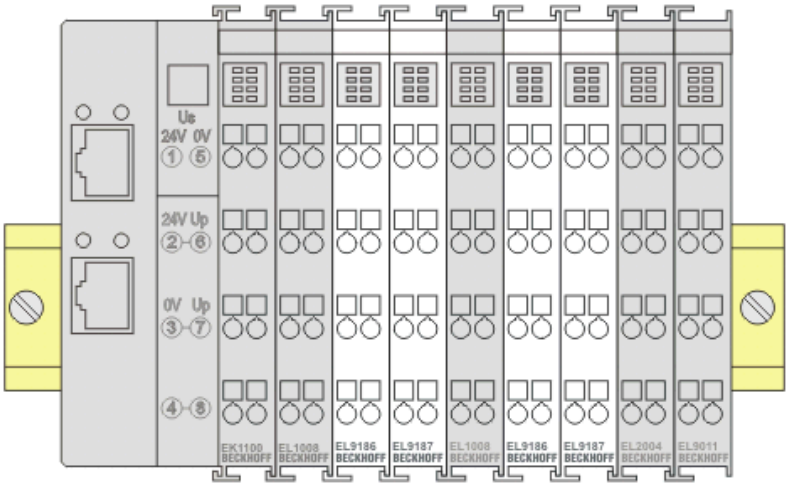


Abb. 23: Korrekte Positionierung

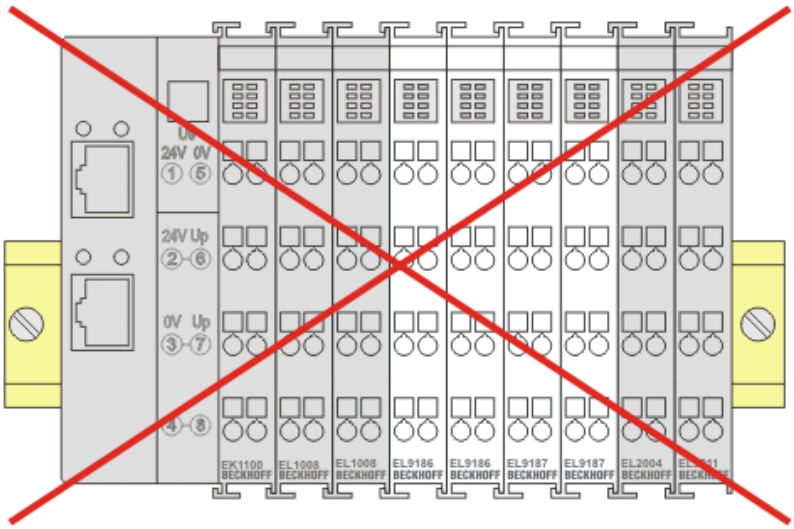


Abb. 24: Inkorrekte Positionierung

4.5 Einbaulagen

HINWEIS

Einschränkung von Einbaulage und Betriebstemperaturbereich

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

Optimale Einbaulage (Standard)

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

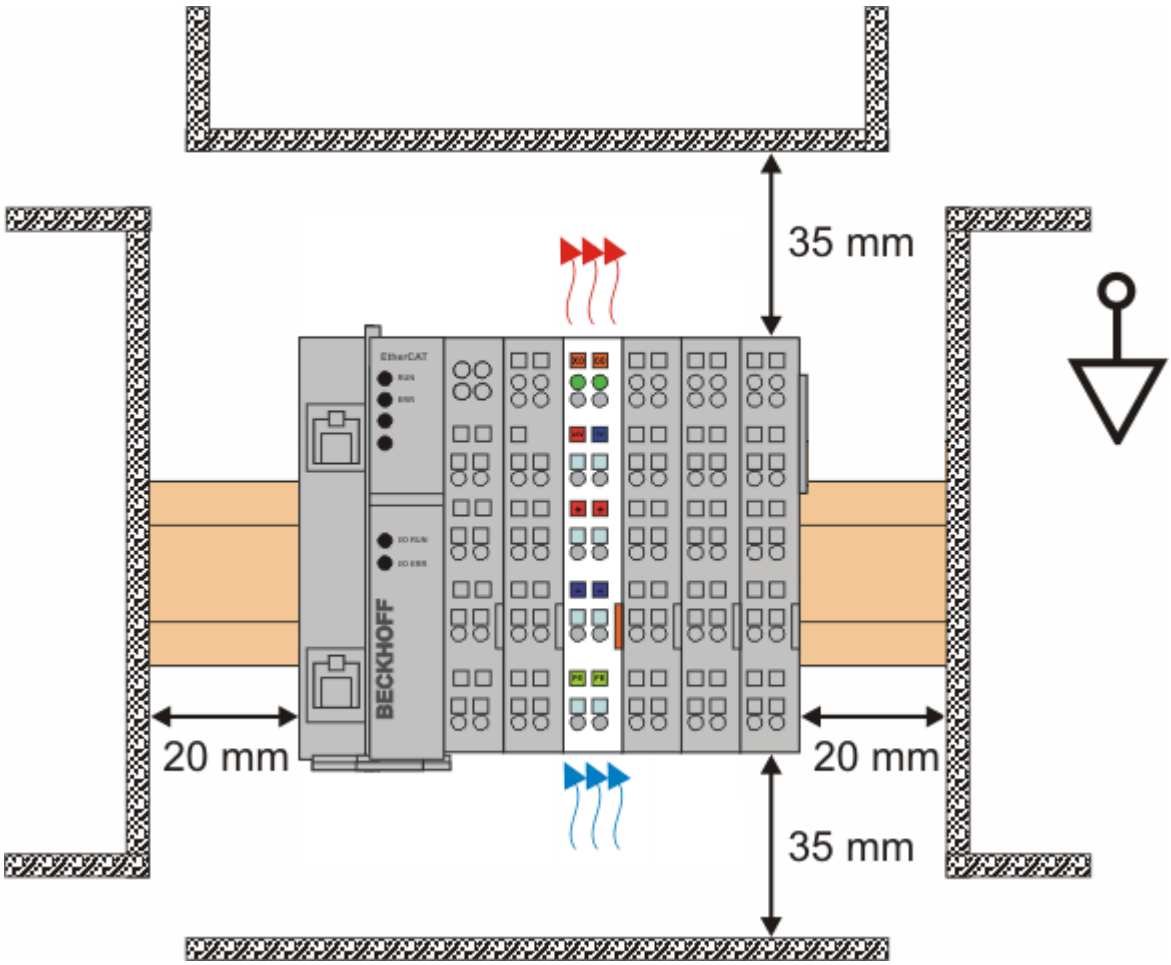


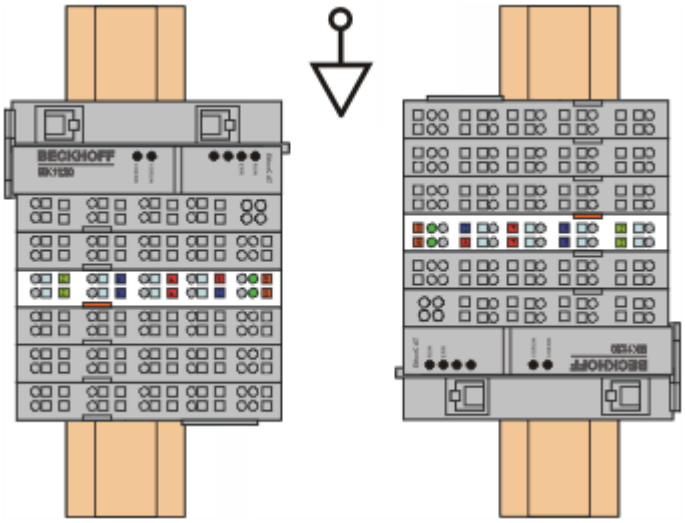
Abb. 25: Empfohlene Abstände bei Standard-Einbaulage

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

Weitere Einbaulagen

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

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



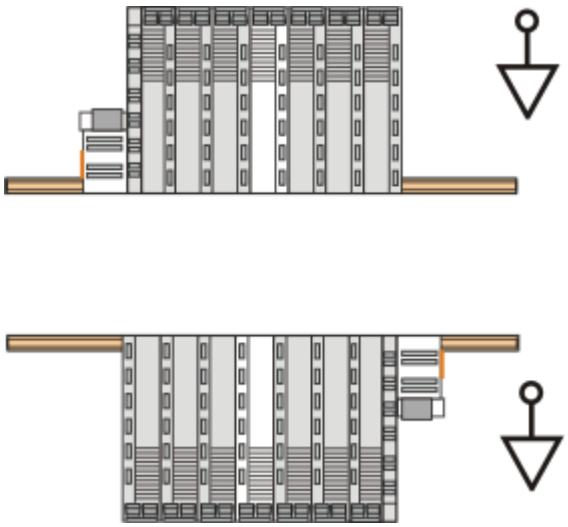
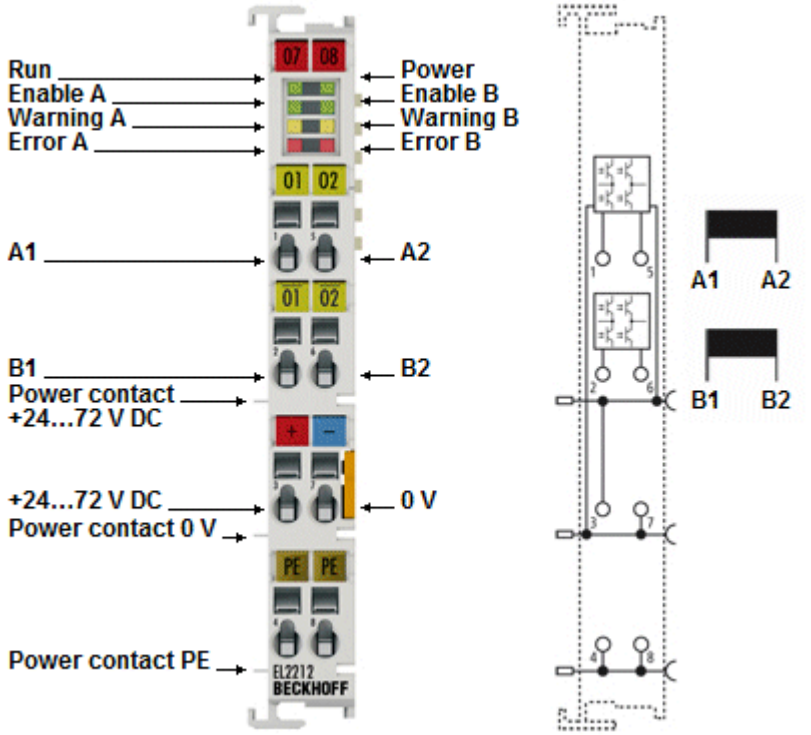


Abb. 26: Weitere Einbaulagen

4.6 EL2212 - Anschlussbelegung



Klemmstelle		Beschreibung
Bezeichnung	Nr.	
A1	1	Ausgang A1 für Last A
B1	2	Ausgang B1 für Last B
POWER + 24..72 V	3	Eingang Versorgungsspannung Last, intern verbunden mit positiven Powerkontakt
PE	4	PE (intern verbunden mit Klemmstelle 8 und PE Powerkontakt)
A2	5	Ausgang A2 für Last A
B2	6	Ausgang B2 für Last B
POWER 0 V	7	Eingang Versorgungsspannung Last, intern verbunden mit negativen Powerkontakt
PE	8	PE (intern verbunden mit Klemmstelle 4 und PE Powerkontakt)

Aufladung bei Anschluss Versorgungsspannung

In der EL2212 sind große Kapazitäten zur Sicherstellung der hohen Stoßströme enthalten. Deshalb kann es beim Anschluss an die Versorgungsspannung durch die Aufladung der Kapazitäten zu Funkenentladung am Kontaktpunkt kommen. Es wird empfohlen, zuerst die Leitungsverbindungen herzustellen, und erst dann die Spannungsversorgung (Transformator, Netzteil) einzuschalten.

4.7 Entsorgung

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

5 Inbetriebnahme

5.1 TwinCAT Quickstart

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

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

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

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

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

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

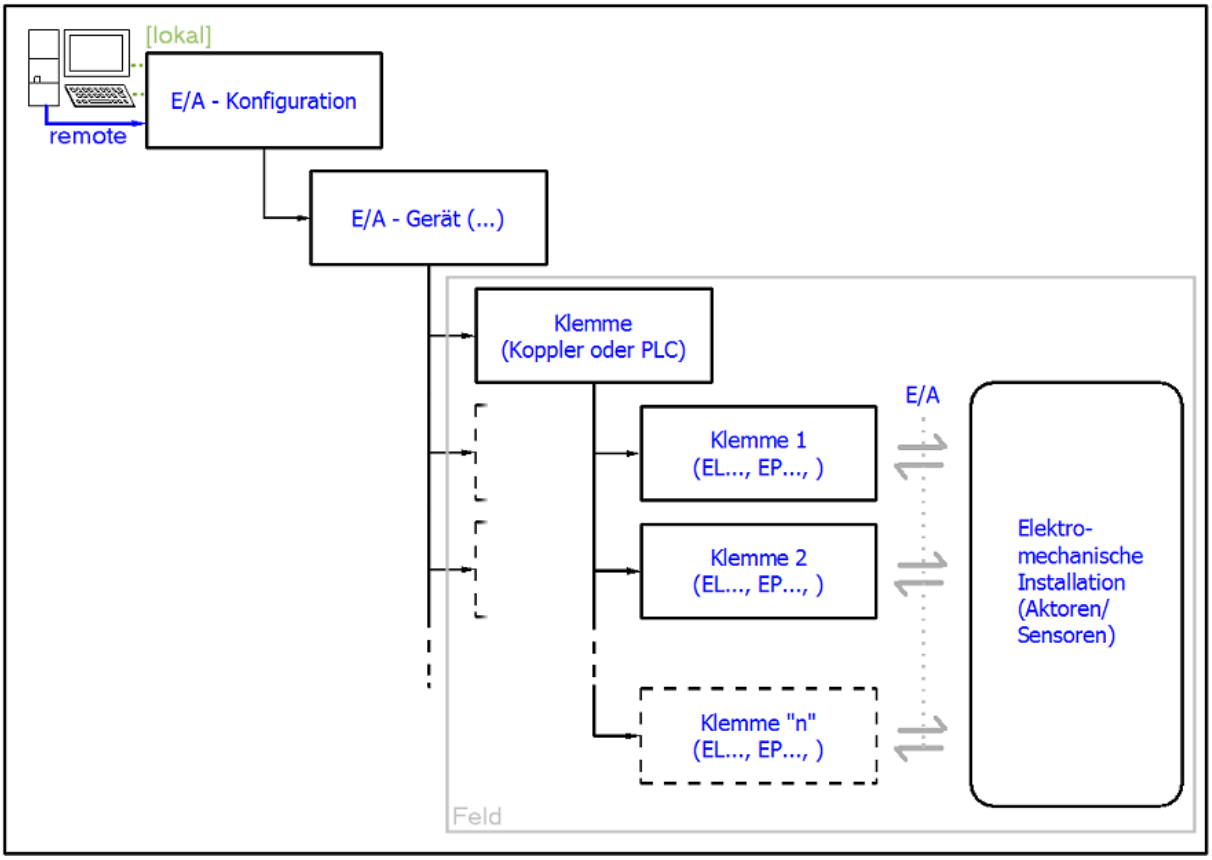


Abb. 27: Bezug von der Anwender Seite (Inbetriebnahme) zur Installation

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

Beispielkonfiguration (realer Aufbau)

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

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

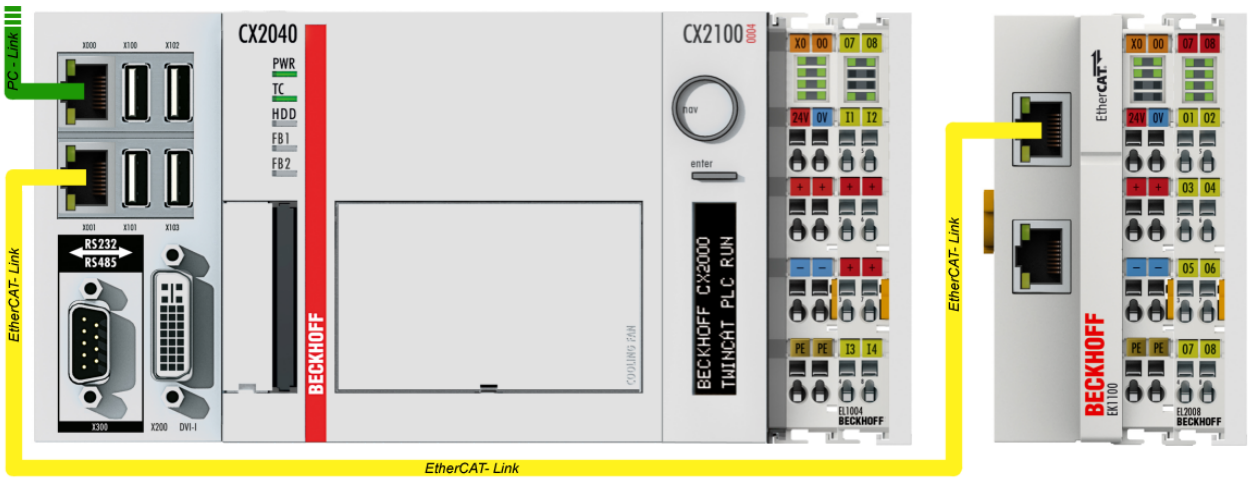


Abb. 28: Aufbau der Steuerung mit Embedded-PC, Eingabe (EL1004) und Ausgabe (EL2008)

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

5.1.1 TwinCAT 2

Startup

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

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

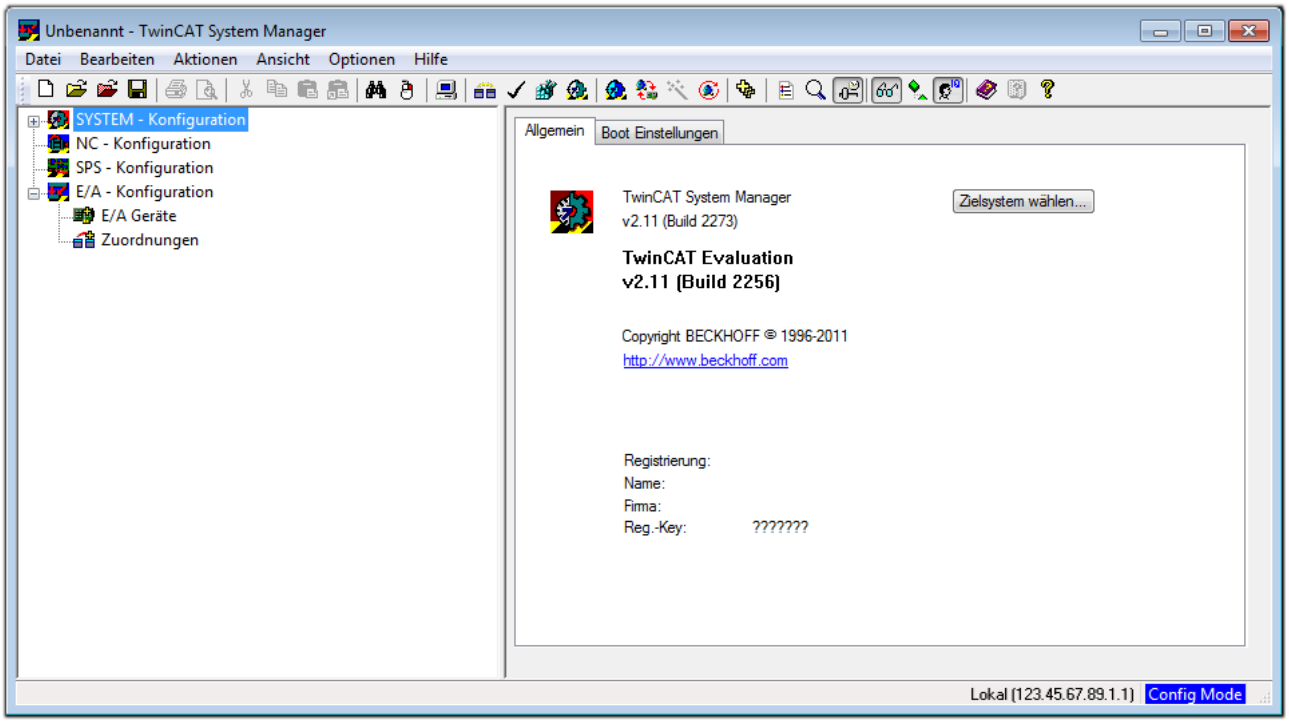


Abb. 29: Initiale Benutzeroberfläche TwinCAT 2

Es besteht generell die Möglichkeit das TwinCAT „lokal“ oder per „remote“ zu verwenden. Ist das TwinCAT System inkl. Benutzeroberfläche (Standard) auf dem betreffenden PLC installiert, kann TwinCAT „lokal“ eingesetzt werden und mit Schritt „Geräte einfügen [▶ 53]“ fortgesetzt werden.

Ist es vorgesehen, die auf einem PLC installierte TwinCAT Laufzeitumgebung von einem anderen System als Entwicklungsumgebung per „remote“ anzusprechen, ist das Zielsystem zuvor bekannt zu machen. Im Menü unter „Aktionen“ → „Auswahl des Zielsystems...“, über das Symbol „ “ oder durch Taste „F8“ wird folgendes Fenster hierzu geöffnet:

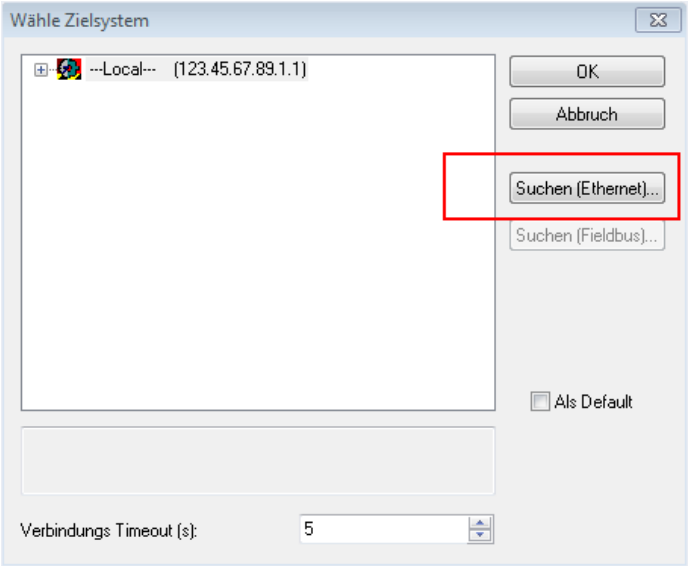


Abb. 30: Wähle Zielsystem

Mittels „Suchen (Ethernet)...“ wird das Zielsystem eingetragen. Dadurch wird ein weiterer Dialog geöffnet um hier entweder:

- den bekannten Rechnernamen hinter „Enter Host Name / IP:“ einzutragen (wie rot gekennzeichnet)
- einen „Broadcast Search“ durchzuführen (falls der Rechnername nicht genau bekannt)
- die bekannte Rechner - IP oder AmsNetId einzutragen

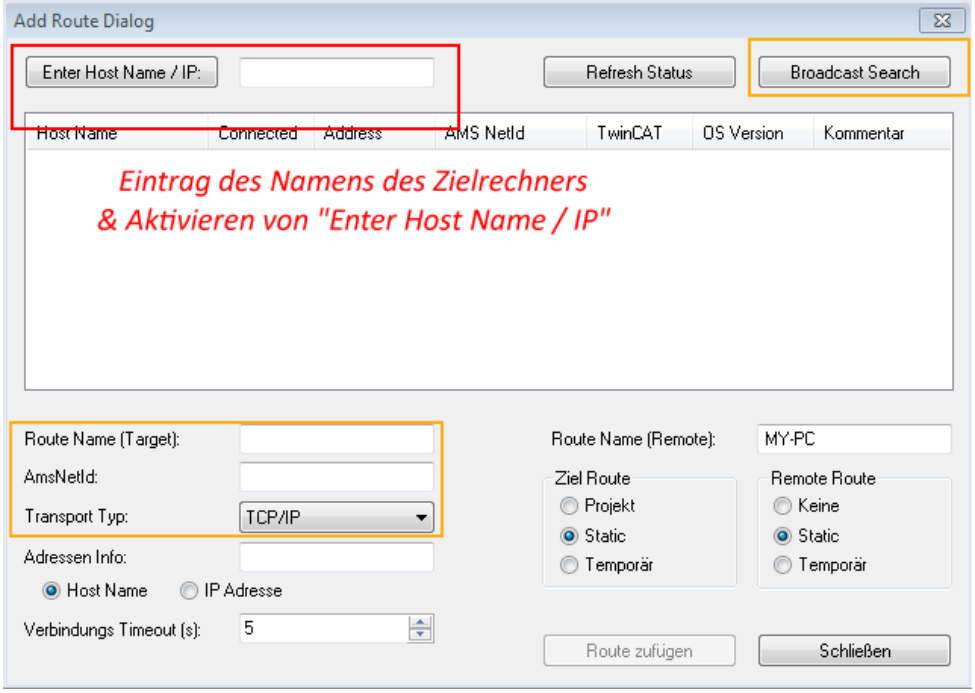
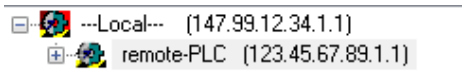


Abb. 31: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

Ist das Zielsystem eingetragen steht dieses wie folgt zur Auswahl (ggf. muss zuvor das korrekte Passwort eingetragen werden):



Nach der Auswahl mit „OK“ ist das Zielsystem über den System Manager ansprechbar.

Geräte einfügen

In dem linksseitigen Konfigurationsbaum der TwinCAT 2 – Benutzeroberfläche des System Managers wird „E/A-Geräte“ selektiert und sodann entweder über Rechtsklick ein Kontextmenü geöffnet und

„Geräte Suchen…“ ausgewählt oder in der Menüleiste mit die Aktion gestartet. Ggf. ist zuvor der

TwinCAT System Manager in den „Konfig Modus“ mittels oder über das Menü „Aktionen“ → „Startet/Restarten von TwinCAT in Konfig-Modus“(Shift + F4) zu versetzen.

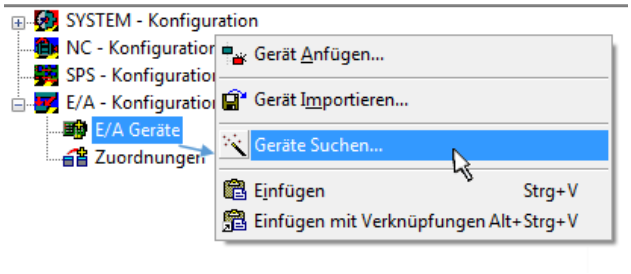


Abb. 32: Auswahl „Gerät Suchen...“

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

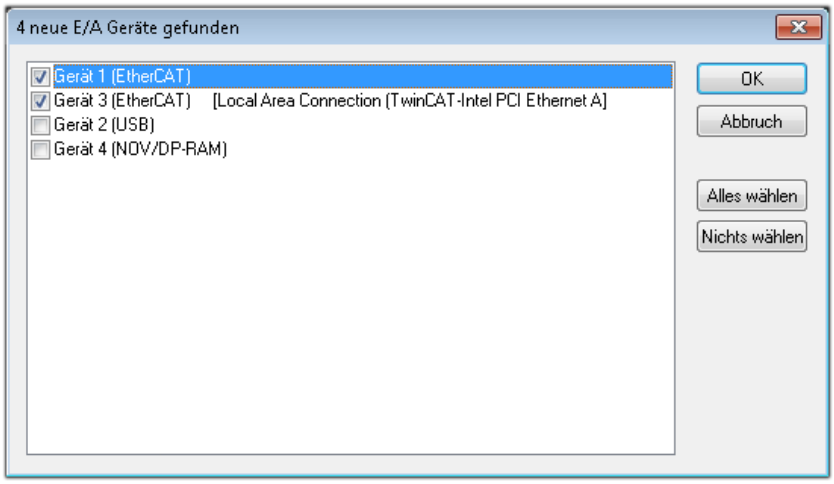


Abb. 33: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

Ebenfalls ist anschließend die Meldung „nach neuen Boxen suchen“ zu bestätigen, um die an den Geräten angebundenen Klemmen zu ermitteln. „Free Run“ erlaubt das Manipulieren von Ein- und Ausgangswerten innerhalb des „Config Modus“ und sollte ebenfalls bestätigt werden.

Ausgehend von der am Anfang dieses Kapitels beschriebenen Beispielkonfiguration [▶ 49] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

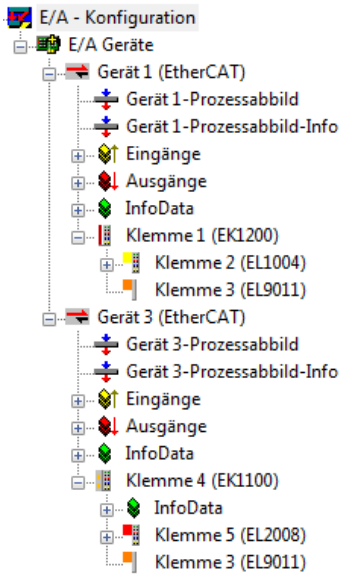


Abb. 34: Abbildung der Konfiguration im TwinCAT 2 System Manager

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

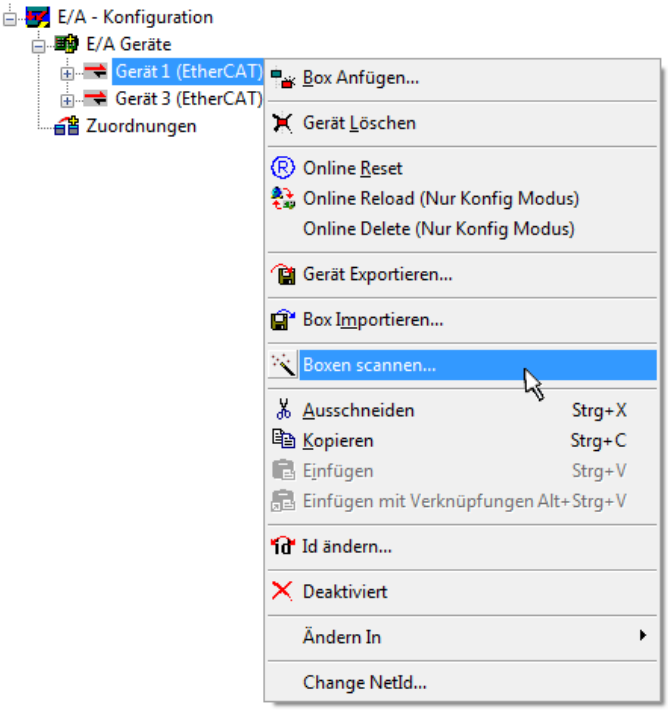


Abb. 35: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

Diese Funktionalität ist nützlich, falls die Konfiguration (d. h. der „reale Aufbau“) kurzfristig geändert wird.

PLC programmieren und integrieren

TwinCAT PLC Control ist die Entwicklungsumgebung zur Erstellung der Steuerung in unterschiedlichen Programmumgebungen: Das TwinCAT PLC Control unterstützt alle in der IEC 61131-3 beschriebenen Sprachen. Es gibt zwei textuelle Sprachen und drei grafische Sprachen.

- **Textuelle Sprachen**
  - Anweisungsliste (AWL, IL)

  - Strukturierter Text (ST)
- **Grafische Sprachen**
  - Funktionsplan (FUP, FBD)
  - Kontaktplan (KOP, LD)
  - Freigrafischer Funktionsplaneditor (CFC)
  - Ablaufsprache (AS, SFC)

Für die folgenden Betrachtungen wird lediglich vom strukturierten Text (ST) Gebrauch gemacht.

Nach dem Start von TwinCAT PLC Control wird folgende Benutzeroberfläche für ein initiales Projekt dargestellt:

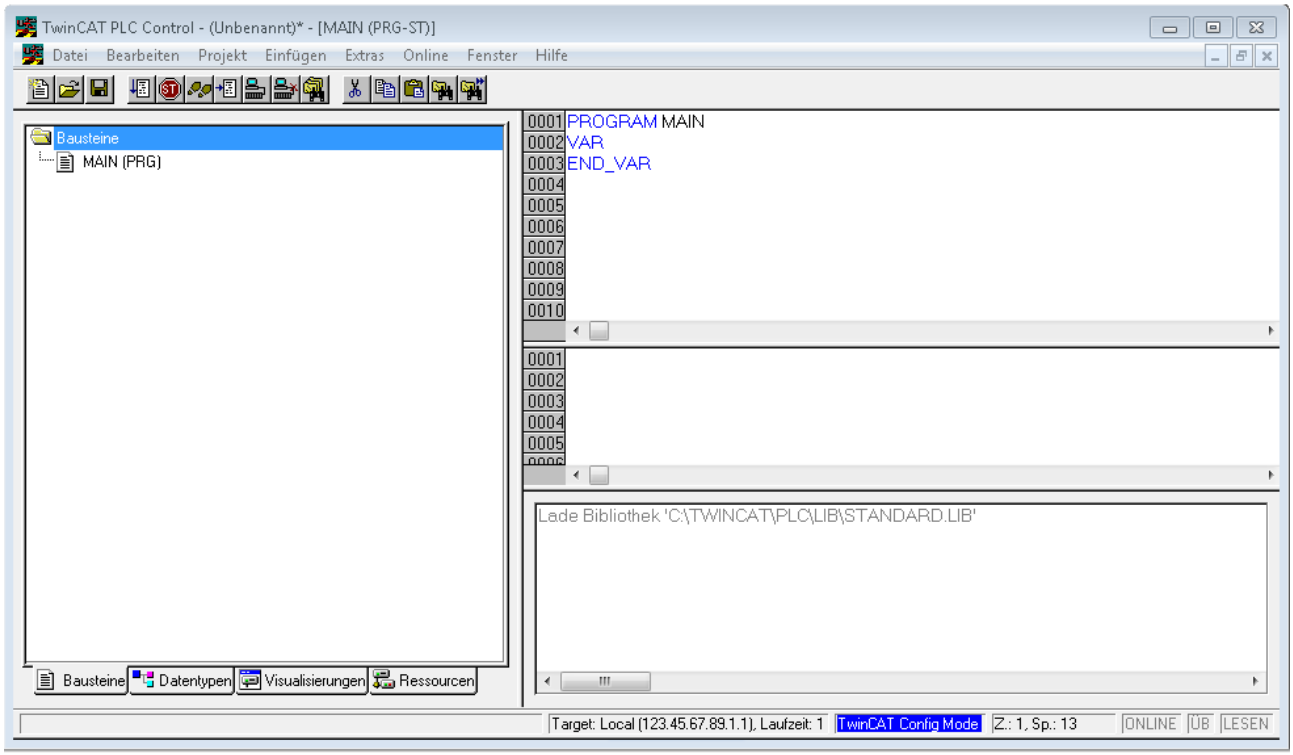


Abb. 36: TwinCAT PLC Control nach dem Start

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

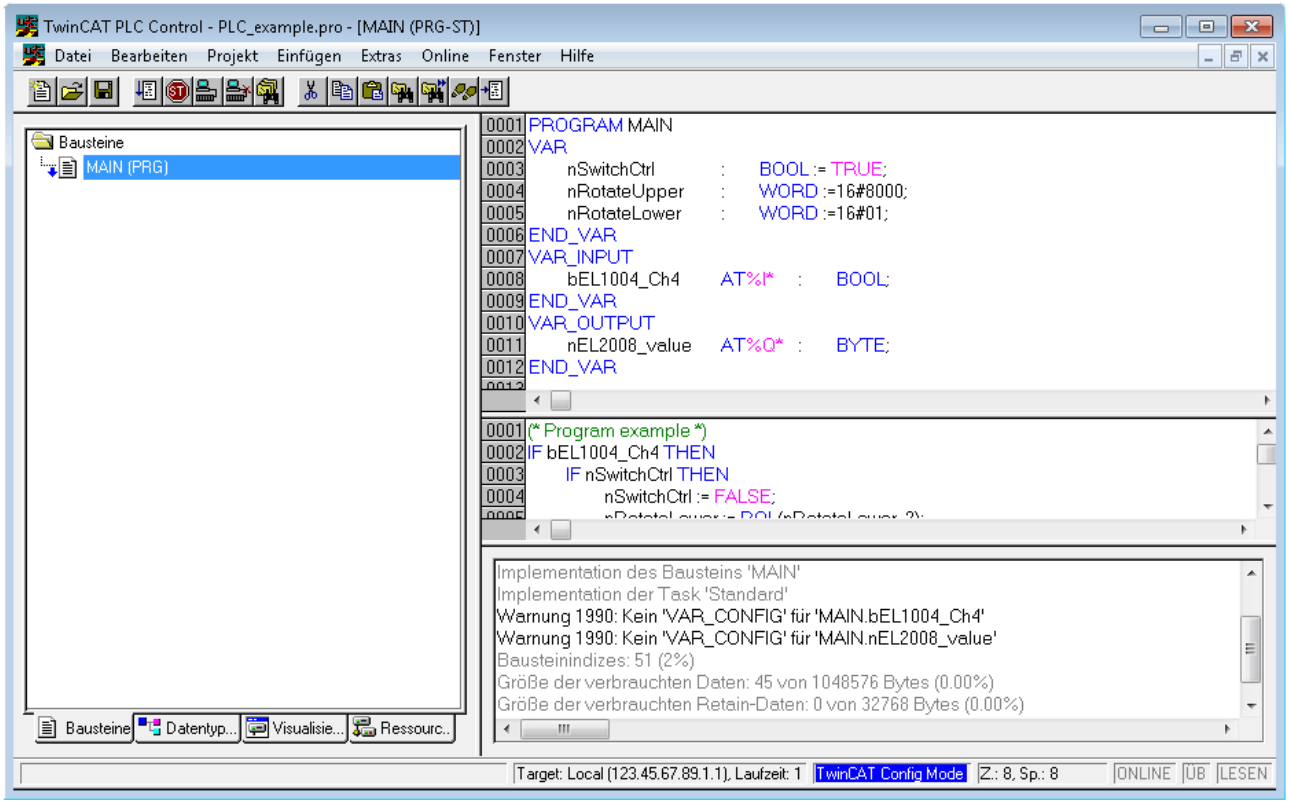


Abb. 37: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompiliervorgang (ohne Variablenanbindung)

Die Warnung 1990 (fehlende „VAR_CONFIG“) nach einem Kompiliervorgang zeigt auf, dass die als extern definierten Variablen (mit der Kennzeichnung „AT%I*“ bzw. „AT%Q*“) nicht zugeordnet sind. Das TwinCAT PLC Control erzeugt nach erfolgreichen Kompiliervorgang eine „*.tpy“ Datei in dem Verzeichnis, in dem das Projekt gespeichert wurde. Diese Datei („*.tpy“) enthält u.a. Variablenzuordnungen und ist dem System Manager nicht bekannt, was zu dieser Warnung führt. Nach dessen Bekanntgabe kommt es nicht mehr zu dieser Warnung.

Im **System Manager** ist das Projekt des TwinCAT PLC Control zunächst einzubinden. Dies geschieht über das Kontext Menü der „SPS-Konfiguration“ (rechts-Klick) und der Auswahl „SPS-Projekt Anfügen…“:

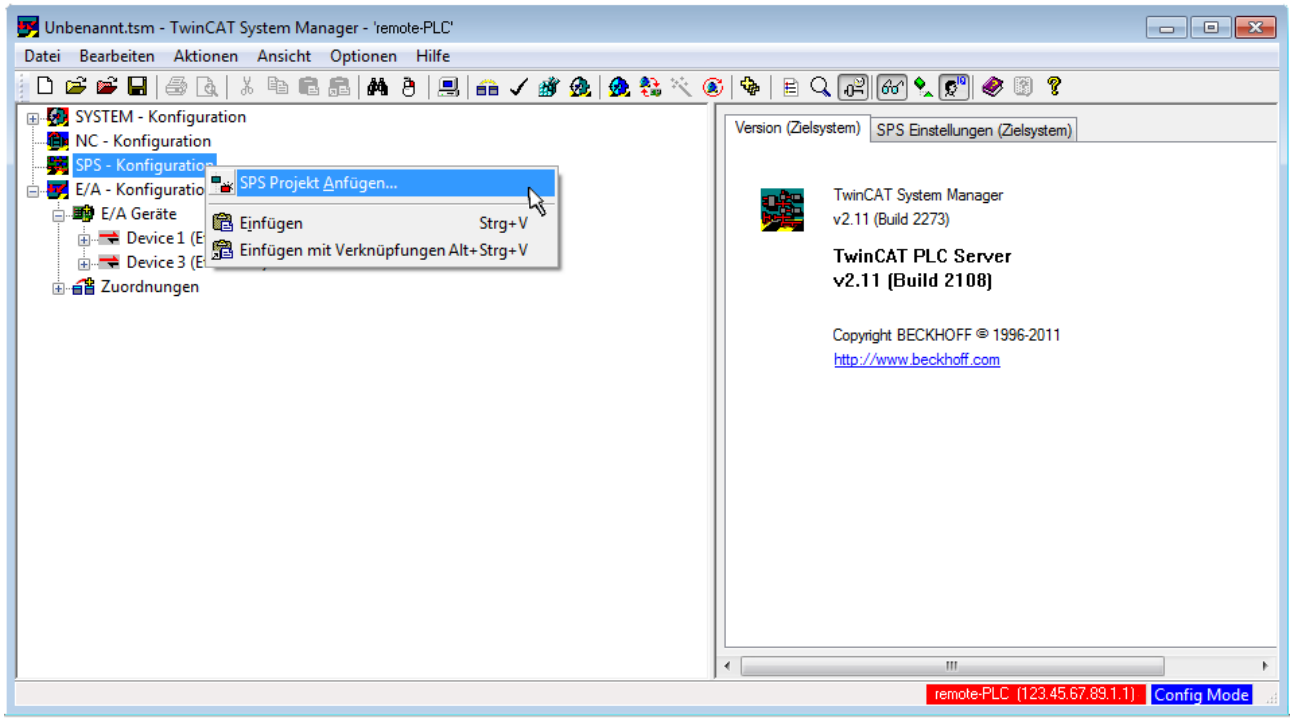


Abb. 38: Hinzufügen des Projektes des TwinCAT PLC Control

Über ein dadurch geöffnetes Browserfenster wird die PLC-Konfiguration „PLC_example.tpy“ ausgewählt. Dann ist in dem Konfigurationsbaum des System Managers das Projekt inklusive der beiden „AT“–gekennzeichneten Variablen eingebunden:

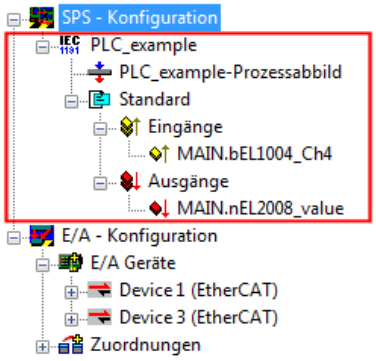


Abb. 39: Eingebundenes PLC-Projekt in der SPS-Konfiguration des System Managers

Die beiden Variablen „bEL1004_Ch4“ sowie „nEL2008_value“ können nun bestimmten Prozessobjekten der E/A-Konfiguration zugeordnet werden.

Variablen Zuordnen

Über das Kontextmenü einer Variable des eingebundenen Projekts „PLC_example“ unter „Standard“ wird mittels „Verknüpfung Ändern…“ ein Fenster zur Auswahl eines passenden Prozessobjektes (PDOs) geöffnet:

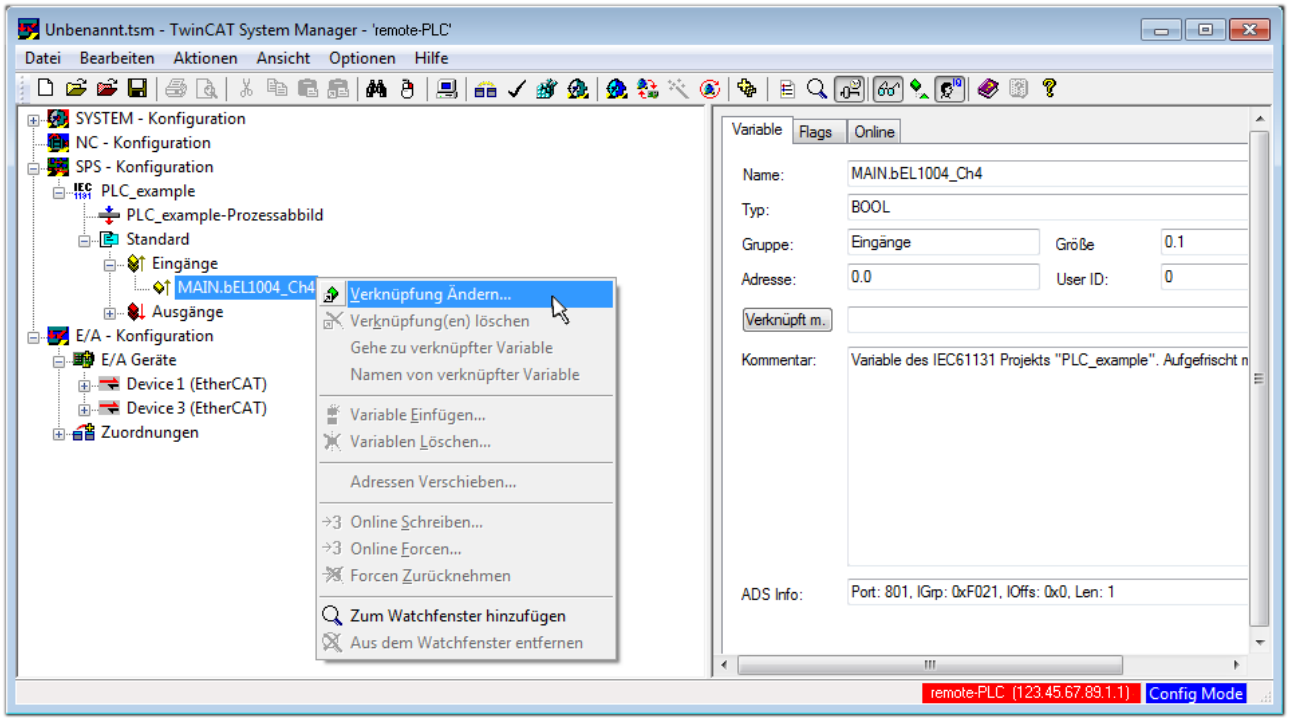


Abb. 40: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

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

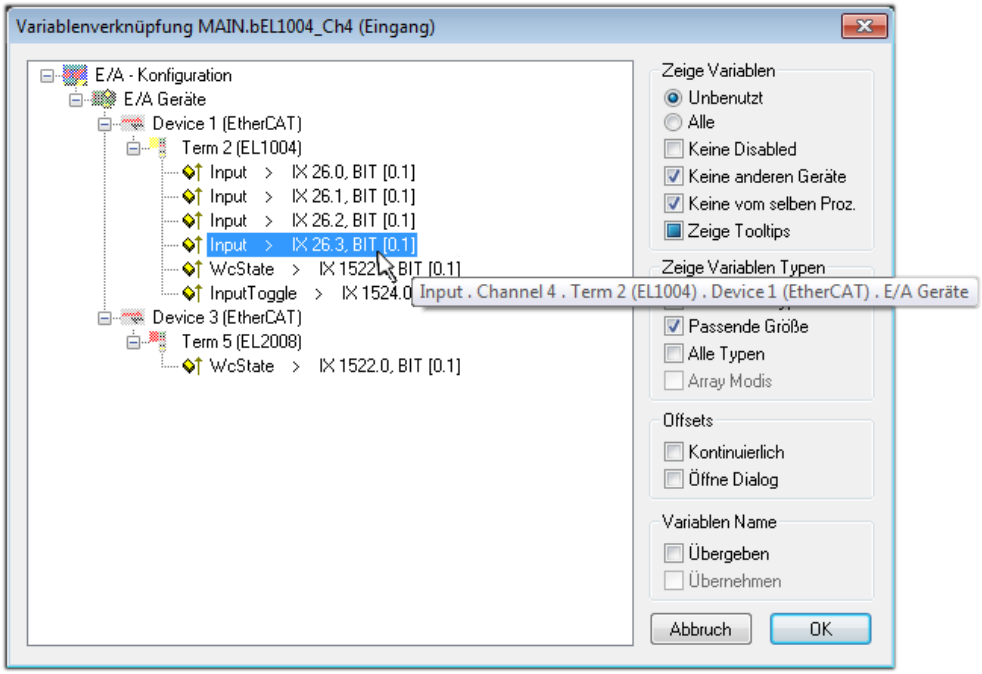


Abb. 41: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

Entsprechend der Standarteinstellungen stehen nur bestimmte PDO-Objekte zur Auswahl zur Verfügung. In diesem Beispiel wird von der Klemme EL1004 der Eingang von Kanal 4 zur Verknüpfung ausgewählt. Im Gegensatz hierzu muss für das Erstellen der Verknüpfung der Ausgangsvariablen die Checkbox „Alle Typen“ aktiviert werden, um in diesem Fall eine Byte-Variable einen Satz von acht separaten Ausgangsbits zuzuordnen. Die folgende Abbildung zeigt den gesamten Vorgang:

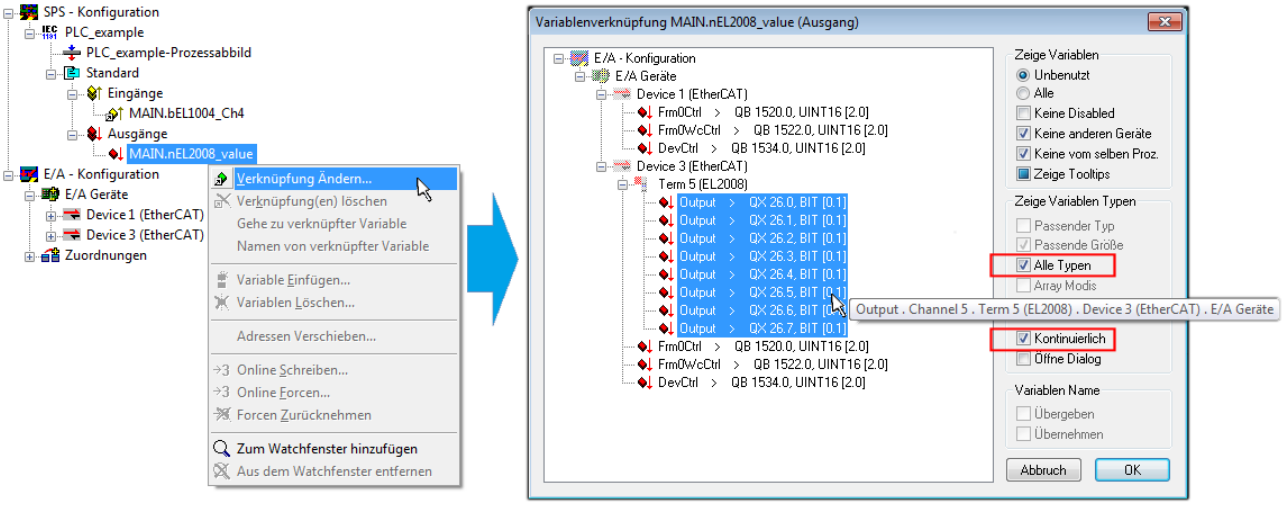


Abb. 42: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

Zu sehen ist, dass überdies die Checkbox „Kontinuierlich“ aktiviert wurde. Dies ist dafür vorgesehen, dass die in dem Byte der Variablen „nEL2008_value“ enthaltenen Bits allen acht ausgewählten Ausgangsbits der Klemme EL2008 der Reihenfolge nach zugeordnet werden sollen. Damit ist es möglich, alle acht Ausgänge der Klemme mit einem Byte entsprechend Bit 0 für Kanal 1 bis Bit 7 für Kanal 8 von der PLC im Programm später anzusprechen. Ein spezielles Symbol ( ) an dem gelben bzw. roten Objekt der Variablen zeigt an, dass hierfür eine Verknüpfung existiert. Die Verknüpfungen können z. B. auch überprüft werden, indem „Goto Link Variable“ aus dem Kontextmenü einer Variable ausgewählt wird. Dann wird automatisch das gegenüberliegende verknüpfte Objekt, in diesem Fall das PDO selektiert:

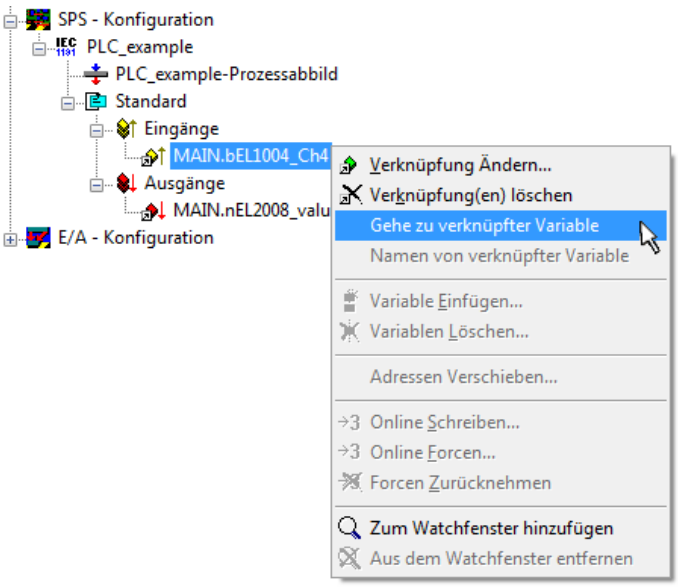
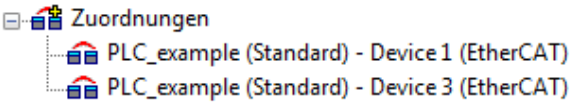


Abb. 43: Anwendung von „Goto Link Variable“ am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“

Anschließend wird mittels Menüauswahl „Aktionen“ → „Zuordnung erzeugen…“ oder über der Vorgang des Zuordnens von Variablen zu PDO abgeschlossen.

Dies lässt sich entsprechend in der Konfiguration einsehen:



Der Vorgang zur Erstellung von Verknüpfungen kann auch in umgekehrter Richtung, d. h. von einzelnen PDO ausgehend zu einer Variablen erfolgen. In diesem Beispiel wäre dann allerdings eine komplette Auswahl aller Ausgangsbits der EL2008 nicht möglich, da die Klemme nur einzelne digitale Ausgänge zur Verfügung stellt. Hat eine Klemme ein Byte, Word, Integer oder ein ähnliches PDO, so ist es möglich dies wiederum einen Satz von bit-typisierten Variablen zuzuordnen. Auch hier kann ebenso in die andere Richtung ein „Goto Link Variable“ ausgeführt werden, um dann die betreffende Instanz der PLC zu selektieren.

Aktivieren der Konfiguration

Die Zuordnung von PDO zu PLC-Variablen hat nun die Verbindung von der Steuerung zu den Ein- und Ausgängen der Klemmen hergestellt. Nun kann die Konfiguration aktiviert werden. Zuvor kann mittels (oder über „Aktionen“ → „Konfiguration überprüfen…“) die Konfiguration überprüft werden. Falls kein Fehler vorliegt, kann mit (oder über „Aktionen“ → „Aktiviert Konfiguration…“) die Konfiguration aktiviert werden, um dadurch Einstellungen im System Manger auf das Laufzeitsystem zu übertragen. Die darauffolgenden Meldungen „Alte Konfigurationen werden überschrieben!“ sowie „Neustart TwinCAT System in Run Modus“ werden jeweils mit „OK“ bestätigt.

Einige Sekunden später wird der Realtime Status Echtzeit 0% unten rechts im System Manager angezeigt. Das PLC-System kann daraufhin wie im Folgenden beschrieben gestartet werden.

Starten der Steuerung

Ausgehend von einem remote System muss nun als erstes auch die PLC Steuerung über „Online“ → „Choose Run-Time System…“ mit dem embedded PC über Ethernet verbunden werden:

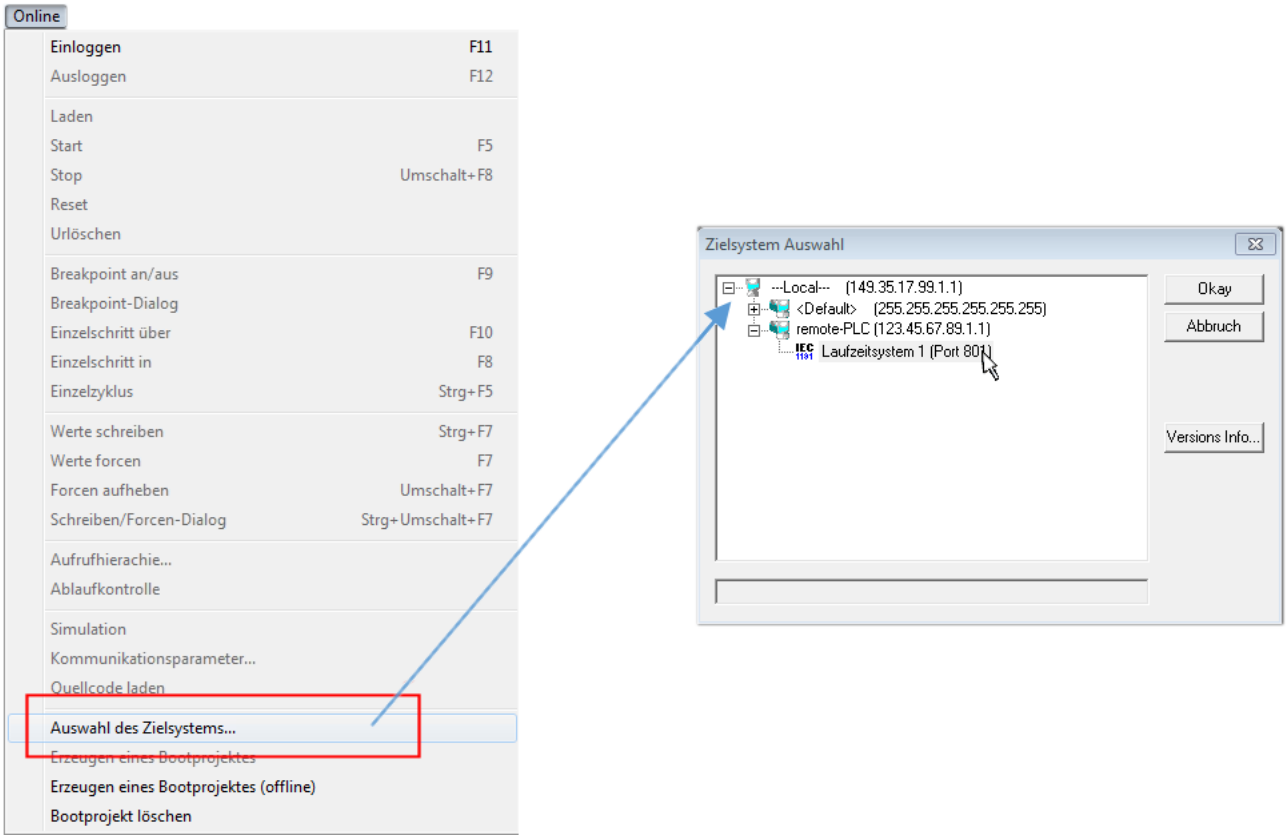


Abb. 44: Auswahl des Zielsystems (remote)

In diesem Beispiel wird das „Laufzeitsystem 1 (Port 801)“ ausgewählt und bestätigt. Mittels Menüauswahl „Online“ → „Login“, Taste F11 oder per Klick auf wird auch die PLC mit dem Echtzeitsystem verbunden und nachfolgend das Steuerprogramm geladen, um es ausführen lassen zu können. Dies wird entsprechend mit der Meldung „Kein Programm auf der Steuerung! Soll das neue Programm geladen werden?“ bekannt gemacht und ist mit „Ja“ zu beantworten. Die Laufzeitumgebung ist bereit zum Programstart:

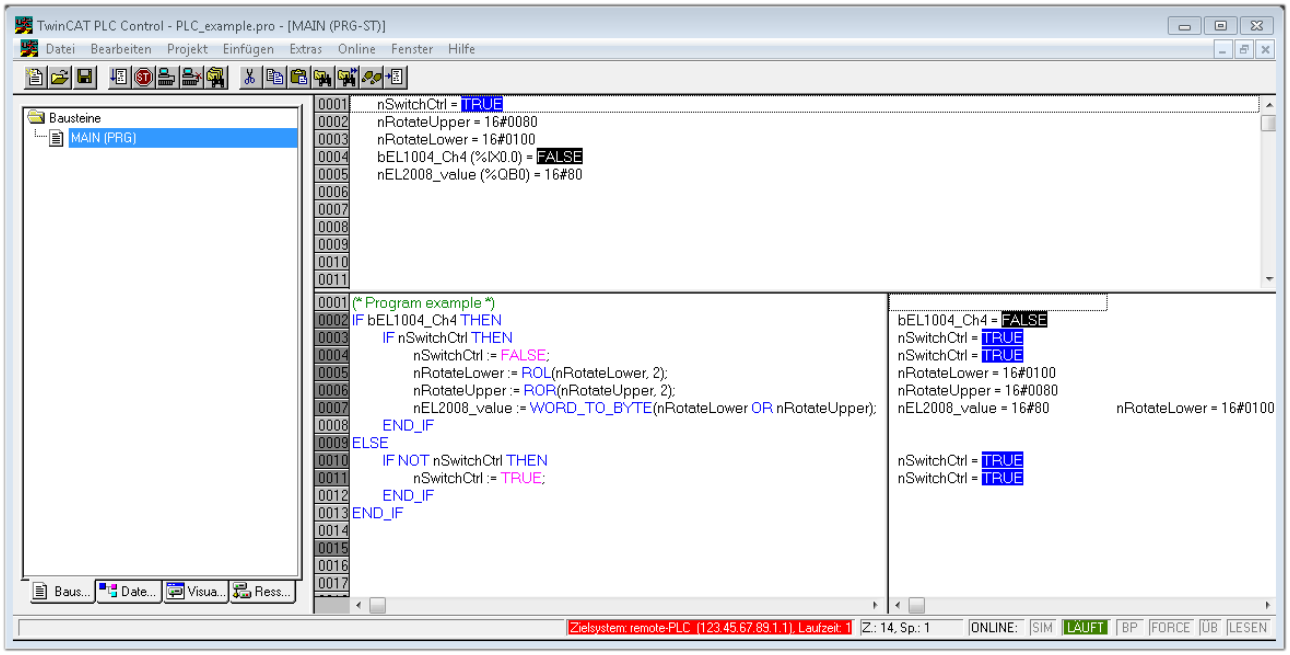


Abb. 45: PLC Control Logged-in, bereit zum Programmstart

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

5.1.2 TwinCAT 3

Startup

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

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

Abb. 46: Initale Benutzeroberfläche TwinCAT 3

Zunächst ist die Erstellung eines neues Projekt mittels

(oder unter „Datei“→“Neu“→“Projekt…“) vorzunehmen. In dem darauf folgenden Dialog werden die entsprechenden Einträge vorgenommen (wie in der Abbildung gezeigt):

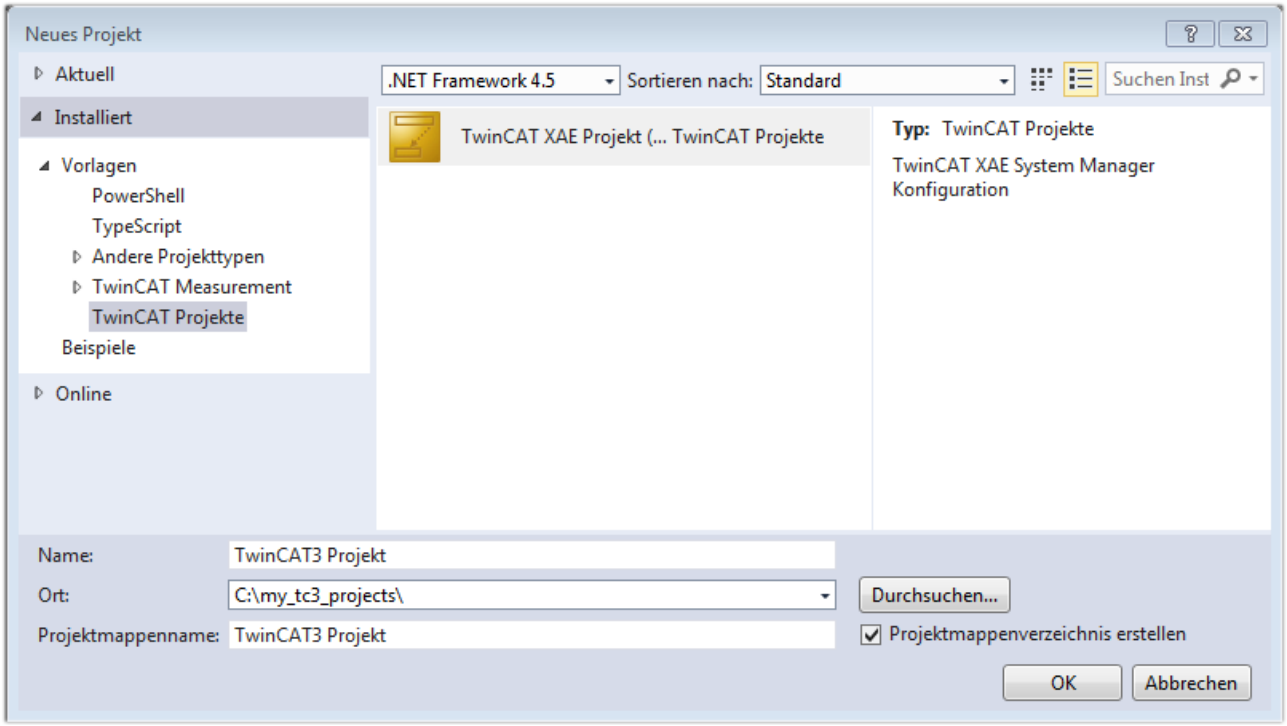


Abb. 47: Neues TwinCAT 3 Projekt erstellen

Im Projektmappen-Explorer liegt sodann das neue Projekt vor:

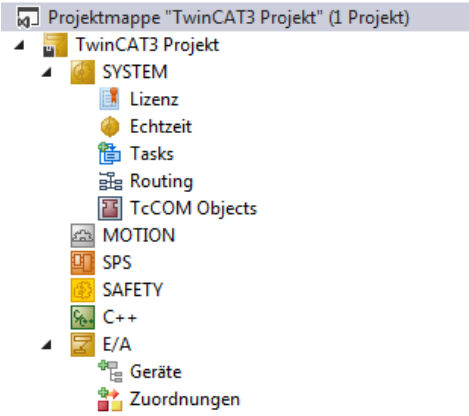
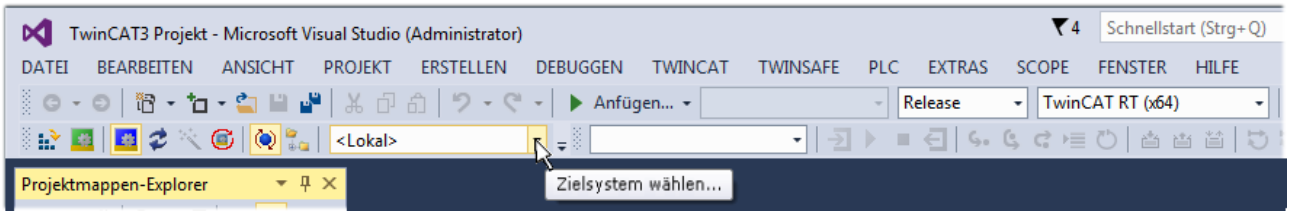


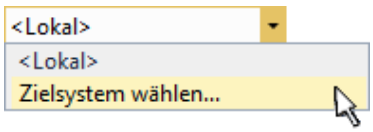
Abb. 48: Neues TwinCAT 3 Projekt im Projektmappen-Explorer

Es besteht generell die Möglichkeit das TwinCAT „lokal“ oder per „remote“ zu verwenden. Ist das TwinCAT System inkl. Benutzeroberfläche (Standard) auf dem betreffenden PLC (lokal) installiert, kann TwinCAT „lokal“ eingesetzt werden und mit Schritt „Geräte einfügen [▶ 64]“ fortgesetzt werden.

Ist es vorgesehen, die auf einem PLC installierte TwinCAT Laufzeitumgebung von einem anderen System als Entwicklungsumgebung per „remote“ anzusprechen, ist das Zielsystem zuvor bekannt zu machen. Über das Symbol in der Menüleiste:



wird das pull-down Menü aufgeklappt:



und folgendes Fenster hierzu geöffnet:

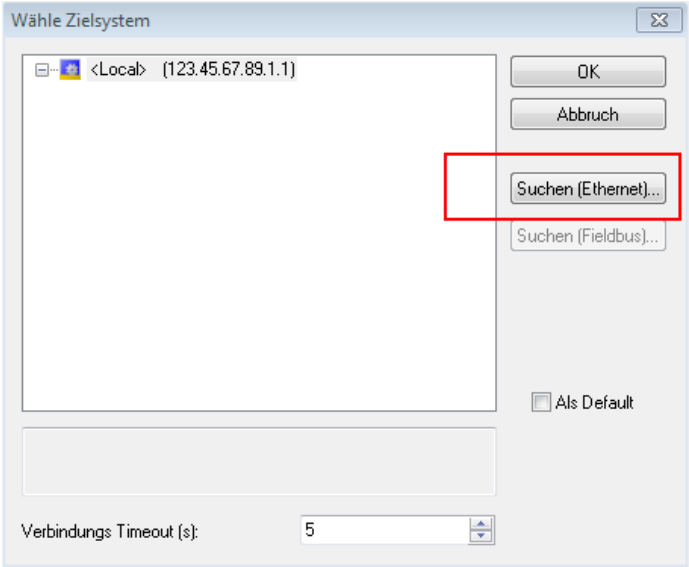


Abb. 49: Auswahldialog: Wähle Zielsystem

Mittels „Suchen (Ethernet)...“ wird das Zielsystem eingetragen. Dadurch wird ein weiterer Dialog geöffnet um hier entweder:

- den bekannten Rechnernamen hinter „Enter Host Name / IP:“ einzutragen (wie rot gekennzeichnet)
- einen „Broadcast Search“ durchzuführen (falls der Rechnername nicht genau bekannt)
- die bekannte Rechner - IP oder AmsNetId einzutragen

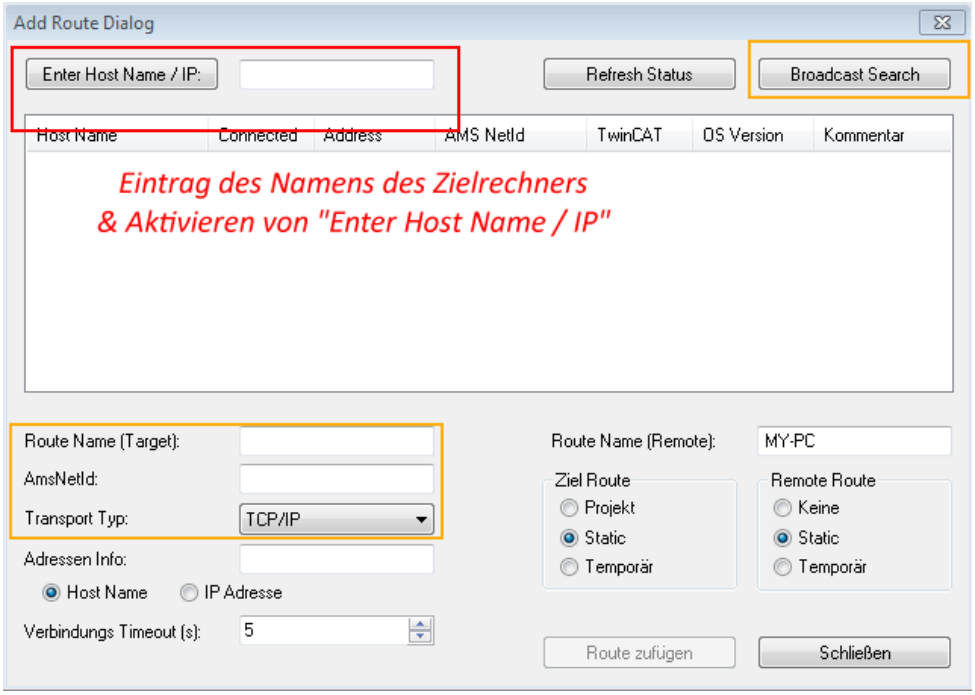
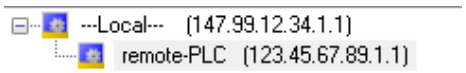


Abb. 50: PLC für den Zugriff des TwinCAT System Managers festlegen: Auswahl des Zielsystems

Ist das Zielsystem eingetragen, steht dieses wie folgt zur Auswahl (ggf. muss zuvor das korrekte Passwort eingetragen werden):



Nach der Auswahl mit „OK“ ist das Zielsystem über das Visual Studio Shell ansprechbar.

Geräte einfügen

In dem linksseitigen Projektmappen-Explorer der Benutzeroberfläche des Visual Studio Shell wird innerhalb des Elementes „E/A“ befindliche „Geräte“ selektiert und sodann entweder über Rechtsklick ein Kontextmenü geöffnet und „Scan“ ausgewählt oder in der Menüleiste mit die Aktion gestartet. Ggf. ist zuvor der TwinCAT System Manager in den „Konfig Modus“ mittels oder über das Menü „TWINCAT“ → „Restart TwinCAT (Config Mode)“ zu versetzen.

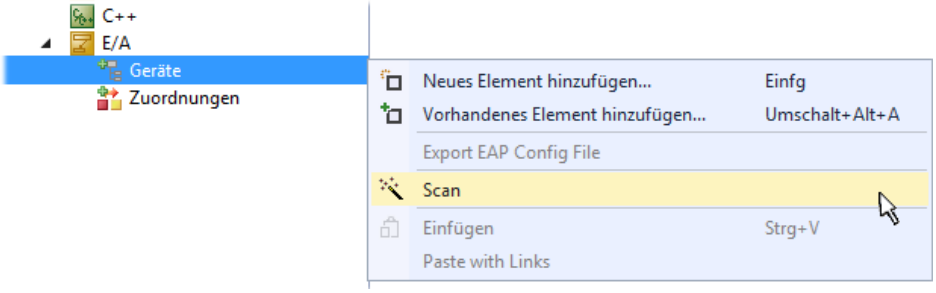


Abb. 51: Auswahl „Scan“

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

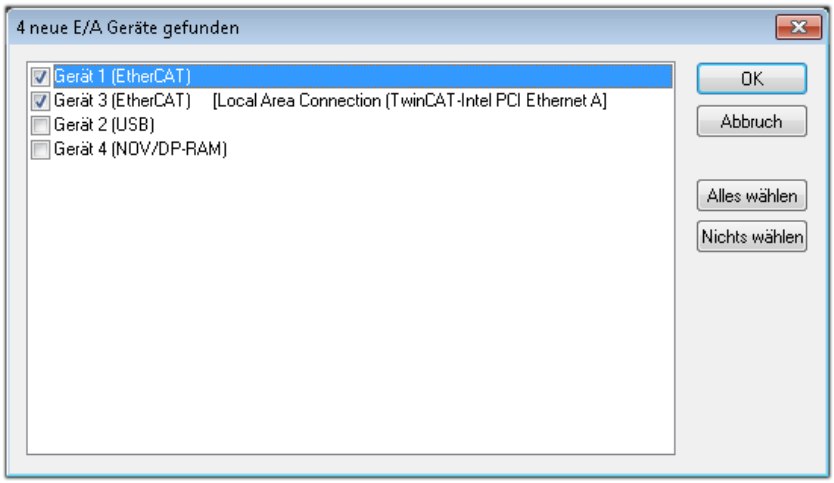


Abb. 52: Automatische Erkennung von E/A-Geräten: Auswahl der einzubindenden Geräte

Ebenfalls ist anschließend die Meldung „nach neuen Boxen suchen“ zu bestätigen, um die an den Geräten angebundenen Klemmen zu ermitteln. „Free Run“ erlaubt das Manipulieren von Ein- und Ausgangswerten innerhalb des „Config Modus“ und sollte ebenfalls bestätigt werden.

Ausgehend von der am Anfang dieses Kapitels beschriebenen Beispielkonfiguration [▶ 49] sieht das Ergebnis wie folgt aus:

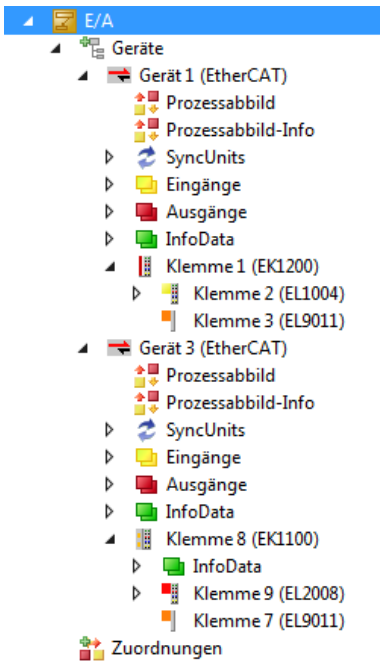


Abb. 53: Abbildung der Konfiguration in VS Shell der TwinCAT 3 Umgebung

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

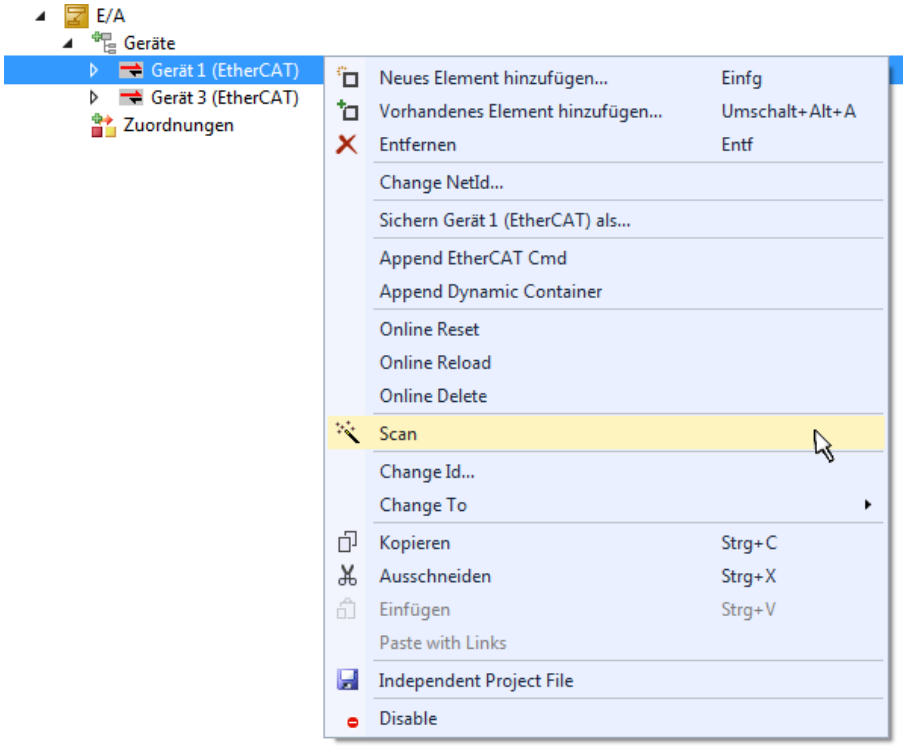


Abb. 54: Einlesen von einzelnen an einem Gerät befindlichen Klemmen

Diese Funktionalität ist nützlich, falls die Konfiguration (d. h. der „reale Aufbau“) kurzfristig geändert wird.

PLC programmieren

TwinCAT PLC Control ist die Entwicklungsumgebung zur Erstellung der Steuerung in unterschiedlichen Programmumgebungen: Das TwinCAT PLC Control unterstützt alle in der IEC 61131-3 beschriebenen Sprachen. Es gibt zwei textuelle Sprachen und drei grafische Sprachen.

- **Textuelle Sprachen**
  - Anweisungsliste (AWL, IL)
  - Strukturierter Text (ST)
- **Grafische Sprachen**
  - Funktionsplan (FUP, FBD)
  - Kontaktplan (KOP, LD)
  - Freigrafischer Funktionsplaneditor (CFC)
  - Ablaufsprache (AS, SFC)

Für die folgenden Betrachtungen wird lediglich vom strukturierten Text (ST) Gebrauch gemacht.

Um eine Programmierumgebung zu schaffen, wird dem Beispielprojekt über das Kontextmenü von „SPS“ im Projektmappen-Explorer durch Auswahl von „Neues Element hinzufügen….“ ein PLC Unterprojekt hinzugefügt:

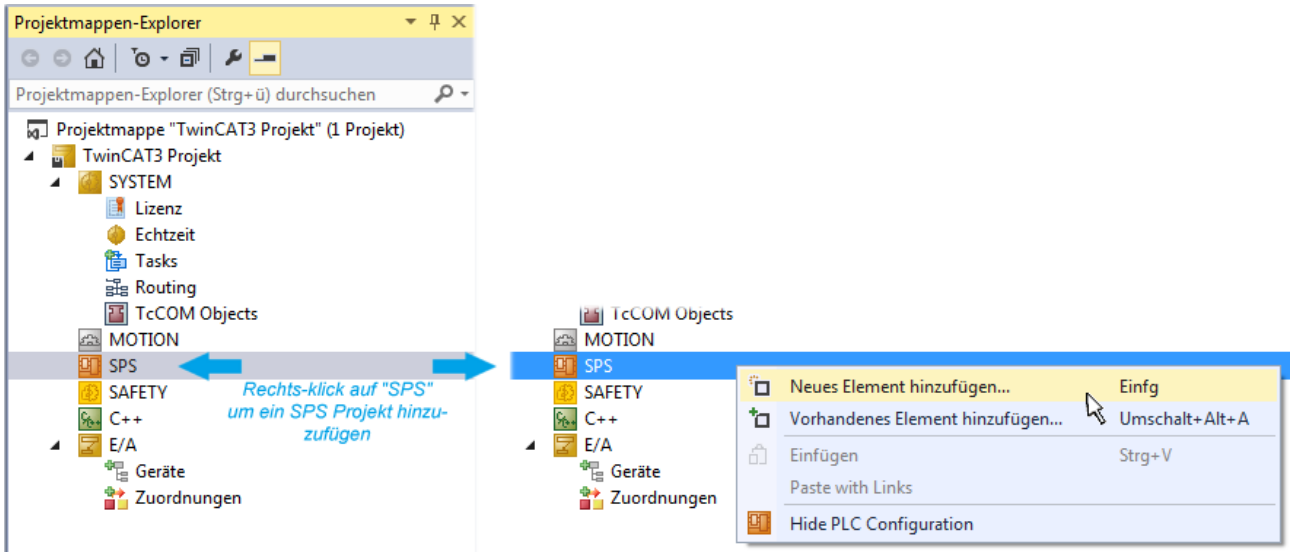


Abb. 55: Einfügen der Programmierumgebung in „SPS“

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

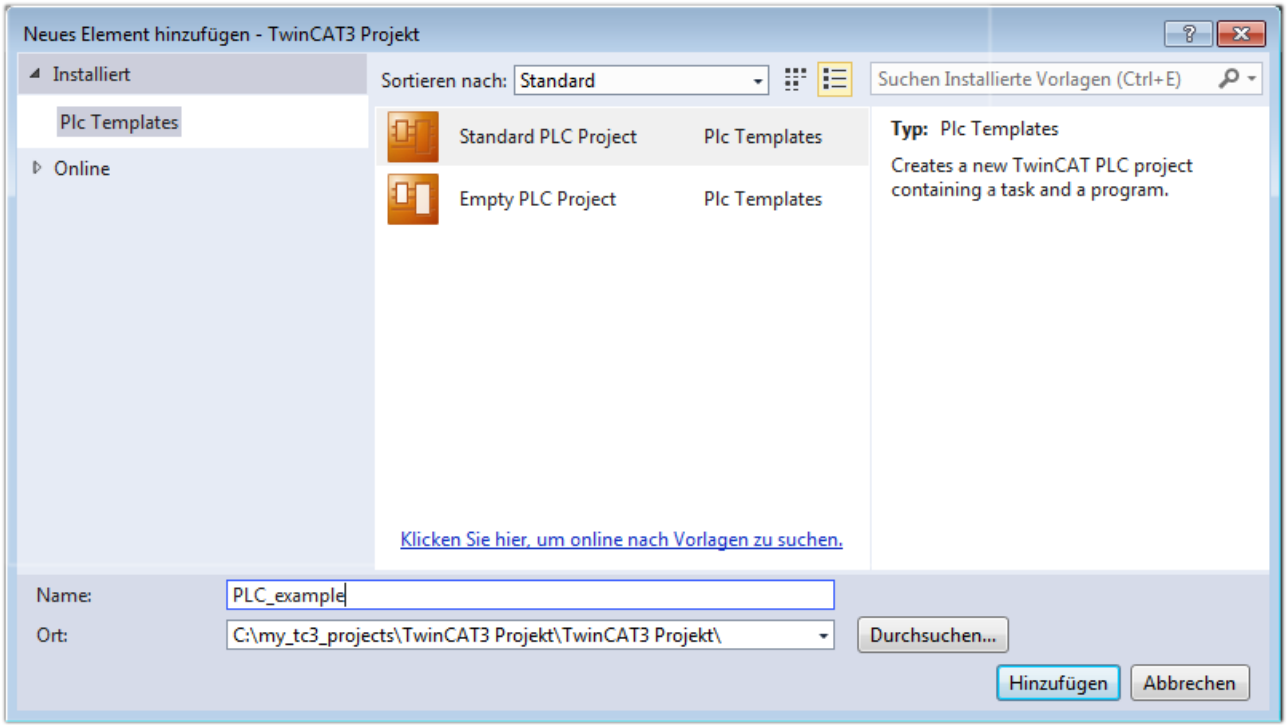


Abb. 56: Festlegen des Namens bzw. Verzeichnisses für die PLC Programmierumgebung

Das durch Auswahl von „Standard PLC Projekt“ bereits existierende Programm „Main“ kann über das „PLC_example_Project“ in „POUs“ durch Doppelklick geöffnet werden. Es wird folgende Benutzeroberfläche für ein initiales Projekt dargestellt:

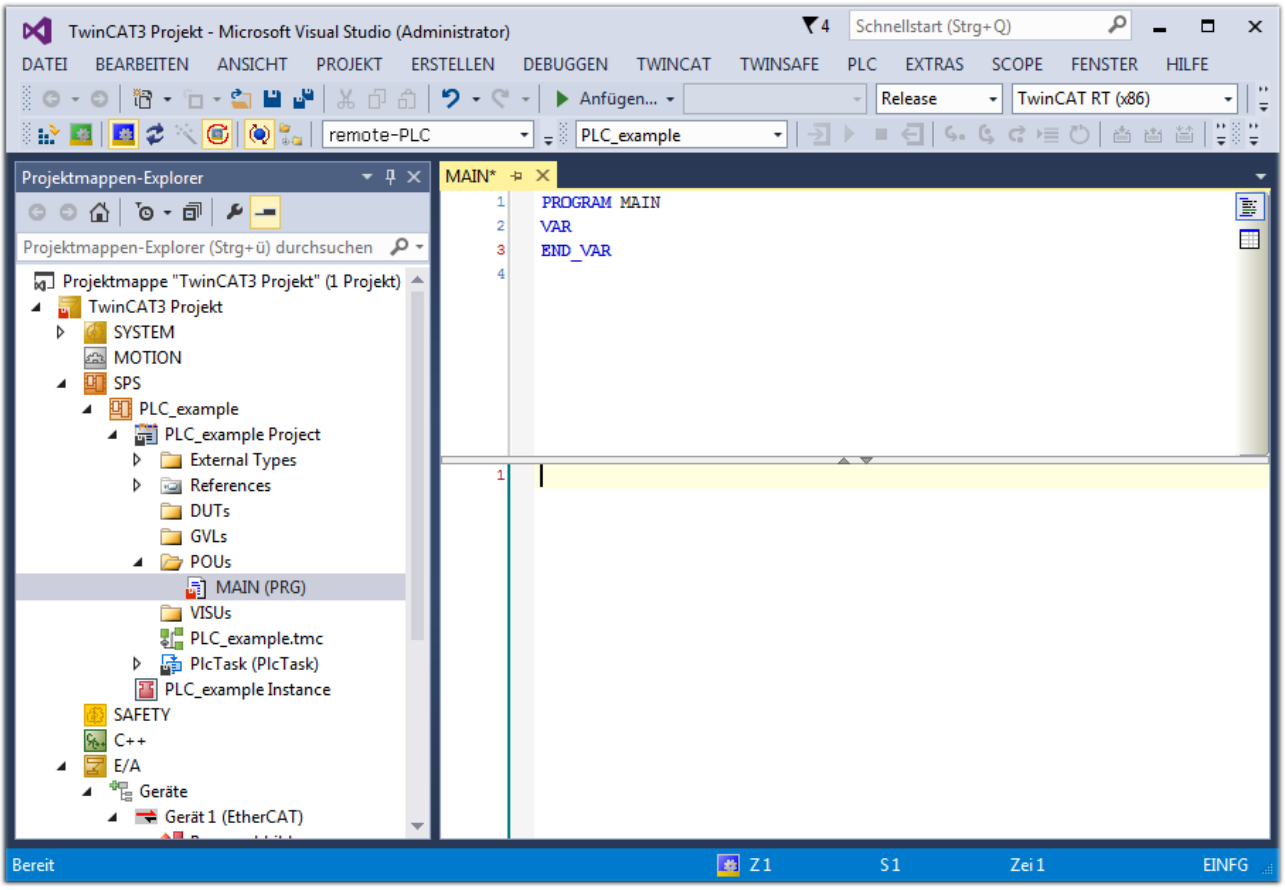


Abb. 57: Initiales Programm „Main“ des Standard PLC Projektes

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

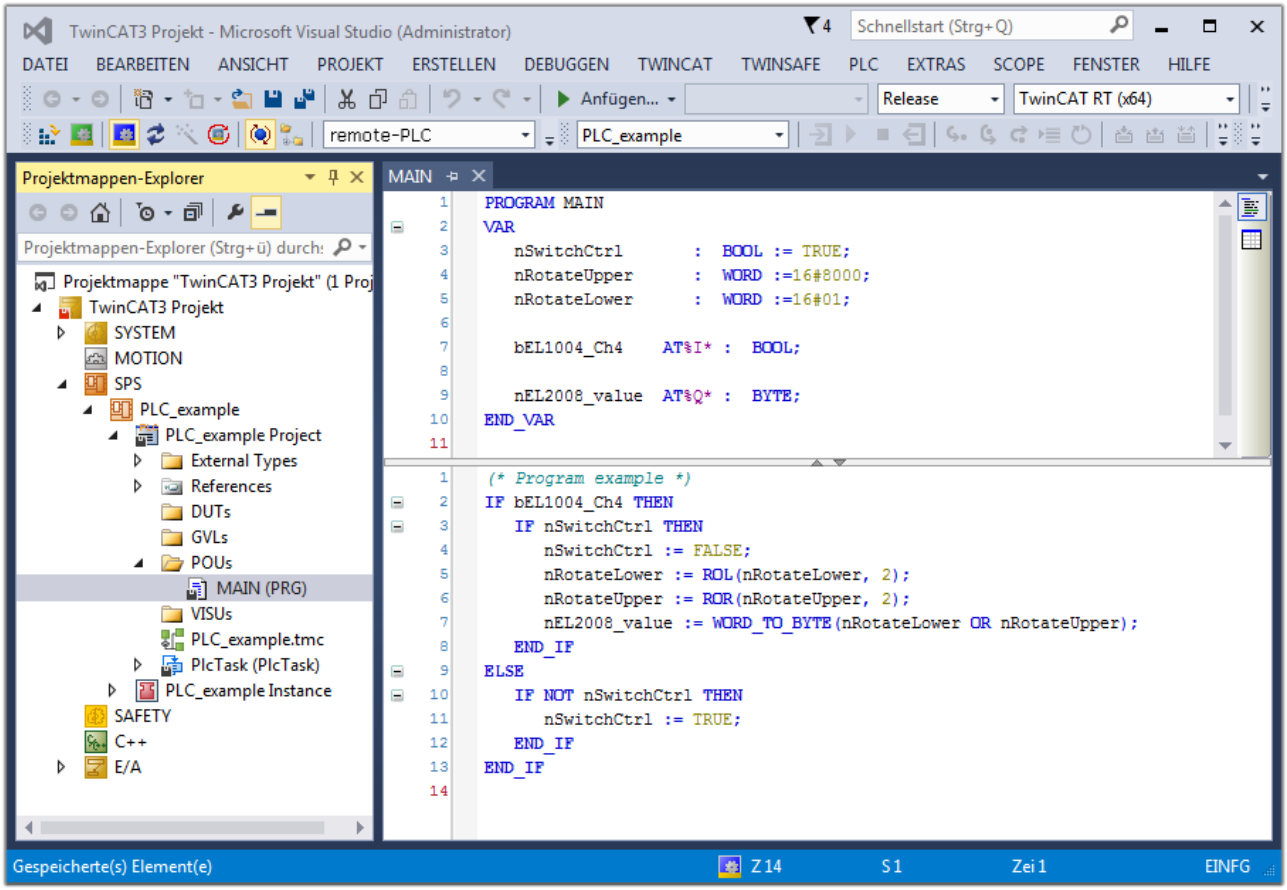


Abb. 58: Beispielprogramm mit Variablen nach einem Kompiliervorgang (ohne Variablenanbindung)

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

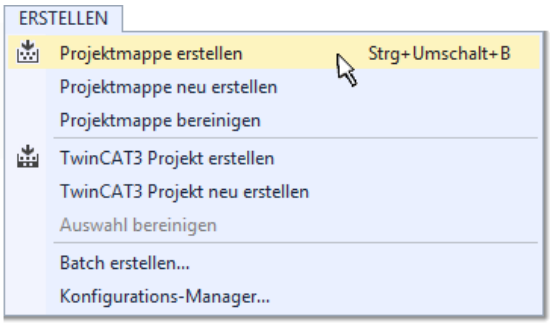
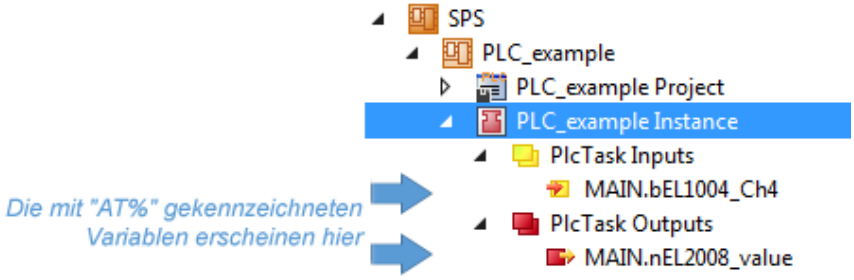


Abb. 59: Kompilierung des Programms starten

Anschließend liegen in den „Zuordnungen“ des Projektmappen-Explorers die folgenden – im ST/ PLC Programm mit „AT%“ gekennzeichneten Variablen vor:



Variablen Zuordnen

Über das Menü einer Instanz – Variablen innerhalb des „SPS“ Kontextes wird mittels „Verknüpfung Ändern…“ ein Fenster zur Auswahl eines passenden Prozessobjektes (PDOs) für dessen Verknüpfung geöffnet:

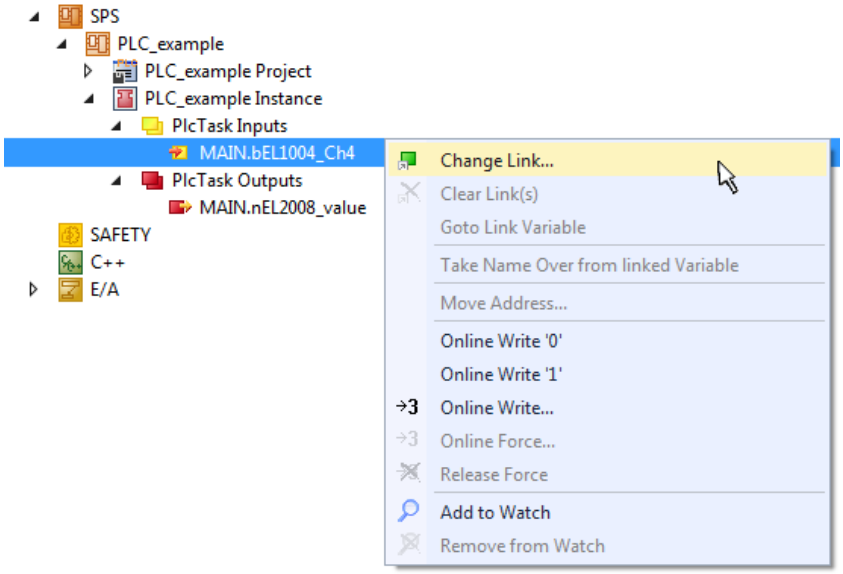


Abb. 60: Erstellen der Verknüpfungen PLC-Variablen zu Prozessobjekten

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

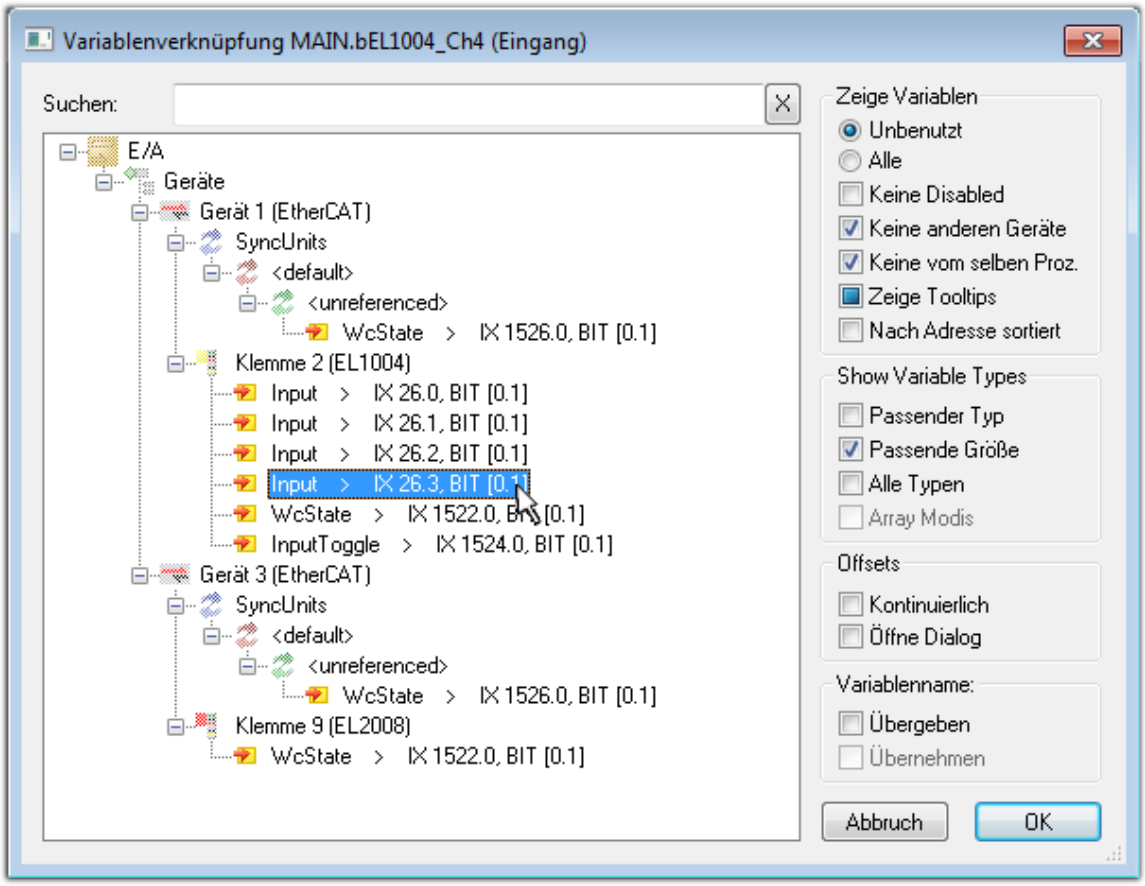


Abb. 61: Auswahl des PDO vom Typ BOOL

Entsprechend der Standarteinstellungen stehen nur bestimmte PDO-Objekte zur Auswahl zur Verfügung. In diesem Beispiel wird von der Klemme EL1004 der Eingang von Kanal 4 zur Verknüpfung ausgewählt. Im Gegensatz hierzu muss für das Erstellen der Verknüpfung der Ausgangsvariablen die Checkbox „Alle Typen“ aktiviert werden, um in diesem Fall eine Byte-Variable einen Satz von acht separaten Ausgangsbits zuzuordnen. Die folgende Abbildung zeigt den gesamten Vorgang:

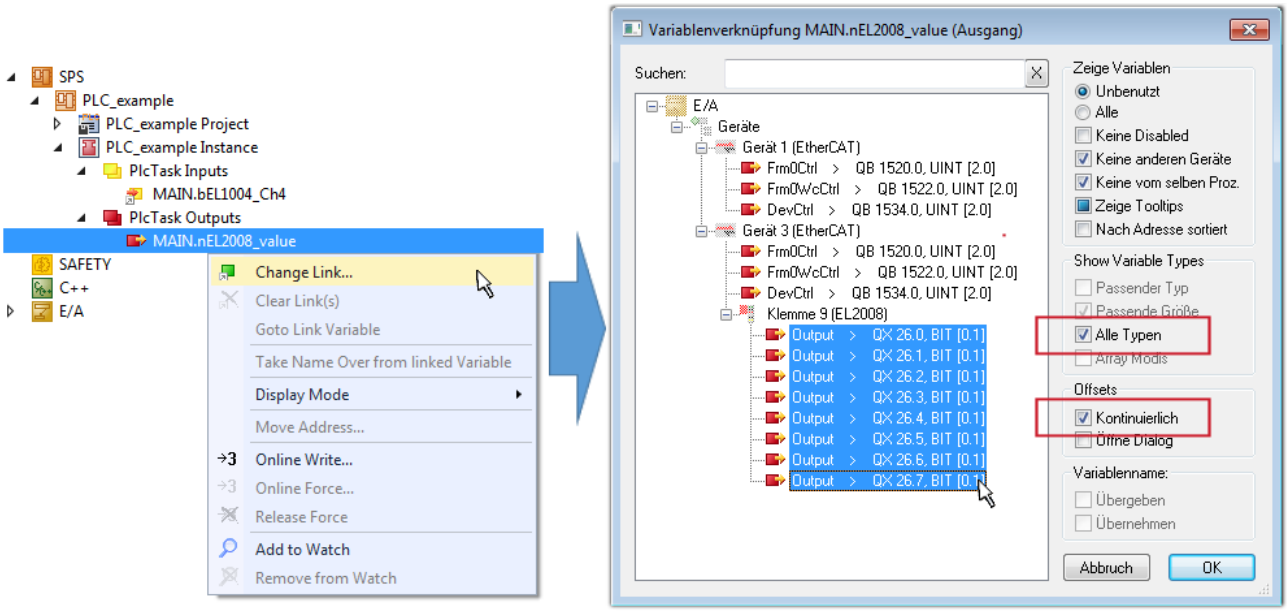


Abb. 62: Auswahl von mehreren PDO gleichzeitig: Aktivierung von „Kontinuierlich“ und „Alle Typen“

Zu sehen ist, dass überdies die Checkbox „Kontinuierlich“ aktiviert wurde. Dies ist dafür vorgesehen, dass die in dem Byte der Variablen „nEL2008_value“ enthaltenen Bits allen acht ausgewählten Ausgangsbits der Klemme EL2008 der Reihenfolge nach zugeordnet werden sollen. Damit ist es möglich, alle acht Ausgänge der Klemme mit einem Byte entsprechend Bit 0 für Kanal 1 bis Bit 7 für Kanal 8 von der PLC im Programm später anzusprechen. Ein spezielles Symbol ( ) an dem gelben bzw. roten Objekt der Variablen zeigt an, dass hierfür eine Verknüpfung existiert. Die Verknüpfungen können z. B. auch überprüft werden, indem „Goto Link Variable“ aus dem Kontextmenü einer Variable ausgewählt wird. Dann wird automatisch das gegenüberliegende verknüpfte Objekt, in diesem Fall das PDO selektiert:

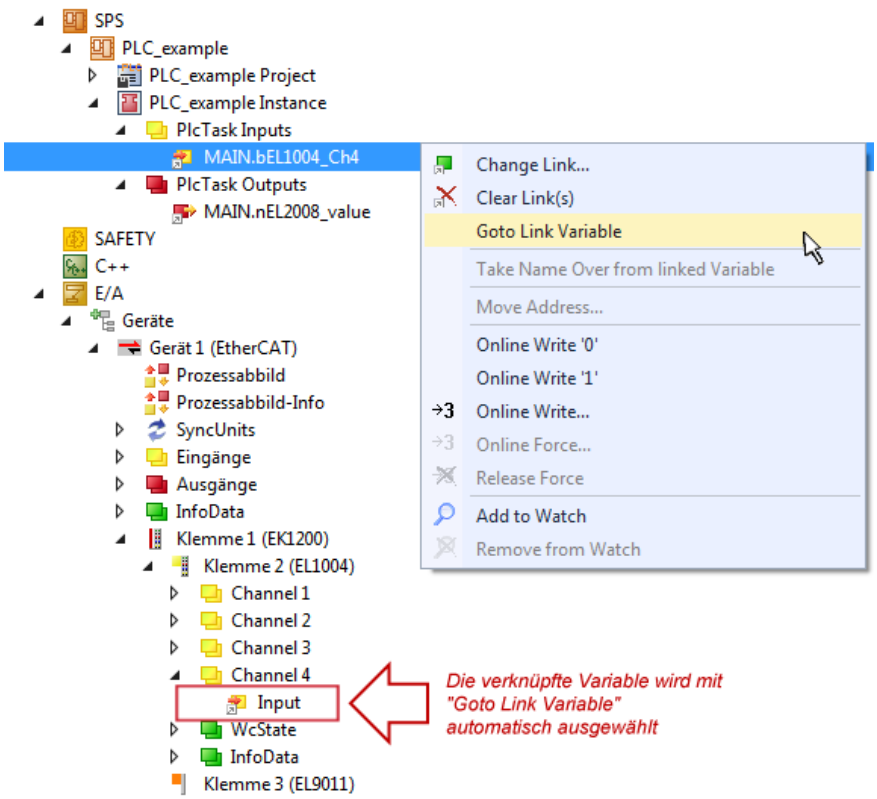


Abb. 63: Anwendung von "Goto Link Variable" am Beispiel von „MAIN.bEL1004_Ch4“

Der Vorgang zur Erstellung von Verknüpfungen kann auch in umgekehrter Richtung, d. h. von einzelnen PDO ausgehend zu einer Variablen erfolgen. In diesem Beispiel wäre dann allerdings eine komplette Auswahl aller Ausgangsbits der EL2008 nicht möglich, da die Klemme nur einzelne digitale Ausgänge zur Verfügung stellt. Hat eine Klemme ein Byte, Word, Integer oder ein ähnliches PDO, so ist es möglich dies wiederum einen Satz von bit-typisierten Variablen zuzuordnen. Auch hier kann ebenso in die andere Richtung ein „Goto Link Variable“ ausgeführt werden, um dann die betreffende Instanz der PLC zu selektieren.

Hinweis zur Art der Variablen-Zuordnung

Diese folgende Art der Variablen Zuordnung kann erst ab der TwinCAT Version V3.1.4024.4 verwendet werden und ist ausschließlich bei Klemmen mit einem Mikrocontroller verfügbar.

In TwinCAT ist es möglich eine Struktur aus den gemappten Prozessdaten einer Klemme zu erzeugen. Von dieser Struktur kann dann in der SPS eine Instanz angelegt werden, so dass aus der SPS direkt auf die Prozessdaten zugegriffen werden kann, ohne eigene Variablen deklarieren zu müssen.

Beispielhaft wird das Vorgehen an der EL3001 1-Kanal-Analog-Eingangsklemme -10…+10 V gezeigt.

1. Zuerst müssen die benötigten Prozessdaten im Reiter „Prozessdaten“ in TwinCAT ausgewählt werden.
2. Anschließend muss der SPS Datentyp im Reiter „PLC“ über die Check-Box generiert werden.
3. Der Datentyp im Feld „Data Type“ kann dann über den „Copy“-Button kopiert werden.

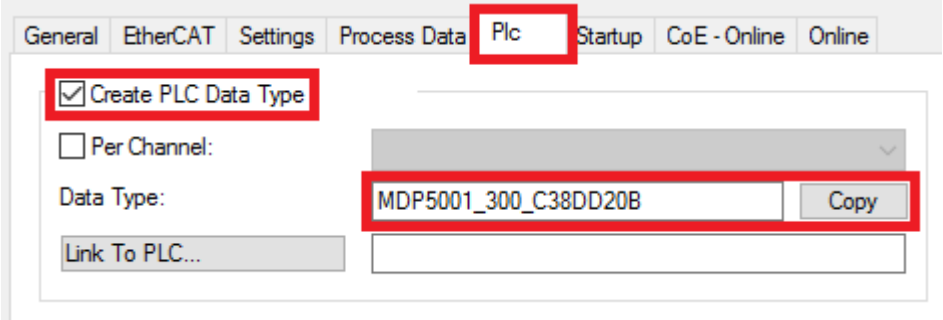


Abb. 64: Erzeugen eines SPS Datentyps

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

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

Abb. 65: Instance_of_struct

5. Anschließend muss die Projektmappe erstellt werden. Das kann entweder über die Tastenkombination „STRG + Shift + B“ gemacht werden oder über den Reiter „Erstellen“/ „Build“ in TwinCAT.
6. Die Struktur im Reiter „PLC“ der Klemme muss dann mit der angelegten Instanz verknüpft werden.

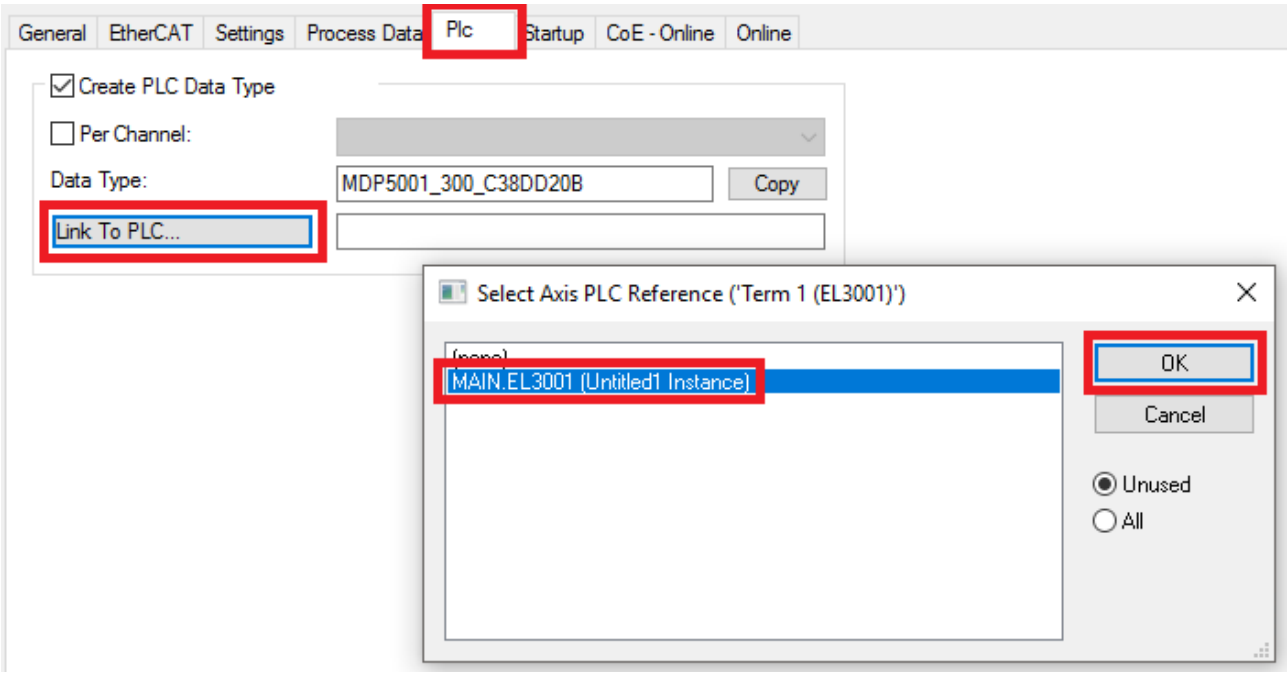


Abb. 66: Verknüpfung der Struktur

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

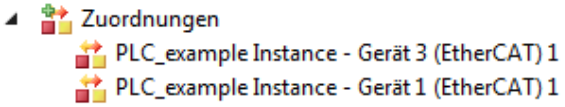
```
MAIN*
1  PROGRAM MAIN
2  VAR
3      EL3001   : MDP5001_300_C38DD20B;
4
5      nVoltage: INT;
6  END_VAR

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

MDP5001_300_AI_Standard_Status
MDP5001_300_AI_Standard_Value

Abb. 67: Lesen einer Variable aus der Struktur der Prozessdaten

Aktivieren der Konfiguration

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



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

Starten der Steuerung

Entweder über die Menüauswahl „PLC“ → „Einloggen“ oder per Klick auf ist die PLC mit dem Echtzeitsystem zu verbinden und nachfolgend das Steuerprogramm zu geladen, um es ausführen lassen zu können. Dies wird entsprechend mit der Meldung *„Kein Programm auf der Steuerung! Soll das neue Programm geladen werden?“* bekannt gemacht und ist mit “Ja” zu beantworten. Die Laufzeitumgebung ist bereit zum Programmstart mit Klick auf das Symbol , Taste „F5“ oder entsprechend auch über „PLC“ im Menü durch Auswahl von „Start“. Die gestartete Programmierumgebung zeigt sich mit einer Darstellung der Laufzeitwerte von einzelnen Variablen:

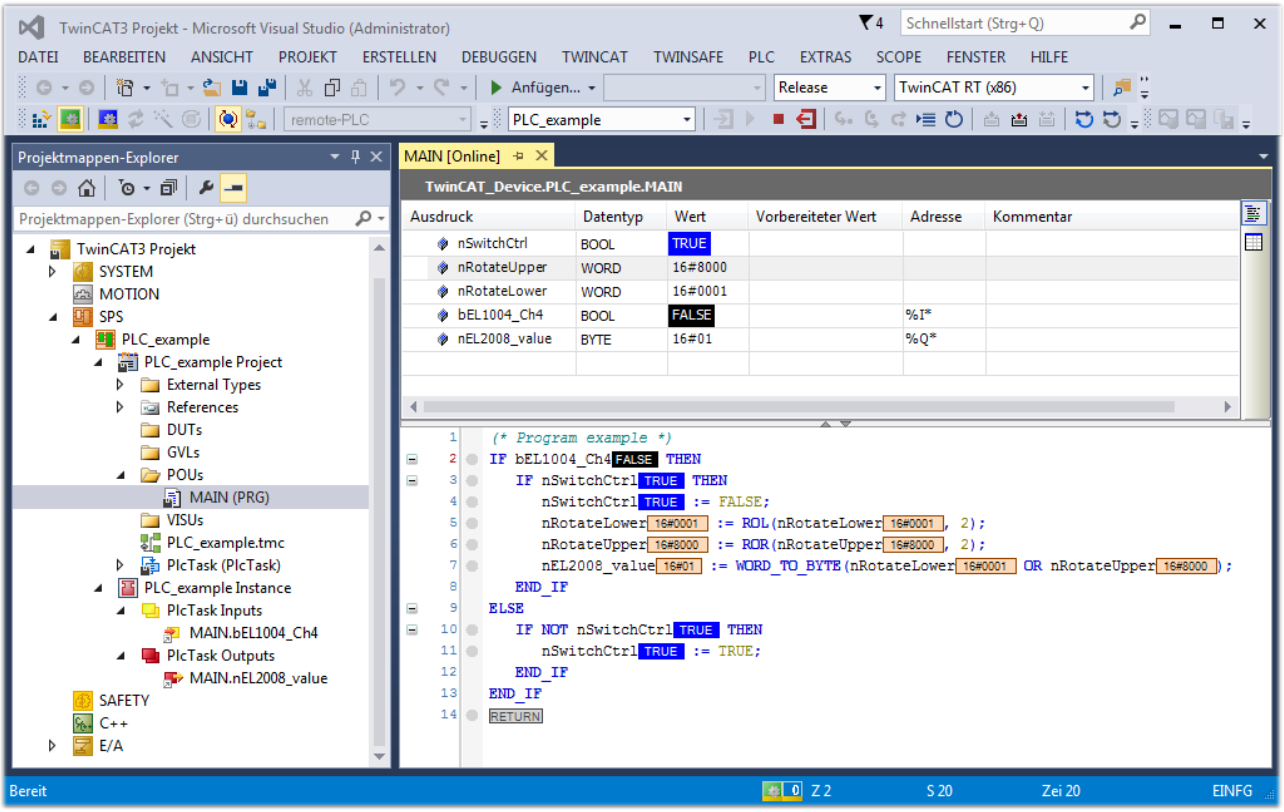


Abb. 68: TwinCAT 3 Entwicklungsumgebung (VS Shell): Logged-in, nach erfolgten Programmstart

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

5.2 TwinCAT Entwicklungsumgebung

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

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

Details:

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

Zusätzlich bietet:

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

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

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

5.2.1 Installation der TwinCAT Realtime-Treiber

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

Dies kann auf mehreren Wegen vorgenommen werden.

A: Über den TwinCAT Adapter-Dialog

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

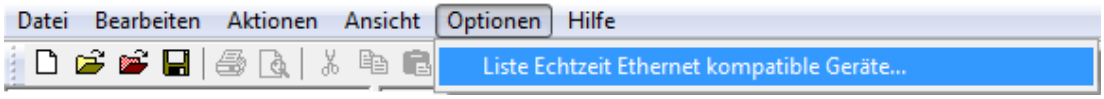


Abb. 69: Aufruf im System Manager (TwinCAT 2)

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

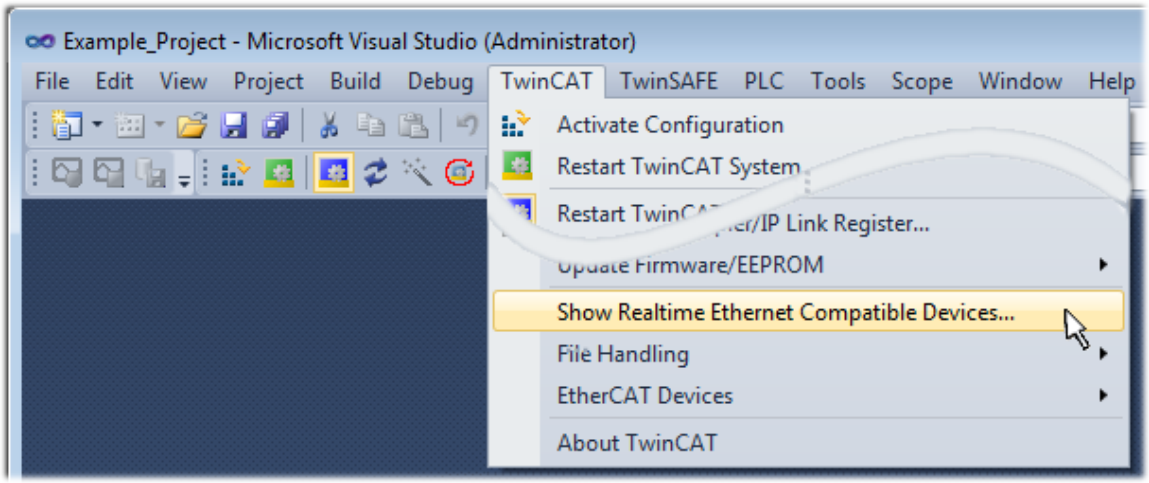


Abb. 70: Aufruf in VS Shell (TwinCAT 3)

B: Über TcRteInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

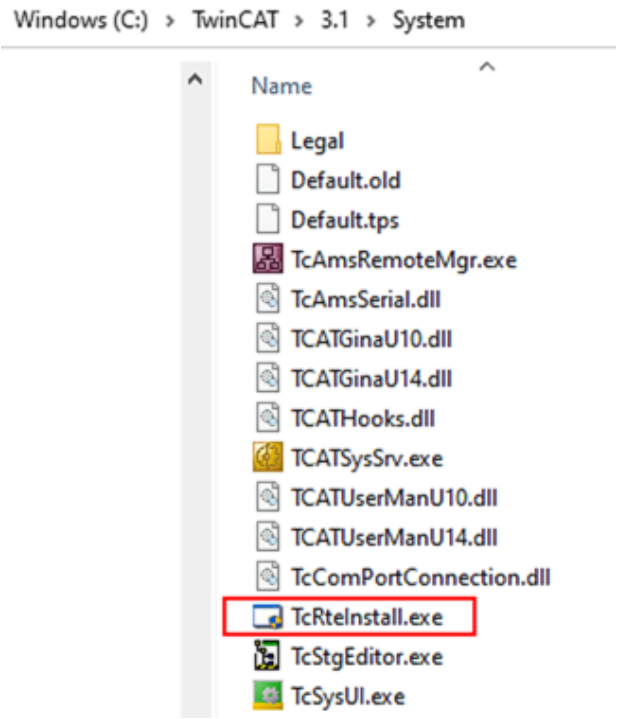


Abb. 71: TcRteInstall.exe im TwinCAT-Verzeichnis

In beiden Fällen erscheint der folgende Dialog:

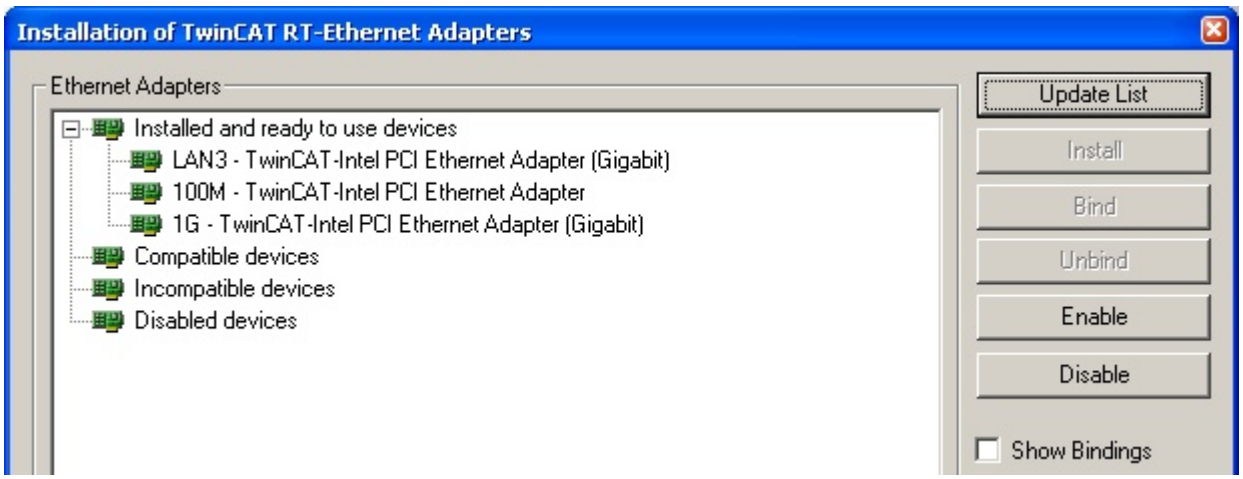


Abb. 72: Übersicht Netzwerkschnittstellen

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

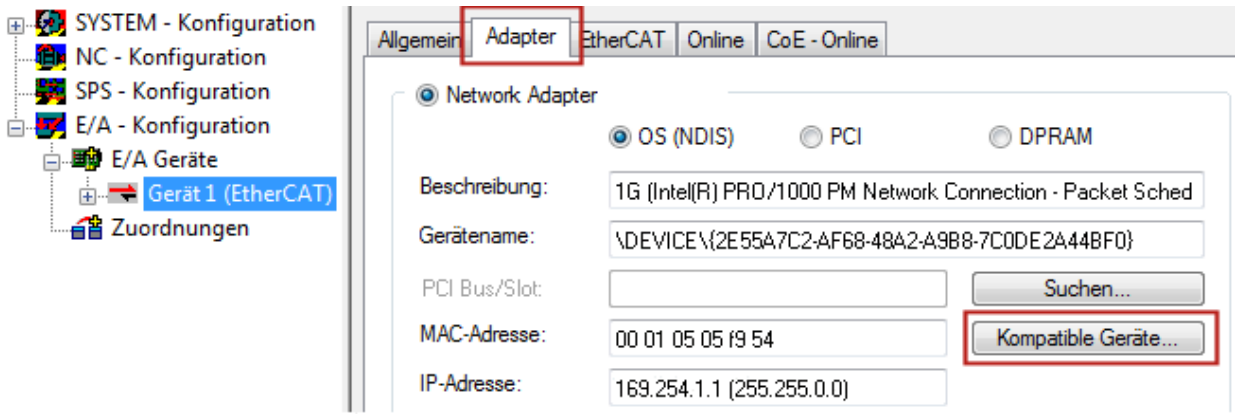
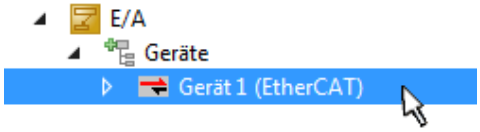


Abb. 73: Eigenschaft von EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2): Klick auf „Kompatible Geräte…“ von „Adapter“

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)

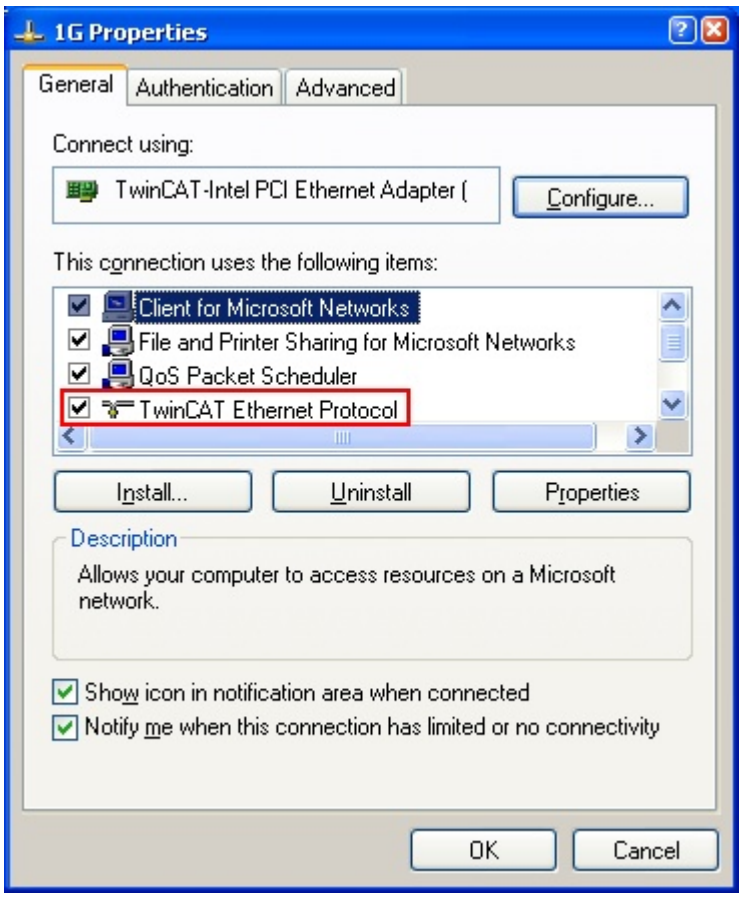


Abb. 74: Windows-Eigenschaften der Netzwerkschnittstelle

Eine korrekte Einstellung des Treibers könnte wie folgt aussehen:

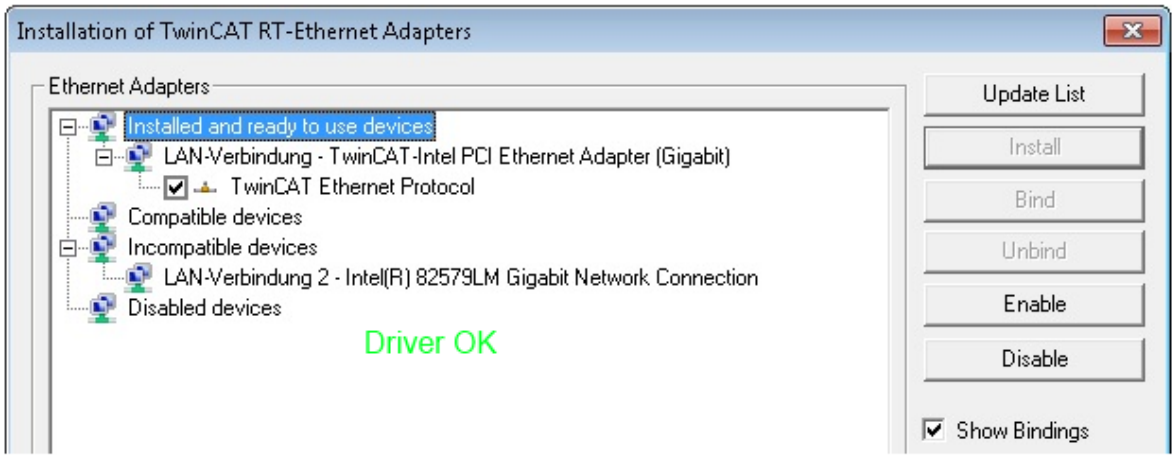


Abb. 75: Beispielhafte korrekte Treiber-Einstellung des Ethernet Ports

Andere mögliche Einstellungen sind zu vermeiden:

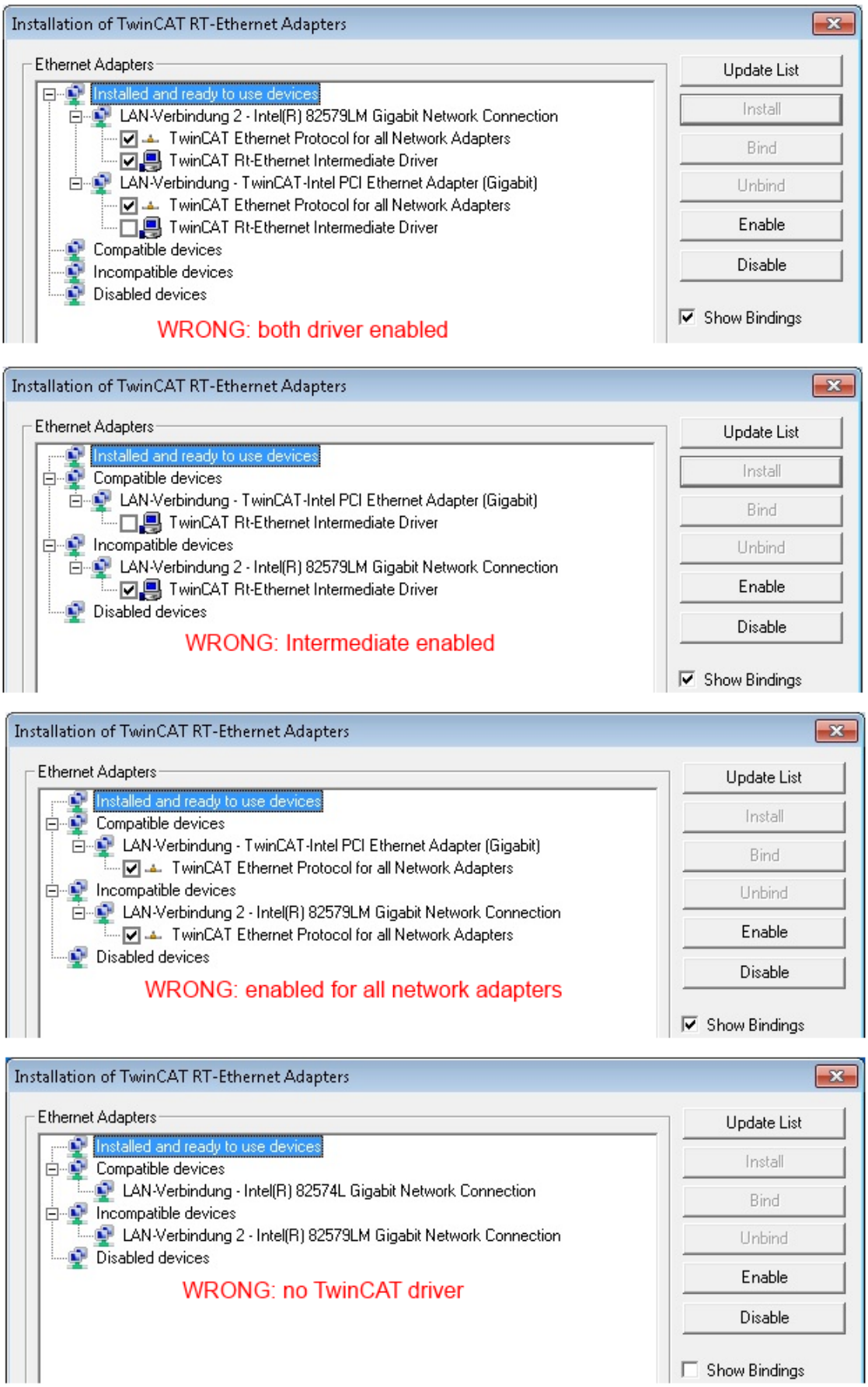


Abb. 76: Fehlerhafte Treiber-Einstellungen des Ethernet Ports

IP-Adresse des verwendeten Ports

IP-Adresse/DHCP

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.

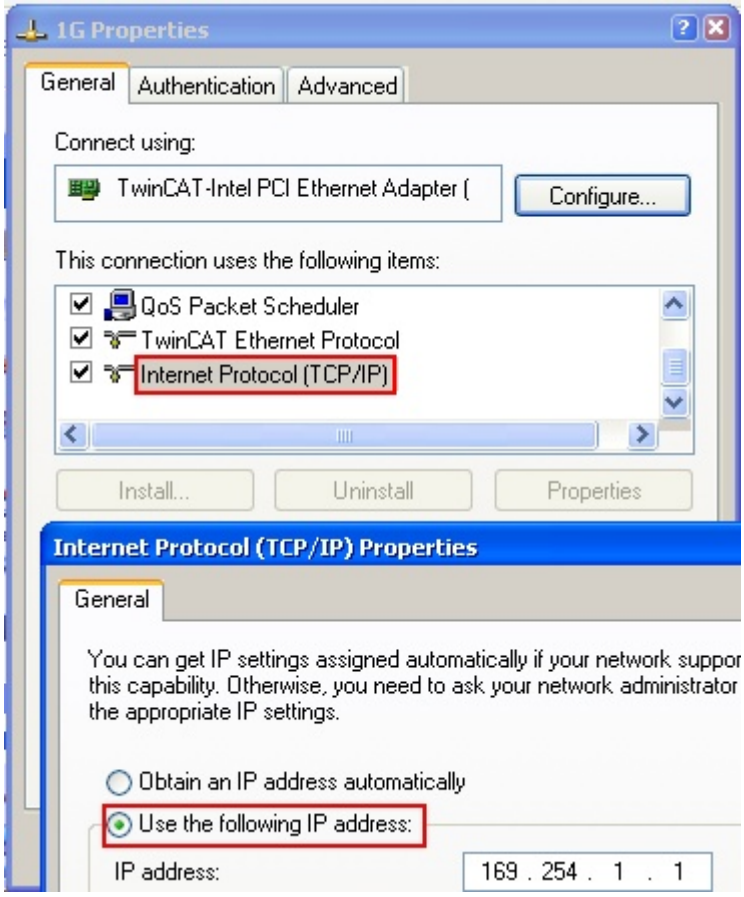


Abb. 77: TCP/IP-Einstellung des Ethernet Ports

5.2.2 Hinweise zur ESI-Gerätebeschreibung

Installation der neuesten ESI-Device-Description

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

Auf der Beckhoff Website werden die ESI für Beckhoff EtherCAT-Geräte bereitgehalten.

Die ESI-Dateien sind im Installationsverzeichnis von TwinCAT abzulegen.

Standardeinstellungen:

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

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

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

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

TwinCAT 2: Options → „Update EtherCAT Device Descriptions“

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

Hierfür steht der TwinCAT ESI Updater [▶ 84] 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 Dateiarten 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“

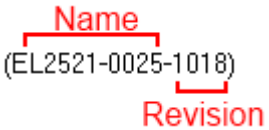


Abb. 78: Gerätebezeichnung: Struktur

Die Bestellbezeichnung aus Typ + Version (hier: EL2521-0025) beschreibt die Funktion des Gerätes. Die Revision gibt den technischen Fortschritt wieder und wird von Beckhoff verwaltet. Prinzipiell kann ein Gerät mit höherer Revision ein Gerät mit niedrigerer Revision ersetzen, wenn z. B. in der Dokumentation nicht anders angegeben. Jeder Revision zugehörig ist eine eigene ESI-Beschreibung. Siehe weitere Hinweise [▶ 9].

Online Description

Wird die EtherCAT Konfiguration online durch Scannen real vorhandener Teilnehmer erstellt (s. Kapitel Online Erstellung) und es liegt zu einem vorgefundenen Slave (ausgezeichnet durch Name und Revision) keine ESI-Beschreibung vor, fragt der System Manager, ob er die im Gerät vorliegende Beschreibung verwenden soll. Der System Manager benötigt in jedem Fall diese Information, um die zyklische und azyklische Kommunikation mit dem Slave richtig einstellen zu können.

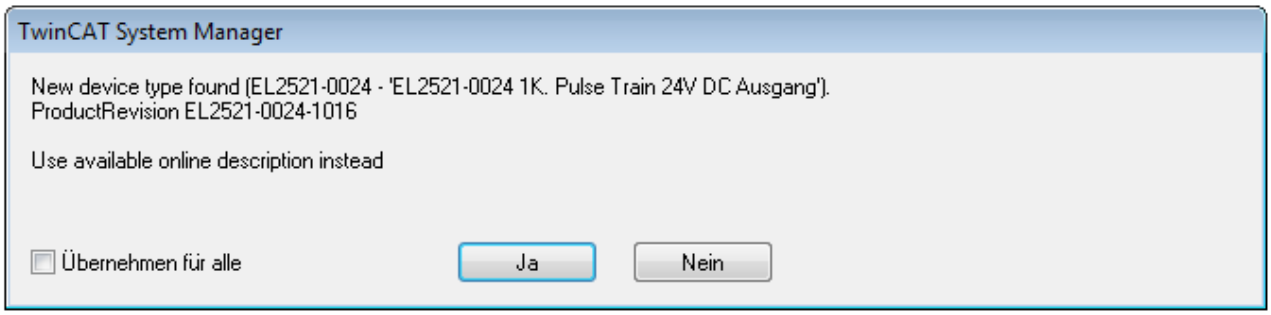


Abb. 79: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 2)

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

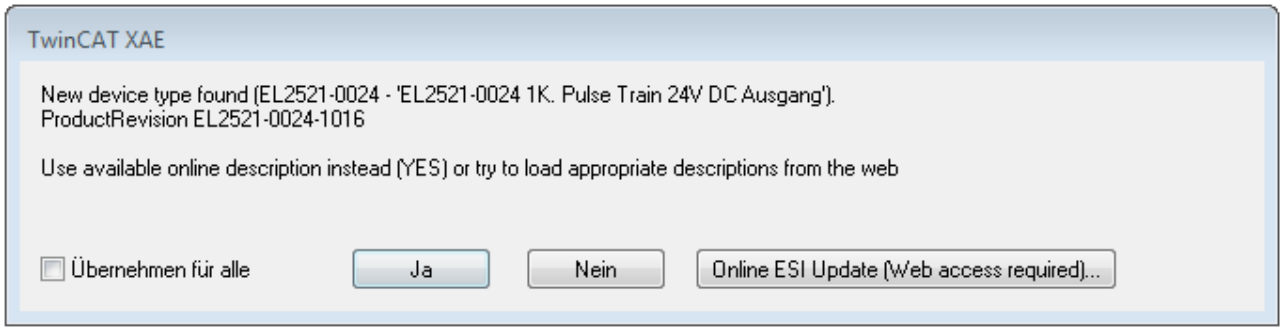


Abb. 80: Hinweisfenster OnlineDescription (TwinCAT 3)

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 unbekannten 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 [▶ 85]“.

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.

OnlineDescriptionCache00000002.xml

Abb. 81: 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. 82: Kennzeichnung einer online erfassten ESI am Beispiel EL2521

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

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

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

OnlineDescription unter TwinCAT 3.x

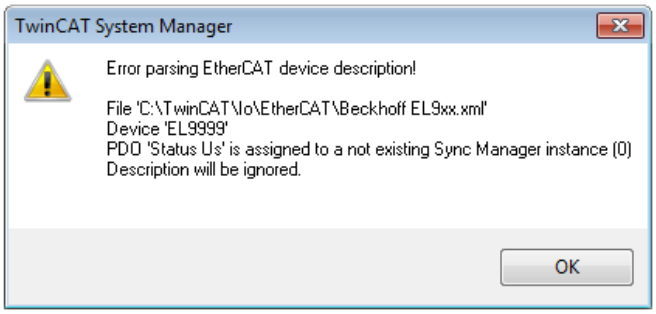
Zusätzlich zu der oben genannten Datei „OnlineDescription0000...xml“ legt TwinCAT 3.x auch einen so genannten EtherCAT-Cache mit neuentdeckten Geräten an, z. B. unter Windows 7 unter

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.



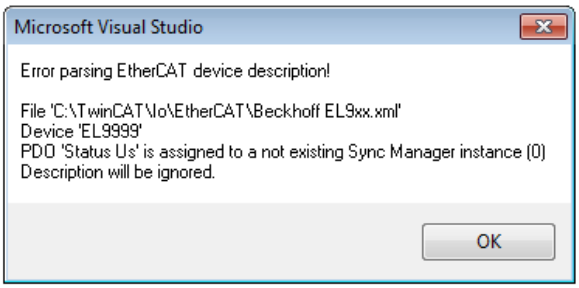


Abb. 83: Hinweisfenster fehlerhafte ESI-Datei (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

Ursachen dafür können sein

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

5.2.3 TwinCAT ESI Updater

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

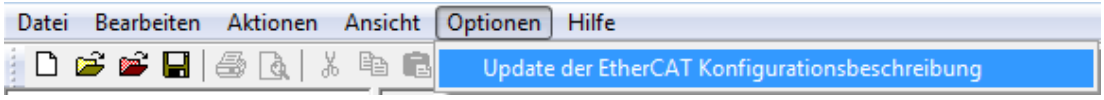


Abb. 84: Anwendung des ESI Updater (>=TwinCAT 2.11)

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

Auswahl bei TwinCAT 3:

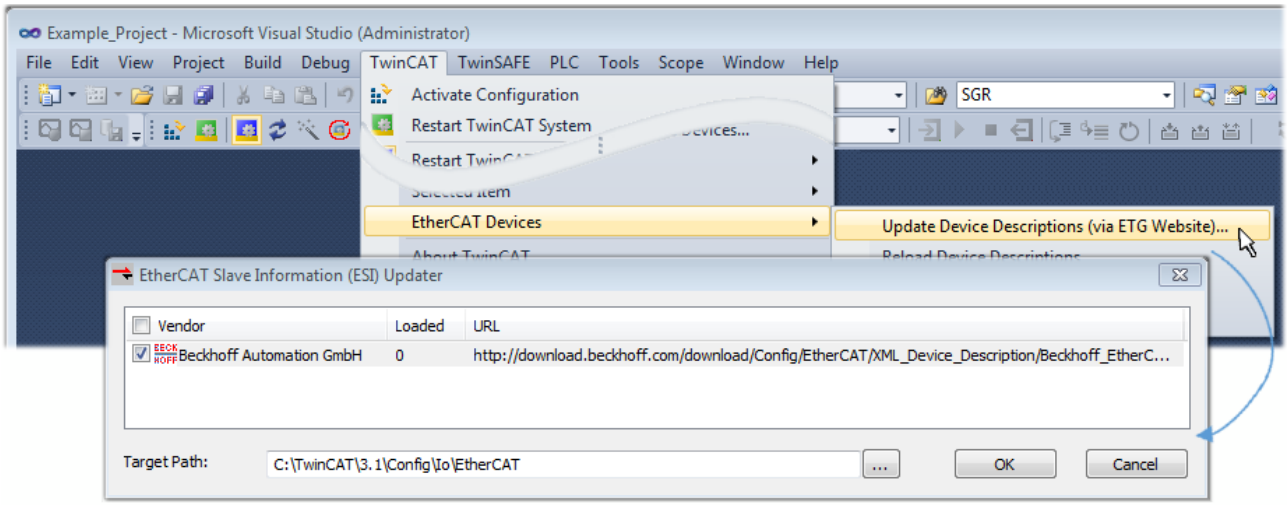


Abb. 85: Anwendung des ESI Updater (TwinCAT 3)

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

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

5.2.4 Unterscheidung Online/Offline

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

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

In jedem Fall prüft der EtherCAT Master bei jedem realen Hochlauf, ob die vorgefundenen Slaves der Konfiguration entsprechen. Dieser Test kann in den erweiterten Slave-Einstellungen parametriert werden. Siehe hierzu den Hinweis „Installation der neuesten ESI-XML-Device-Description“ [▶ 80].

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 [▶ 90] (Ethernet-Port am IPC)
- Erkennen der angeschlossenen EtherCAT-Teilnehmer [▶ 91]. Dieser Schritt kann auch unabhängig vom vorangehenden durchgeführt werden.
- Problembehandlung [▶ 94]

Auch kann der Scan bei bestehender Konfiguration [▶ 95] zum Vergleich durchgeführt werden.

5.2.5 OFFLINE Konfigurationserstellung

Anlegen des Geräts EtherCAT

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

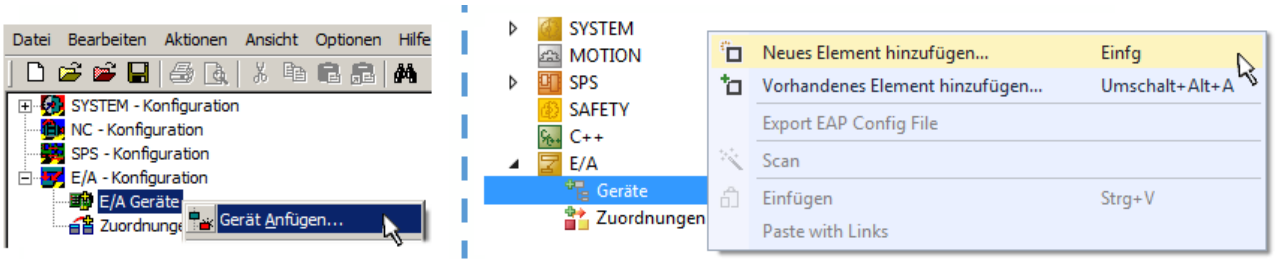


Abb. 86: Anfügen eines EtherCAT Device: links TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3

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.

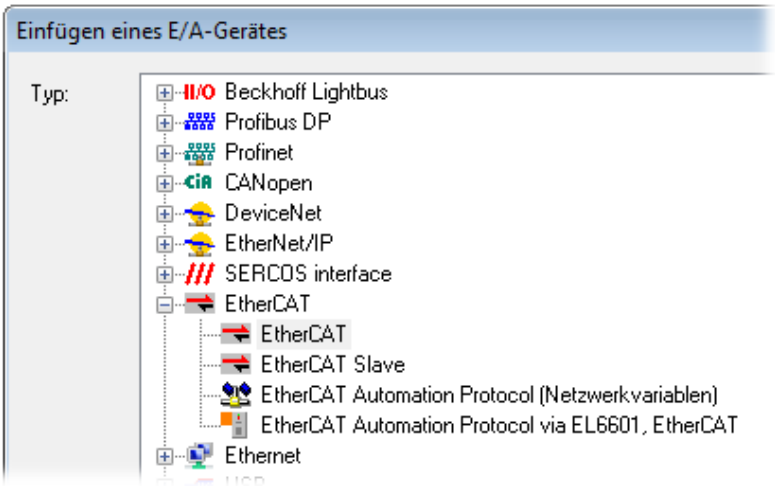


Abb. 87: Auswahl EtherCAT Anschluss (TwinCAT 2.11, TwinCAT 3)

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

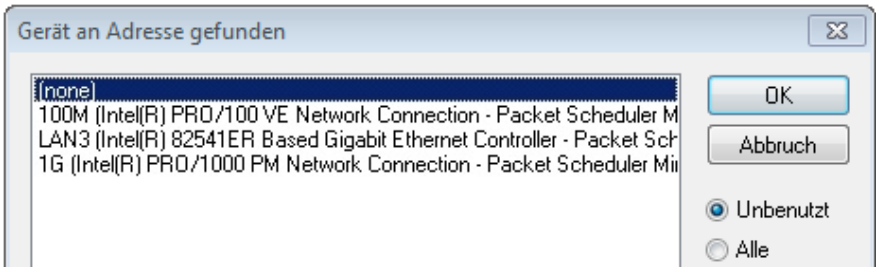


Abb. 88: Auswahl Ethernet Port

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)“.

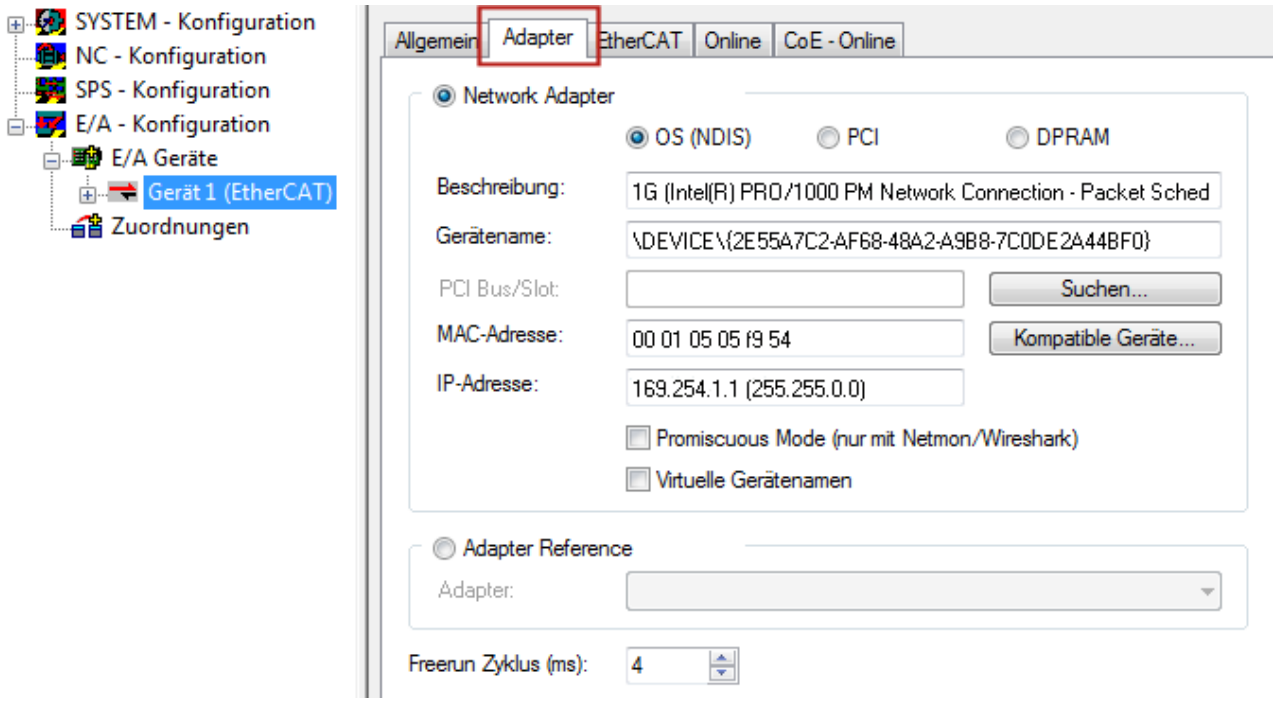
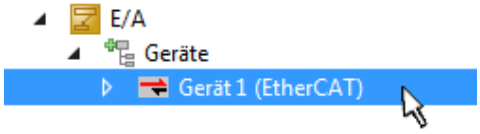


Abb. 89: Eigenschaften EtherCAT-Gerät (TwinCAT 2)

TwinCAT 3: Die Eigenschaften des EtherCAT-Gerätes können mit Doppelklick auf „Gerät .. (EtherCAT)“ im Projektmappen-Explorer unter „E/A“ geöffnet werden:



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 [▶ 74].

Definieren von EtherCAT Slaves

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

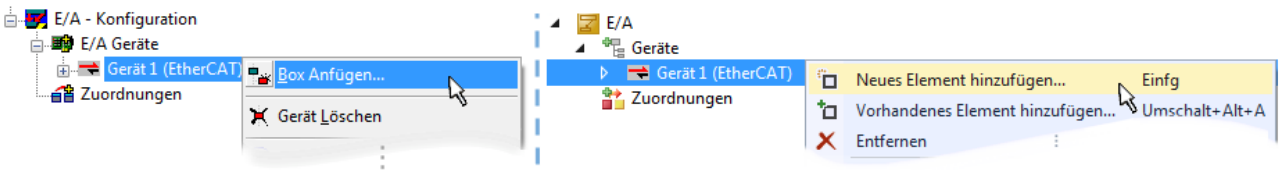


Abb. 90: Anfügen von EtherCAT-Geräten (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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).

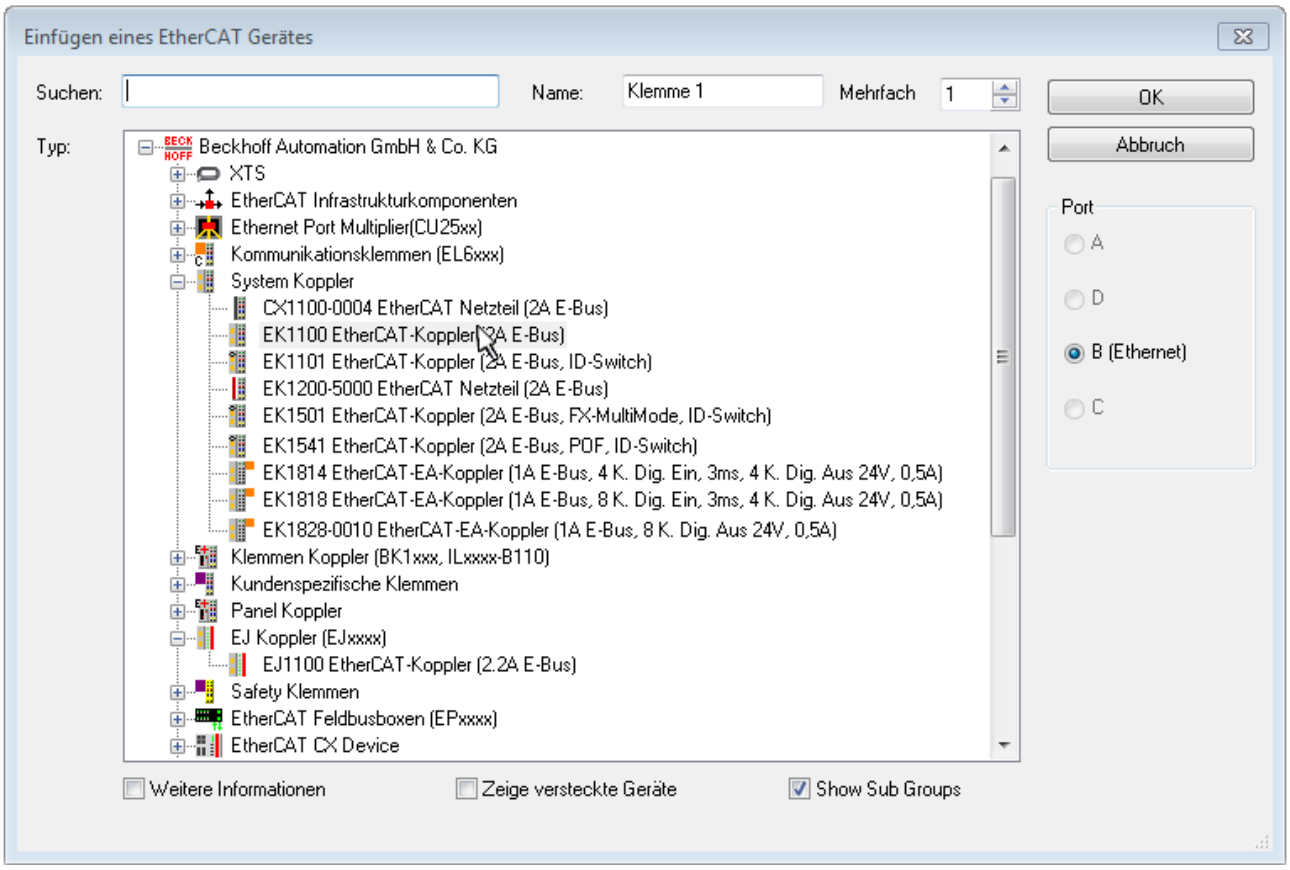


Abb. 91: Auswahldialog neues EtherCAT-Gerät

Standardmäßig wird nur der Name/Typ des Gerätes als Auswahlkriterium verwendet. Für eine gezielte Auswahl einer bestimmen Revision des Gerätes kann die Revision als „Extended Information“ eingeblendet werden.

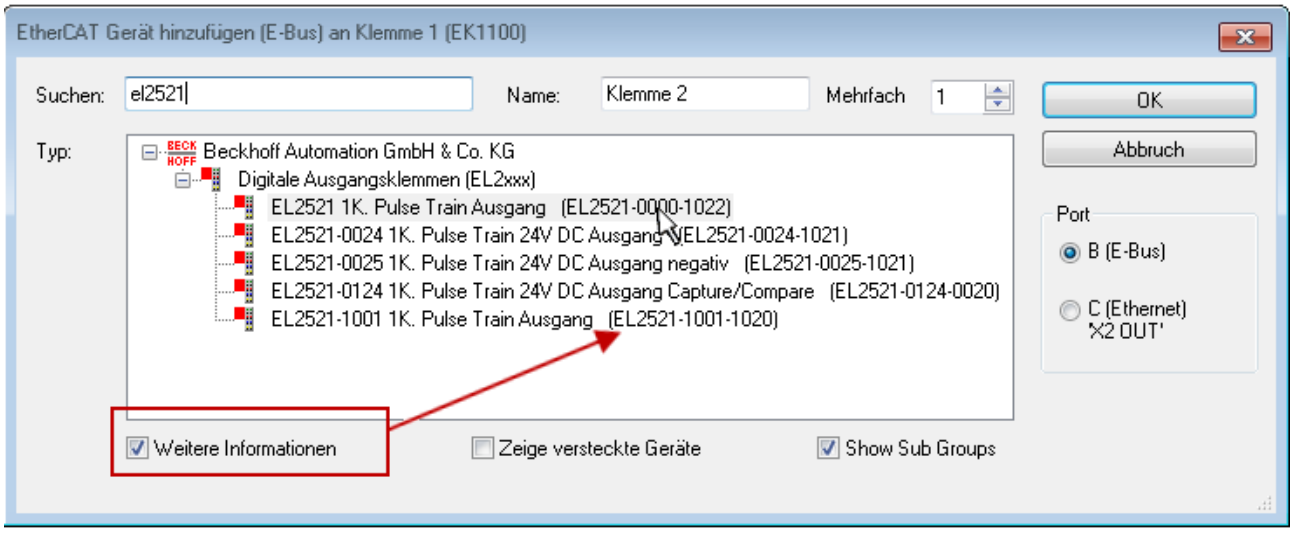


Abb. 92: Anzeige Geräte-Revision

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“.

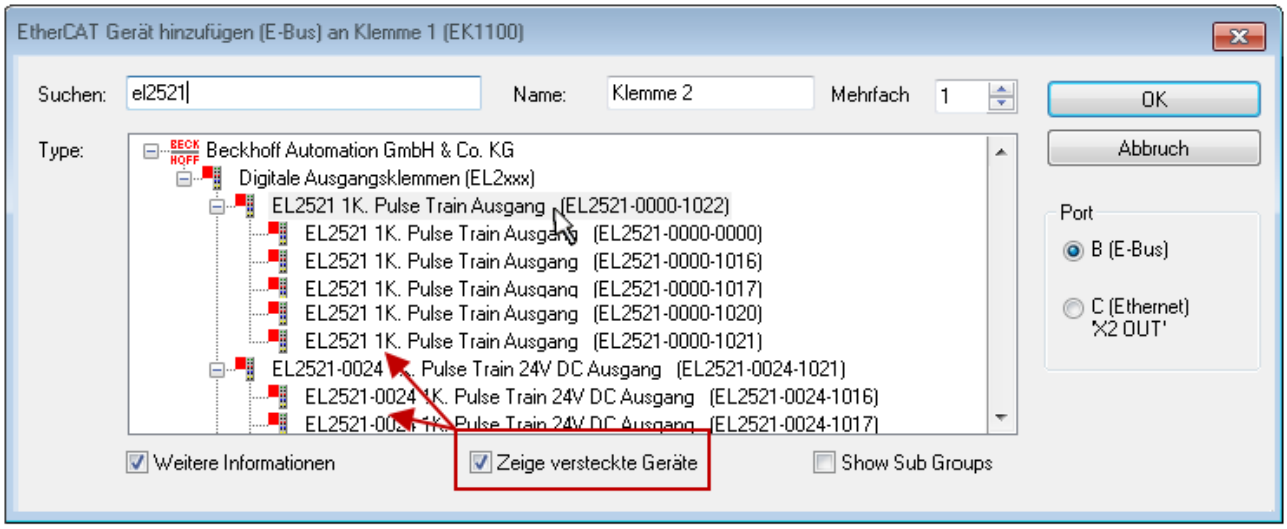


Abb. 93: Anzeige vorhergehender Revisionen

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.

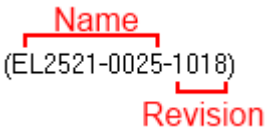


Abb. 94: Name/Revision Klemme

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

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

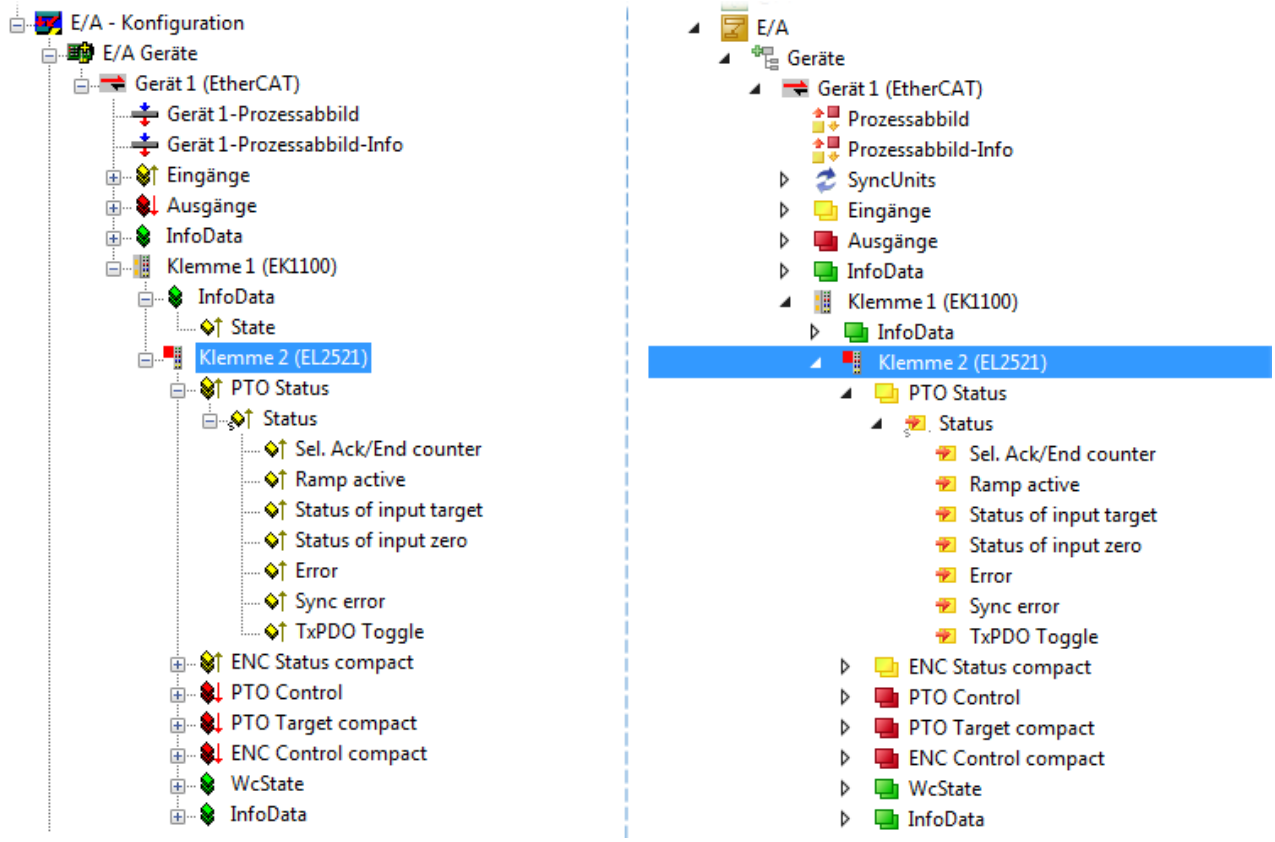


Abb. 95: EtherCAT Klemme im TwinCAT-Baum (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

5.2.6 ONLINE Konfigurationserstellung

Erkennen/Scan des Geräts EtherCAT

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

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

TwinCAT lässt sich in diesem Modus versetzen:

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

Online Scannen im Config Mode

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. 96: 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.

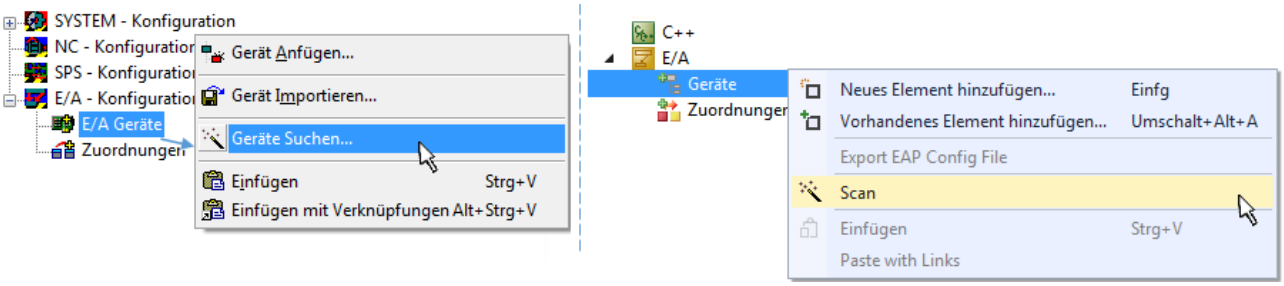


Abb. 97: Scan Devices (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

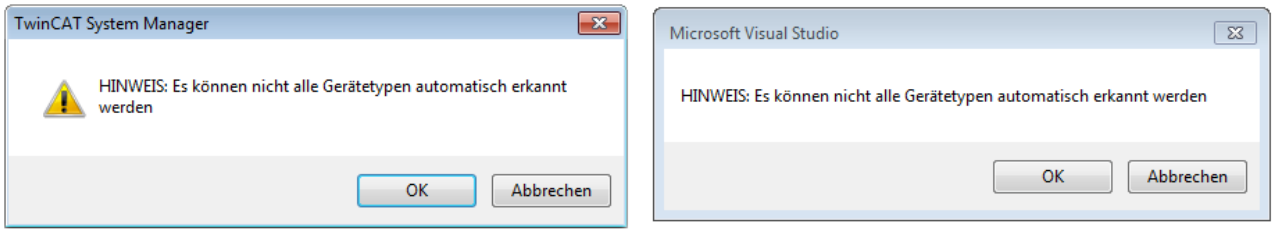


Abb. 98: Hinweis automatischer GeräteScan (links: TwinCAT 2; rechts: TwinCAT 3)

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.

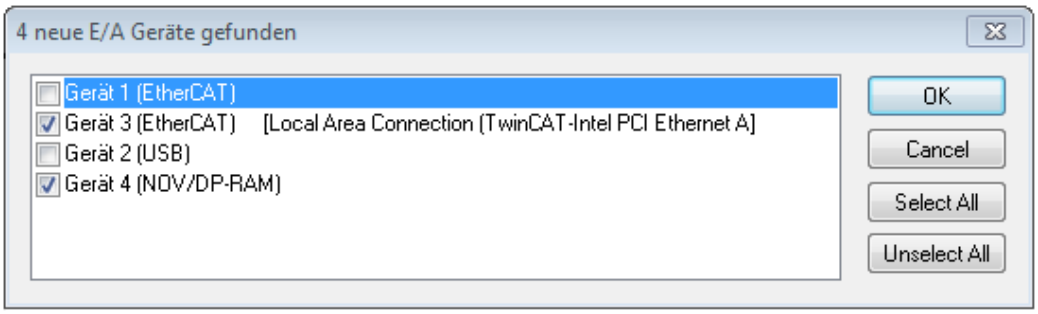


Abb. 99: Erkannte Ethernet-Geräte

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

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 [▶ 74].

Erkennen/Scan der EtherCAT Teilnehmer

Funktionsweise Online Scan

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

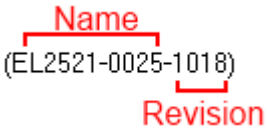


Abb. 100: Beispiel Default-Zustand

HINWEIS

Slave-Scan in der Praxis im Serienmaschinenbau

Die Scan-Funktion sollte mit Bedacht angewendet werden. Sie ist ein praktisches und schnelles Werkzeug, um für eine Inbetriebnahme eine Erst-Konfiguration als Arbeitsgrundlage zu erzeugen. Im Serienmaschinebau bzw. bei Reproduktion der Anlage sollte die Funktion aber nicht mehr zur Konfigurationserstellung verwendet werden sondern ggf. zum Vergleich [▶ 95] 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 Geräterevision 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:

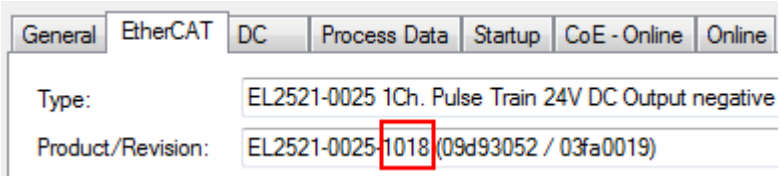


Abb. 101: Einbau EtherCAT-Klemme mit Revision -1018

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** -1**019**. 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 vergleichernder Scan [▶ 95] gegen die Erstkonfiguration „B.tsm“ sinnvoll.

Wird nun allerdings in der Abteilung Seriennmaschinenbau 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:

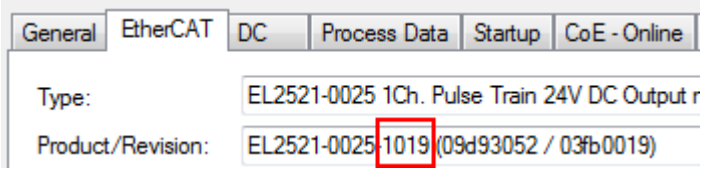


Abb. 102: Erkennen EtherCAT-Klemme mit Revision -1019

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

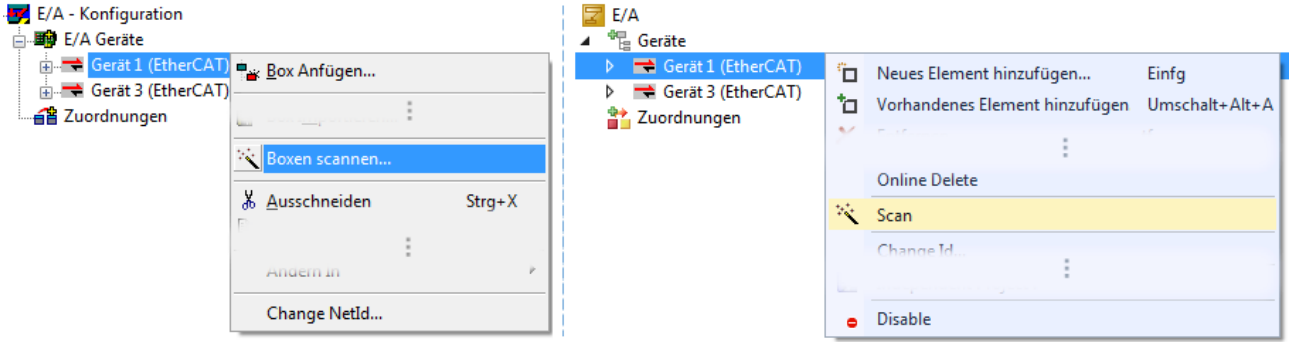


Abb. 104: Manuelles Scannen nach Teilnehmern auf festgelegtem EtherCAT Device (links: TC2; rechts TC3)

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

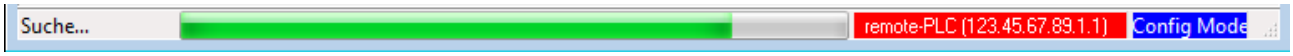


Abb. 105: Scanfortschritt am Beispiel von TwinCAT 2

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

Abb. 106: 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.

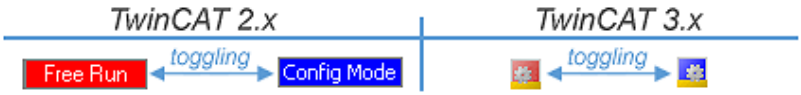


Abb. 107: Anzeige des Wechsels zwischen „Free Run“ und „Config Mode“ unten rechts in der Statusleiste

Abb. 108: 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.

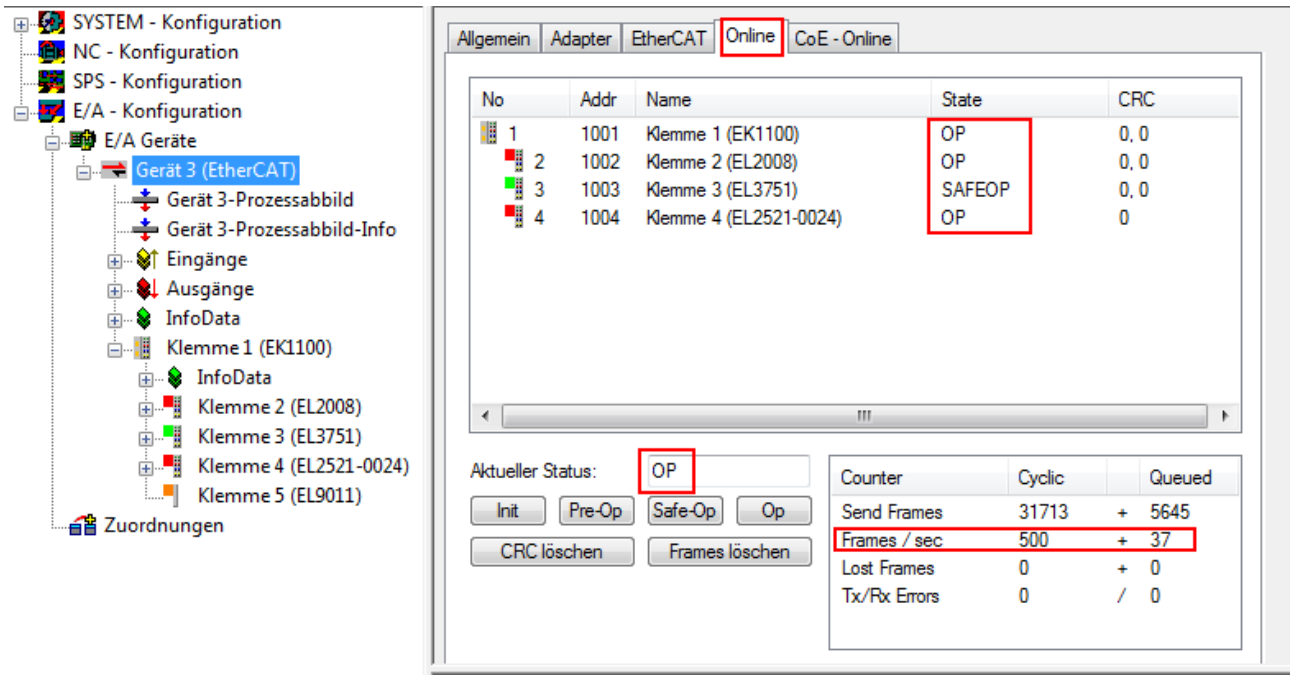


Abb. 109: Beispielhafte Online-Anzeige

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 [▶ 85] 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.

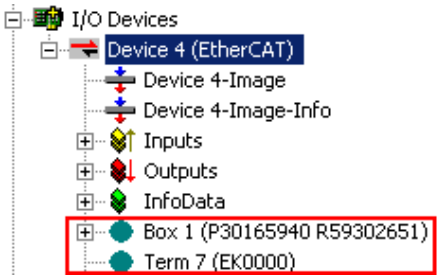


Abb. 110: Fehlerhafte Erkennung

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), Gerätename 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. 111: Identische Konfiguration (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

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

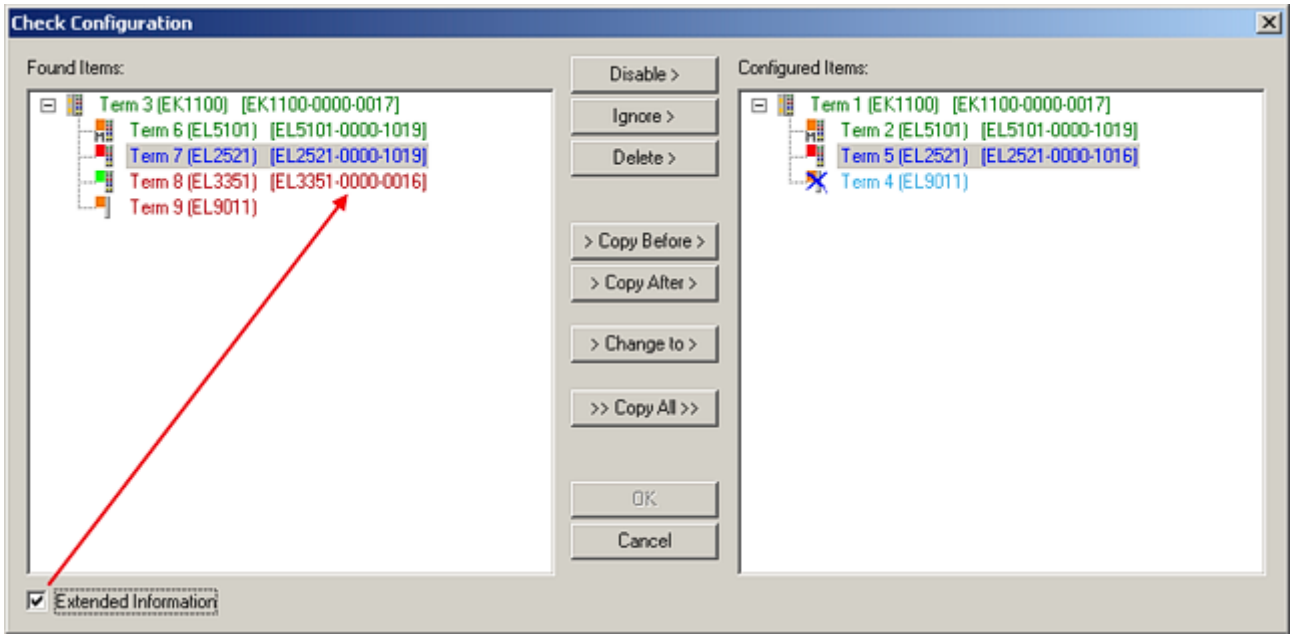


Abb. 112: Korrekturdialog

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	• Dieser EtherCAT Slave ist auf der Gegenseite nicht vorhanden • Er ist vorhanden, aber in einer anderen Revision, die sich auch in den Eigenschaften von der angegebenen unterscheidet. Auch hier gilt dann das Kompatibilitätsprinzip: Ist die gefundene Revision > als die konfigurierte Revision, ist der Einsatz unter Berücksichtigung der Kompatibilität möglich, da Nachfolger-Geräte die Funktionen der Vorgänger-Geräte unterstützen sollen. 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.

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.

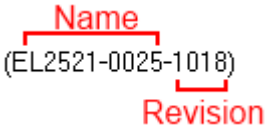


Abb. 113: Name/Revision Klemme

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.

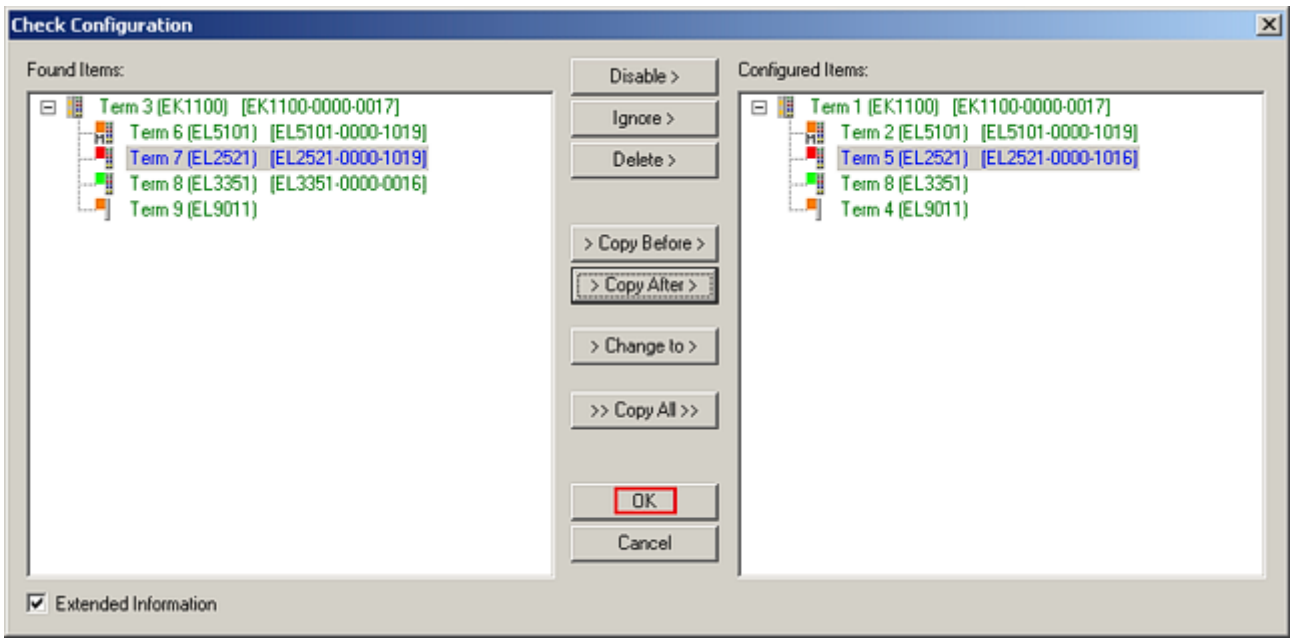


Abb. 114: Korrekturdialog mit Änderungen

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.

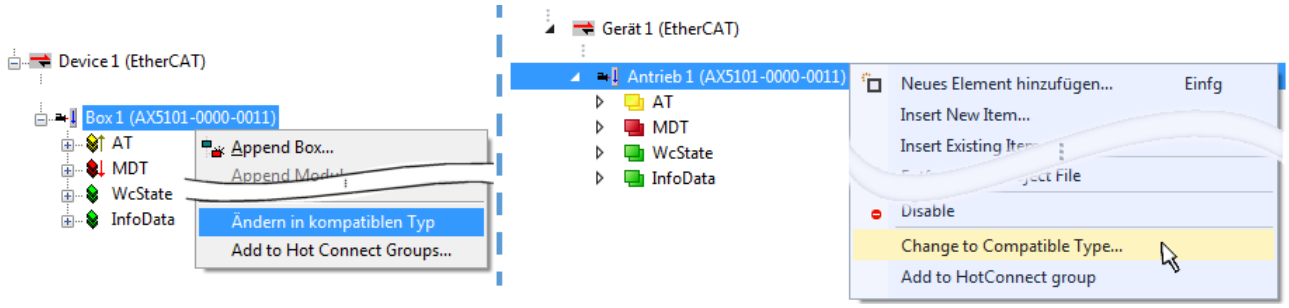


Abb. 115: Dialog „Change to Compatible Type…“ (links: TwinCAT 2; rechts TwinCAT 3)

Folgende Elemente in der ESI eines EtherCAT-Teilenhmers 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

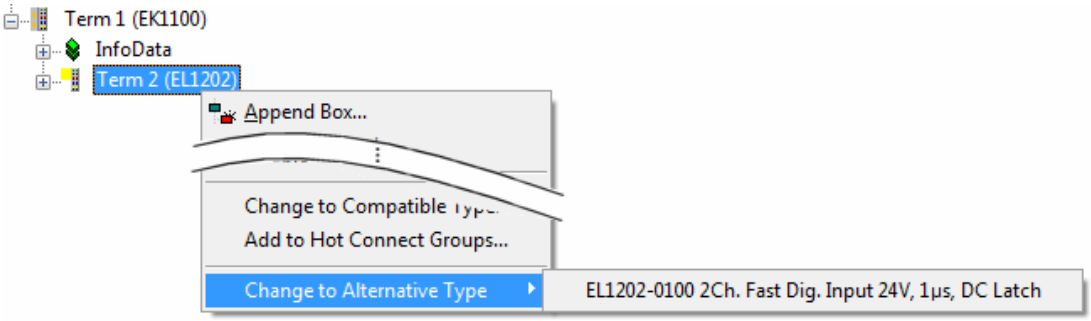


Abb. 116: TwinCAT 2 Dialog Change to Alternative Type

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

5.2.7 EtherCAT-Teilnehmerkonfiguration

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

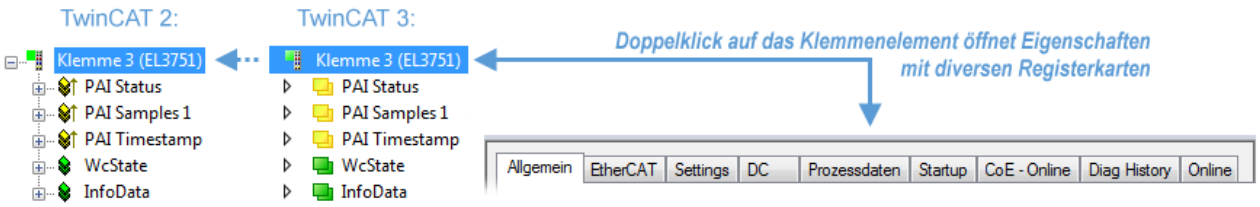


Abb. 117: „Baumzweig“ Element als Klemme EL3751

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“

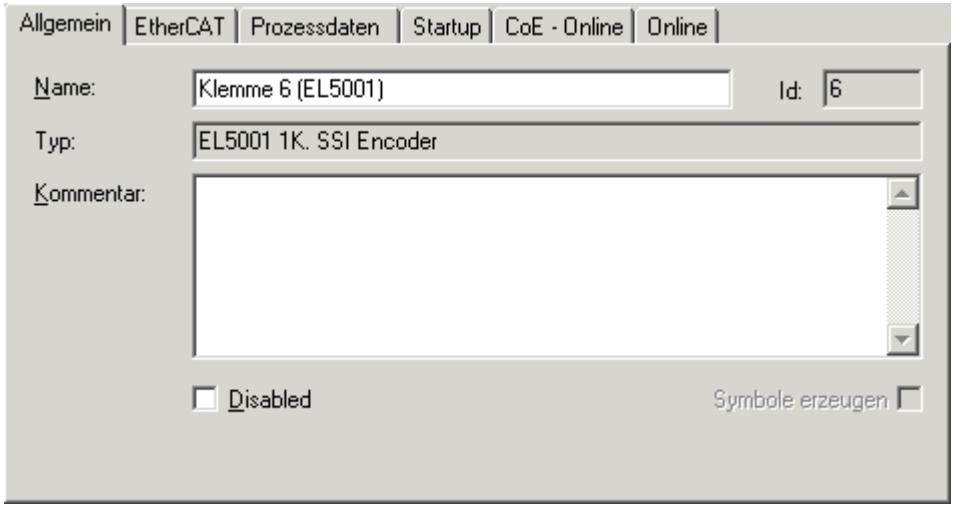


Abb. 118: Karteireiter „Allgemein“

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

Karteireiter „EtherCAT“

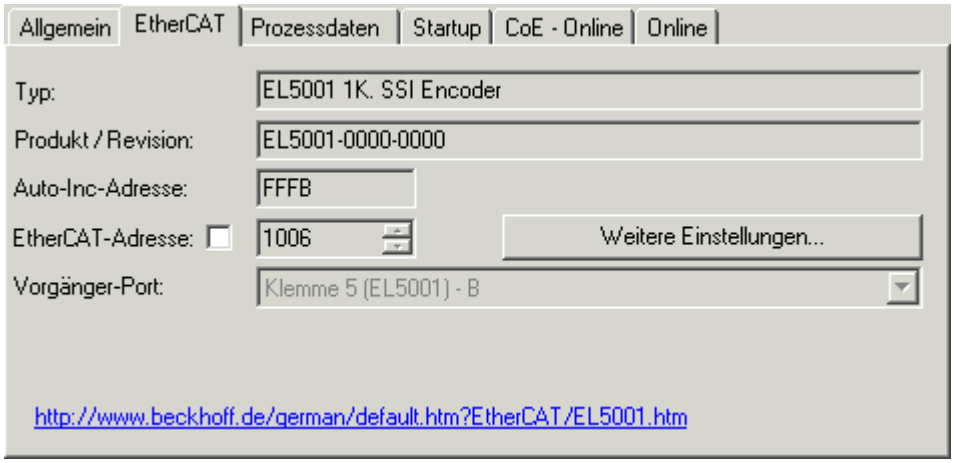


Abb. 119: Karteireiter „EtherCAT“

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

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

Karteireiter „Prozessdaten“

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

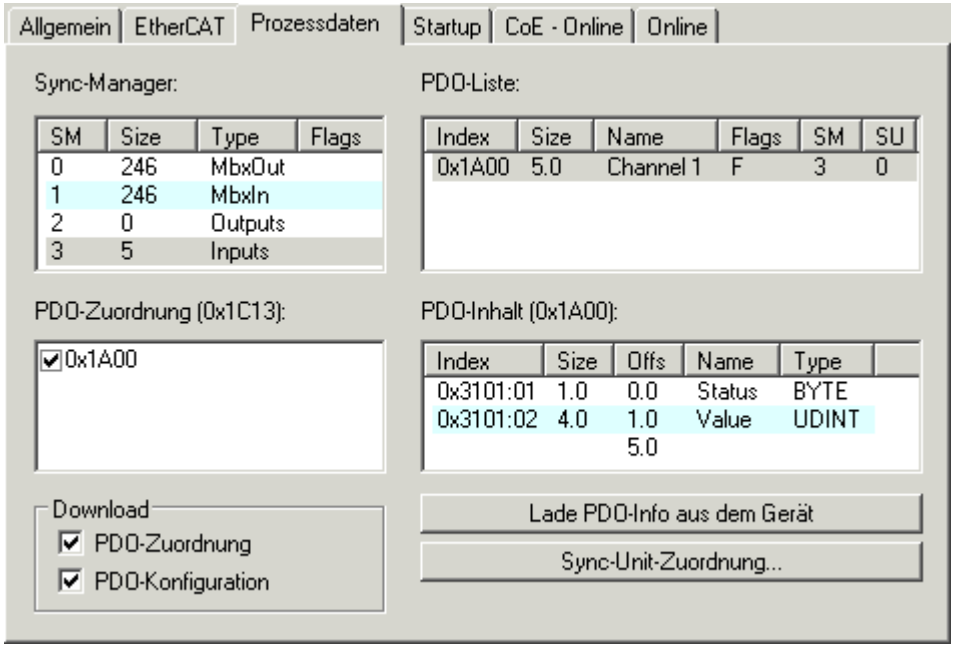


Abb. 120: Karteireiter „Prozessdaten“

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

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

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

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

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

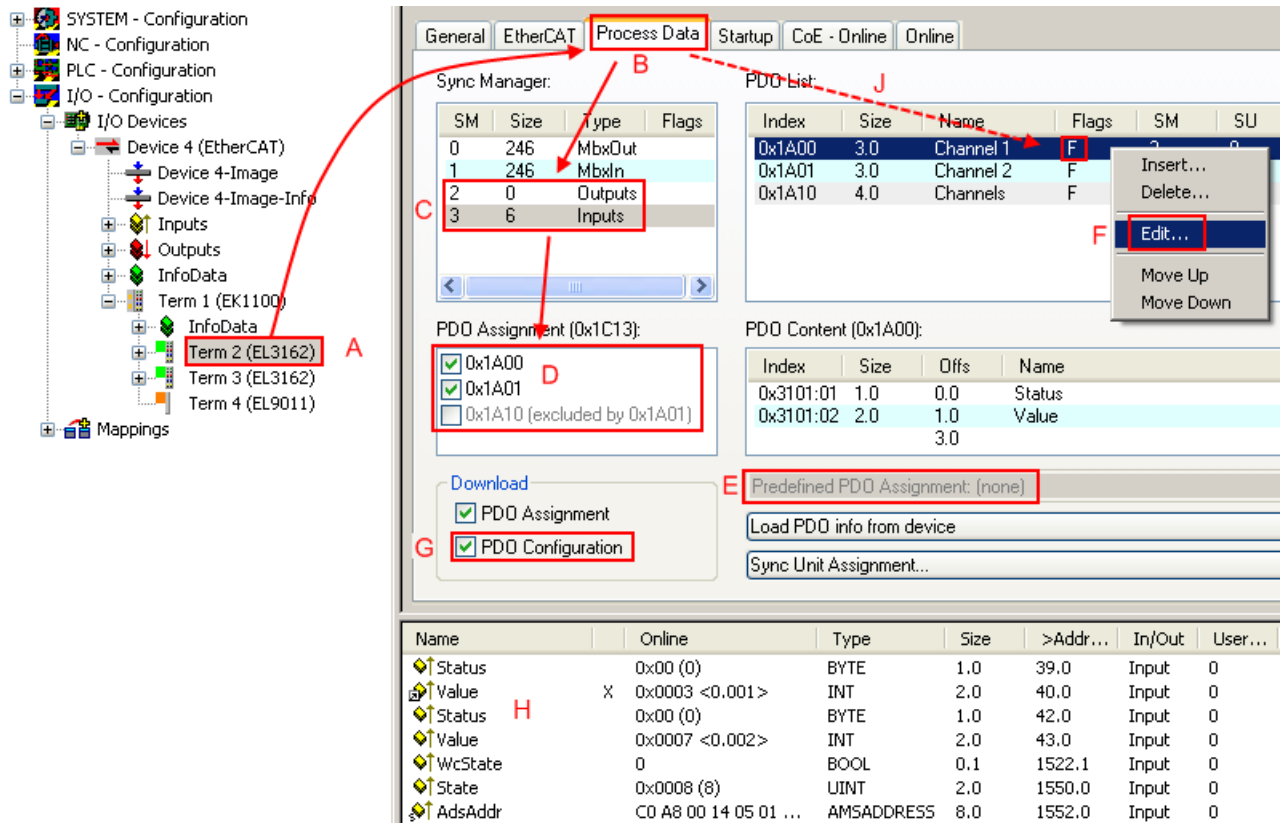


Abb. 121: Konfigurieren der Prozessdaten

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 [▶ 106] 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.

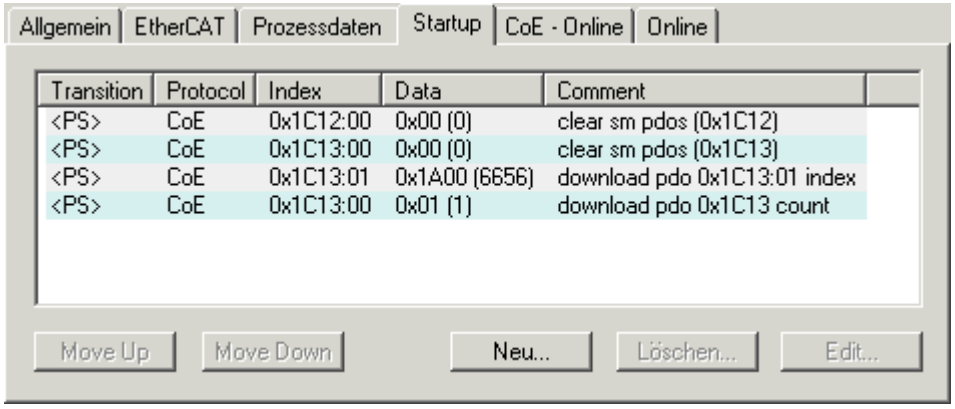


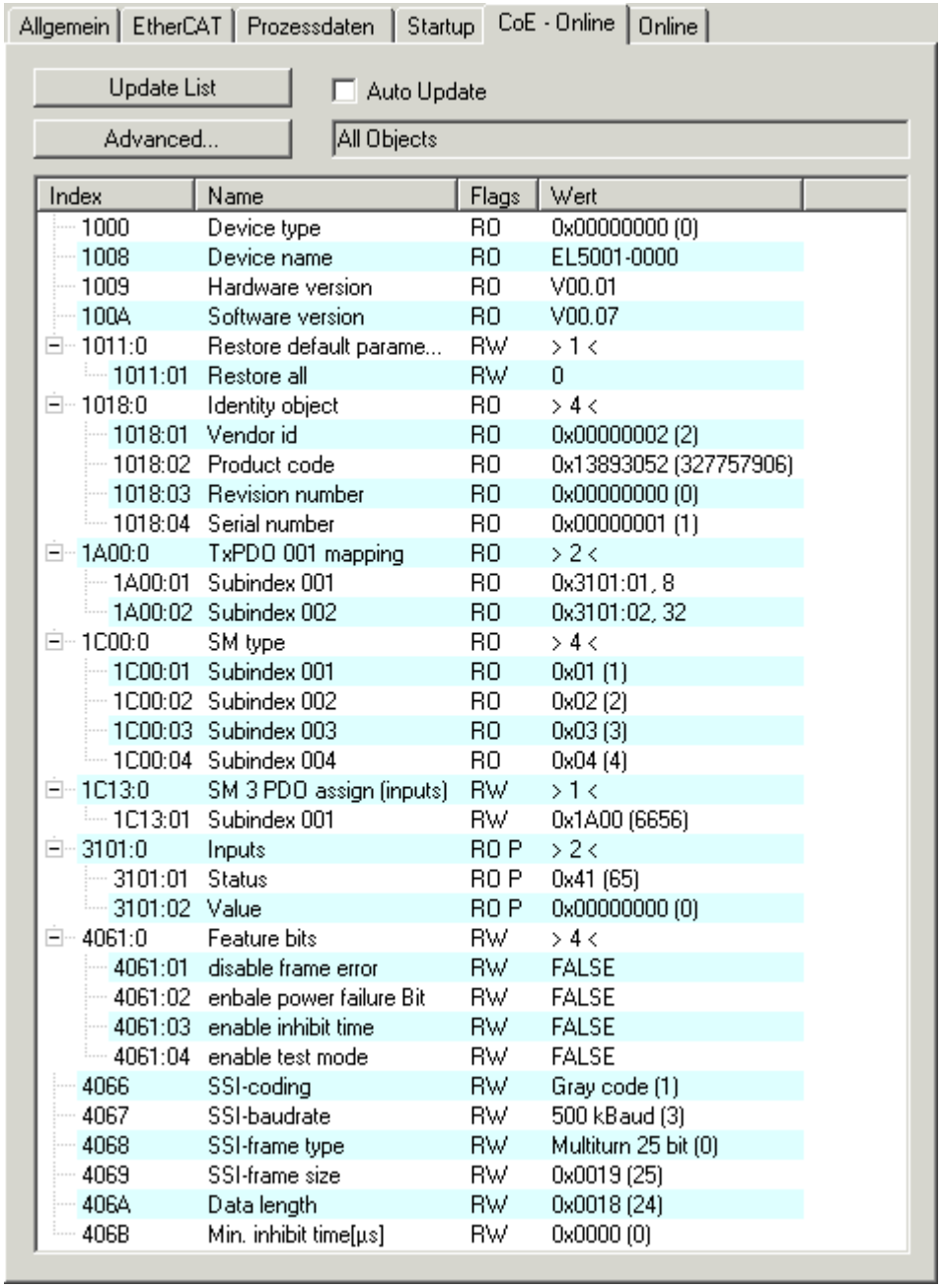
Abb. 122: Karteireiter „Startup“

Spalte	Beschreibung
Transition	Übergang, in den der Request gesendet wird. Dies kann entweder • der Übergang von Pre-Operational to Safe-Operational (PS) oder • der Übergang von Safe-Operational to Operational (SO) sein. Wenn der Übergang in „<>“ eingeschlossen ist (z. B. <PS>), dann ist der Mailbox Request fest und kann vom Anwender nicht geändert oder gelöscht werden.
Protokoll	Art des Mailbox-Protokolls
Index	Index des Objekts
Data	Datum, das zu diesem Objekt heruntergeladen werden soll.
Kommentar	Beschreibung des zu der Mailbox zu sendenden Requests

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

Karteireiter „CoE - Online“

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



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

Abb. 123: 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.

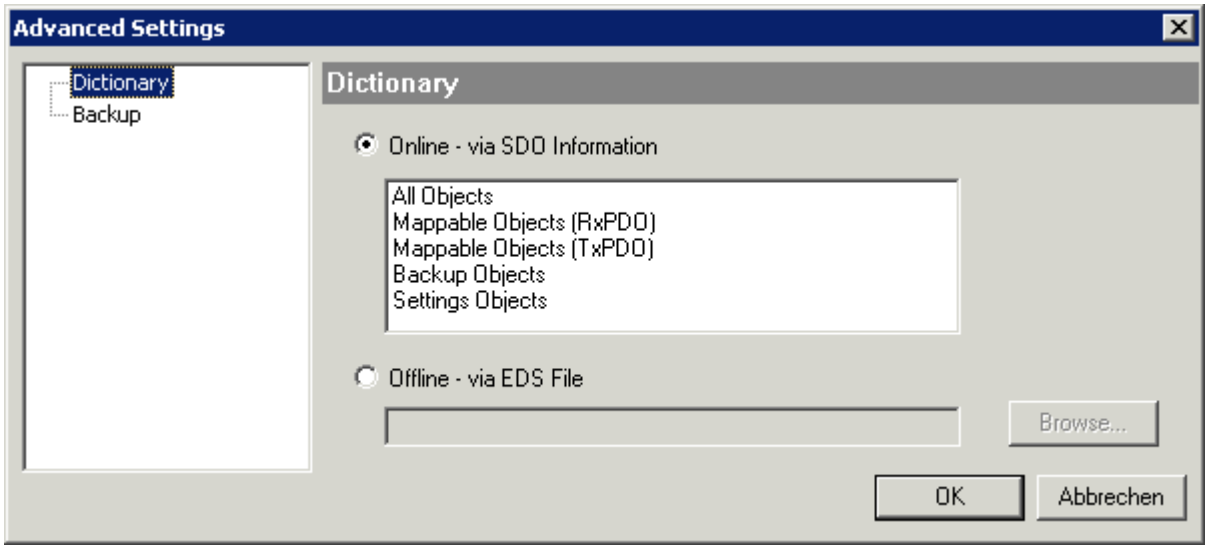


Abb. 124: Dialog „Advanced settings“

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“

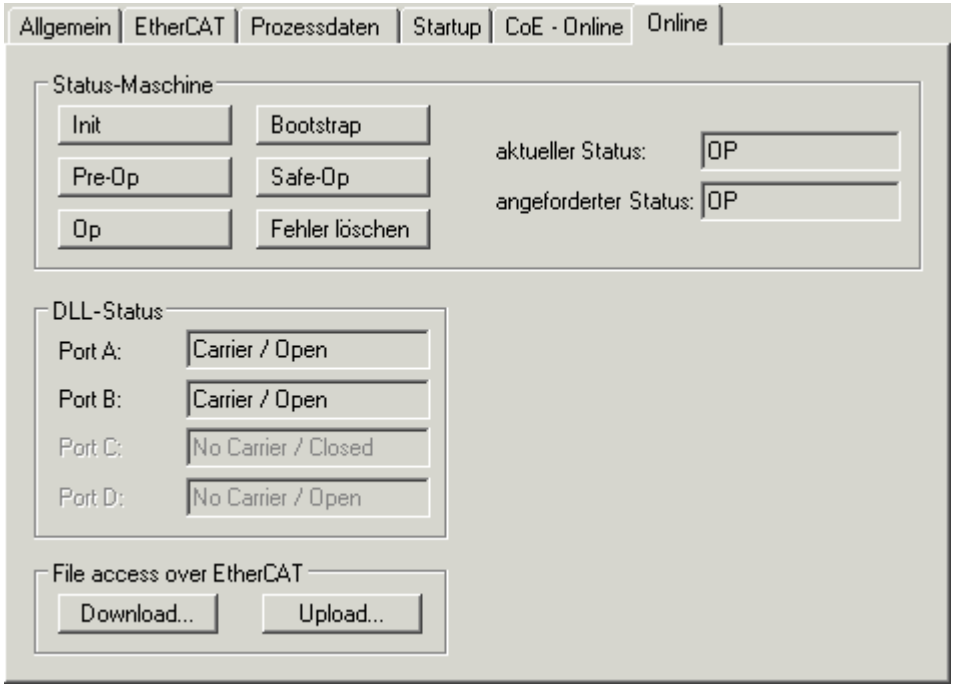


Abb. 125: Karteireiter „Online“

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)

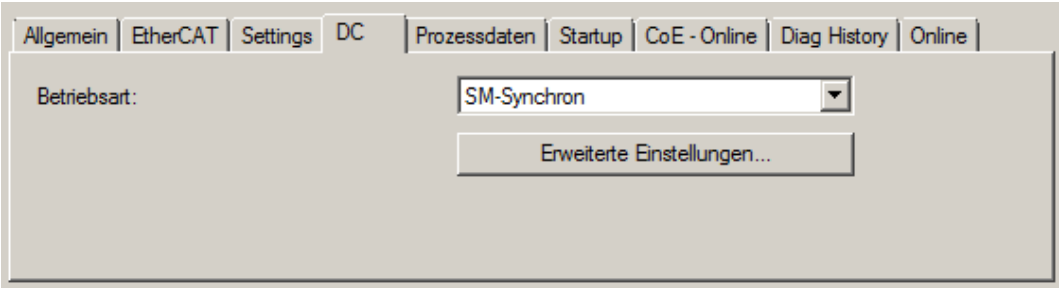


Abb. 126: Karteireiter „DC“ (Distributed Clocks)

Betriebsart	Auswahlmöglichkeiten (optional): • FreeRun • SM-Synchron • DC-Synchron (Input based) • DC-Synchron
Erweiterte Einstellungen…	Erweiterte Einstellungen für die Nachregelung der echtzeitbestimmende TwinCAT-Uhr

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

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

5.2.7.1 Detaillierte Beschreibung des Karteireiters „Prozessdaten“

Sync-Manager

Listet die Konfiguration der Sync-Manager (SM) auf.
Wenn das EtherCAT-Gerät eine Mailbox hat, wird der SM0 für den Mailbox-Output (MbxOut) und der SM1 für den Mailbox-Intput (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 [▶ 104])

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 *PDO-Zuordnungen* streichen
SM	Sync-Manager, dem dieses PDO zugeordnet ist. Falls dieser Eintrag leer ist, nimmt dieses PDO nicht am Prozessdatenverkehr teil.	
SU	Sync-Unit, der dieses PDO zugeordnet ist.	

PDO-Inhalt

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

Download

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

PDO-Zuordnung

Falls dieses Kontrollkästchen angewählt ist, wird die PDO-Zuordnung die in der PDO-Zuordnungsliste konfiguriert ist beim Startup zum Gerät herunter geladen. Die notwendigen, zum Gerät zu sendenden Kommandos können in auf dem Karteireiter Startup [▶ 101] betrachtet werden.

PDO-Konfiguration

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

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

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

5.2.8.1 Grundlagen

Ein EtherCAT Slave wird grundlegend durch folgende „Elemente“ parametriert:

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

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

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

- Der Anwender/Programmierer bearbeitet die IO-Konfiguration, d.h. die Gesamtheit der Input/Output-Geräte, wie etwa Antriebe, die an den verwendeten Feldbussen anliegen, in der TwinCAT-Systemumgebung.
  Hinweis: Im Folgenden werden nur EtherCAT-Konfigurationen in der TwinCAT-Systemumgebung betrachtet.

- Der Anwender fügt z.B. manuell Geräte in eine Konfiguration ein oder führt einen Scan auf dem Online-System durch.
- Er erhält dadurch die IO-System-Konfiguration.
- Beim Einfügen erscheint der Slave in der System-Konfiguration in der vom Hersteller vorgesehenen Standard-Konfiguration, bestehend aus Standard-PDO, default-Synchronisierungsmethode und CoE-StartUp-Parameter wie in der ESI (XML Gerätebeschreibung) definiert ist.
- Im Bedarfsfall können dann, entsprechend der jeweiligen Gerätedokumentation, Elemente der Slave-Konfiguration verändert werden, z.B. die PDO-Konfiguration oder die Synchronisierungsmethode.

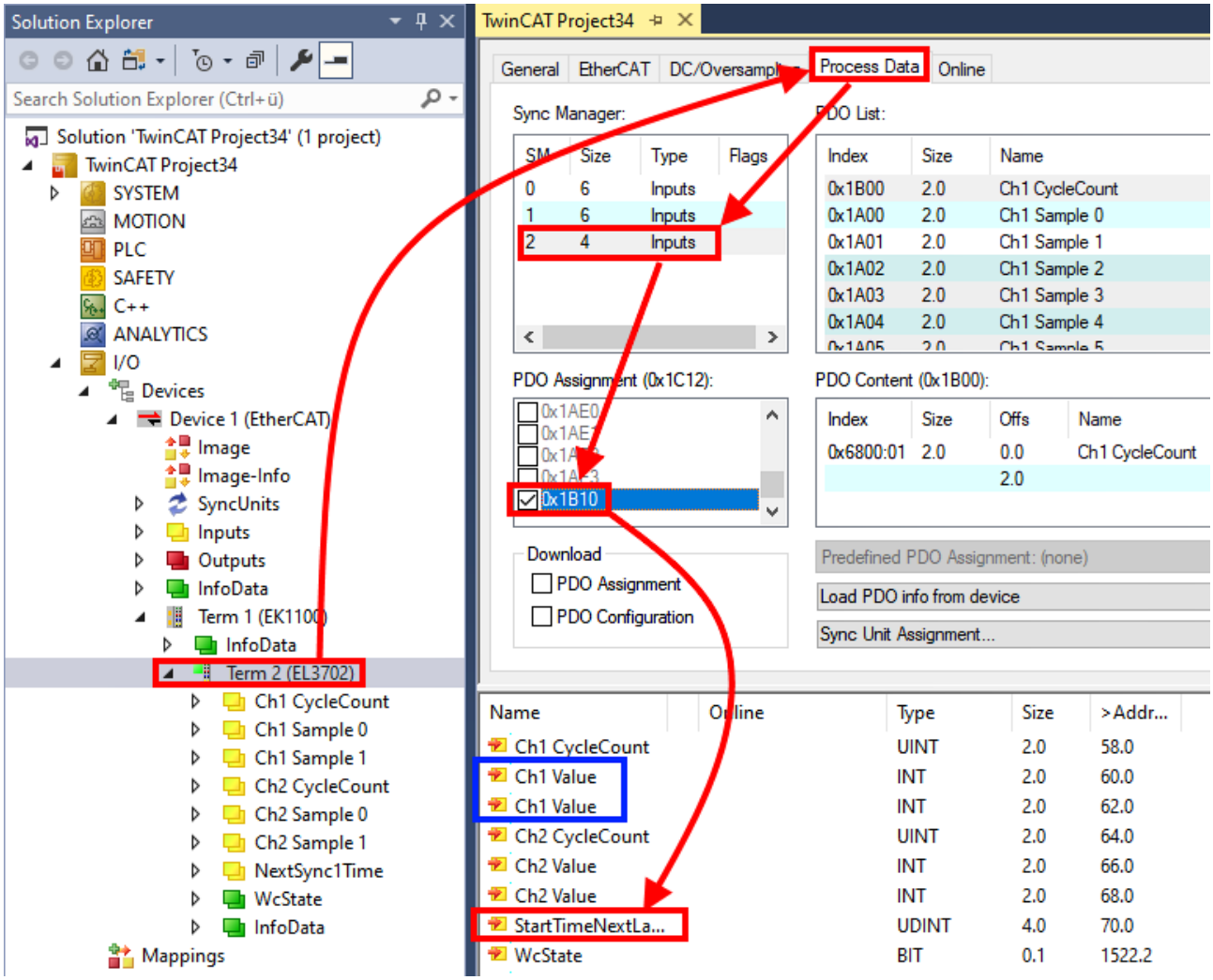
Nun kann der Bedarf entstehen, den veränderten Slave derartig in anderen Projekten wiederzuverwenden, ohne darin äquivalente Konfigurationsveränderungen an dem Slave nochmals vornehmen zu müssen. Um dies zu bewerkstelligen, ist wie folgt vorzugehen:

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

Dazu bietet TwinCAT zwei Methoden:

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

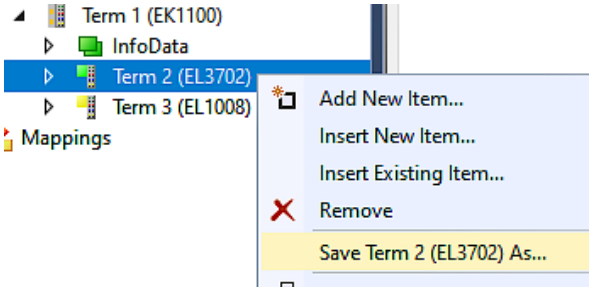
Zur Veranschaulichung im Folgenden ein Beispiel: eine EL3702-Klemme in Standard-Einstellung wird auf 2-fach Oversampling umgestellt (blau) und das optionale PDO „StartTimeNextLatch“ wahlweise hinzugefügt (rot):



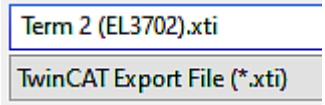
Die beiden genannten Methoden für den Export und Import der veränderten Klemme werden im Folgenden demonstriert.

5.2.8.2 Das Vorgehen innerhalb TwinCAT mit xti-Dateien

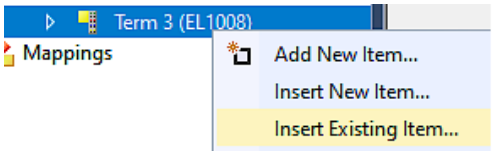
Jedes IO Gerät kann einzeln exportiert/abgespeichert werden:



Die xti-Datei kann abgelegt:



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



5.2.8.3 Das Vorgehen innerhalb und außerhalb TwinCAT mit sci-Datei

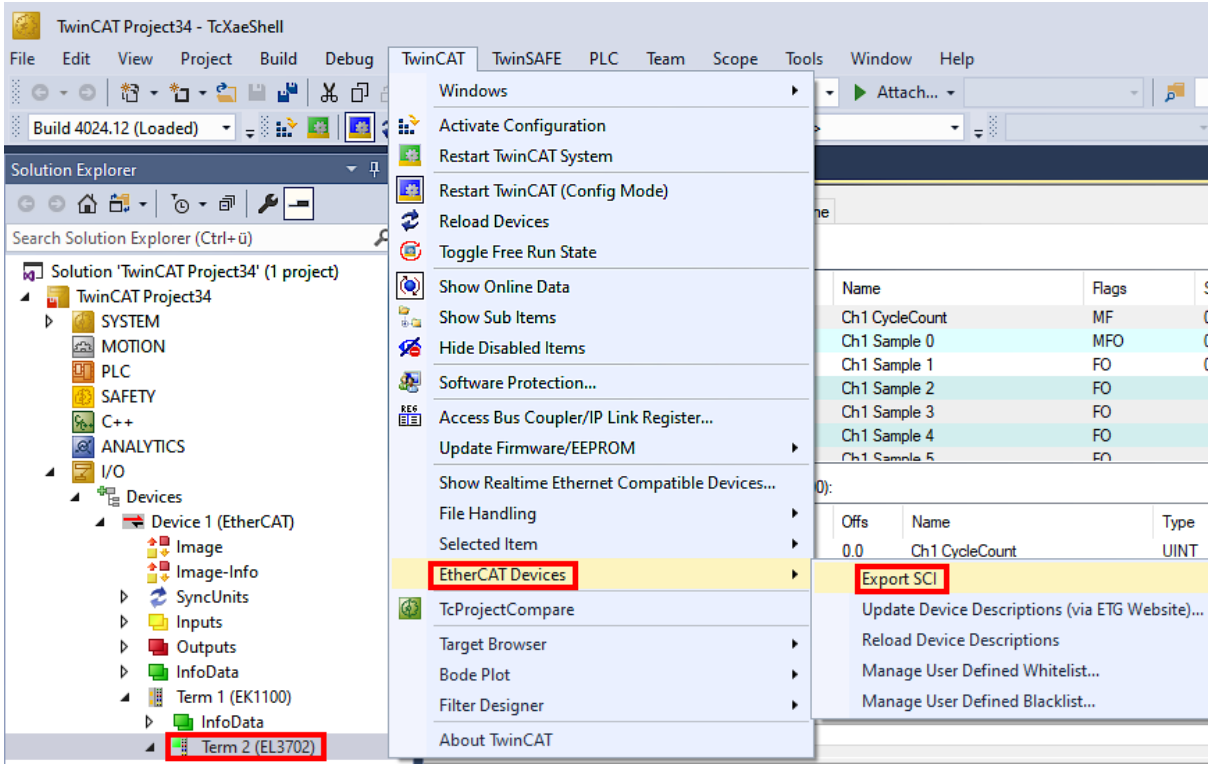
Hinweis Verfügbarkeit (2021/01)

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

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

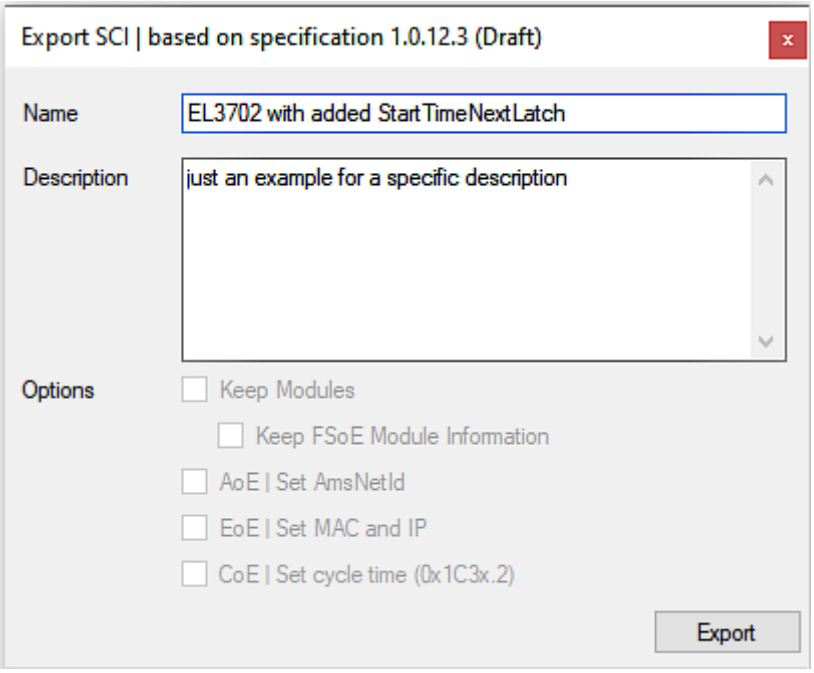
Export:

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



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

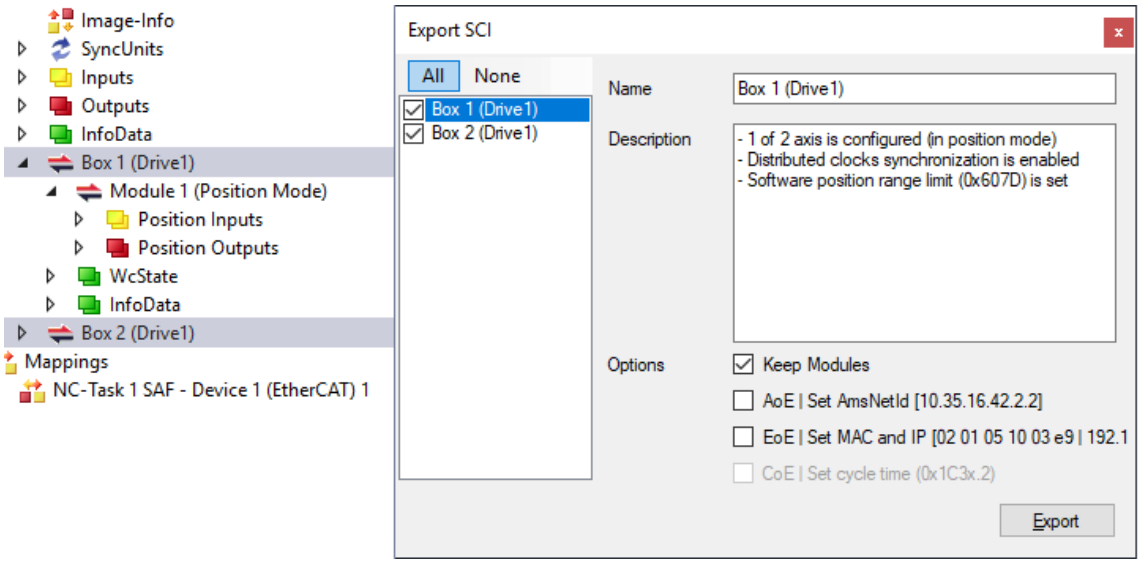
- Im Weiteren kann eine Beschreibung angegeben werden:



- Erläuterungen zum Dialogfenster:

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

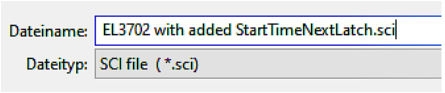
- Bei Mehrfachauswahl ist eine Listenansicht verfügbar (*Export multiple SCI files)*:



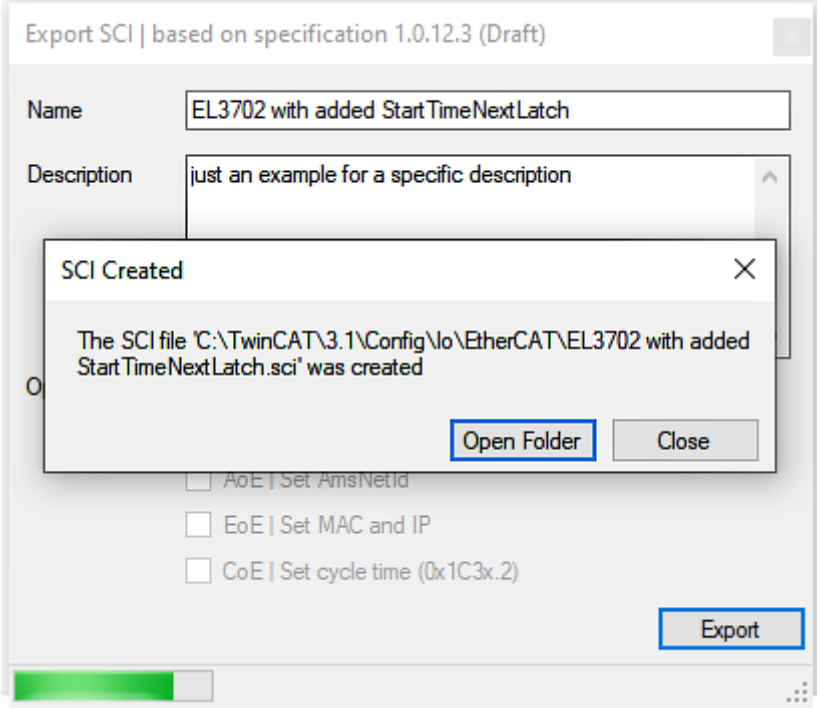
- Auswahl der zu exportierenden Slaves:

- All:
  Es werden alle Slaves für den Export selektiert.
- None:
  Es werden alle Slaves abgewählt.

- Die sci-Datei kann lokal abgespeichert werden:

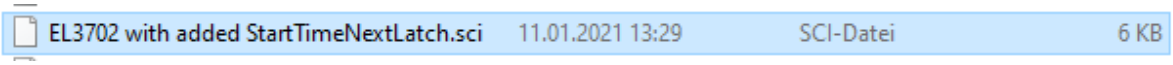


- Es erfolgt der Export:

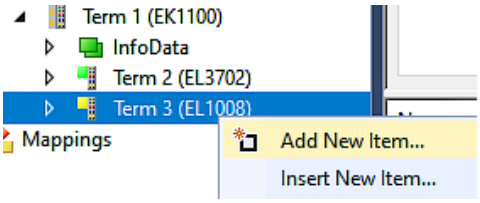


Import

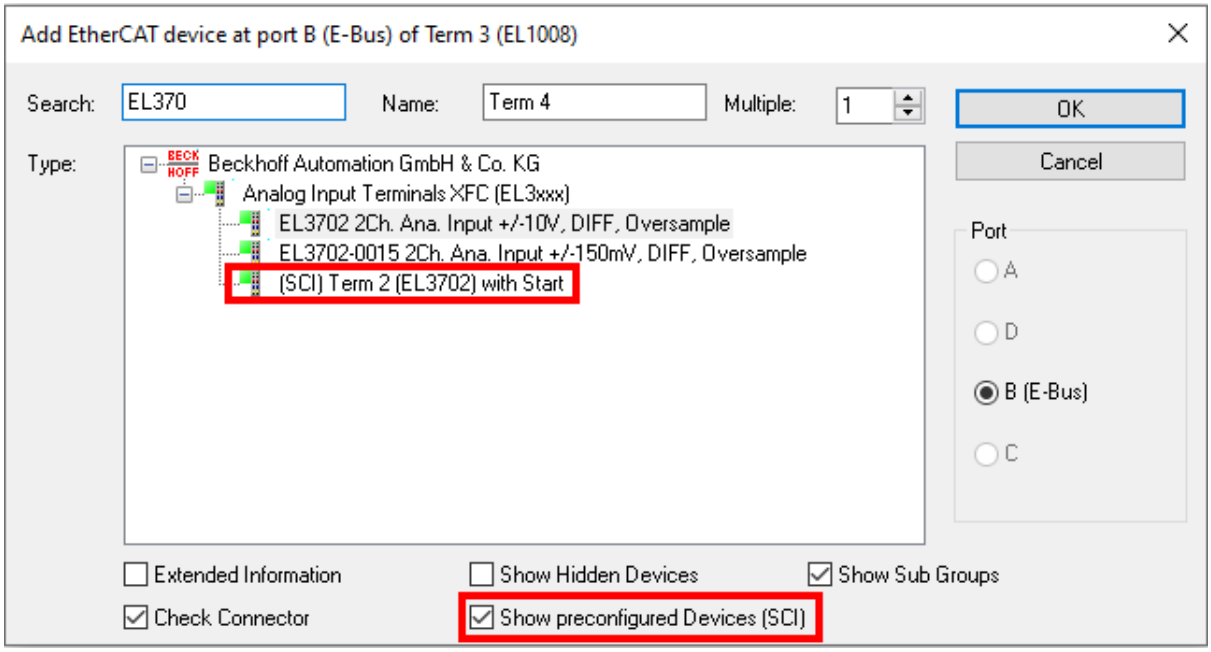
- Eine sci-Beschreibung kann wie jede normale Beckhoff-Gerätebeschreibung manuell in die TwinCAT-Konfiguration eingefügt werden.
- Die sci-Datei muss im TwinCAT-ESI-Pfad liegen, i.d.R. unter:
  C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT



- Öffnen des Auswahl-Dialogs:

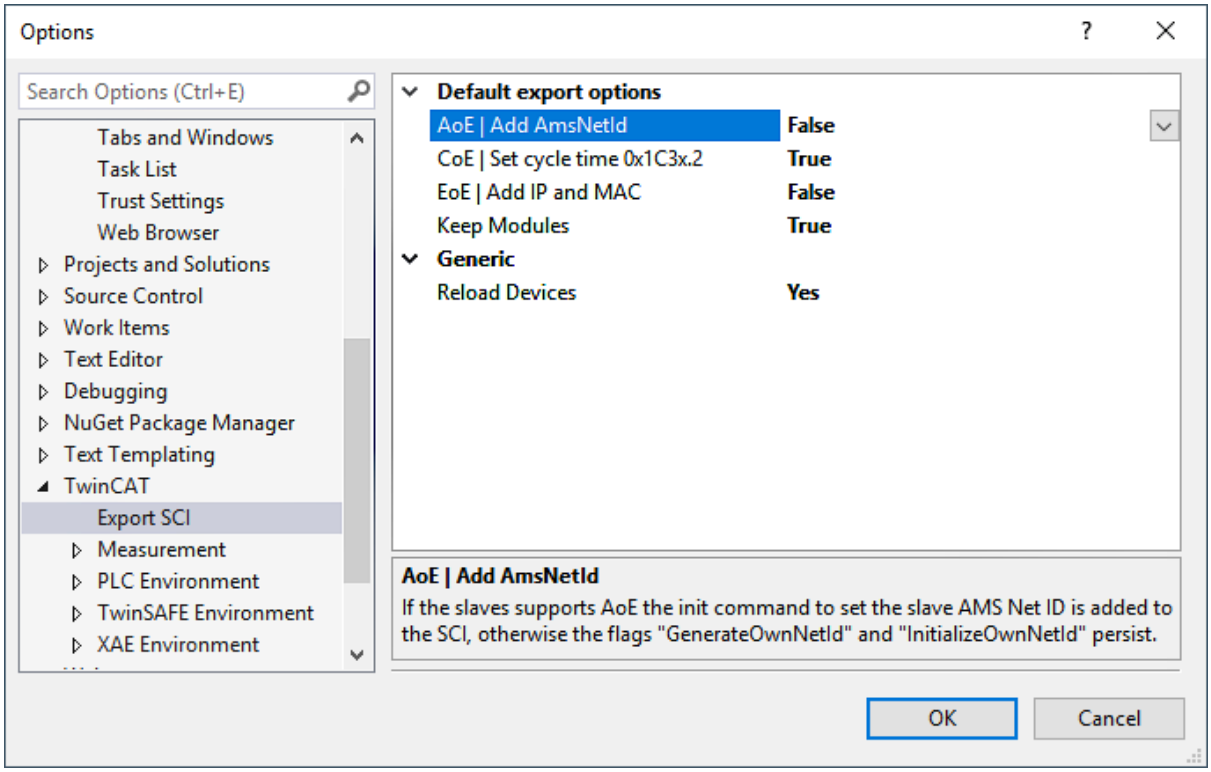


- SCI-Geräte anzeigen und gewünschtes Gerät auswählen und einfügen:



Weitere Hinweise

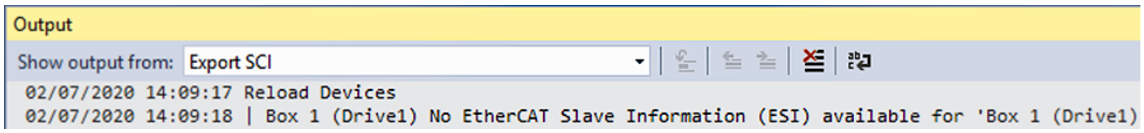
- Einstellungen für die SCI-Funktion können über den allgemeinen Options Dialog vorgenommen werden (Tools → Options → TwinCAT → Export SCI):



Erläuterung der Einstellungen:

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

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



5.3 Allgemeine Inbetriebnahmehinweise für einen EtherCAT Slave

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

Diagnose in Echtzeit: WorkingCounter, EtherCAT State und Status

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

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

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

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

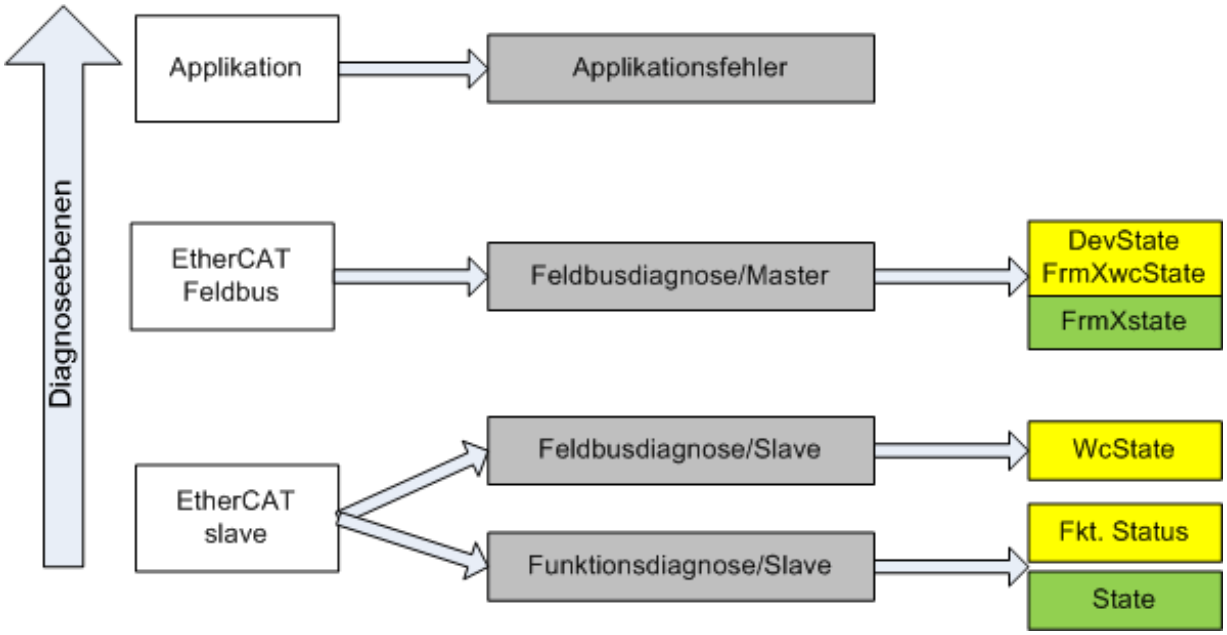


Abb. 127: Auswahl an Diagnoseinformationen eines EtherCAT Slave

Im Allgemeinen verfügt ein EtherCAT Slave über

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

  als auch über
- kanal-typische Funktionsdiagnose (geräteabhängig)
  Siehe entsprechende Gerätedokumentation

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

Farbe	Bedeutung
gelb	Eingangsvariablen vom Slave zum EtherCAT Master, die in jedem Zyklus aktualisiert werden
rot	Ausgangsvariablen vom Slave zum EtherCAT Master, die in jedem Zyklus aktualisiert werden
grün	Informationsvariabeln 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.

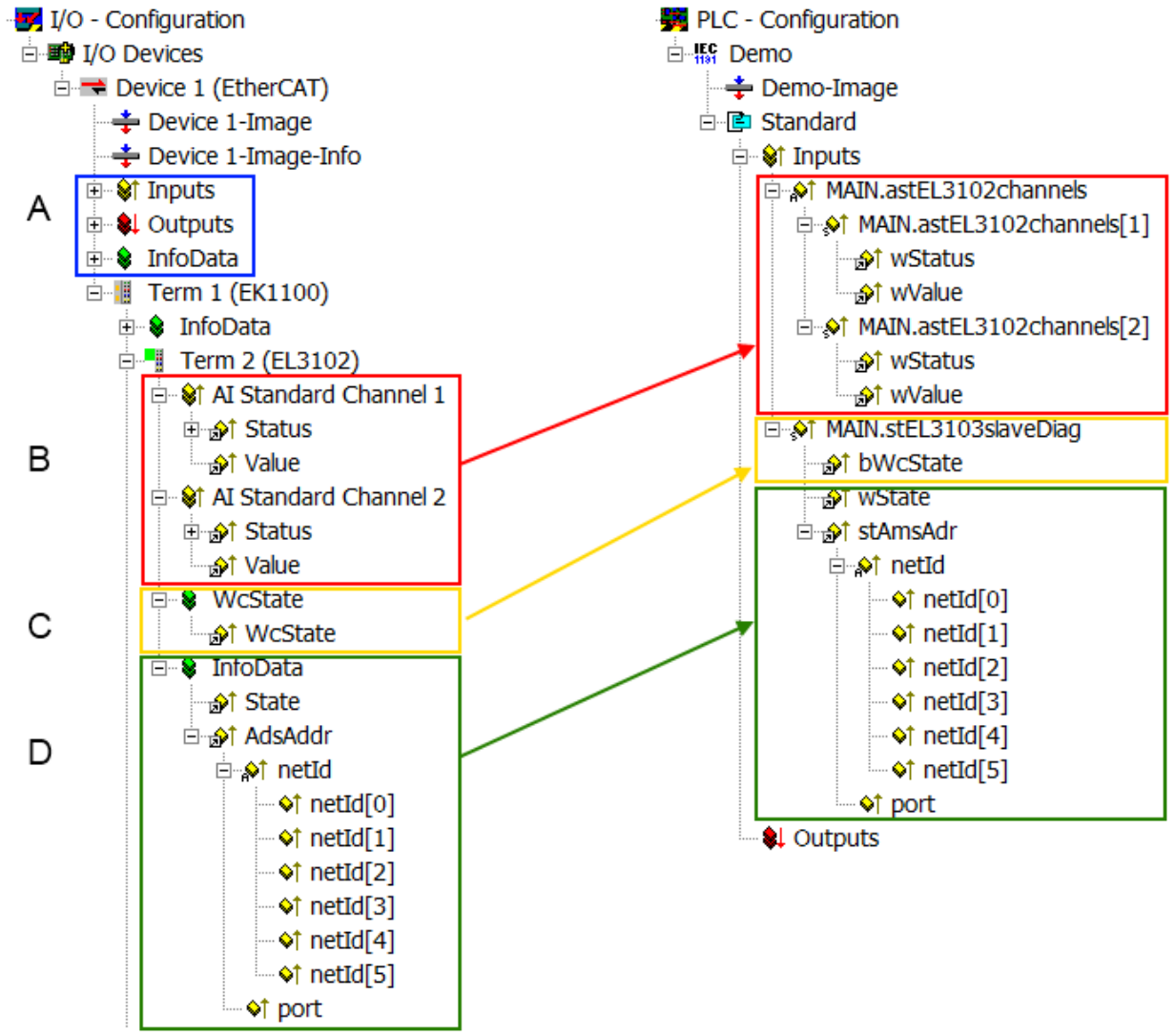


Abb. 128: Grundlegende EtherCAT Slave Diagnose in der PLC

Dabei werden folgende Aspekte abgedeckt:

Kennzeichen	Funktion	Ausprägung	Anwendung/Auswertung
A	Diagnoseinformationen des EtherCAT Master zyklisch aktualisiert (gelb) oder azyklisch bereitgestellt (grün).		Zumindest der DevState ist in der PLC zyklusaktuell auszuwerten. Die Diagnoseinformationen des EtherCAT Master bieten noch weitaus mehr Möglichkeiten, die in der EtherCAT-Systemdokumentation behandelt werden. Einige Stichworte: • CoE im Master zur Kommunikation mit/über die Slaves • Funktionen aus *TcEtherCAT.lib* • OnlineScan durchführen
B	Im gewählten Beispiel (EL3102) umfasst die EL3102 zwei analoge Eingangskanäle, die einen eigenen Funktionsstatus zyklusaktuell übermitteln.	Status • die Bitdeutungen sind der Gerätedokumentation zu entnehmen • andere Geräte können mehr oder keine slave-typischen Angaben liefern	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Funktionsstatus ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
C	Für jeden EtherCAT Slave mit zyklischen Prozessdaten zeigt der Master durch einen so genannten WorkingCounter an, ob der Slave erfolgreich und störungsfrei am zyklischen Prozessdatenverkehr teilnimmt. Diese elementar wichtige Information wird deshalb im System Manager zyklusaktuell 1. am EtherCAT Slave als auch inhaltsidentisch 2. als Sammelvariable am EtherCAT Master (siehe Punkt A) zur Verlinkung bereitgestellt.	WcState (Working Counter) 0: gültige Echtzeitkommunikation im letzten Zyklus 1: ungültige Echtzeitkommunikation ggf. Auswirkung auf die Prozessdaten anderer Slaves, die in der gleichen SyncUnit liegen	Damit sich die übergeordnete PLC-Task (oder entsprechende Steueranwendungen) auf korrekte Daten verlassen kann, muss dort der Kommunikationsstatus des EtherCAT Slaves ausgewertet werden. Deshalb werden solche Informationen zyklusaktuell mit den Prozessdaten bereitgestellt.
D	Diagnoseinformationen des EtherCAT Masters, die zwar am Slave zur Verlinkung dargestellt werden, aber tatsächlich vom Master für den jeweiligen Slave ermittelt und dort dargestellt werden. Diese Informationen haben keinen Echtzeit-Charakter weil sie • nur selten/nie verändert werden, außer beim Systemstart • selbst auf azyklischem Weg ermittelt werden (z.B. EtherCAT Status)	State aktueller Status (INIT..OP) des Slaves. Im normalen Betriebszustand muss der Slave im OP (=8) sein. *AdsAddr* 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 *port* (= EtherCAT Adresse) ist der einzelne Slave ansprechbar.	Informationsvariabeln 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*:

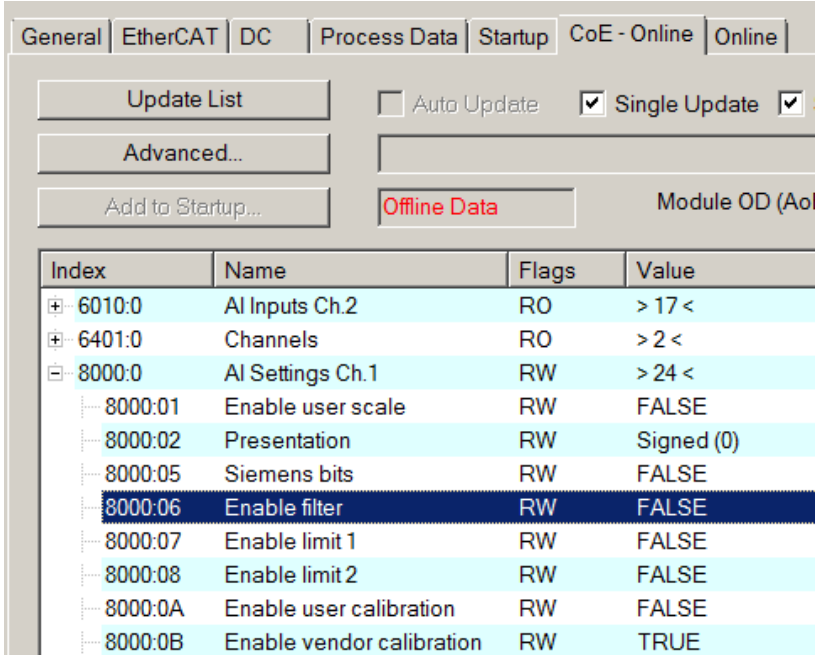


Abb. 129: EL3102, CoE-Verzeichnis

EtherCAT-Systemdokumentation

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

Einige Hinweise daraus in Kürze:

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

Inbetriebnahmehilfe im TwinCAT System Manager

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

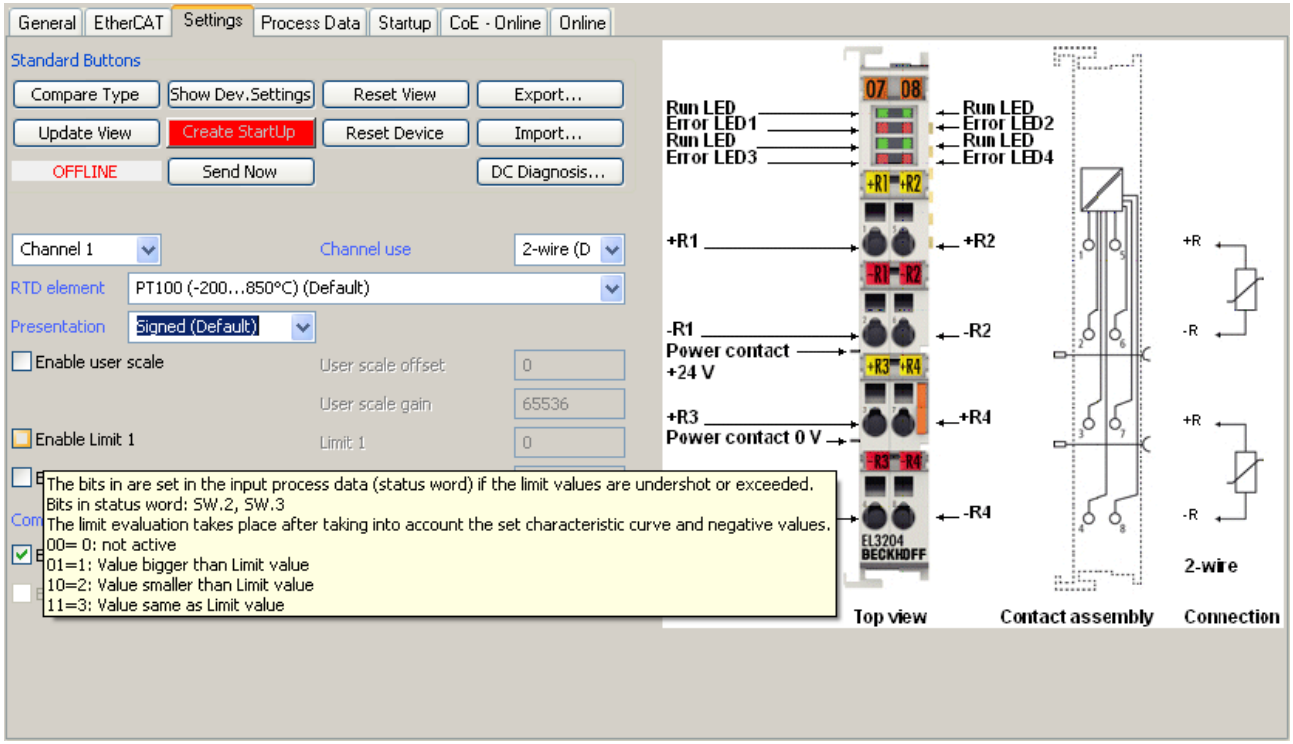


Abb. 130: Beispiel Inbetriebnahmehilfe für eine EL3204

Diese Inbetriebnahme verwaltet zugleich

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

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

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

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

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

- INIT
- PREOP
- SAFEOP
- OP

zu durchlaufen. Der EtherCAT Master ordnet diese Zustände an in Abhängigkeit der Initialisierungsroutinen, die zur Inbetriebnahme des Gerätes durch die ES/XML und Anwendereinstellungen (Distributed Clocks (DC), PDO, CoE) definiert sind. Siehe dazu auch Kapitel "Grundlagen der Kommunikation, EtherCAT State Machine [▶ 28]. 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.

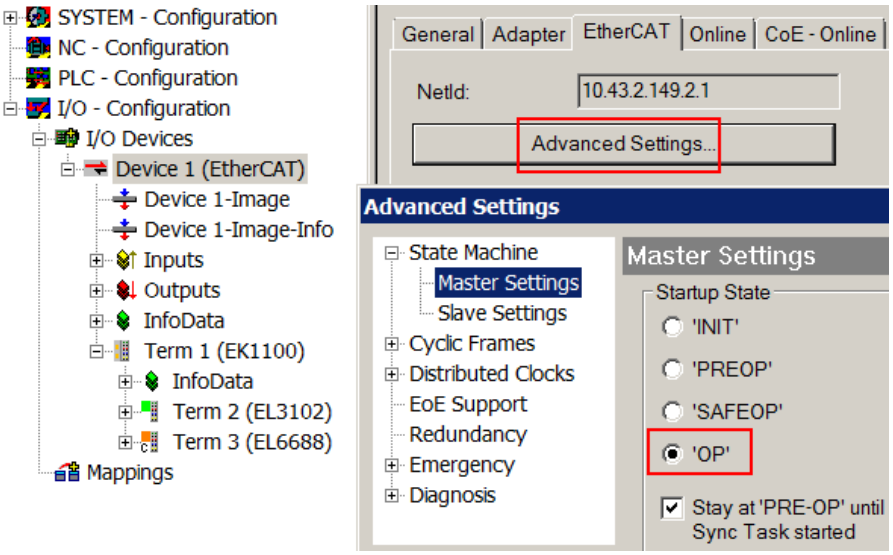


Abb. 131: Default Verhalten System Manager

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

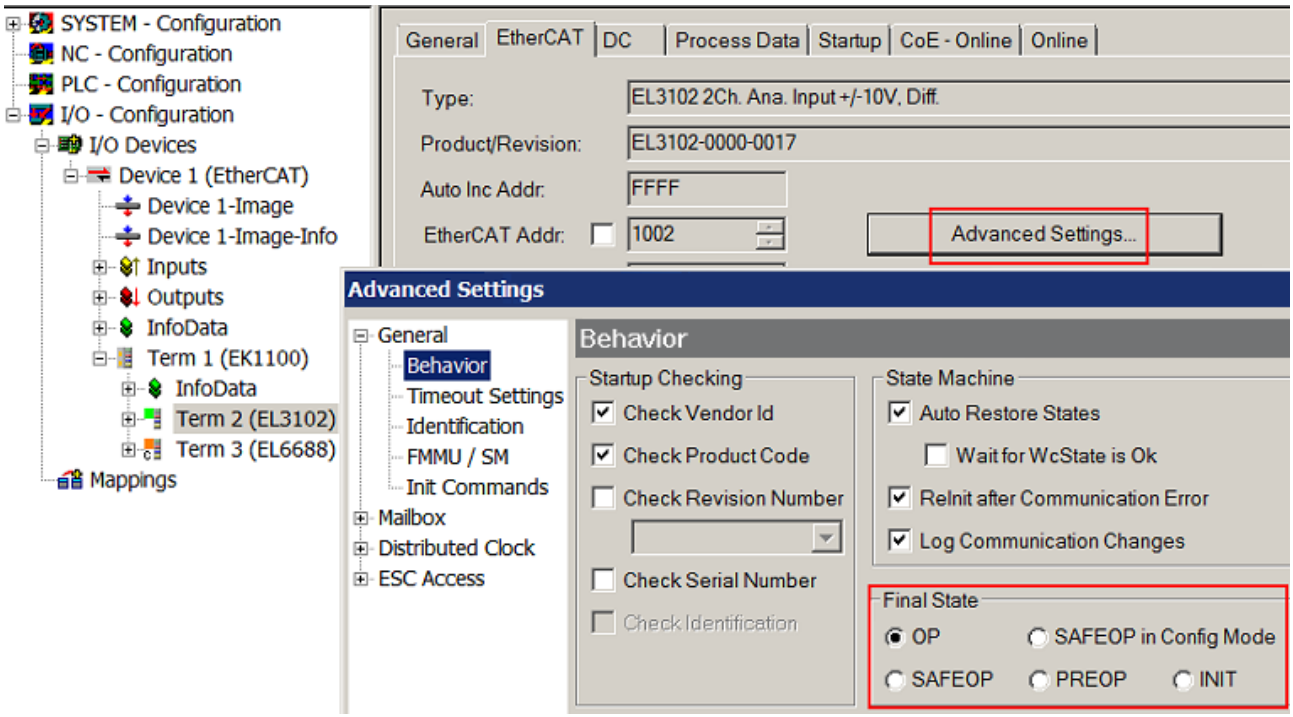


Abb. 132: Default Zielzustand im Slave

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.

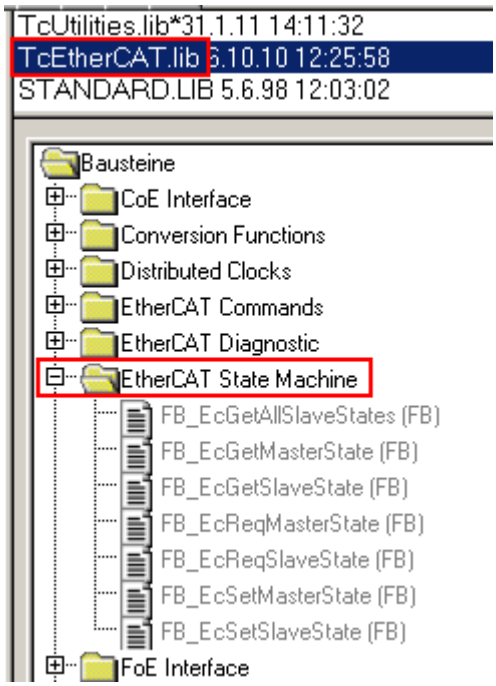


Abb. 133: PLC-Bausteine

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. 134: 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:

Message
E-Bus Power of Terminal 'Term 3 (EL6688)' may to low (-240 mA) - please check!

Abb. 135: Warnmeldung E-Bus-Überschreitung

HINWEIS

Achtung! Fehlfunktion möglich!

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

5.4 Quickstart

Zur Erstinbetriebnahme der EL2212 sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

Die EL2212 kann mit unterschiedlichen Funktionsarten betrieben werden. Im folgende wird der Entscheidungs- und Handlungsablauf der Inbetriebnahme aufgezeigt.

Zum Verständnis sind die einführenden Kapitel zu Funktionsweise [▶ 129] und Anwendungshinweise [▶ 136] zu beachten.

1. Montage

Montieren Sie die EL2212 wie im Kapitel Montage und Verdrahtung [▶ 36] beschrieben.

2. Konfiguration

Erstellen Sie eine Konfiguration im TwinCAT Systemmanager, indem Sie die Klemme manuell einfügen oder online scannen. Beachten Sie dazu das Installationskapitel TwinCAT Entwicklungsumgebung [▶ 74].

EtherCAT XML Device Description

Sollte in Ihrem System die XML-Beschreibung ihrer EL2212 nicht vorliegen, können Sie die entsprechende aktuellste XML-Datei im Download-Bereich auf der Beckhoff Website herunterladen (http://www.beckhoff.de/german/default.htm?download/elconfg.htm) und entsprechend der Installationsanweisungen installieren.

3. Auslieferungszustand

Die Klemme verhält sich im Auslieferungszustand bzw. nach Scannen im Systemmanager wie folgt

- frame-getriggert *SM-synchron*, kein Distributed-Clocks-Betrieb
- Prozessdaten Status + Control

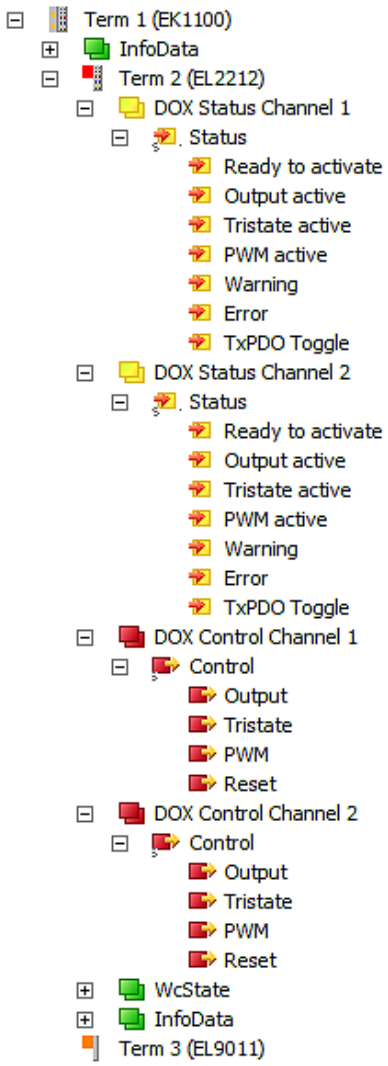


Abb. 136: *Default Prozessdaten*

Zur Ansteuerung des Aktors muss lediglich *Output* bedient werden.

- CoE-Einstellungen (hier Kanal 1)

Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 10 <	
8000:01	Boost current	RW	0x1388 (5000)	mA
8000:02	Hold current	RW	0x01F4 (500)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x0960 (2400)	0,01 V
8000:05	Coil resistance	RW	0x0064 (100)	0,01 Ohm
8000:06	Booster on time	RW	0x000A (10)	0,1 ms
8000:07	Booster off time	RW	0x000A (10)	0,1 ms
8000:08	Current switch off threshold	RW	0	mA
8000:09	PWM Tperiod	RW	0x0014 (20)	0,1 ms
8000:0A	PWM Toff	RW	0x000A (10)	0,1 ms
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8001:01	Kp factor (curr.)	RW	0x01F4 (500)	
8001:02	Ki factor (curr.)	RW	0x0005 (5)	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 25 <	
8002:01	Enable booster on time	RW	TRUE	
8002:02	Enable booster off time	RW	TRUE	
8002:03	Enable current switch off threshold	RW	TRUE	
8002:04	Enable PWM output	RW	FALSE	
8002:11	Select info data 1	RW	Coil voltage (1)	
8002:19	Select info data 2	RW	Coil current (2)	
8010:0	DOX Settings Ch.2	RW	> 10 <	
8011:0	DOX Controller Settings Ch.2	RW	> 2 <	
8012:0	DOX Features Ch.2	RW	> 25 <	

Abb. 137: *Default CoE-Parameter*
Die schnelle An- und Abschaltung sind für je 1 ms aktiviert, für den Aktor werden 24 V Versorgungsspannung, 1 Ω Innenwiderstand, 5 A Boost- und 0,5 A Haltstrom.
Diese Einstellungen sind im Folgenden auf den verwendeten Aktor anzupassen.

4. Distributed-Clocks-Betrieb

Wenn Sie Distributed-Clocks-Betrieb nutzen wollen, stellen Sie entsprechend die Prozessdaten und die Betriebsart um.

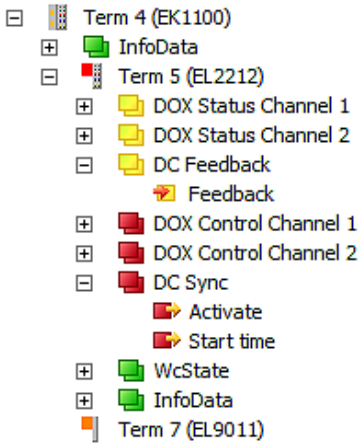


Abb. 138: *Prozessdaten für DC-Betrieb*

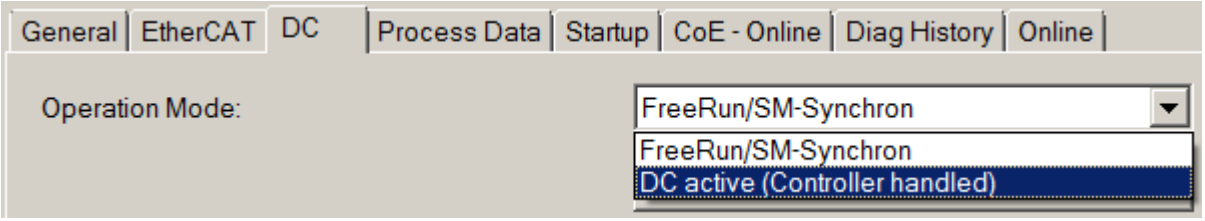


Abb. 139: *Betriebsart DistributedClocks*

Es wird für erste funktionale Aktor-Tests der Standard-Betrieb empfohlen.

5. Berechnung der Aktorspezifischen Parameter

Der Innenwiderstand des Aktors muss so beschaffen sein, dass die EL2212 unter Beachtung der anliegenden Versorgungsspannung [24 .. 72 V DC] sowohl in der Boost- wie auch in der Haltephase den empfohlenen Strombereich von [0,2 .. 10 A] erreicht.

Beispiel: Aktor mit U_{nenn} = 12 V, R_i = 8 Ω, I_{nenn} = 1,5 A.

Es wird ein Booststrom von 4,5 A und ein Haltestrom von 0,75 A gewählt. Für die Boostphase ist also eine Versorgungsspannung von mind. 36 V nötig - die EL2212 erzeugt diese Versorgungsspannung nicht selbst! Sie muß extern erzeugt und an die EL2212 angelegt werden.

Dauer der Boost-On- und Boost-Off-Phase werden zu je 25 ms gewählt. Die Abschaltschwelle für die Boost-Off-Phase wird auf -200 mA gesetzt.

Berücksichtigung der Mechanik

Es sind die Anwendungshinweise [▶ 136] bei der Auslegung zu berücksichtigen.

6. Einstellen der Parameter und Prozessdaten

CoE-Parameter

Die CoE-Parameter müssen nun kanalweise im CoE hinterlegt werden.

Parametrierung über das CoE-Verzeichnis (CAN over EtherCAT)

Die Parametrierung der Klemme wird über den CoE - Online Reiter (mit Doppelklick auf das entsprechende Objekt) bzw. über den Prozessdatenreiter (Zuordnung der PDOs) vorgenommen. Beachten Sie bei Verwendung/Manipulation der CoE-Parameter die allgemeinen CoE-Hinweise [▶ 30]: - StartUp-Liste führen für den Austauschfall - Unterscheidung zwischen Online/Offline Dictionary, Vorhandensein aktueller XML-Beschreibung - "CoE-Reload" zum Zurücksetzen der Veränderungen

Die Übererregung beispielsweise für Kanal 1 bildet sich im CoE

Index	Name	Flags	Wert	Einheit
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 14 <	
8000:01	Boost current	RW	0x1388 (5000)	mA
8000:02	Hold current	RW	0x01F4 (500)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x0960 (2400)	0,01 V
8000:05	Coil resistance	RW	0x0064 (100)	0,01 Ohm
8000:06	Booster on time	RW	0x000A (10)	0,1 ms
8000:07	Booster off time	RW	0x000A (10)	0,1 ms
8000:08	Current switch off threshold	RW	0	mA
8000:09	PWM Tperiod	RW	0x0014 (20)	0,1 ms
8000:0A	PWM Toff	RW	0x000A (10)	0,1 ms
8000:0C	Boost current threshold 1	RW	0x0000 (0)	mA
8000:0D	Boost current threshold 2	RW	0x0000 (0)	mA
8000:0E	Boost current threshold 3	RW	0x0000 (0)	mA
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 26 <	
8002:01	Enable booster on time	RW	TRUE	
8002:02	Enable booster off time	RW	TRUE	
8002:03	Enable current switch off threshold	RW	TRUE	
8002:04	Enable PWM output	RW	FALSE	
8002:11	Select info data 1	RW	Coil voltage (1)	
8002:19	Select info data 2	RW	Coil current (2)	
8002:1A	Boost Mode	RW	Disable boost controller (0)	

Abb. 140: *Spezifische CoE-Einstellung Kanal 1*

für einen bestimungsgemäßen Ablauf nach

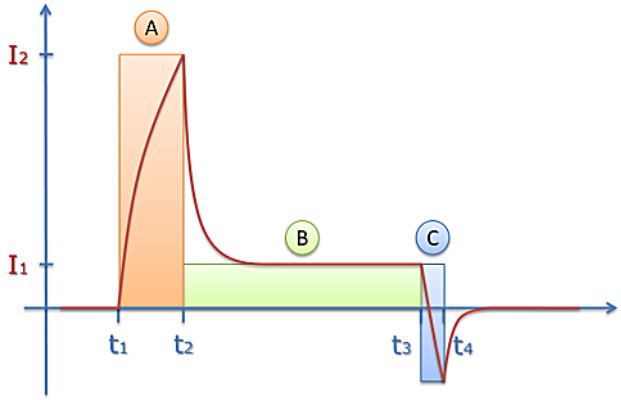


Abb. 141: *Strom-Phasen beim Ein- und Ausschalten*

wie folgt ab:

- Phase A:
  Beim Einschalten des Ausgangs (Zeitpunkt t_1) wird zuerst ein *Boost-Strom* in den Aktor eingeprägt, dessen Soll-Höhe I_2 durch CoE (Index 0x80n0:01 [▶ 182]) bestimmt wird.
  Dazu wird von der Klemme nach U = R * I_2 aus 0x80n0:01 [▶ 182] *BoostCurrent* und 0x80n0:05 [▶ 182] *CoilResistance* die nötige BoostOn-Ausgabespannung für die Boostphase berechnet. Es empfiehlt sich anwenderseitig zuvor manuell diese Rechnung durchzuführen und zu kontrollieren, ob die Ausgabespannung <= der Versorgungsspannung 0x80n0:03 [▶ 182] ist, da die Klemme keine Spannung > Versorgungsspannung ausgeben kann! Wie schnell der Strom dann real ansteigt, hängt von der Induktivität der Last ab. Wenn *BoosterOnTime* zu kurz gewählt wird, wird der gewünschte Boost-Strom gar nicht erreicht.
  Dabei gibt es 2 Möglichkeiten:

- Spannungsgeführter Betrieb: 0x80n2:1A [▶ 183] *Boost Mode* = Disabled (default)
  Die vorberechnete BoostOn-Ausgabespannung wird durch die interne PWM statisch/ungeregelt ausgegeben, es findet keine Stromregelung statt. Für eine gut funktionierende und schnelle Stromregelung müssen die Versorgungsspannung (Index 0x80n0:03 [▶ 182]) und der Innenwiderstand des Aktors (Index 0x80n0:05 [▶ 182]) genau angegeben werden. Die beiden Werte werden zur Berechnung der Vorsteuerung herangezogen. Das bedeutet, je besser die Vorsteuerung eingestellt ist, desto weniger muss der Stromregler nachregeln.
  Da meist Ausgabespannung < Versorgungsspannung, wird der Aktor nicht so schnell gefahren, wie er eigentlich könnte. Ab FW11 wird der folgend beschriebene Stromgeführte Betrieb empfohlen.
  Beispielhafter Verlauf (blau = realer Strom, gelb = statische Spannungs-PWM).
  Hinweis: in 0x80n0:05 [▶ 182] *CoilResistance* ist der halbe reale Widerstandswert einzutragen, also bei 5 Ω Spulenwiderstand sind 2,5 Ω im CoE einzutragen.

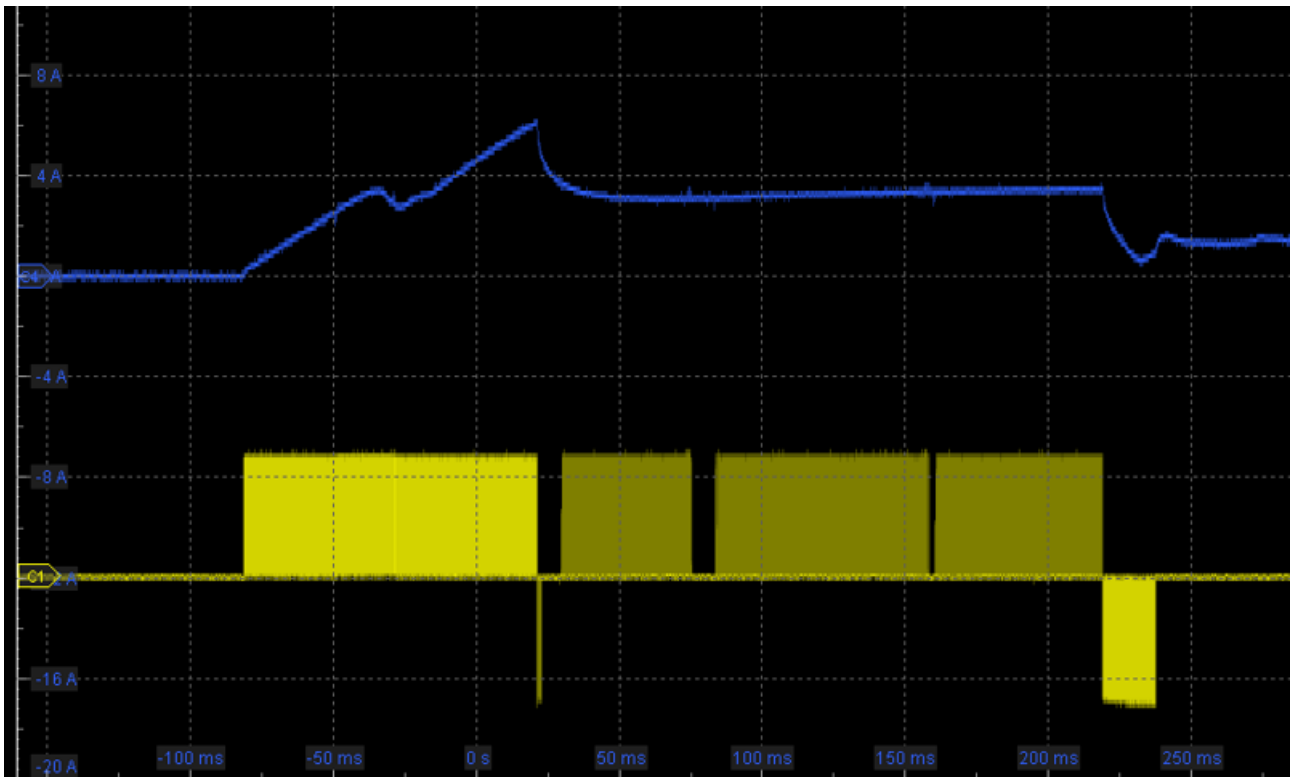


Abb. 142: Spannungsgeführter Betrieb

- Stromgeführter Betrieb: 0x80n2:1A [▶ 183] *Boost Mode* = Enabled (ab FW11)
  Es findet eine fortlaufende Stromregelung in der BoostOn- und Boost-OffPhase statt: um den Soll-Strom I2 schnell zu erreichen gibt der Kanal anfangs die volle Versorgungsspannung aus, was sich in einem deutlich schnelleren Ansprechen des Aktors auswirkt. Erst später setzt die interne PWM ein und regelt auf den BoostCurrent.
  Ab FW11 ist dies die empfohlene Betriebsart (Achtung: im Austauschfall gegen EL2212 FW<11 ist die Funktion nicht gegeben!)
  Beispielhafter Verlauf (blau = realer Strom, gelb = geregelte Spannungs-PWM)
  Hinweis: in 0x80n0:05 [▶ 182] *CoilResistance* ist der volle reale Widerstandswert einzutragen, also bei 5 Ω Spulenwiderstand sind 5 Ω im CoE einzutragen.

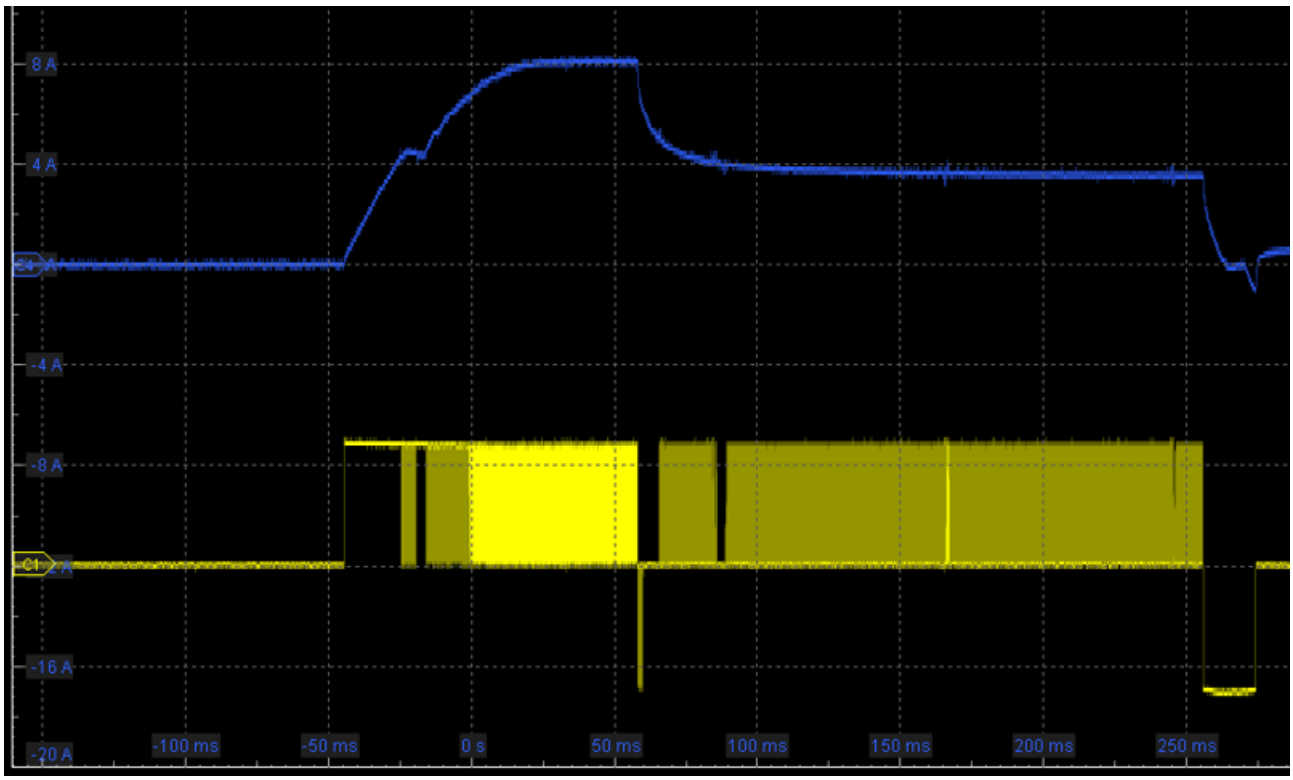


Abb. 143: Stromgeführter Betrieb

- Phase B:
  nach Ablauf der der Zeit t_2-t_1 (Index 0x80n0:06 [▶ 182] *BoosterOnTime*) geht die Stromregelung vom Boost-Strom in den Nennstrom (Index 0x80n0:02 [▶ 182]) über. In diesem Bereich findet aktive Stromregelung durch die interne PWM (Veränderung des Tastverhältnis) statt.
- Phase C:
  Phase C (Zeitpunkt t_3 bis t_4) verhält sich bei aktivierter *BoosterOffTime* (Index 0x80n2:02 [▶ 182]) analog zur Phase A, nur dass die EL2212-Versorgungsspannung invertiert an den Aktor ausgegeben wird. Der Strom wird dabei gemessen. Der Gegenstrom I(t) ist abhängig von
  - der Induktivität
  - der zur Verfügung stehenden Versorgungsspannung 0x80n0:05 [▶ 182]
  - der o.a. Einstellung 0x80n2:1A [▶ 183] *Boost Mode* (ab FW11):
  Disabled (default): siehe Spannungsgeführter Betrieb in Phase A
  Enabled: siehe Stromgeführter Betrieb in Phase A, Stromregelung entsprechend 0x80n0:01 [▶ 182] *Boost Current*

  Das Ausschalten kann in zwei verschiedenen Verhaltensweisen konfiguriert werden. Hierfür wird der aktuelle Aktorstrom gemessen und ausgewertet.
  - Ist die Abschaltschwelle des Aktorstroms deaktiviert (Index 0x80n2:03 [▶ 183] = *FALSE*), wird nach Ablauf der BoosterOffTime (t_4-t_3 , Index 0x80n0:07 [▶ 182]) die Treiberstufe ohne weitere Kontrolle in den Freilauf geschaltet, die Aktoransteuerung endet also.
  - Ist sie aktiviert Index 0x80n2:03 [▶ 182] = *TRUE*), überwacht die Klemme zwei Zustände: das Ablaufen der BoosterOffTime und das Unterschreiten des eingestellten Stromschwellwertes *CurrentSwitchOffThreshold* Index 0x80n0:08 [▶ 182]). Beim Auftreten einer der beiden Bedingungen wird hier die Treiberstufe in den Freilauf geschaltet. Der Schwellwert kann auch negative Werte annehmen, um das sichere Abschalten des angeschlossenen Aktors zu gewährleisten.

Die Regelfaktoren (*Kp, Ki,* Index 0x80n1:01; 0x80n1:02) sollten im Normalfall nicht verändert werden, da die Standardeinstellung für die meisten Anwendungen ausreichend ist.

Für Kanal 2 sind die entsprechenden Werte in *Index 0x8010*, *0x8011* und *0x8012* zu verändern.

Es können für jeden Kanal unterschiedliche Werte angegeben werden. Die Einstellungen können auch über die SPS/PLC/Task zur Laufzeit geladen werden.

7. Betrieb

Wenn der Aktor angeschlossen ist, wird nun bei jeder Aus/An/Aus-Betätigung der parametrierte Stromverlauf ausgegeben.

Zur Diagnose können verwendet werden

- das zyklische PDO *Status*
- die PDO *InfoData*
  sie können mit weiteren technischen Informationen belegt werden, z.B. ist dort ein weiteres, ausführlicheres StatusWord verfügbar

Sehen Sie dazu auch

Konfigurationsdaten (kanalspezifisch) [▶ 182]

5.5 Grundlagen zur Funktion

Die EL2212 nutzt das Prinzip der Pulsweitenmodulation, um eine induktive Schalt-Last in 3 Phasen

- in der Einschaltphase mit einem überhöhten Anregungsstrom zu schalten, "Boost-On-Phase"
- in der Haltephase mit einem Haltestrom deutlich unterhalb des Anregungsstroms zu halten
- in der Abschaltphase ggf. mit Gegenbestromung die Schalt-Last abzuschalten, "Boost-Off-Phase"

Durch die Übererregung werden sowohl die aus der mechanischen Trägheit des Aktors resultierende Ansprech- wie auch Rückfallzeit, als auch verzögernde Einflüsse der elektromagnetischen Erregung verringert.

Durch den verringerten Haltestrom wird einerseits in der Last weniger Verlustwärme produziert, andererseits wird die im induktiven Aktor gehaltene magnetische Energie deutlich reduziert. Somit kann das Abschalten schneller erfolgen. Die Abhängigkeit ist dabei quadratisch, d.h. wenn der Haltestrom 50% vom Nennstrom beträgt, muss beim Abschalten nur 25% der Energie abgebaut werden.

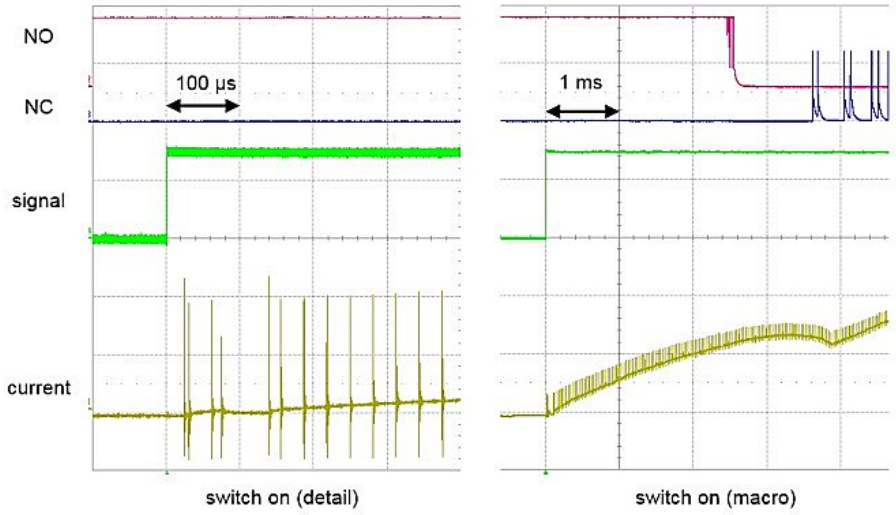
Auswahl des Aktors

Vor dem Hintergrund des ohmschen Gesetzes U = R x I und den Einsatzgrenzen der EL2212 (siehe folgende Tabelle und Technische Daten [▶ 22]) ist der Aktor so nach Innenwiderstand und Nennbetriebsspannung auszuwählen, dass eine zeitliche Beschleunigung des Schaltens durch die Übererregung ermöglicht wird.
Beispiel:

- Nennbetriebsspannung Aktor lt. Hersteller: 24V
- Nennstromaufnahme dabei lt. Hersteller: 0,5 A
- daraus errechnet sich ein ohmscher Widerstand von 48 Ω
- als Boost-Strom soll der 3fache Nennstrom gewählt werden, also 1,5 A
- nach U = R x I ist somit eine Versorgungsspannung für die EL2212 von 72 V zu wählen, die in der Boost-On-Phase für einige ms geschaltet wird
- danach wird ein Haltestrom von 0,3 A gewählt

5.5.1 Weitere Eigenschaften

Eigenschaft	Erläuterung
Ein/Ausschalttrigger	Das Ein/Ausschalten der Last kann auf gemeinsamer Zeitbasis mit Distributed Clocks durch Zeitstempel oder durch den EtherCAT-Frame "frame-getriggert" erfolgen.
Schaltverhalten	Die Ausgangsschaltung der EL2212 ist auf schnelle Signalausgabe auch bei höheren Strömen optimiert. Dazu verfügt die EL2212 je Kanal über eine Vollbrücke, die aktiv nach 24..72 V (positive Betriebsspannung), 0 V oder umpolend nach -24..-72 V schaltet. Die Klemme ist überstrom- und kurzschlussgesichert. Je nach Strombedarf der angeschlossenen Aktoren ist die Stromversorgung der EL2212 entsprechend zu dimensionieren - Power-Zuleitungen, Netzteil und Aktorleitungen sind entsprechend großzügig bzw. kurz zu wählen.
Tristate	Im Tristate-Betrieb kann jeder Kanal einzeln hochohmig geschaltet werden. Dieser Zustand sorgt dafür, dass sich der jeweilige Ausgang verhält als wäre er nicht verbunden und beeinflusst nicht die Ausgaben anderer Ausgänge/Geräte, die mit diesen parallel geschaltet sind. Der entsprechende Ausgang nimmt vielmehr dieselbe Ausgangspannung der aktiven anderen Geräte an.
Interne-PWM	Die Frequenz der Stromregelung bzw. die PWM-Grundfrequenz ist als „interne-PWM“ nicht veränderbar und von der externen PWM [▶ 183], die anwenderseitig steuerbar ist, getrennt implementiert. Die Frequenz beträgt typ. 32 kHz.
Externe-PWM	Es besteht die Möglichkeit die geschalteten Ausgänge Pulsweitenmoduliert ausgeben zu lassen. Aktivierung, Periodendauer und Tastverhältnis dieser „externen PWM“ kann mittels CoE Objekt bzw. PDO gesteuert werden (Siehe „Aktivierung der externen PWM“ [▶ 133]). Dabei schaltet die Klemme den Ausgang unabhängig von dem vorgegeben An/Aus-Zeitstempel selbsttätig ein und aus. Es sind also zeitlich 3 Ebenen zu betrachten: - On/Off-Befehl inkl. Zeitstempel aus der PLC, üblicherweise im ms-Bereich - wenn aktiviert: automatisches An/Abschalten des Ausgangs durch die Klemme im ms-Bereich = Externe PWM. Dies kann als Langsamfahrschutz des Aktors verwendet werden, damit der Aktor z.B. nicht überlange angeschaltet bleibt und ggf. beschädigt wird - schnelles PWM im kHz Bereich zur Stromregelung → „Interne-PWM“
Kurzschlussschutz	Der Kurzschlussstrom je Kanal wird auf typ. 12 A begrenzt. Die EL2212 meldet über die Prozessdaten *Error* und deaktiviert beide Kanäle. Ein *Reset* über das Control-Word setzt die Klemme zurück.
OpenLoad Detektion	Die OpenLoad Detektion ist nur bei gesetzten Ausgang und bei aktivierten Boost On/-Off nur zwischen den Boost-On und Boost-Off-Phasen aktiv. Wird nach dem Boost-On von der Klemme am jeweiligen Ausgang ein Strom kleiner 100 mA gemessen, wird dies als „OpenLoad“ erkannt. Bei permanent eingeschalteten Ausgang kann es zu einer Verzögerung der OpenLoad Detektion von ca. 500 ms kommen. Das entsprechende Bit (DOX Diag Data) 0xApp0 [▶ 189]:07 wird bei derart erkannter fehlender Last gesetzt. **Bei aktivierter PWM ist diese Detektion nicht aktiv**.
Eigenschaft	Erläuterung
Übertemperaturschutz	Die EL2212 ist gegen Übertemperatur geschützt. Es findet eine Innentemperaturmessung statt. • Ab der Warnschwelle (einstellbar im CoE, default 80°C) wird das *Warning*-Bit im *Status*-Word gesetzt. Dies ist vom Anwender zu beachten. Die Warnschwelle soll im normalen Betrieb nicht erreicht werden, das Erreichen ist durch entsprechende Diagnose in der PLC/Task zu detektieren! • Wird diese Warnung nicht beachtet schaltet sich die Klemme bei >95 °C vollständig ab. • Sobald sie unter die Abschaltschwelle abgekühlt ist, schaltet sie sich wieder ein.

<table>
<tr><th>Eigenschaft</th><th>Erläuterung</th></tr>
<tr><td></td><td>Die aktuelle Klemmen-Innentemperatur und die Grenztemperatur kann über die Diagnoseelemente im CoE-Objekt 0xF900 [▶ 190] ausgelesen werden.</td></tr>
<tr><td>Multi-Timestamping</td><td>Es können bis zu 10 unabhängige Schaltaufträge auf einen Kanal oder je zwei Kanäle in einem PLC-Taskzyklus der Klemme übergeben werden, die entsprechend den übergebenen Zeitstempeln ausgeführt werden. Aufgrund der 32 Bit breite der Zeitstempel können von der momentanen DC-Zeit innerhalb der PLC-Steuerung ausgehend die zukünftigen Auftragszeiten höchsten ca. 4,29 s betragen.</td></tr>
<tr><td>Phasen-Zeiten</td><td>Sowohl Boost-On- wie auch die Boost-Off-Phase können je auf maximal 100 ms eingestellt werden.</td></tr>
<tr><td>Induktive Last</td><td>Die Spannungsspitzen beim Schalten der induktiven Last werden von der Endstufe der EL2212 wirkungsvoll kontrolliert.
Für den Fall des unkontrollierten Ausschaltens (z.B. durch Verlust der Betriebsspannung) verfügen die Ausgangskanäle über eine Überspannungsdiode von typ. 90 V zum Abbau der in der Induktivität gespeicherten und durch die Selbstinduktion abgegebenen Energie. Es kann also im Störungsfall an der Last zu entsprechend hohen Spannungen kommen. Die Last-Induktivität sollte >= 1 mH betragen.</td></tr>
<tr><td>Watchdog</td><td>Der SM-Watchdog [▶ 26] kann deaktiviert bzw. verändert werden. Standardmäßig ist er auf 100 ms eingestellt.</td></tr>
<tr><td>Spulenwiderstand</td><td>Auf Grund der internen Berechnungen ist der max. zulässige Spulenwiderstand nach CoE-Objekt 0x80n0:05 [▶ 182] auf 244 Ω begrenzt</td></tr>
<tr><td>Eigenschaft</td><td>Erläuterung</td></tr>
<tr><td>Aktor, empfohlener Leistungsbereich</td><td>Die Strommessung erfolgt mit einer Genauigkeit von typ. ±100 mA. Es wird deshalb empfohlen, mit Boost- und Halteströmen > 200 mA zu arbeiten. Damit ergibt sich folgender maximal zulässiger Aktor-Innenwiderstand in Abhängigkeit von der Versorgungsspannung der EL2212:
<table>
<tr><th></th><th colspan="5">U(supply)</th></tr>
<tr><th>I(min)</th><th>24 V</th><th>36 V</th><th>48 V</th><th>60 V</th><th>72 V</th></tr>
<tr><td>> 200 mA</td><td>< 120 Ω</td><td>< 180 Ω</td><td>< 240 Ω</td><td>< 300 Ω</td><td>< 360 Ω</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Ein/ Ausschaltverzögerung, Leistungstreiber</td><td>Die Verzögerungszeit bis der Schaltauftrag über die PWM-Stufe ausgegeben wird, beträgt für Ein- und Ausschaltvorgang typ. 20 µs ohne Distributed Clocks. Bei Distributed Clocks-Betrieb wird dies intern kompensiert.
Angesichts der Trägheit der Last (ms-Bereich) ist dies meist relativ vernachlässigbar. Um zeitlich höchste exakte Ansteuerung zu erreichen, kann dieser konstante Offset bei Betrieb mit Distributed Clocks berücksichtigt werden.
 
</td></tr>
</table>

Eigenschaft	Erläuterung
	Anschaltvorgang eines Relais, im Detail und gesamter Schaltvorgang
Minimale Zykluszeit	Die minimal zulässige Zykluszeit mit und ohne Distributed-Clocks-Betrieb beträgt 100 µs.
Firmware Update	Der Firmware Update kann nur mit angelegter Versorgungsspannung durchgeführt werden.
BoostOn Stromverlauf	Der Stromverlauf im Boost-On ist in der Inbetriebnahme von hohem Interesse. Idealerweise wird Strom/Spannung von extern mit einem Oszilloskop beobachtet. Steht dieses nicht zur Verfügung, kann folgendes Feature der EL2212 benutzt werden um den Strom in der Boost-On Phase abzuschätzen. Der Anwender kann im CoE 0x80n0:0C..9E 3 Stromgrenzen (Boost Current Treshold, BCT) eingeben: 8000:0C Boost current threshold 1 RW 0x0000 (0) mA 8000:0D Boost current threshold 2 RW 0x0000 (0) mA 8000:0E Boost current threshold 3 RW 0x0000 (0) mA Überschreitet der Strom in der Boost-On Phase die jeweilige Grenze, zählt die Firmware entsprechend in CoE x90n0:0A..0D den BCC (Boost current counter region) hoch: 9000:0A Boost current counter region 1 RO 0x0000 (0) 9000:0B Boost current counter region 2 RO 0x0000 (0) 9000:0C Boost current counter region 3 RO 0x0000 (0) 9000:0D Boost current counter region 4 RO 0x0000 (0) Dabei gilt: BCC 1 für Current < BCT 1 BCC 2 für Current < BCT 2 BCC 3 für Current < BCT 3 BCC 4 für Current > BCT 3 Ein Rücksetzen der Zähler erfolgt durch einen EtherCAT Neustart der Klemme INIT->OP
Boost Zeiten	Die Boost-On- (0x80n0:06 [▶ 182]) und die Boost-Off-Time (0x80n0:07 [▶ 182]) können maximal 100 ms betragen.

Sehen Sie dazu auch

- Informations-/Diagnostikdaten (kanalspezifisch) [▶ 188]

5.5.2 Aktivierung der externen PWM

Die Klemme EL2212 kann neben der zur Stromregelung internen verwendeten PWM eine Ausgangslast zusätzlich Pulsweitenmoduliert ansteuern. Indirekt kann so der Strom der Last nachträglich beeinflusst werden. Da die Klemme bereits bei der internen Stromregelung eine PWM verwendet wird diese anwenderseitig steuerbare PWM als „externe PWM“ bezeichnet.

Ausgehend von der Ansteuerung eines Relais (24 V / 200 mA) zunächst ohne aktivierter externer-PWM wird danach die Ansteuerung eines Relais mit PWM gezeigt.

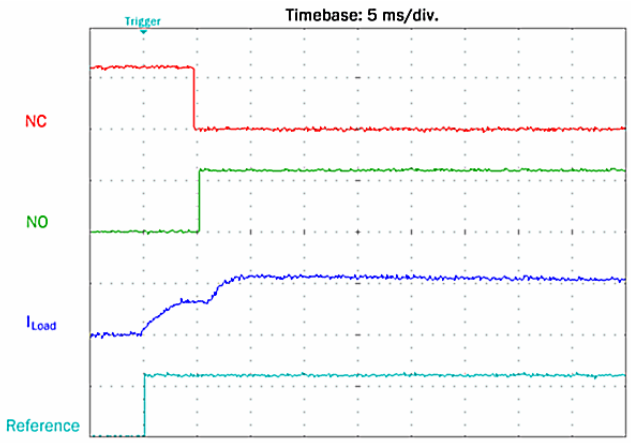
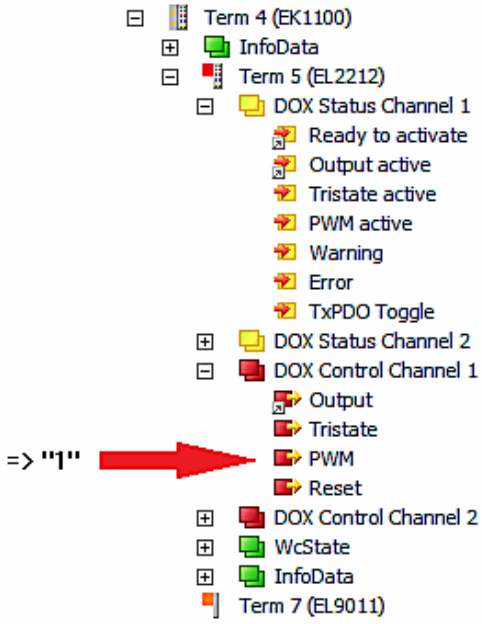


Abb. 144: Oszilloskop Aufnahme: Ansteuerung eines Relais ohne PWM

Um die externe PWM Ansteuerung der EL2212 zu aktivieren ist im „DOX Settings [▶ 182]-“ Objekt 0x8000:09 die Periodendauer (Tperiod) und im Objekt 0x8000:0A die Ausschaltzeit (Toff) der PWM einzutragen. Weiterhin ist in dem dazugehörigen „DOX Features [▶ 183]-„Objekt 0x8002:04 (Enable PWM Output) True einzutragen. Die Durchschaltung der PWM erfolgt mit dem PDO (0x1600) „DOX Control Channel 1 [▶ 140]“ → „PWM“ (Setzen auf „1“):



Beispielhaft sind zunächst für ein Tastverhältnis von 50% Werte von Toff/Tperiod von 2/4 ms eingetragen worden, was prinzipiell einen halben Haltestrom entspricht:

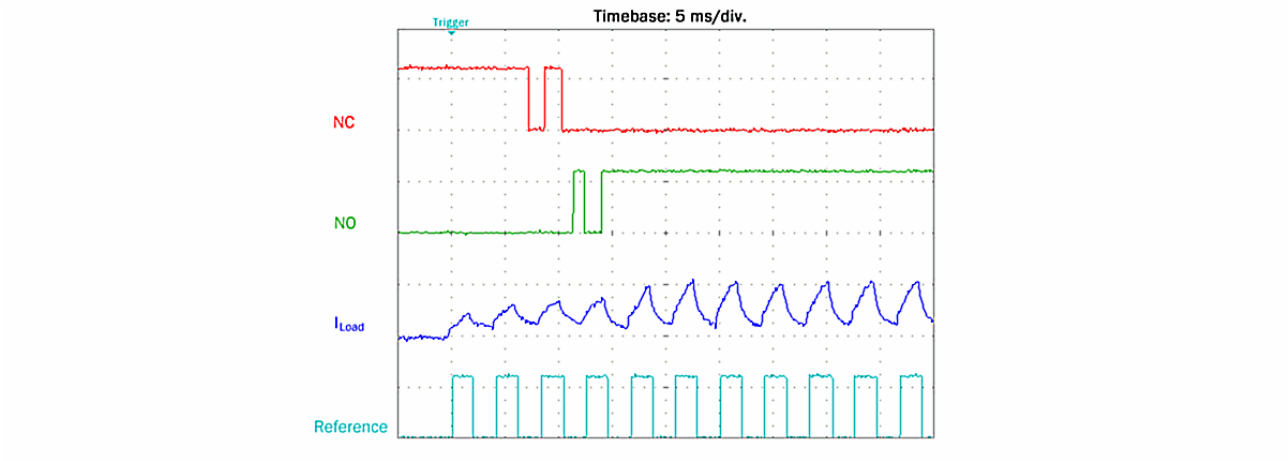


Abb. 145: Ansteuerung eines Relais mit PWM 50%

Die NC/NO Kontakte zeigen ein späteres schalten mit prellenden Kontakten. Nach Anzug des Ankers kann dieser jedoch gehalten werden.

Bei noch kleinerem Tastverhältnis wie etwa 25% (Toff/Tperiod = 1/4 ms) wird der Relaisanker nicht mehr bewegt; mit entsprechend größerem wie etwa 75% wiederum verzögert jedoch ohne prellen:

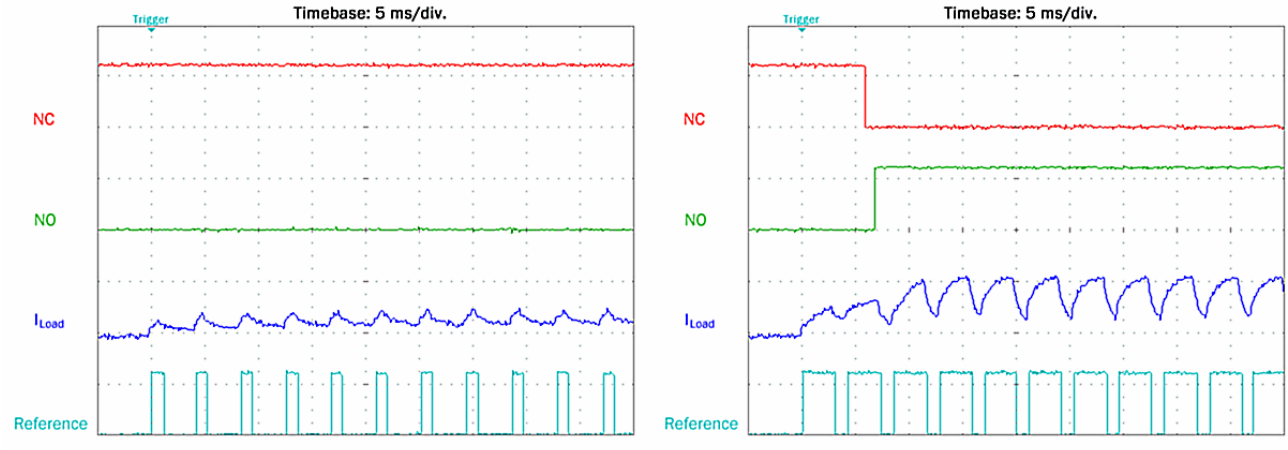


Abb. 146: Ansteuerung eines Relais links mit PWM 25%, rechts mit PWM 75%

Auch bei aktivierten Boost-On/Boost-Off kann die PWM hinzugeschaltet werden. Zu beachten ist, dass die Open-Load Detektion nicht mehr gegeben ist.

Eingeschränkte Fehlererkennung bei aktivierter PWM

Bei aktivierter PWM wird eine Unterbrechung der Stromzufuhr von der Klemme zur Last nicht mehr automaisch erkannt, d.h. es erfolgt im Leerlauf und aktivierten Ausgang weder das Setzen des entsprechenden Bits in DOX Diag Data noch wird ein allgemein ein Fehler angezeigt (kein Error-Bit / Error-LED).

PWM steuern mittels PDO (direkter Zugriff per PLC Programm)

Ferner können mit Zuschalten der PDO-Zuweisungen für 0x1C12 (unter Karteireiter „Process Data“) von 0x1605 (für Kanal 1) und 0x1606 (für Kanal 2) Einstellparameter für Periodendauer und Tastverhältnis den Prozessdaten hinzugefügt werden, wie folgende Abbildung zeigt:

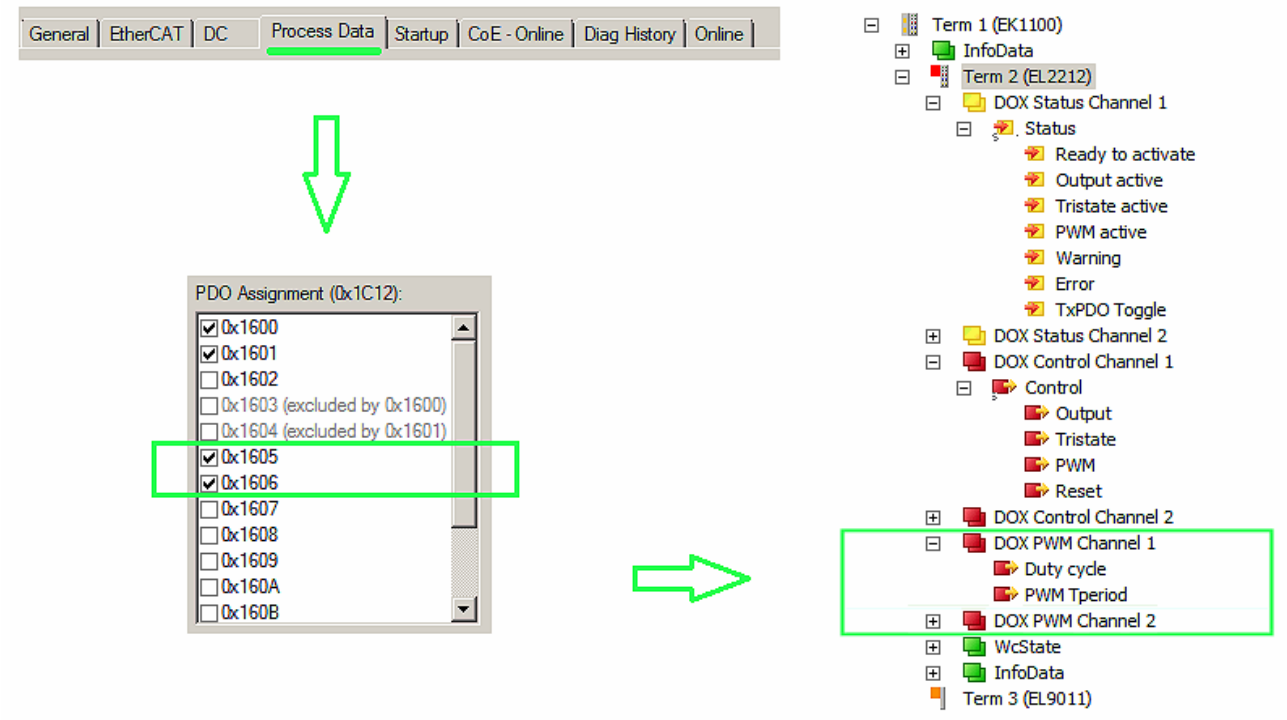


Abb. 147: Hinzufügen von Prozessdaten-Objekten "Duty Cycle" und "Tperiod"

Nach dem erneuten aktivieren der Konfiguration über die TwinCAT – Bedienoberfläche ist es sodann möglich die im CoE enthaltenen Werte für „Tperiod“ und „Toff“ per PDO – Zugriff zu „überschreiben“. Für den PDO-Zugriff ist kein CoE-Schreibbefehl notwendig – es können die neuen PDOs direkt mit Variablen der PLC verlinkt werden.

Zu beachten ist:

- Duty Cycle (PDO)
  - Mit einem „Duty Cycle“ Wert für das Tastverhältnis von „0“ kann die Ansteuerung komplett ausgeschaltet werden.
  - Ein Wert von 100 bis 255 führt zu einer PWM-freien Ansteuerung.
- Tperiod (PDO/CoE)
  - Wurde das PDO „PWM Tperiod“ mit den Wert „0“ beschrieben, wird wieder der Tperiod im CoE unter 0x8000:09 eingestellte Wert für die Erzeugung der PWM herangezogen.
  - Im Gegensatz zum CoE Eintrag kann über das PDO PWM Tperiod Werte kleiner 20 und damit eine PWM Frequenz von bis zu 10 kHz eingestellt werden. Der CoE Eintrag wird auf 20 *0.1 ms und damit die PWM Frequenz auf 500 Hz begrenzt.
- Toff (CoE)
  - Solange die PDOs (Kanal-spezifisch: 0x1605 bzw. 0x1606) über die Prozessdaten konfiguriert sind, ist der CoE Eintrag „Toff“ (0x8000:0A) ohne Wirkung.

5.6 Anwendungshinweise

Die EL2212 ist zum Betrieb induktiver elektrischer Schaltlasten geeignet wie z.B.

- Relais
- Ventil
- Magnetlagerspule
- Leimauftragskopf
- ..

Insbesondere wenn durch die magnetische Kraft ein mechanisches Bauteil wie der Relaisanker oder der Ventilsitz bewegt werden sollen, ist eine übererregte Ansteuerung sinnvoll.

Die Ansteuerung eines induktiven Aktors mit der EL2212 beansprucht diesen in besonderer Weise. Deshalb sind u.a. folgende Hinweise zu beachten:

- die Herstellerangaben des Aktors für zulässigen/nominellen Strom und Spannung beziehen sich meist auf den Dauerbetrieb. In der Übererregungs/Anregungsphase wird der Aktor u.U. mit deutlich erhöhten Werten beaufschlagt.
  → Der Anwender hat durch eigene Tests oder Rückfrage beim Aktorhersteller sicherzustellen, dass der Aktor für die gewählte Betriebsart geeignet ist. Dabei sind z.B. die erhöhte Ansteuerspannung, die thermische Belastung und der mechanisch beschleunigte Schaltvorgang zu berücksichtigen.
- in der Haltephase wird der Aktor üblicherweise mit **verringertem Haltestrom** beaufschlagt. Dieser wird dann unterhalb des vom Aktorhersteller angegebenen Dauerstroms liegen.
  → Der Anwender hat durch eigene Tests oder Rückfrage beim Aktorhersteller sicherzustellen, dass der Aktor auch unter der erwarteten Vibrations- oder Schockbelastung noch genug Haltekraft besitzt. Außerdem darf die Abfallspannung/-strom nicht erreicht bzw. unterschritten werden.
- in der An- wie in der Abschaltphase wird der Aktor mit **höheren Beschleunigungen** betrieben. Dies trifft insbesondere auf den Abschaltvorgang zu.
  → Der Anwender hat durch eigene Tests oder Rückfrage beim Aktorhersteller sicherzustellen, dass das Schaltelement nicht "zurückschlägt", d.h. durch mechanisches Prellen den Schaltwunsch verfälscht. Durch Variation der Stellparameter (Phasenzeit, Stromschwelle) kann dies erreicht werden.
- In der Abschaltphase sollte die Abschaltstromschwelle nach 0x80n0 [▶ 182]:08 nur mit Vorsicht auf Werte < 0 gesetzt werden. Bei kleineren Aktoren kann dies das Abschalten erheblich beschleunigen, bei größeren u.U. dagegen wieder verlangsamen.
  → Der Anwender sollte durch oszillografische Maßnahmen die Wirksamkeit der Parametrierung überprüfen.
- Bei Verwendung der Klemme EL2212 im Nockenschaltwerk steht die **Programmierbibliothek Motion Control XFC** zur effektiven Nutzung zur Verfügung. Hiermit können u.a. Schaltzustände vom Schaltwerk mit präzisen Schaltzeitpunkten der Klemme direkt zugeführt werden.

5.7 Prozessdaten

Die Prozessdatenübersicht listet die detaillierte PDO-Auswahl auf. Für den Betrieb unter TwinCAT sind diese Angaben üblicherweise nicht nötig, da sie von der Konfigurationsoberfläche über die Prozessdatenvorauswahl einfach konfiguriert werden kann.

Prozessdatenvorauswahl

Ein EtherCAT Gerät bietet üblicherweise mehrere verschiedene Prozessdatenobjekte (PDO) für Input- und Outputdaten an, die im Systemmanager konfiguriert d.h. zur zyklischen Übertragung aktiviert oder deaktiviert werden können. Die entsprechende Übersicht siehe weiter unten [▶ 145]. Dabei ist auf Kompatibilität von In- und Output-PDO zu achten.

Ab TwinCAT 2.11 können bei den lt. ESI/XML-Beschreibung dafür vorgesehenen EtherCAT-Geräten die Prozessdaten für Input und Output gleichzeitig durch entsprechende vordefinierte Sätze aktiviert werden, "predefined PDO".

Die EL2212 verfügt im Tab "Process Data"

Abb. 148: *Karteireiter "Process Data"*

über folgende "predefined PDO" Sätze:

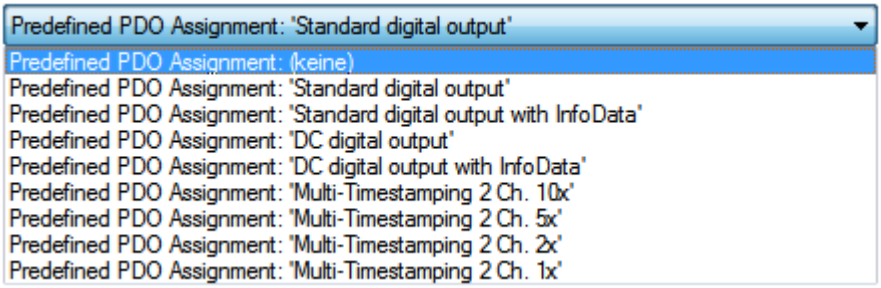


Abb. 149: TwinCAT Systemmanager mit der PDO-Auswahl

Im Einzelnen setzen sich die Sätze wie folgt zusammen:

Betriebsart	Name	SM2, PDO-Zuordnung	SM3, PDO-Zuordnung
SM-syncron "frame-getriggert"	Standard digital output (default Einstellung)	0x1600 0x1601	0x1A00 0x1A02
	Standard digital output with InfoData	0x1600 0x1601	0x1A00 0x1A01 0x1A02 0x1A03
DistributedClocks-getriggert	DC Digital output	0x1600 0x1601 0x1602	0x1A00 0x1A02 0x1A04
	DC Digital output with InfoData	0x1600 0x1601 0x1602	0x1A00 0x1A01 0x1A02 0x1A03 0x1A04
	Multi-Timestamping 2 Ch. 10x	0x1603 0x1604 0x1607 0x160B	0x1A05 0x1A06 0x1A07 0x1A08
	Multi-Timestamping 2 Ch. 5x	0x1603 0x1604 0x1608 0x160C	0x1A05 0x1A06 0x1A07 0x1A08
	Multi-Timestamping 2 Ch. 2x	0x1603 0x1604 0x1609 0x160D	0x1A05 0x1A06 0x1A07 0x1A08
	Multi-Timestamping 2 Ch. 1x	0x1603 0x1604 0x160A 0x160E	0x1A05 0x1A06 0x1A07 0x1A08

Erläuterung der Prozessdaten

Standard digital output (default)

Mit dieser Standard-PDO-Zuordnung können die Ausgänge direkt beschrieben, d.h. die angeschlossenen Aktoren direkt frame-getriggert geschaltet werden.

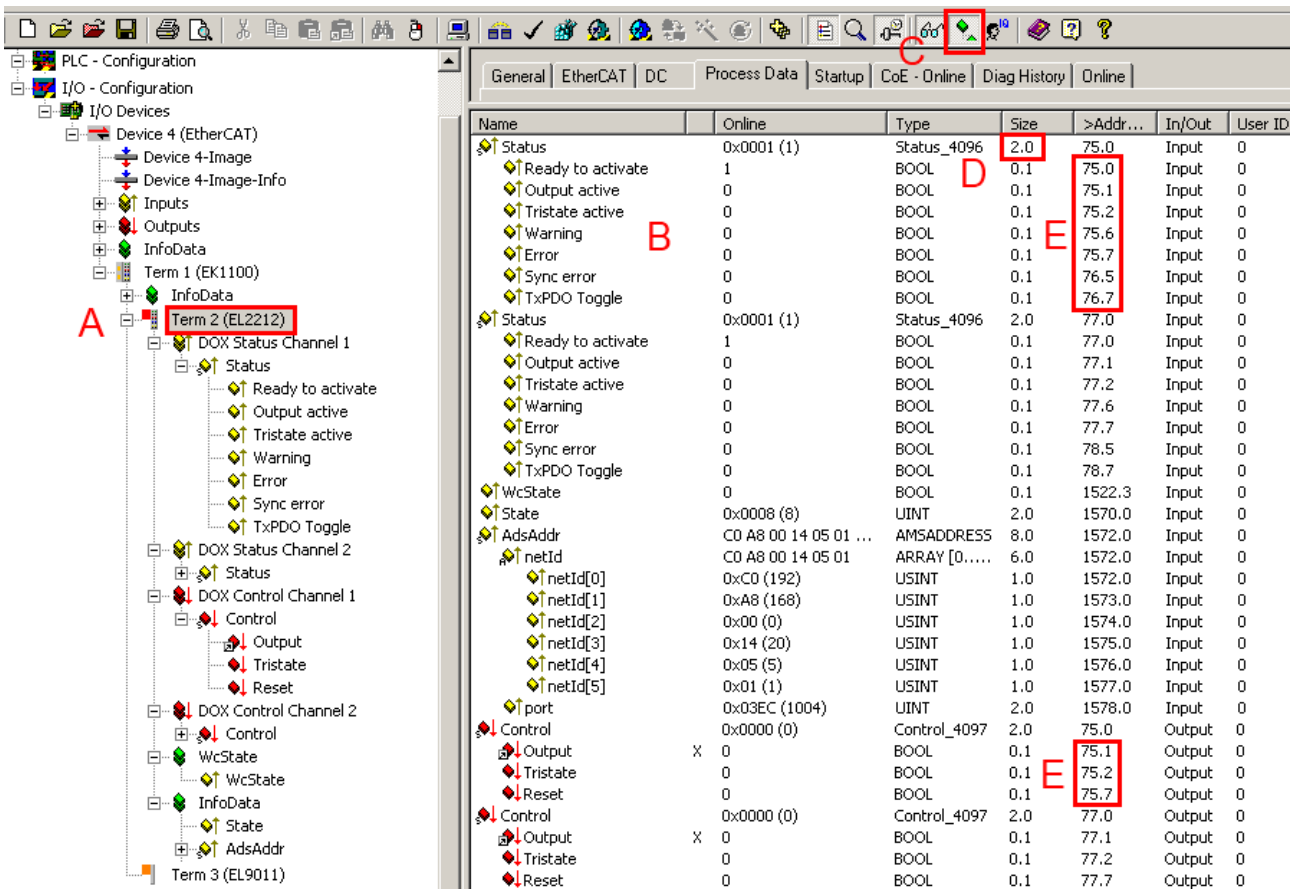


Abb. 150: *Standard Prozessabbild EL2212*

Die EL2212 (A) verfügt über 2-Byte-Variablen mit unterschiedlichen Bitbedeutungen. Diese sind im Baum aufklappbar sichtbar (A). Sie werden auch in der Detailansicht (B) dargestellt, wenn die entsprechende Anzeigefunktion (C) aktiviert ist.

Die Bitbedeutung d.h. Offsetposition kann dann auch unter Berücksichtigung der Variablengröße (D) der Speicherbelegungsanzeige (E) entnommen werden.

Es kann sowohl der Sammelname z.B. *Status* wie auch die einzelne Bitvariable wie z.B. *OutputActive* verlinkt werden, aber nicht beide zugleich.

Eingangsdaten			
Sammelname	**Name**	**Beschreibung / Funktion**	**Bitposition [0..15]**
Status	Ready to activate	Die Klemme signalisiert hier ihre Betriebsbereitschaft.	0
	Output active	Der Ausgang ist aktiv geschaltet.	1
	Tristate active	Die Ausgangstreiber sind hochohmig geschaltet, die Last ist werde mit GND noch Versorgungsspannung verbunden	2
	PWM active	Die PWM ist auf dem Ausgang n aktiv geschaltet.	3
	Warning	Es ist ein Warnung aufgetreten -> "Diag data" (Index 0xA000) auswerten.	6
	Error	Es ist ein Fehler aufgetreten und Ausgangstreiber sind deaktiviert -> "Diag data" (Index 0xA000) auswerten.	7
	TxPDO Toggle	Wechselt bei jedem Prozessdatenaustausch seinen Zustand.	15
WcState		Sollwert im Betrieb: 0 Jedes Datagramm der EL2212 zeigt hier seinen Bearbeitungszustand an. Dadurch kann die EL2212 auf korrekte Prozessdatenkommunikation überwacht werden.	
InfoData (State)		Sollwert im Betrieb: 8 Zustandsanzeige der "EtherCAT State Machine"	
AdsAddr		AMS-Adresse des zuständigen EtherCAT-Masters im Format "0.0.0.0.0.0". Außerdem die für diesen Slave gültige Portnummer. Wird für azyklische Zugriffe zur Laufzeit auf das CoE benötigt.	

Hinweis: Die EL2212 liefert 2 unterschiedliche Status-Words (16 Bit):

- Wie hier angegeben im zyklischen PDO
- Im CoE 0x90n0:01 [▶ 188] gibt es ein weiteres 16 bit Statusword mit mehr Informationen. Dieses kann per ADS ausgelesen oder in die zyklischen PDO InfoData gemappt werden.

Ausgangsdaten			
Sammelname	**Name**	**Beschreibung / Funktion**	**Bitposition [0..15]**
Control	Output	Ausgang von Kanal n aktiv schalten	1
	Tristate	Kanal n hochohmig schalten	2
	PWM	PWM durchschalten	3
	Reset	Rücksetzen eines Fehlers von Kanal n	7

Prioritäten beachten

Sind die beiden Signale "Output" und "Tristate" gleichzeitig aktiviert, hat "Tristate" eine höhere Priorität.

Standard digital output with InfoData

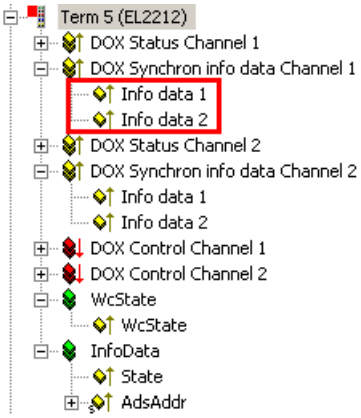


Abb. 151: *Zusätzliche Informationsdaten*

Für genauere Informationen über den Zustand der Aktoren bzw. der Treiberstufe können pro Kanal zwei weitere zyklische Datenworte eingeblendet werden. Die jeweilige Auswhal ist über den entsprechenden Index 0x80n2 [▶ 183]:11 im CoE zu konfigurieren. Wählbar sind unter anderen z.B. die Innentemperatur der Klemme oder der aktuelle Strom durch den angeschlossenen Aktor.

Eingangsdaten	
Name	**Beschreibung / Funktion**
Info data 1	Zusätzliche Kanal-Informationen, Festlegung in 0x80n2 [▶ 183]:11
Info data 2	Zusätzliche Kanal-Informationen, Festlegung in 0x80n2 [▶ 183]:19

DC Digital output

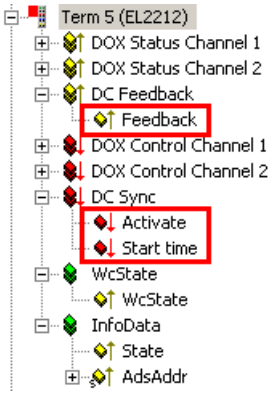


Abb. 152: *Zusätzliche Prozessdaten bei Distributed-Clocks-Betrieb*

Bei Distributed-Clocks-Betrieb arbeitet die EL2212 nach Zeitstempelauftrag wie die EL2252. Entsprechend ist das Prozessabbild gleich.

Eingangsdaten	
Name	**Beschreibung / Funktion**
Feedback	Die Klemme gibt in diesem Byte den aktuellen Zustand der Ausgangskanäle zurück. Dadurch kann ein Schaltauftrag kontrolliert werden. Bit 0: Output Kanal 1 Bit 1: Tristate Kanal 1 Bit 2: Output Kanal 2 Bit 3: Tristate Kanal 2

Ausgangsdaten	
Name	**Beschreibung / Funktion**
Activate	Mit diesem Byte wird durch den Übergang 0 --> 3 ein neuer Startzeitpunkt in der Klemme aktiviert. Die Abfolge: 1. in einem EtherCAT-Zyklus *Activate* = 0, Soll-Zustand der beiden Ausgangskanäle und gewünschten Startzeitpunkt an die EL2212 übertragen 2. im darauffolgenden EtherCAT-Zyklus mit *Activate* = 3 den Schaltauftrag aktivieren Es kann an die EL2212/EL2252 immer nur *ein* Schaltauftrag mit den Soll-Zuständen beider Kanäle (Ausgang, Tristate) übermittelt werden. Nach Ablauf des Auftrags ist die Klemme für einen neuen Schaltauftrag bereit, es sei denn der bestehende Auftrag wird zuvor bereits überschrieben.
Start time	64 Bit Wert des nächsten gewünschten Schaltereignisses. Die Daten der DC-Zeit: • Startzeitpunkt 1.1.2000 • Auflösung 1 Bit = 1 ns

Schaltzeitpunkt

Der gewünschte Schaltzeitpunkt muss vom Zeitpunkt der Berechnung in der NC/PLC aus gesehen weit "genug" in der Zukunft liegen um an die Klemme inkl. Aktivierung übermittelt werden zu können. Da 2 EtherCAT-Zyklen für die Aktivierung benötigt werden wird empfohlen, diesen Abstand nicht kleiner als 3 Zykluszeiten zu wählen.

DC Digital output with InfoData

Wie beiden Standard-Daten können auch im DC-Betrieb zusätzliche Informationsdaten eingeblendet werden. Siehe oben [▶ 141].

Multi-Timestamping

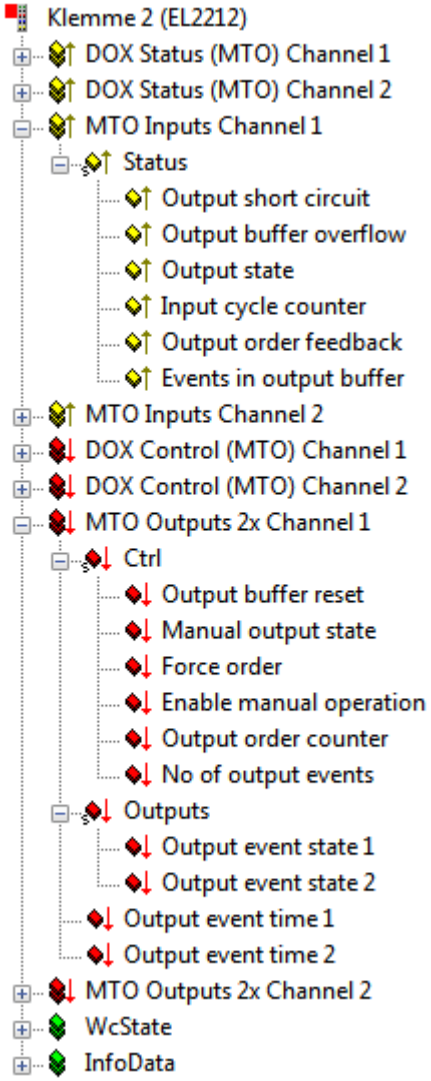


Abb. 153: Prozessdaten bei Multi-Timestamping-Betrieb (2-fach Oversampling)

Das Multi-Timestamping unterstützt zwei Kanäle mit jeweils 1-fach, 2-fach, 5-fach bzw. 10-fach Oversampling. Der Faktor gibt an wie viele Ereignisse maximal pro EtherCAT-Zyklus in den Ausgabepuffer geladen werden können.

Eingangsdaten	
Name	**Beschreibung / Funktion**
Output short circuit	Ausgang hat einen Kurzschluss/Überlast.
Output buffer overflow	Es wurden mehr Events in den Puffer geschrieben als freie Elemente verfügbar sind.
Output state	Aktueller Zustand desr Ausgangs.
Input cycle counter	Aktualisierungszähler der PLC Input Daten.
Output order feedback	Feedback des Order counters.
Events in output buffer	Aktuelle Anzahl der im Puffer verbliebenen Events.

Ausgangsdaten		
Name		**Beschreibung / Funktion**
Ctrl	Output buffer reset	Alle Ereignisse im Ausgangs-Puffer löschen.
	Manual output state	Den Ausgang fest auf diesen Wert setzen (aktivierbar über CoE und PDO, siehe Enable manual operation).
	Force order	Bereits abgelaufene Ereignisse werden ebenfalls ausgegeben, wenn „1“. Ist nur bei aktivierter Zeitstempelprüfung „Enable time check [▶ 184]“ = „1“ relevant. Siehe detailliertere Erläuterung unten [▶ 144].
	Enable manual operation	Manuellen Betrieb über das PDO bit 'Manual output state' zulassen.
	Output order counter	Durch Inkrementieren dieses Wertes wird der Klemme mitgeteilt, dass neue Werte im PDO liegen.
	No of output events	Anzahl der im PDO abgelegten Ereignisse
Outputs	Output event state n	Ausgangswert zum Zeitpunkt des n-ten Timestamps
Output event time n		Timestamp des n-ten Events

Die EL2212 bearbeitet die Multi-Timestamp-Aufträge mit einem Takt von ca 25 µs und entscheidet in diesem Rhythmus ob eine Ausführung ansteht oder nicht. Dem entsprechend beträgt somit auch die realisierbare Zeitauflösung und damit Zeitgenauigkeit des elektrischen Schaltsignals 25 µs.

Detaillierte Erläuterung zu Enable time check/ Force order

Die Verwendung der Zeitstempelprüfung „Enable time check“ = „1“ wird im Folgenden in Verbindung mit dem PDO „Force Order“ in drei Modi dargestellt:

Modus	Enable time check	Force Order	Auswirkung	
1	0	-	Zeitstempelprüfung inaktiv, d.h. vom momentanen DC Zeitwert ausgehend mehr als 100 µs zurückliegende Zeitstempel werden als zukünftige Zeitstempel interpretiert, was u.U. eine Verzögerung der Zustandsübertragungen von bis zu ca. 4,29 s hervorrufen kann.	
2	1	0	keine Ausgabe veralteter Ereignisse	Zeitstempelprüfung aktiv, das Zeitintervall des zu übertragenden Zeitstempels wird auf $\pm 2^{31}$ aufgeteilt, d.h. ca. 2,15 s zeitlich zurückliegend und ca. 2,15 zeitlich vorausliegend. Letzteres stellt eine herabgesetzte Begrenzung des zul. Zeitbereichs von ca. 4,29 s auf ca. 2,15 s dar.
3	1	1	sofortige Ausgabe des veralteten Ereignisses	

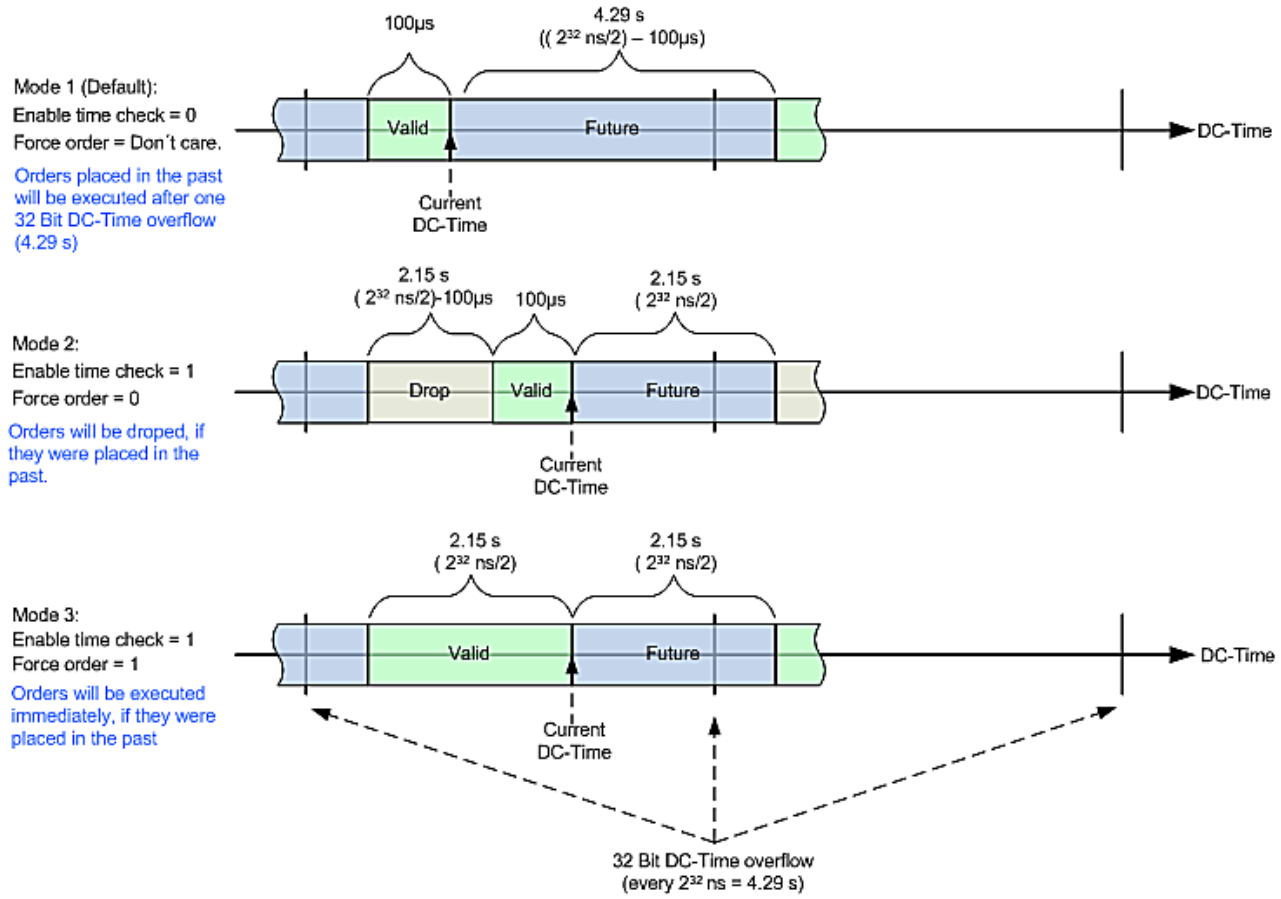


Abb. 154: Behandlung des Zeitstempels der Ausgabezustände bei aktivierter Zeitstempelprüfung

HINWEIS

Bedingungen für Zeitstempel beim Multi-Timestamping

- Zeitstempel müssen in zeitlich aufsteigender Reihenfolge an die Klemme gesendet werden. Sollte ein Zeitstempel älter sein als der vorherige, bleibt die Ausgabe für bis zu ca. 4,29 Sekunden aus. Der Schaltvorgang findet anschließend statt.
- Zeitstempel müssen in der Zukunft liegen und frühzeitig an die Klemme gesendet werden. Erkennt die Klemme, dass ein Zeitstempel in der Vergangenheit liegt, bleibt die Ausgabe für bis zu ca. 4,29 Sekunden aus. Der Schaltvorgang findet anschließend statt.
- **Unvorhersehbares Verhalten beim Multi-Timestamping:**
  In beiden oben beschriebenen Fällen blockiert die Ausgabe für bis zu ca. 4,29 Sekunden und es kann zu einer Buffer-Overflow-Rückmeldung der Klemme kommen.
  Dadurch kann es zu einem unerwünschten Schaltzustand kommen.

Prozessdatenübersicht

Die manuelle Prozessdatenzuordnung ist erforderlich bei TwinCAT bis Version 2.10.

Sync Manager (SM)

Der Umfang der angebotenen Prozessdaten kann über den Reiter „Prozessdaten“ verändert werden (siehe folgende Abbildungen).

Dem Output-SyncManager können die PDOs aus dem Bereich 0x160n (0x1600, 01x1601, 0x1602) zugeordnet werden, siehe Abbildung „*Karteireiter Prozessdaten Sync Manager mit Outputs*“.

Dem Input-SyncManager die PDOs aus dem Bereich 0x1A0n (0x1A00 bis 0x1A049), siehe Abbildung „*Karteireiter Prozessdaten Sync Manager mit Inputs*“.

Nicht alle Kombinationen sind technisch möglich

Allgemein | EtherCAT | DC | Prozessdaten | Startup | CoE - Online | Diag History | Online

Sync Manager:

SM	Size	Type	Flags
0	128	MbxOut	
1	128	MbxIn	
2	4	Outputs	
3	4	Inputs	

PDO Liste:

Index	Size	Name	Flags	SM	SU
0x1A00	2.0	DOX Status Channel 1	F	3	0
0x1A01	4.0	DOX Synchron info data Channel 1	F		0
0x1A02	2.0	DOX Status Channel 2	F	3	0
0x1A03	4.0	DOX Synchron info data Channel 2	F		0
0x1A04	2.0	DC Feedback	F		0
0x1A05	2.0	DOX Status (MTO) Channel 1	F		0
0x1A06	2.0	DOX Status (MTO) Channel 2	F		0
0x1A07	4.0	MTO Inputs Channel 1	F		0
0x1A08	4.0	MTO Inputs Channel 2	F		0
0x1600	2.0	DOX Control Channel 1	F	2	0
0x1601	2.0	DOX Control Channel 2	F	2	0
0x1602	10.0	DC Sync	F		0
0x1603	2.0	DOX Control (MTO) Channel 1	F		0
0x1604	2.0	DOX Control (MTO) Channel 2	F		0
0x1605	3.0	DOX PWM Channel 1	F		0
0x1606	3.0	DOX PWM Channel 2	F		0
0x1607	48.0	MTO Outputs 10x Channel 1	F		0
0x1608	28.0	MTO Outputs 5x Channel 1	F		0
0x1609	16.0	MTO Outputs 2x Channel 1	F		0
0x160A	12.0	MTO Outputs 1x Channel 1	F		0
0x160B	48.0	MTO Outputs 10x Channel 2	F		0
0x160C	28.0	MTO Outputs 5x Channel 2	F		0
0x160D	16.0	MTO Outputs 2x Channel 2	F		0
0x160E	12.0	MTO Outputs 1x Channel 2	F		0

PDO Zuordnung (0x1C12):

- [x] 0x1600
- [x] 0x1601
- [ ] 0x1602
- [ ] 0x1603 (excluded by 0x1600)
- [ ] 0x1604 (excluded by 0x1601)
- [ ] 0x1605
- [ ] 0x1606
- [ ] 0x1607
- [ ] 0x1608
- [ ] 0x1609
- [ ] 0x160A
- [ ] 0x160B
- [ ] 0x160C
- [ ] 0x160D
- [ ] 0x160E

PDO Inhalt (0x1600):

Index	Size	Offs	Name	Type	Default (hex)
---	0.1	0.0	---		
0x7000:02	0.1	0.1	Control__Output	BOOL	
0x7000:03	0.1	0.2	Control__Tristate	BOOL	
0x7000:04	0.1	0.3	Control__PWM	BOOL	
---	0.3	0.4	---		
0x7000:08	0.1	0.7	Control__Reset	BOOL	
---	1.0	1.0	---		
		2.0			

Download

- [x] PDO Zuordnung
- [ ] PDO Konfiguration

Predefined PDO Assignment: 'Standard digital output'

Lade PDO Info aus dem Gerät

Sync Unit Zuordnung...

Abb. 155: Karteireiter Prozessdaten SM2 (Outputs), EL2212 (default)

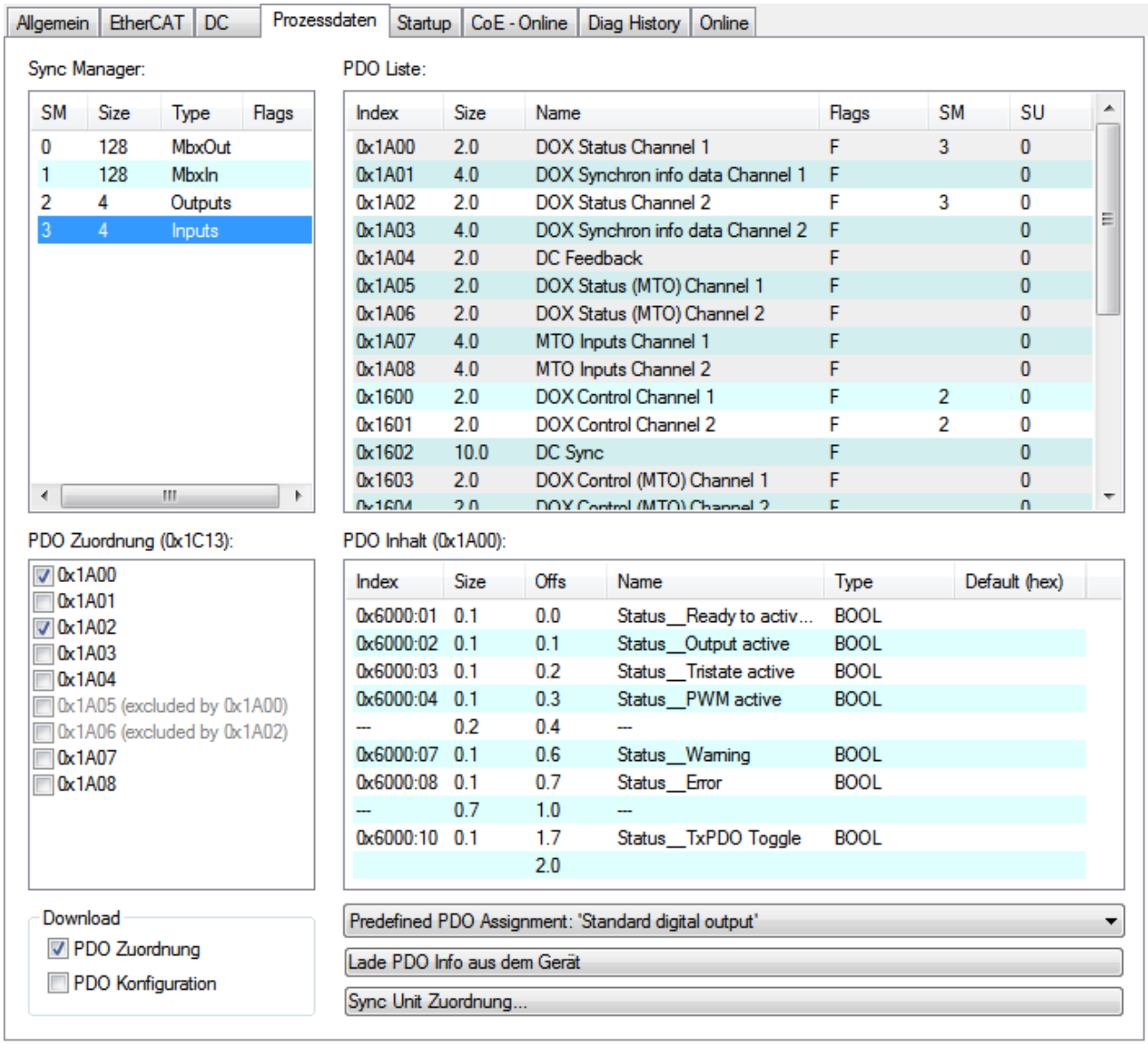


Abb. 156: Karteireiter Prozessdaten SM3 (Inputs), EL2212 (default)

Manuelle PDO-Zuordnung

Zur Konfiguration der Prozessdaten markieren Sie im oberen linken Feld „Sync Manager“ den gewünschten Sync Manager „Inputs“ oder „Outputs“ (beide sind editierbar). Im Feld darunter „PDO Zuordnung“ können dann die diesem Sync Manager zugeordneten Prozessdaten an- oder abgeschaltet werden. Ein Neustart des EtherCAT-Systems oder Neu-Laden der Konfiguration im Config-Modus (F4) bewirkt einen Neustart der EtherCAT-Kommunikation und die Prozessdaten werden von der Klemme übertragen.

SM2 (Outputs), PDO-Zuordnung 0x1C12				
Index	**Index ausge-schlos-sener PDOs**	**Größe (Byte.Bit)**	**Name**	**PDO Inhalt**
0x1600 (default)	0x1603	2.0	DOX Control Channel 1	Index 0x7000 [▶ 186]:02 - Output Index 0x7000 [▶ 186]:03 - Tristate Index 0x7000 [▶ 186]:04 - PWM Index 0x7000 [▶ 186]:08 - Reset
0x1601 (default)	0x1604	2.0	DOX Control Channel 2	Index 0x7010 [▶ 186]:02 - Output Index 0x7010 [▶ 186]:03 - Tristate Index 0x7010 [▶ 186]:04 - PWM Index 0x7010 [▶ 186]:08 - Reset
0x1602	0x1607 0x1608 0x1609 0x160A 0x160B 0x160C 0x160D 0x160E	10.0	DC Sync ausschließlich in Verbindung mit DC-Betriebsart möglich!	Index 0xF700 [▶ 191]:01 - Activate Index 0xF700 [▶ 191]:03 - Start time
0x1603	0x1600	2.0	DOX Control (MTO) Channel 1	Index 0x7000 [▶ 186]:04 - PWM Index 0x7000 [▶ 186]:08 - Reset
0x1604	0x1601	2.0	DOX Control (MTO) Channel 2	Index 0x7010 [▶ 186]:04 - PWM Index 0x7010 [▶ 186]:08 - Reset
0x1605	-	3.0	DOX PWM Channel 1	Index 0x7000 [▶ 186]:11 - Duty cycle Index 0x7000 [▶ 186]:13 - PWM Tperiod
0x1606	-	3.0	DOX PWM Channel 2	Index 0x7010 [▶ 186]:11 - Duty cycle Index 0x7010 [▶ 186]:13 - PWM Tperiod
0x1607	0x1602 0x1608 0x1609 0x160A	48.0	MTO Outputs 10x Channel 1	Index 0x7021 [▶ 187]:01 - Output buffer reset Index 0x7021 [▶ 187]:02 - Manual output state Index 0x7021 [▶ 187]:03 - Force order Index 0x7021 [▶ 187]:04 - Enable manual operation Index 0x7021 [▶ 187]:09 - Output order counter Index 0x7021 [▶ 187]:11 - No of output events Index 0x7021 [▶ 187]:21 - Output event state 1 Index 0x7021 [▶ 187]:22 - Output event state 2 Index 0x7021 [▶ 187]:23 - Output event state 3 Index 0x7021 [▶ 187]:24 - Output event state 4 Index 0x7021 [▶ 187]:25 - Output event state 5 Index 0x7021 [▶ 187]:26 - Output event state 6 Index 0x7021 [▶ 187]:27 - Output event state 7 Index 0x7021 [▶ 187]:28 - Output event state 8 Index 0x7021 [▶ 187]:29 - Output event state 9

SM2 (Outputs), PDO-Zuordnung 0x1C12				
Index	**Index ausge-schlos-sener PDOs**	**Größe (Byte.Bit)**	**Name**	**PDO Inhalt**
				Index 0x7021 [▶ 187]:2A - Output event state 10 Index 0x7021 [▶ 187]:41 - Output event time 1 Index 0x7021 [▶ 187]:42 - Output event time 2 Index 0x7021 [▶ 187]:43 - Output event time 3 Index 0x7021 [▶ 187]:44 - Output event time 4 Index 0x7021 [▶ 187]:45 - Output event time 5 Index 0x7021 [▶ 187]:46 - Output event time 6 Index 0x7021 [▶ 187]:47 - Output event time 7 Index 0x7021 [▶ 187]:48 - Output event time 8 Index 0x7021 [▶ 187]:49 - Output event time 9 Index 0x7021 [▶ 187]:4A - Output event time 10
0x1608	0x1602 0x1607 0x1609 0x160A	28.0	MTO Outputs 5x Channel 1	siehe 0x1607 mit entsprechend weniger Ereignissen
0x1609	0x1602 0x1607 0x1608 0x160A	16.0	MTO Outputs 2x Channel 1	siehe 0x1607 mit entsprechend weniger Ereignissen
0x160A	0x1602 0x1607 0x1608 0x1609	12.0	MTO Outputs 10x Channel 1	siehe 0x1607 mit entsprechend weniger Ereignissen
0x160B	0x1602 0x160C 0x160D 0x160E	48.0	MTO Outputs 10x Channel 2	Index 0x7031 [▶ 187]:01 - Output buffer reset Index 0x7031 [▶ 187]:02 - Manual output state Index 0x7031 [▶ 187]:03 - Force order Index 0x7031 [▶ 187]:04 - Enable manual operation Index 0x7031 [▶ 187]:09 - Output order counter Index 0x7031 [▶ 187]:11 - No of output events Index 0x7031 [▶ 187]:21 - Output event state 1 Index 0x7031 [▶ 187]:22 - Output event state 2 Index 0x7031 [▶ 187]:23 - Output event state 3 Index 0x7031 [▶ 187]:24 - Output event state 4 Index 0x7031 [▶ 187]:25 - Output event state 5 Index 0x7031 [▶ 187]:26 - Output event state 6 Index 0x7031 [▶ 187]:27 - Output event state 7 Index 0x7031 [▶ 187]:28 - Output event state 8 Index 0x7031 [▶ 187]:29 - Output event state 9

SM2 (Outputs), PDO-Zuordnung 0x1C12				
Index	**Index ausge-schlos-sener PDOs**	**Größe (Byte.Bit)**	**Name**	**PDO Inhalt**
				Index 0x7031 [▶ 187]:2A - Output event state 10 Index 0x7031 [▶ 187]:41 - Output event time 1 Index 0x7031 [▶ 187]:42 - Output event time 2 Index 0x7031 [▶ 187]:43 - Output event time 3 Index 0x7031 [▶ 187]:44 - Output event time 4 Index 0x7031 [▶ 187]:45 - Output event time 5 Index 0x7031 [▶ 187]:46 - Output event time 6 Index 0x7031 [▶ 187]:47 - Output event time 7 Index 0x7031 [▶ 187]:48 - Output event time 8 Index 0x7031 [▶ 187]:49 - Output event time 9 Index 0x7031 [▶ 187]:4A - Output event time 10
0x160C	0x1602 0x160B 0x160D 0x160E	28.0	MTO Outputs 5x Channel 2	siehe 0x160B mit entsprechend weniger Ereignissen
0x160D	0x1602 0x160B 0x160C 0x160E	16.0	MTO Outputs 2x Channel 2	siehe 0x160B mit entsprechend weniger Ereignissen
0x160E	0x1602 0x160B 0x160C 0x160D	12.0	MTO Outputs 10x Channel 2	siehe 0x160B mit entsprechend weniger Ereignissen

SM3 (Inputs), PDO-Zuordnung 0x1C13				
Index	**Index ausge-schlos-sener PDOs**	**Größe (Byte.Bit)**	**Name**	**PDO Inhalt**
0x1A00 (default)	0x1A05	2.0	DOX Status Channel 1	Index 0x6000 [▶ 185]:01 - Ready to activate Index 0x6000 [▶ 185]:02 - Output active Index 0x6000 [▶ 185]:03 - Tristate active Index 0x6000 [▶ 185]:04 - PWM active Index 0x6000 [▶ 185]:07 - Warning Index 0x6000 [▶ 185]:08 - Error Index 0x6000 [▶ 185]:10 - TxPDO Toggle
0x1A01	-	4.0	DOX Synchron info data Channel 1	Index 0x6000 [▶ 185]:11 - Info data 1 Index 0x6000 [▶ 185]:12 - Info data 2
0x1A02 (default)	0x1A06	2.0	DOX Status Channel 2	Index 0x6010 [▶ 185]:01 - Ready to activate Index 0x6010 [▶ 185]:02 - Output active Index 0x6010 [▶ 185]:03 - Tristate active Index 0x6010 [▶ 185]:04 - PWM active Index 0x6010 [▶ 185]:07 - Warning Index 0x6010 [▶ 185]:08 - Error Index 0x6010 [▶ 185]:10 - TxPDO Toggle
0x1A03	-	4.0	DOX Synchron info data Channel 2	Index 0x6010 [▶ 185]:11 - Info data 1 Index 0x6010 [▶ 185]:12 - Info data 2
0x1A04	0x1A07 0x1A08	2.0	DC Feedback ausschließlich in Verbindung mit DC-Betriebsart möglich!	Index 0xF600 [▶ 191]:01 - Feedback
0x1A05	0x1A00	2.0	DOX Status (MTO) Channel 1	Index 0x6000 [▶ 185]:01 - Ready to activate Index 0x6000 [▶ 185]:04 - PWM active Index 0x6000 [▶ 185]:07 - Warning Index 0x6000 [▶ 185]:08 - Error Index 0x6000 [▶ 185]:10 - TxPDO Toggle
0x1A06	0x1A02	2.0	DOX Status (MTO) Channel 2	Index 0x6010 [▶ 185]:01 - Ready to activate Index 0x6010 [▶ 185]:04 - PWM active Index 0x6010 [▶ 185]:07 - Warning Index 0x6010 [▶ 185]:08 - Error Index 0x6010 [▶ 185]:10 - TxPDO Toggle
0x1A07	0x1A04	4.0	MTO Inputs Channel 1	Index 0x6020 [▶ 186]:01 - Output short circuit Index 0x6020 [▶ 186]:02 - Output buffer overflow Index 0x6020 [▶ 186]:03 - Output state Index 0x6020 [▶ 186]:0F - Input cycle counter Index 0x6020 [▶ 186]:11 - Output order feedback

SM3 (Inputs), PDO-Zuordnung 0x1C13				
Index	**Index ausge-schlos-sener PDOs**	**Größe (Byte.Bit)**	**Name**	**PDO Inhalt**
				Index 0x6020 [▶ 186]:12 - Events in output buffer
0x1A08	0x1A04	4.0	MTO Inputs Channel 2	Index 0x6030 [▶ 186]:01 - Output short circuit Index 0x6030 [▶ 186]:02 - Output buffer overflow Index 0x6030 [▶ 186]:03 - Output state Index 0x6030 [▶ 186]:0F - Input cycle counter Index 0x6030 [▶ 186]:11 - Output order feedback Index 0x6030 [▶ 186]:12 - Events in output buffer

5.8 Prozessdatenvorauswahl

Die EL2212 kann mit unterschiedlichen Funktionsarten betrieben werden.

Eine Vorauswahl der PDO's kann mit dem System Manager per „Predefined PDO Assignment [▶ 137]“ auf der Registerkarte "Prozessdaten" vorgenommen werden

Standard digital output / with InfoData

Mit dieser Standard-PDO-Zuordnung können die Ausgänge direkt beschrieben, d.h. die angeschlossenen Aktoren direkt geschaltet werden.
Wählt man die Option "with InfoData" werden automatisch die synchronen Informationsdaten mit eingeblendet.

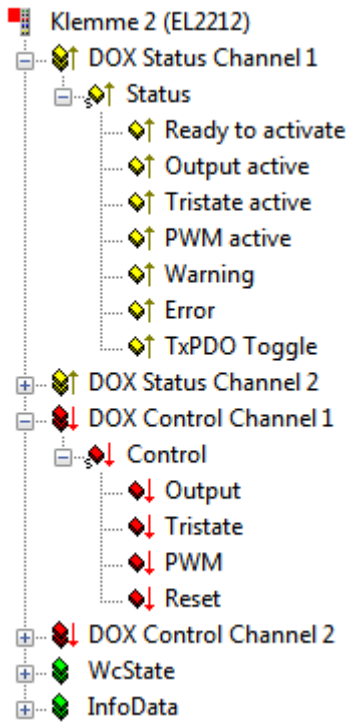


Abb. 157: Standard PDO-Zuordnung

Name der Prozess-Eingangsdaten	Beschreibung / Funktion
Ready to activate	Die Klemme signalisiert hier ihre Betriebsbereitschaft.
Output active	Der Ausgang ist aktiv geschaltet.
Tristate active	Die Ausgangstreiber sind in Tristate geschaltet.
PWM active	Die PWM ist auf dem Ausgang n aktiv geschaltet.
Warning	Es ist ein Warnung aufgetreten -> "Diag data" (Index 0xA000) auswerten.
Error	Es ist ein Fehler aufgetreten und Ausgangstreiber sind deaktiviert -> "Diag data" (Index 0xA000) auswerten.
TxPDO Toggle	Wechselt bei jedem Prozessdatenaustausch seinen Zustand.
WcState	Jedes Datagramm der EL2212 zeigt hier seinen Bearbeitungszustand an. Dadurch kann die EL2212 auf korrekte Prozessdatenkommunikation überwacht werden.
InfoData (State)	Zustandsanzeige der "EtherCAT State Machine"

Name der Prozess-Ausgangsdaten	Beschreibung / Funktion
Output	Ausgang von Kanal n aktiv schalten
Tristate	Kanal n hochohmig schalten
PWM	PWM am Ausgang von Kanal n aktiv schalten
Reset	Rücksetzen eines Fehlers von Kanal n

Prioritäten beachten

Sind die beiden Signale "Output" und "Tristate" gleichzeitig aktiviert, hat "Tristate" eine höhere Priorität.

DC digital output / with InfoData

Zusätzlich zu den Standard-Signalen sind in dieser Zuordnung noch die PDOs "DC Feedback" und "DC Sync" aktiviert.

Wählt man die Option "with InfoData" werden automatisch die synchronen Informationsdaten mit eingeblendet.

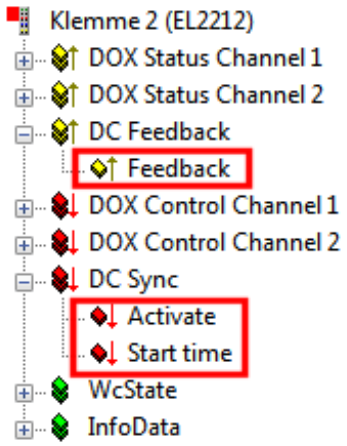


Abb. 158: PDO-Zuordnung mit aktivierten DC

Name der Prozess-Eingangsdaten	Beschreibung / Funktion
Feedback	Die Klemme gibt in diesem Byte die Zustände der Eingagnssignale zurück. Bit 0: Output Kanal 1 Bit 1: Tristate Kanal 1 Bit 2: Output Kanal 2 Bit 3: Tristate Kanal 2

Name der Prozess-Ausgangsdaten	Beschreibung / Funktion
Activate	Mit diesem Byte wird durch den Übergang 0 → 3 ein neuer Startzeitpunkt in der Klemme aktiviert.
Start time	64 Bit Wert des nächsten gewünschten Schaltereignisses.

Synchron information data (PDO 0x1A01 bzw. 0x1A03)

Zusätzliche Informationen können mit den PDO 0x1A01 (Ch.1) bzw. 0x1A03 (Ch.2) eingeblendet werden. Die PDO-Zuordnung mit den "Synchon information data" muss manuell aktiviert werden.

Für genauere Informationen über den Zustand der Aktoren bzw. der Treiberstufe werden pro Kanal zwei weitere Datenworte eingeblendet. Diese sind über den entsprechenden Index im CoE [▶ 183] zu konfigurieren.
Wählbar sind unter anderen z.B. die Innentemperatur der Klemme, oder der aktuelle Strom durch den angeschlossenen Aktor.

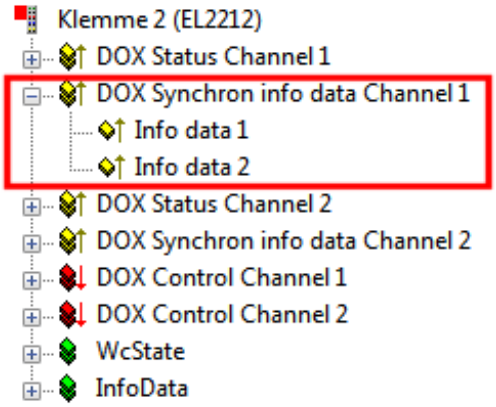


Abb. 159: Aktivierte "Synchron Info data"

Name der Prozess-Eingangsdaten	Beschreibung / Funktion
Info data 1	Zusätzliche Kanal-Informationen
Info data 2	

Multi-Timestamping 2 Ch. 10x/5x/2x/1x

Das Multi-Timestamping unterstützt zwei Kanäle mit jeweils 1-fach, 2-fach, 5-fach bzw. 10-fach Oversampling.

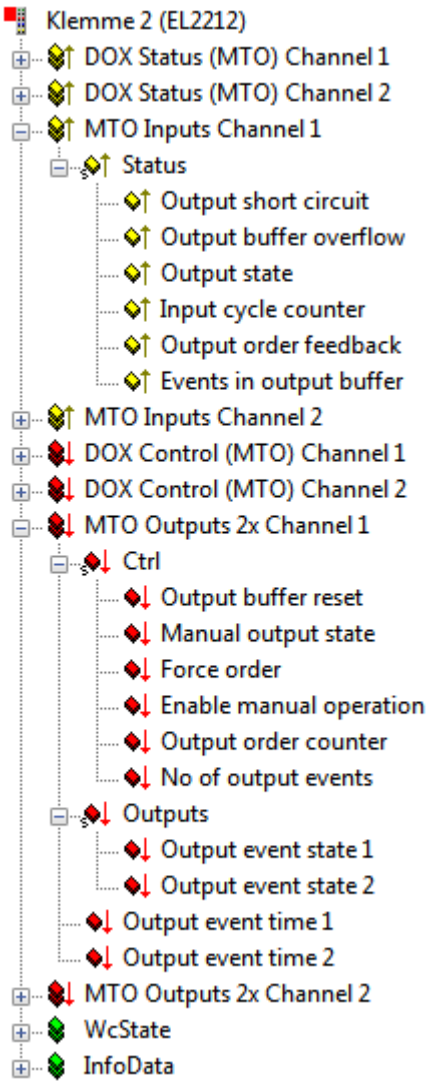


Abb. 160: Aktiviertes "Multi-Timestamping" 2 Ch. 2x

Name der Prozess-Eingangsdaten	Beschreibung / Funktion
Output short circuit	Ausgang hat einen Kurzschluss/Ueberlast.
Output buffer overflow	Es wurden mehr Events in den Puffer geschrieben als freie Elemente verfuegbar sind.
Output state	Aktueller Zustand des Ausgangs.
Input cycle counter	Aktualisierungszähler der PLC Input Daten.
Output order feedback	Feedback des Order counters.
Events in output buffer	Aktuelle Anzahl der im Puffer verbliebenen Events.

Name der Prozess-Ausgangsdaten	Beschreibung / Funktion
Output buffer reset	Alle Ereignisse im Ausgangs-Puffer löschen.
Manual output state	Den Ausgang fest auf diesen Wert setzen (aktivierbar über CoE und PDO, siehe Enable manual operation).
Force order	Bereits abgelaufene Ereignisse werden ebenfalls ausgegeben.
Enable manual operation	Manuellen Betrieb über das PDO bit 'Manual output state' zulassen.
Output order counter	Durch Inkrementieren dieses Wertes wird der Klemme mitgeteilt, dass neue Werte im PDO liegen.
No of output events	Anzahl der im PDO abgelegten Ereignisse
Output event state n	Ausgangswert zum Zeitpunkt des n-ten Timestamps
Output event time n	Timestamp des n-ten Events

5.9 Distributed Clocks Einstellungen

Grundlagen

Die EL2212 verfügt beim DC-Betrieb über eine Besonderheit: üblicherweise wird die DC-Einheit im ESC vom EtherCAT-Master verwaltet. Bei der EL2212 verwaltet jedoch der lokale Controller die Startzeit und setzt entsprechende Werte im ESC.

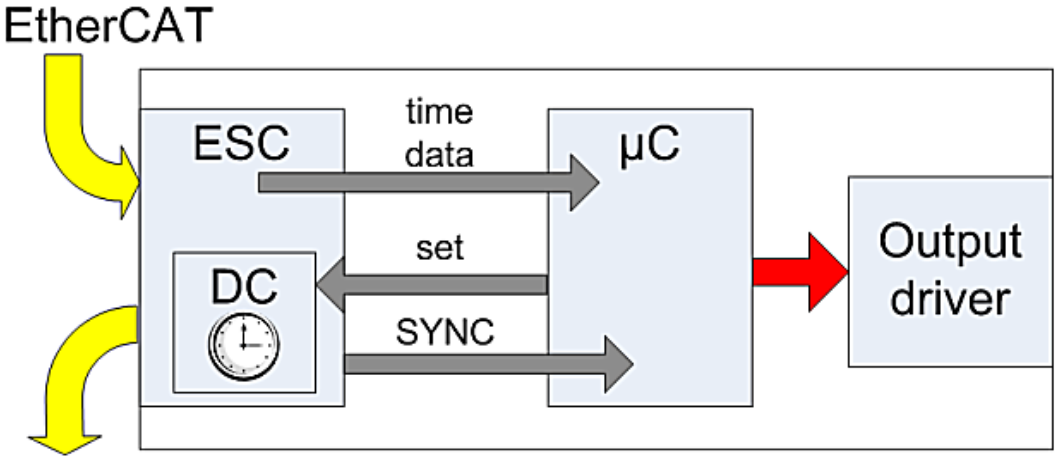


Abb. 161: *EL2212 DC-Schema*

Der Controller (B) erhält Zeitstempel, Aktivierung und Sollzustände als normale Prozessdaten vom ESC (A). Er parametriert den ESC auf die nächste Startzeit. Beim angesetzten Zeitpunkt teilt dies der ESC dem Controller über das SYNC-Signal mit, dieser steuert dann entsprechend die Ausgangsstufen an.

Aus diesem Grund können im TwinCAT Systemmanager die entsprechenden DC-Einträge trotz DC-Modus nicht verändert werden, die EL2212 kann dennoch als ReferenceClock verwendet werden.

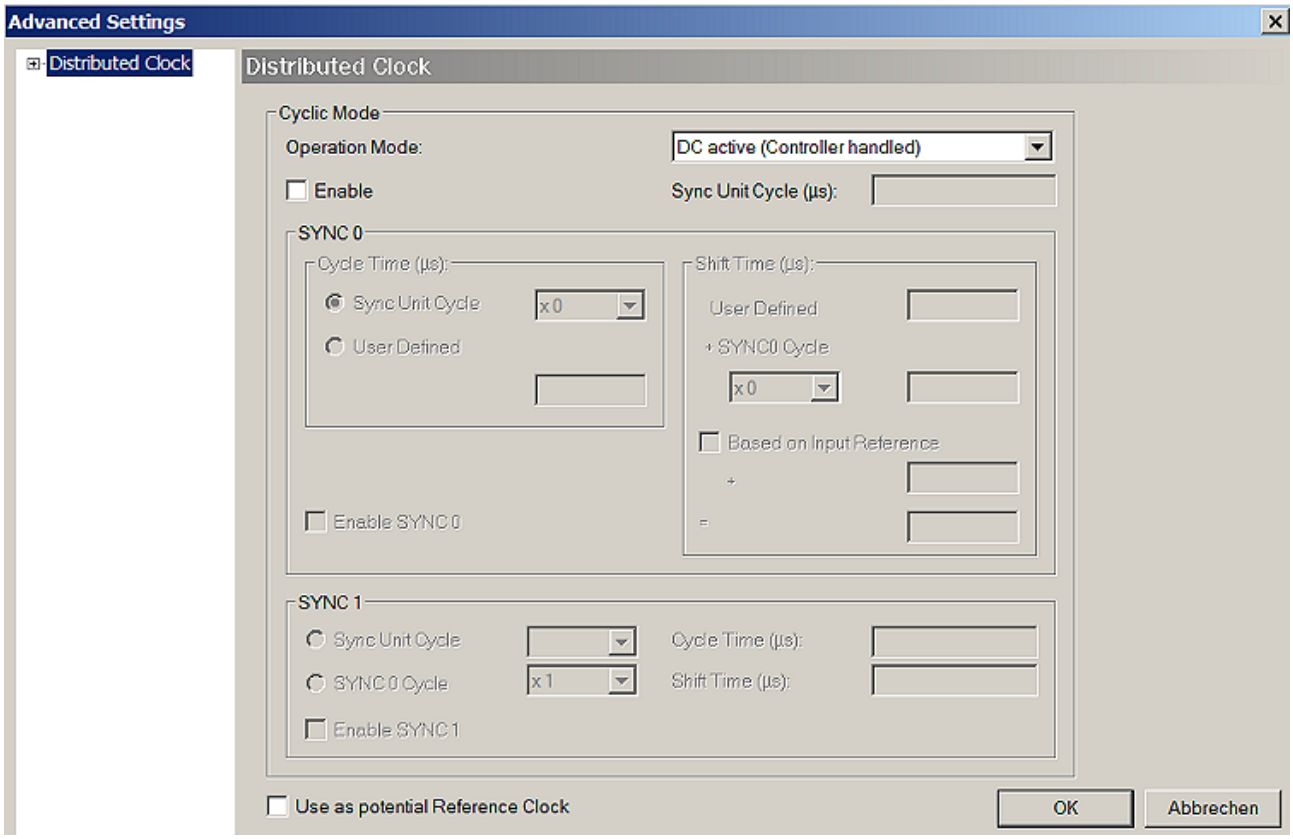


Abb. 162: *EL2212 DC-Einstellungen*

Ermittlung der aktuellen Distributed-Clocks-Zeit

Wird in einem PLC-Zyklus eine aktuelle Angabe über die Distributed-Clocks-Zeit benötigt, kann diese über eine Eingangsvariable des EtherCAT Masters verlinkt werden.

Funktionen für Datentypen mit 64 Bit Breite

Zur Verarbeitung der 64 Bit Zahlen in Beckhoff TwinCAT stehen in der Library TcUtilities.lib eine Auswahl an Funktionen zur Verfügung. Hier sind längere Ausführungszeiten erforderlich als mit 32 Bit Standard-Datentypen. Ein Datentyp mit 64 Bit Breite ist in TcEthercat.lib als T_DCTIME oder in TcUtilities.lib als T_LARGE_INTEGER definiert.

Der EtherCAT Master kann eine Kopie der aktuellen Distributed-Clock-Master-Clock anzeigen. Dazu ist im *Gerät EtherCAT → Karteireiter EtherCAT → Erweiterte Einstellungen → Distributed Clocks* die Einstellung "Show DC System Time (64bit)" zu aktivieren, (siehe entsprechende Abbildung).

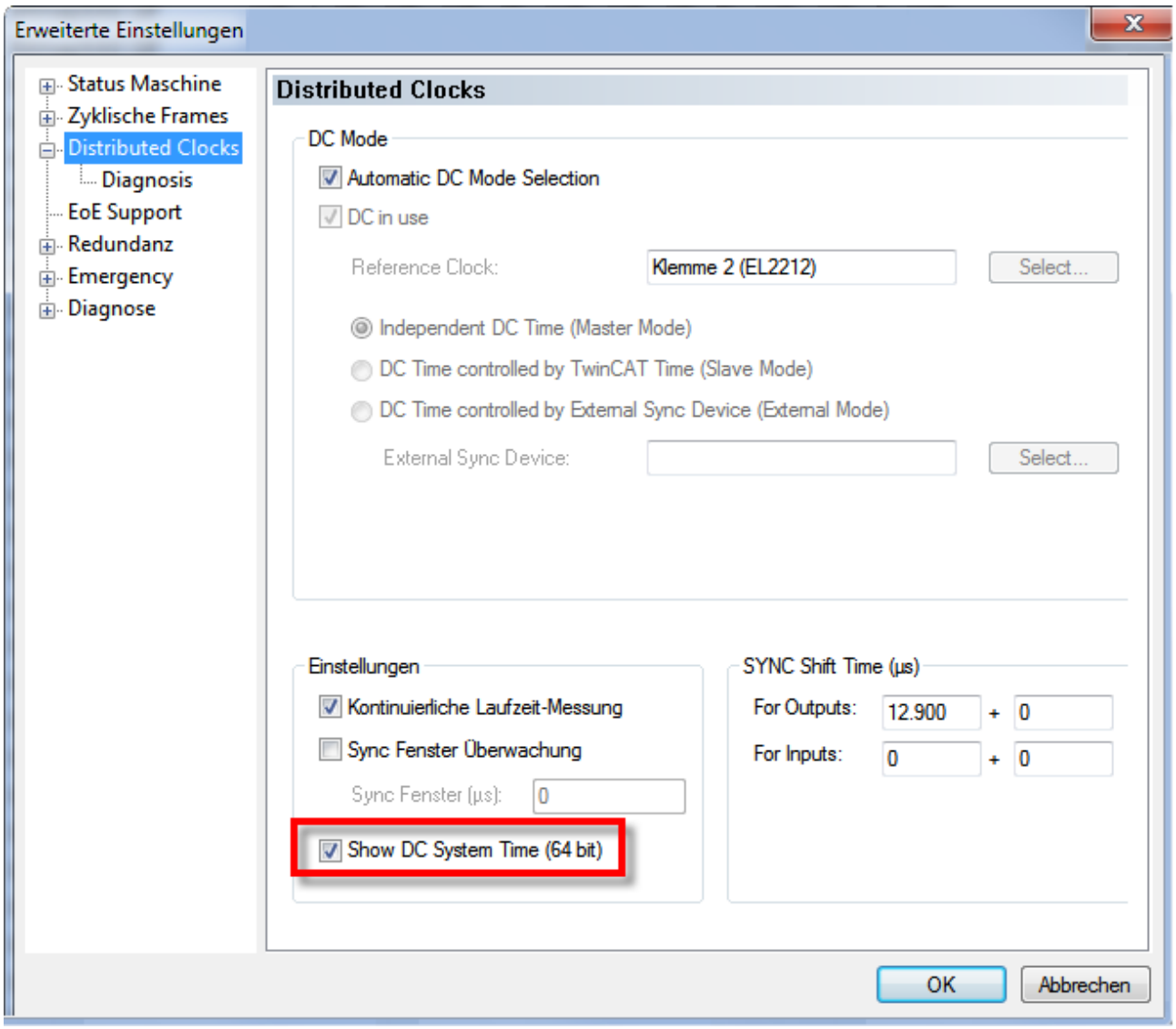


Abb. 163: *Aktivierung der Anzeige der Master-Distributed-Clock*

Dadurch stellt sich das Prozessabbild des EtherCAT Masters nun dar wie in der folgenden Abbildung:

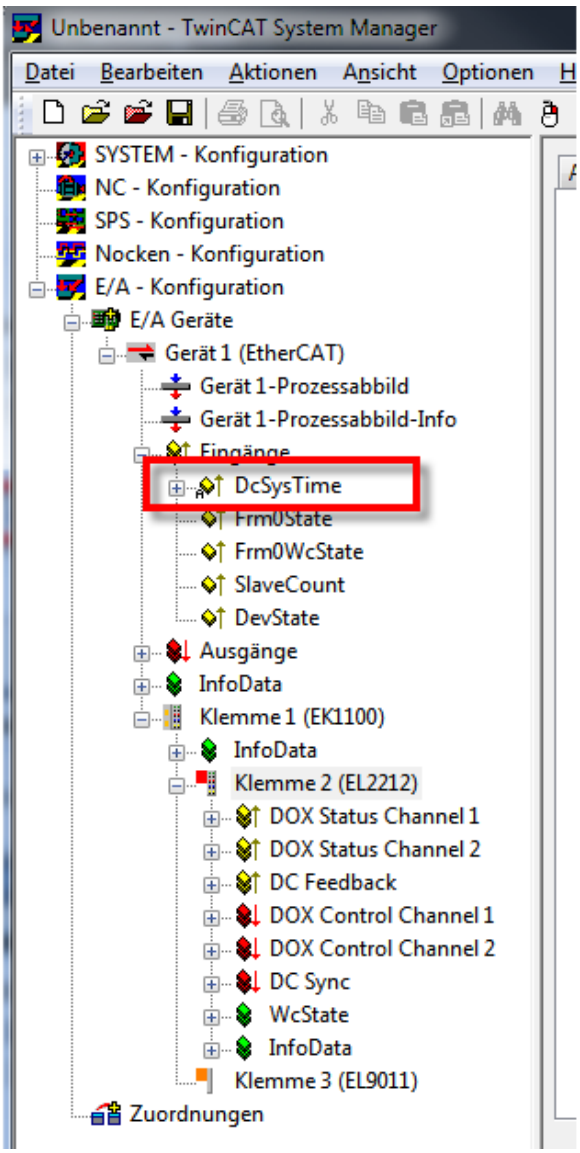


Abb. 164: *Erweitertes Prozessabbild des EtherCAT Masters*

SYSTIME

Der Wert DcSysTime des EtherCAT Masters ist mit Bedacht zu verwenden und soll nur als grobe Orientierung dienen, in welchem Zeitbereich (Größenordnung: 1-2 Task-Zyklen) sich das Distributed-Clocks-System gerade aufhält.
Der Grund dafür ist, dass die lokale Uhrzeit in der Klemme bereits einige µs vor dem abholenden Frame in entsprechende Puffer gelesen wird. Danach benötigt der EtherCAT-Strang einige Zeit um das Prozessdatum zum Master zu transportieren. Die Online-Anzeige im TwinCAT System Manager ist wegen des Visualisierungscharakters bestenfalls im 3stelligen Millisekundenbereich genau. Aber auch in einer PLC kann das Prozessdatum SysTime unterschiedlich veraltet sein: je nachdem wann im Programmcode die Auswertung erfolgt, ist das Prozessdatum bereits einige µs/ms älter geworden. Sollen Reaktionen im EtherCAT-Strang (z.B. einer Ausgangsklemme EL2212) auf einer so eingelesenen SysTime basieren, sind 2-3 PLC-Zykluszeiten Puffer zu berücksichtigen.

Deutlich zweckmäßiger ist die Verwendung einer EL2212 mit anderen EtherCAT-Slaves, die einen Zeitstempel aufgrund Umgebungseinflüssen wie z.B. die EL1252 erzeugen.

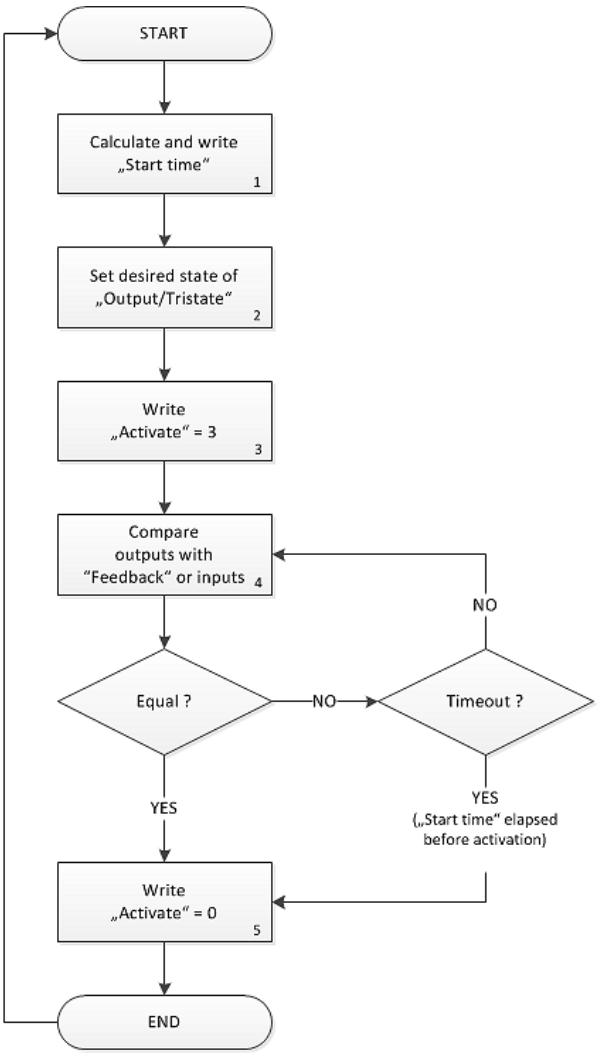
Alternativ können auch zur NC/PLC-Laufzeit Funktionen aufgerufen werden, die sofort die aktuelle DC-Zeit zurückliefern wie z.B. F_GetCurDcTickTime. Siehe dazu die Hinweise zu den TwinCAT Zeitquellen in der EtherCAT-System-Dokumentation (Link).

Prozessdaten

Für den Betrieb der EL2212 ist die Aktivierung der dafür vorgesehenen Prozessdaten [▶ 137] nötig.

Beispiel eines Ablaufs mit aktivierten Distributed Clocks

Es ist folgender Ablauf bei der Anwendung der EL2212 mit aktivierten *Distributed Clocks* einzuhalten:



Sequence of a switching operation with activated DCs

1. Berechnung des Ausgabezeitpunktes:
   - Ermittlung der aktuellen Distributed Clocks Zeit im 64 Bit Format, z.B. durch die eingeschaltete DC System Time [▶ 157] des EtherCAT-Masters
   - Berechnung und Schreiben des gewünschten Ausgabezeitpunktes *Start time* mit 64 Bit-Operationen
2. Setzen der gewünschten Ausgabezustände der digitalen Signale:
   - die Ausgangsdaten *Output* und *Tristate* von Kanal 1 und 2
   - zugleich muss *Activate* = 0 sein
3. Übertragen dieser Ausgangsdaten durch den EtherCAT-Zyklus an die EL2212
4. Im darauf folgenden Zyklus: Aktivierung des Ausgabezeitpunktes:
   - Activate = 3 setzen (Übergang von 0 nach 3 aktiviert die Startzeit)
5. Die EL2212 wartet nun wie o.a. bis der Startzeitpunkt eintritt und gibt dann die Ausgangsdaten an die Leistungsstufe aus
   - bis zum Eintritt des Schaltereignisses müssen *Activate* und die Ausgangsbits *Output/ Tristate* dem Zielzustand entsprechend gehalten werden
   - bei Spannungsverlust oder Abschaltung der Klemme geht der Startzeitpunkt verloren und muss von der Steuerung neu gesetzt werden
6. Optional: Vergleich der Eingangs mit den Ausgangsdaten:
   - Feedback-Byte mit dem gewünschten Ausgangsbild vergleichen, um den Schaltvorgang zu registrieren
   - ggf. kontrollieren, ob die Startzeit schon abgelaufen ist, falls das Schreiben der Startzeit zu zeitkritisch geschehen ist
7. Deaktivieren der Startzeit:
   - Activate = 0 setzen, zur Vorbereitung der folgenden Aktivierungsphase

Es kann immer nur *ein* Schaltereignis je EL2212 definiert werden, das sich auf alle 4 Ausgangsvariablen *Output* und *Tristate* von Kanal 1 und 2 zugleich auswirkt.

Je EtherCAT-Zyklus kann nur *ein* Schaltereignis definiert werden.

Es ist zulässig, das Schreiben der Ausgangsdaten Soll-Ausgangszustände, Startzeit und *Activate* = 0 im gleichen EtherCAT-Zyklus durchzuführen.

5.10 Anwendungsdemonstration 1: 12 V Relais

In diesem Beispiel wird die Beschleunigung des Schaltvorgangs an einem Kleinschaltrelais untersucht. Um die Auswirkung der Übererregung festzustellen wird nicht nur der Spulenstrom sondern auch die Schaltseite mit dem Wechsler mit dem Oszilloskop betrachtet.

Daten der Anwendung:

- Relais (Wechsler), 12V Erregungsspule mit 50 Ω Innenwiderstand
- Betrieb des Relais an 12 V Nominalspannung
- Betrieb des Relais an 24V Überspannung mit Boost-On- und Boost-Off-Phase

Der Aufbau stellt sich wie folgt dar:

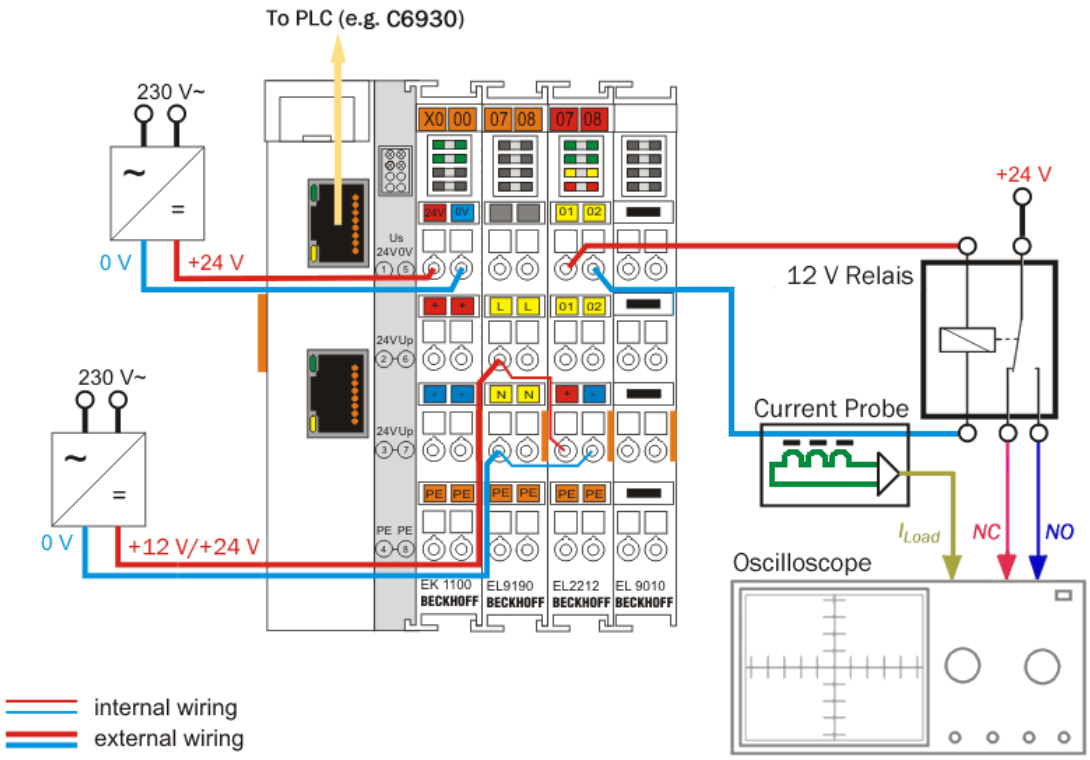


Abb. 165: Aufbau zur Anwendungsdemonstration 1

Die EL2212 wird an die Versorgungsspannung angebunden. Auf dem Oszilloskop werden gleich Öffner- und Schließerkontakt des Wechslerrelais als auch der Spulenstrom aufgezeichnet.

Ankerfederwirkung

Wenn im Relais die Spule die Ankerplatte bewegt, sind die elektrischen Kontakte über Bleche federnd angebunden. Deshalb ergibt sich in den folgenden Aufzeichnungen ein geringer Zeitverzug zwischen "Veränderung des Luftspaltes" und "Signaländerung auf der Schaltseite".

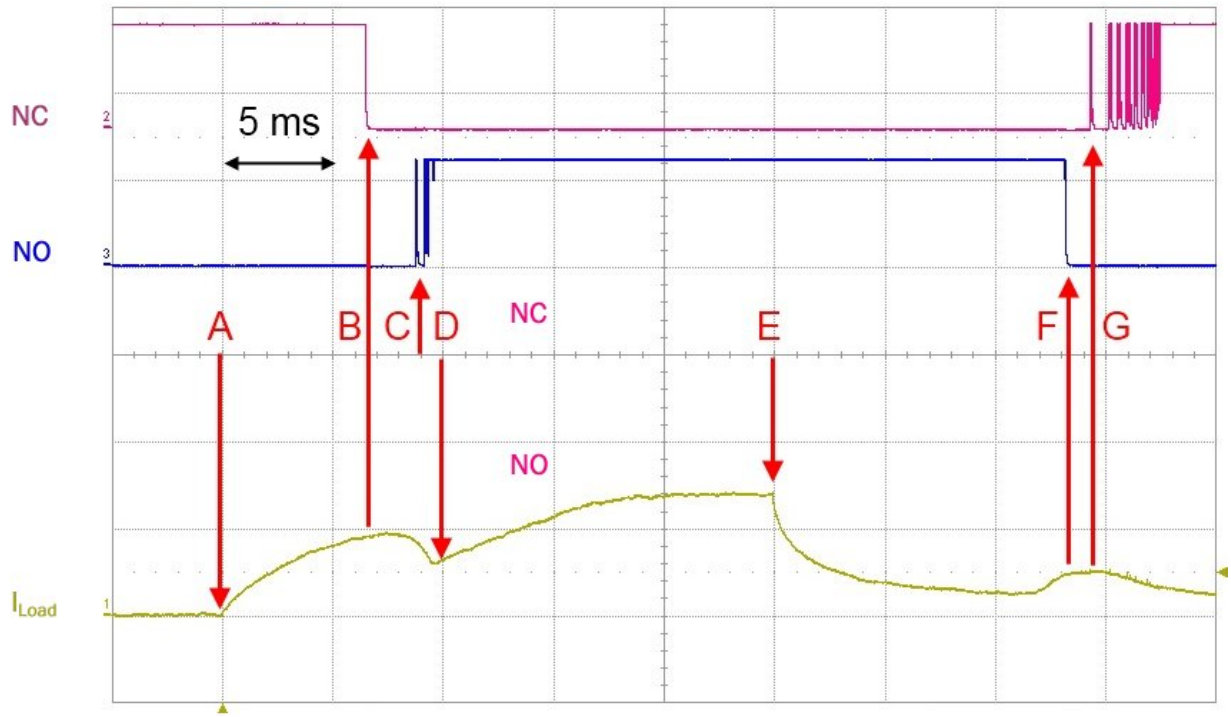


Abb. 166: 12 V Standardbetrieb

Erläuterung:

- Bei (**A**) beginnt die Bestromung.
- Nach ~7 ms (Raster 5 ms) öffnet sich der NC (normally closed) Kontakt (**B**).
- Der Spulenstrom sinkt entsprechend zum sich öffnenden Luftspalt ab.
- Sobald der NO-Kontakt (normally open) geschlossen und der Anker in Endlage ist (**C**, **D**) steigt der Spulenstrom weiter bis zur Sättigung bei 240 mA an (**E**).
- Der NO-Kontakt prellt beim Schließen (**C**).
- Nach 25 ms endet das Schaltsignal, der Spulenstrom sinkt langsam ab.
- Wenn sich der Luftspalt zwischen Anker und Spulenkern öffnet, steigt der Spulenstrom an, kurz danach öffnet sich der NO-Kontakt (**F**).
- Der NC-Kontakt prellt beim Schließen (**G**).

Betrieb	Einschaltverzögerung NO	Ausschaltverzögerung NO
Standardbetrieb	8 ms (**A** - **C**)	13 ms (**E** - **F**)

Nun wird die Übererregung aktiviert.

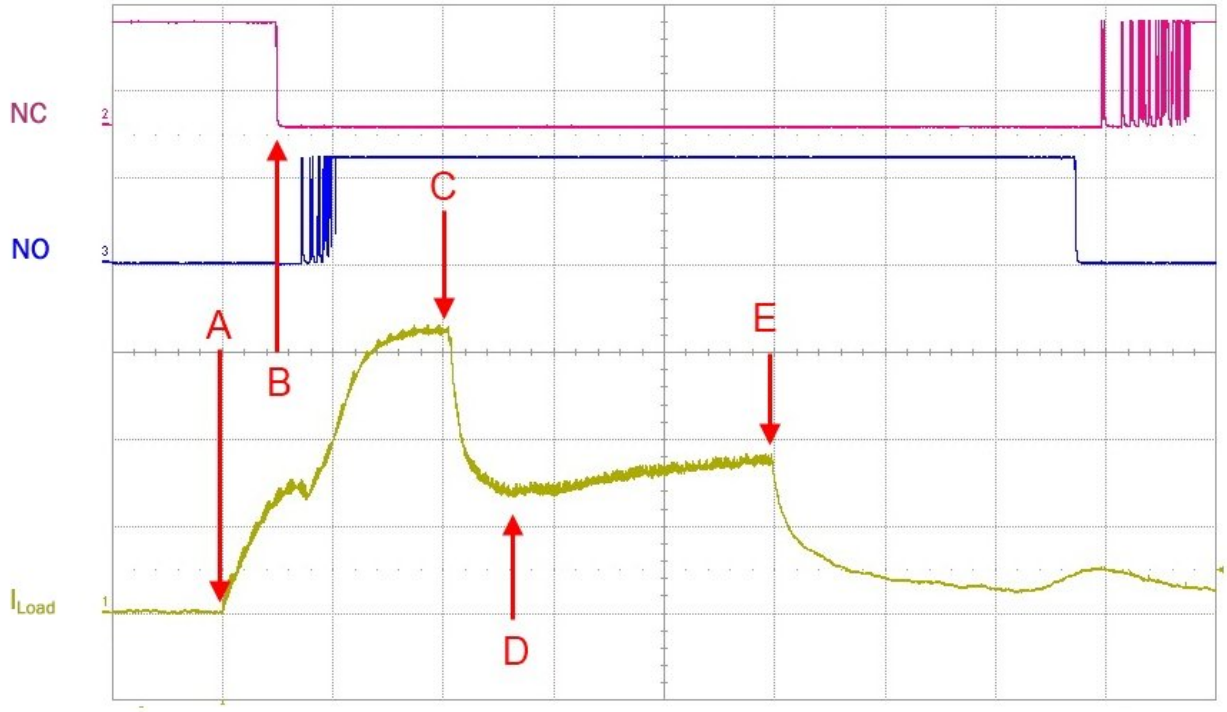


Abb. 167: Übererregung, „Boost-On“ aktiviert

Erläuterung:

- durch den erhöhten Anregungsstrom, der bis auf ca. 480 mA ansteigt (**C**), schaltet der Kontakt deutlich schneller (**B**)
- nach 10 ms wird die Übererregung, die Boost-On-Phase beendet und der Haltestrom von 240 mA wird eingeregelt (**D**)
- nach 25 ms (**E**) wird das Signal wieder abgeschaltet

Nun wird zusätzlich die Boost-Off-Phase beim Abschalten aktiviert:

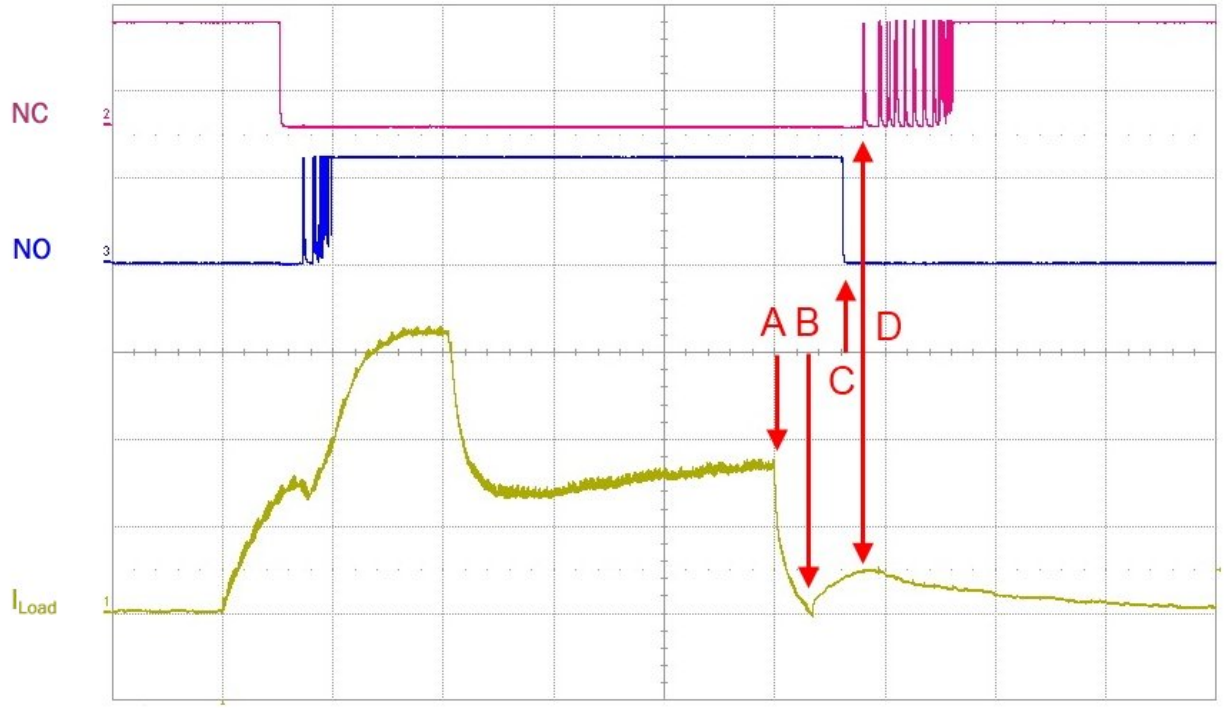


Abb. 168: Boost-Off aktiviert

Erläuterung:

- die Abschaltung (**A**) arbeitet sofort mit Gegenspannung gegen die Spule und bewirkt erheblich schnelleres Umschalten des Relais.
- die mechanische Trägheit verzögert den Kontakt, wenn sich der Luftspalt am Ankerblech öffnet (**B**), steigt der Spulenstrom wieder an.
- die elektrischen Kontakte öffnen (**C**) bzw. schließen (**D**) unter Prellen kurz darauf.
- es wird hier eine Boost-Off-Phase von 5 ms Dauer und mit -100 mA Abschaltschwelle genutzt.

Der Abschaltvorgang wird durch die EL2212 erheblich beschleunigt.

Betrieb	Einschaltverzögerung NO	Ausschaltverzögerung NO
Standardbetrieb	8 ms	13 ms
mit Boost-On/Off-Phase	3,5 ms	3 ms

Anmerkung zur beschleunigten mechanischen Bewegung, in diesem Fall der Ankerplatte:
Durch extrem starkes Ansteuern kann der Anker so schnell gelöst werden, dass die Kontakte über den gesamten Öffnungsweg prellen, siehe folgende Abbildung.

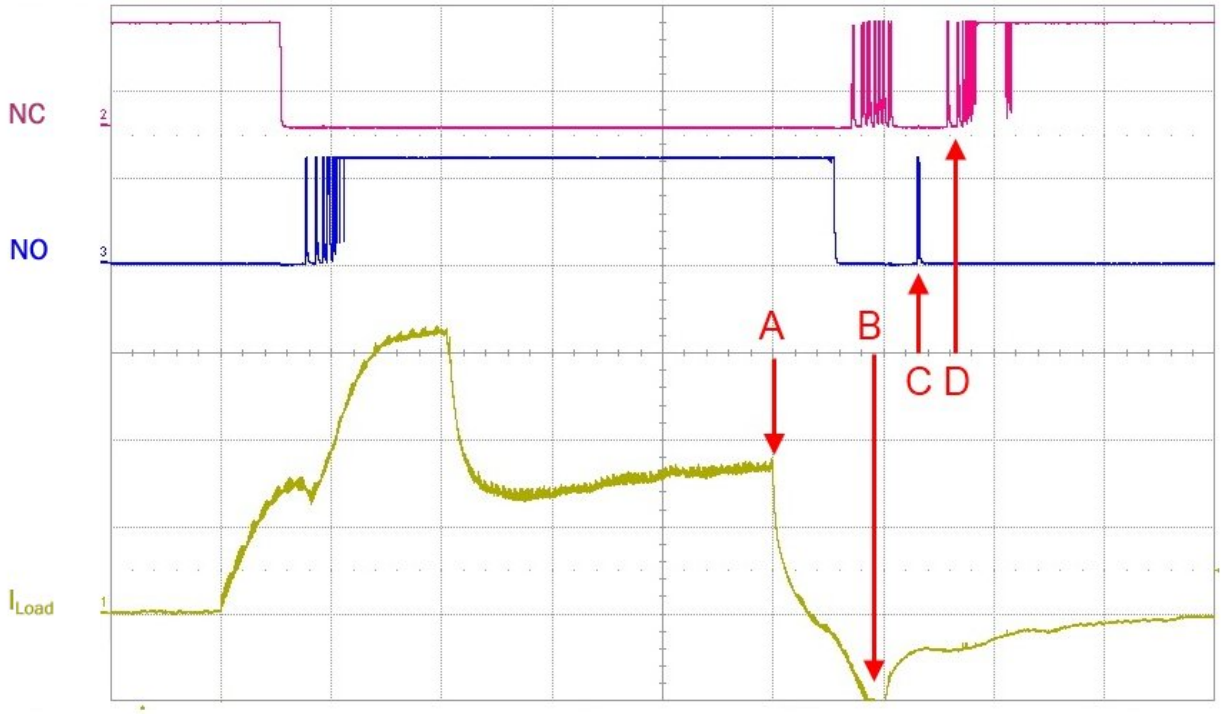


Abb. 169: Zu schneller Abschaltvorgang mit zurückprellenden Kontakten

Erläuterung:

- die Abschaltung (**A**) arbeitet sofort mit Gegenspannung gegen die Spule und bewirkt erheblich schnelleres Umschalten des Relais.
- als Abschaltschwelle sind -300 mA gewählt (**B**), weshalb eine abstoßende Kraft auf den Anker ausgeübt wird.
- der Wechsler schlägt ordnungsgemäß um, prellt dann aber bis zum NO zurück (**C**).

Mechanische Dynamik

Der Anwender hat die mechanisch ordnungsgemäße Funktion des Aktors sicherzustellen. Mit den Einstellparametern der Phasen kann die beschleunigende Wirkung reguliert werden.

5.11 Anwendungsdemonstration 2: 24 V Druckluftventil

Betrieben wird hier ein schnellschaltendes Druckluftventil mit 24 V Nennspannung und 25 Ω Innenwiderstand, das über eine PLC 20 ms eingeschaltet wird.

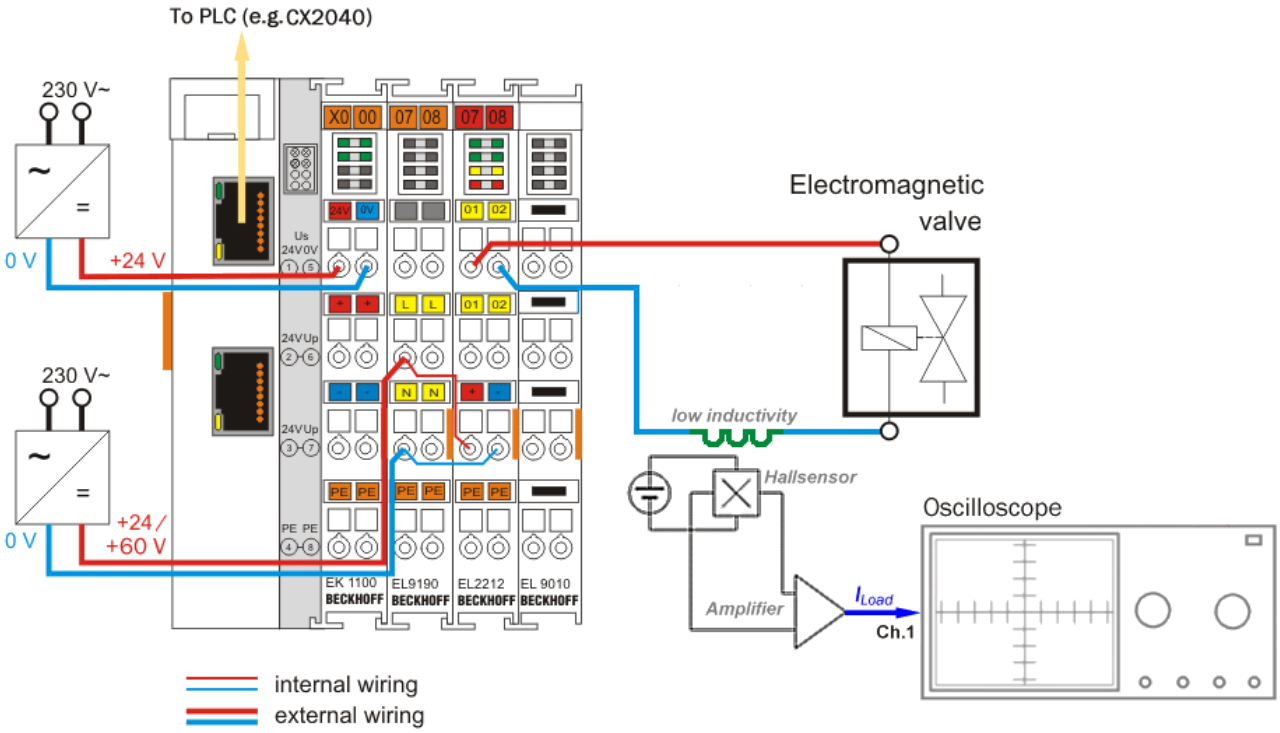
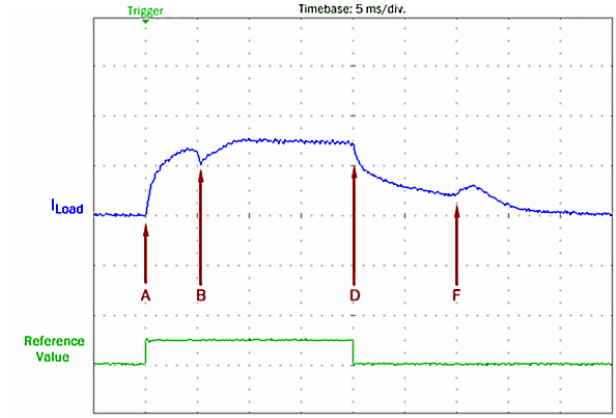


Abb. 170: Aufbau zu Anwendungsdemonstration 2

Für diese Darstellung wurde ein Nennstrom von 600 mA für das Schalten des Ventils festgelegt. Die folgenden Abbildungen zeigen jeweils links die Aufzeichnung des Stromverlaufs mit dem Oszilloskop (umgerechnet 400 mA/div) und rechts die dazu gehörigen Einstellungen in den CoE Objekten Konfigurationsdaten, DOX Settings [▶ 182] und DOX Features [▶ 183]. Eingetragen wird:

- Haltestrom „Hold current“: 600 mA
- Versorgungsspannung „Supply voltage“: 24 V
- Wicklungswiderstand: 25 Ω



Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 10 <	
8000:01	Boost current	RW	0x0258 (600)	mA
8000:02	Hold current	RW	0x0258 (600)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x0960 (2400)	0,01 V
8000:05	Coil resistance	RW	0x09C4 (2500)	0,01 Ohm
8000:06	Booster on time	RW	0x0064 (100)	0,1 ms
8000:07	Booster off time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:08	Current switch off threshold	RW	0	mA
8000:09	PWM Tperiod	RW	0x0014 (20)	0,1 ms
8000:0A	PWM Toff	RW	0x0005 (5)	0,1 ms
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 25 <	
8002:01	Enable booster on time	RW	FALSE	
8002:02	Enable booster off time	RW	FALSE	
8002:03	Enable current switch off threshold	RW	FALSE	
8002:04	Enable PWM output	RW	FALSE	
8002:11	Select info data 1	RW	Coil voltage (1)	
8002:19	Select info data 2	RW	Coil current (2)	
8010:0	DOX Settings Ch.2	RW	> 10 <	
8011:0	DOX Controller Settings Ch.2	RW	> 2 <	
8012:0	DOX Features Ch.2	RW	> 25 <	

Abb. 171: Exemplarischer Stromverlauf I_{Load} bei 24V Versorgungsspannung, normaler Betrieb der EL2212

Die Markierungen in der Oszilloskop-Aufzeichnung **A** bis **D** zeigen das Ein-/Abschalten des Ventils mit 24 V. Der Anker benötigt c.a. 5 ms bis zum Anzug und der Luftspalt geschlossen ist (**A** bis **B**). Der Erregungsstrom ($\mathbf{I}_{load}$) von nominell 600 mA wird in der Haltephase bis **D** beibehalten.

Erläuterung der Oszilloskop-Aufzeichnung:

A: Einschalten des Ausgangs Beginn der Einschaltphase

B: Anzug des Ankers

D: Abschalten des Ausgangs (Ende der Einschaltphase)

F: Freigabe des Ankers

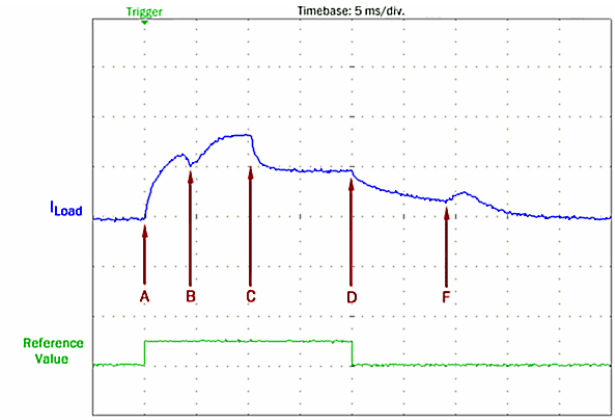
Nach dem Abschalten des Ausgangs (**D**) sinkt der Strom der Wicklung langsam ab. Der Zeitpunkt der mechanischen Loslösung des Ventilankers, erkennbar am Wiederanstieg der Stromkurve (**F**), gibt Auskunft über die benötigte Zeit des Abschaltens von ebenfalls c.a. 10 ms ($\mathbf{t}_D$ bis $\mathbf{t}_F$).

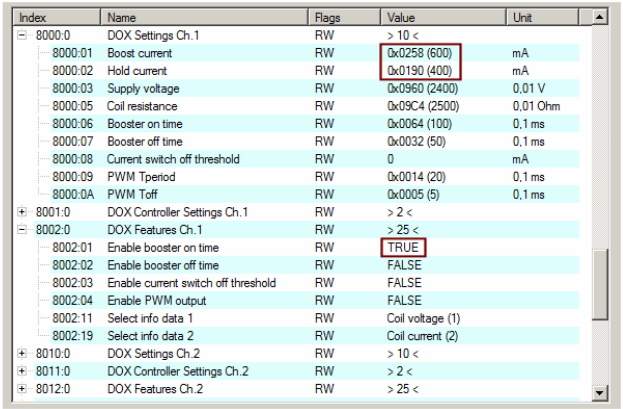
1. Es wird die Haltephase mit geringerem Haltestrom konfiguriert

Per direkten CoE Zugriff über die TwinCAT Benutzeroberfläche wird eingetragen:

- Haltestrom „Hold current“: 400 mA
- Übererregungsstrom (Einschaltphase) „Boost current“: 600 mA
- Übererregungszeit – Ein, „Booster on time“: 10 ms

anschließend wird die Übererregung der Einschaltphase, „Boost-On“ aktiviert.





Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 10 <	
8000:01	Boost current	RW	0x0258 (600)	mA
8000:02	Hold current	RW	0x0190 (400)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x0960 (2400)	0,01 V
8000:05	Coil resistance	RW	0x09C4 (2500)	0,01 Ohm
8000:06	Booster on time	RW	0x0064 (100)	0,1 ms
8000:07	Booster off time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:08	Current switch off threshold	RW	0	mA
8000:09	PWM Tperiod	RW	0x0014 (20)	0,1 ms
8000:0A	PWM Toff	RW	0x0005 (5)	0,1 ms
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 25 <	
8002:01	Enable booster on time	RW	TRUE	
8002:02	Enable booster off time	RW	FALSE	
8002:03	Enable current switch off threshold	RW	FALSE	
8002:04	Enable PWM output	RW	FALSE	
8002:11	Select info data 1	RW	Coil voltage (1)	
8002:19	Select info data 2	RW	Coil current (2)	
8010:0	DOX Settings Ch.2	RW	> 10 <	
8011:0	DOX Controller Settings Ch.2	RW	> 2 <	
8012:0	DOX Features Ch.2	RW	> 25 <	

Abb. 172: Einregeln des reduzierter Haltestroms nach Markierung **C:** das Ende der Übererregung in der Einschaltphase

Nach der Übererregungszeit „Boost on time“ ($\mathbf{t}_A$ bis $\mathbf{t}_C$) der Einschaltphase beginnt die Klemmeninterne PWM-Regelung der EL2212, den Haltestrom von 600 mA auf 400 mA zu reduzieren. Im weiteren Verlauf wird von dem PLC Programm der Ausgang (nach den verbliebenden) 10 ms später wieder abgeschaltet ($\mathbf{t}_C$ bis $\mathbf{t}_D$). Durch den reduzierten Haltestrom löst auch der Anker etwas früher, wie anhand der Verringerung der Zeit $\mathbf{t}_F$ um etwa 1 ms zu sehen ist.

2. Aktivierung der Übererregung zum beschleunigten schalten

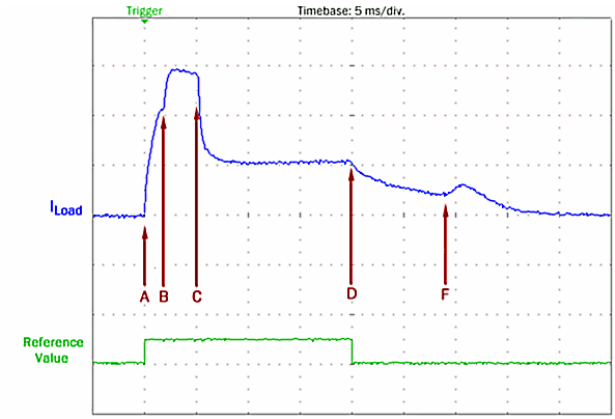
Zur Steigerung der Dynamik wird das 24 V-Ventil nun mit kurzzeitig 60 V Versorgungsspannung beaufschlagt. Ein doppelter Nennstromwert während der Übererregungszeit von 1200 mA wird zudem im CoE konfiguriert. Die Änderungen per CoE sind wie folgt:

- Versorgungsspannung „Supply voltage“: 60 V
- Übererregungsstrom der Einschaltphase „Boost on current“: 1200 mA

Da der Ventilanker bis zum Anzug nun statt 5 ms nur noch c.a. 2 ms benötigt (Markierung von **A** bis **B**), konnte die Übererregungszeit entsprechend verkürzt werden:

- Übererregungszeit der Einschaltphase „Booster on time“: 5 ms

Das Ergebnis ist dann wie im Folgenden zu sehen:



Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 10 <	
8000:01	Boost current	RW	0x04B0 (1200)	mA
8000:02	Hold current	RW	0x0190 (400)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x1770 (6000)	0,01 V
8000:05	Coil resistance	RW	0x09C4 (2500)	0,01 Ohm
8000:06	Booster on time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:07	Booster off time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:08	Current switch off threshold	RW	0	mA
8000:09	PWM Tperiod	RW	0x0014 (20)	0,1 ms
8000:0A	PWM Toff	RW	0x0005 (5)	0,1 ms
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 25 <	
8002:01	Enable booster on time	RW	TRUE	
8002:02	Enable booster off time	RW	FALSE	
8002:03	Enable current switch off threshold	RW	FALSE	
8002:04	Enable PWM output	RW	FALSE	
8002:11	Select info data 1	RW	Coil voltage (1)	
8002:19	Select info data 2	RW	Coil current (2)	
8010:0	DOX Settings Ch.2	RW	> 10 <	
8011:0	DOX Controller Settings Ch.2	RW	> 2 <	
8012:0	DOX Features Ch.2	RW	> 25 <	

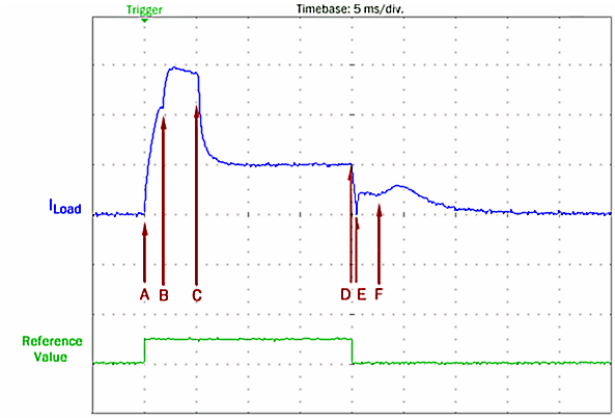
Abb. 173: Stromverlauf I_{Load} bei 60V Versorgungsspannung und Übererregung mit 1200 mA/ 5 ms

Nach Markierung **C,** dem Ende der Übererregung in der Einschaltphase wird von der EL2212 der Haltestrom wieder bis zum konventionellen Abschalten (**D**) auf 400 mA eingeregelt.

3. Aktivierung der beschleunigten Abschaltung

Der Wicklung des Ventils wird zum beschleunigten lösen des Ankers eine Gegenspannung von 60 V „eingeprägt“. Dazu wird zur Vorsicht die Abschaltstromschwelle konfiguriert und aktiviert, denn es könnte zu unvorhergesehener Beschädigung mechanischer Komponenten kommen. Der Strom wird intern von der EL2212 ausgewertet und führt zum vorzeitigen Abschalten des gegenläufigen Stromes. Die CoE Einträge sind wie folgt vorzunehmen:

- Abschaltstromschwelle „Current switch off threshold“: 100 mA
- Übererregungszeit – Ein, „Booster off time“: 10 ms



Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 10 <	
8000:01	Boost current	RW	0x04B0 (1200)	mA
8000:02	Hold current	RW	0x0190 (400)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x1770 (6000)	0,01 V
8000:05	Coil resistance	RW	0x09C4 (2500)	0,01 Ohm
8000:06	Booster on time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:07	Booster off time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:08	Current switch off threshold	RW	100	mA
8000:09	PWM Tperiod	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:0A	PWM Toff	RW	0x0019 (25)	0,1 ms
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 25 <	
8002:01	Enable booster on time	RW	TRUE	
8002:02	Enable booster off time	RW	TRUE	
8002:03	Enable current switch off threshold	RW	TRUE	
8002:04	Enable PWM output	RW	FALSE	
8002:11	Select info data 1	RW	Coil voltage (1)	
8002:19	Select info data 2	RW	Coil current (2)	
8010:0	DOX Settings Ch.2	RW	> 10 <	
8011:0	DOX Controller Settings Ch.2	RW	> 2 <	
8012:0	DOX Features Ch.2	RW	> 25 <	

Abb. 174: Stromverlauf I_{Load}: Übererregung „ein“ mit 1200 mA/ 5 ms, „aus“ 5 ms und Abschaltstromschwelle +100 mA

In der Oszilloskop-Aufzeichnung zeigt Markierung **E** das Ende der Übererregung in der Abschaltphase „Booster off time”. Bereits etwa 0,5 ms nach dem Abschalten des Ausgangs (**D**) wird bei Markierung **E** die eingestellte Schaltschwelle von +100 mA erreicht und die Übererregung für das Abschalten, die „Boost-Off“-Phase ist damit beendet. Der Zeitraum von t_D bis t_F entspricht dem beschleunigten Abschalten des Ventils von nur noch c.a. 3 ms gegenüber ursprünglich 10 ms.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Betrieb	Einschaltphase	Abschaltphase
konventionell	c.a. 5 ms	c.a. 10 ms
mit Übererregung Boost-On/Boost-Off	c.a. 2 ms	c.a. 3 ms
Verbesserung	c.a. 60%	c.a. 66%

Die erzielte Beschleunigung liegt bereits weit im Bereich üblicher PLC-Zykluszeiten. Bei entsprechender Berücksichtigung durch Sensoren oder Tests kann die Applikation einzelne Verfahrensschritte mit kürzerer Taktzeit ausführen.

Exemplarisch sind im Folgenden die Stromverläufe für zwei weitere unterschiedliche Abschaltstromschwellen in der übererregten Abschaltphase aufgezeigt:

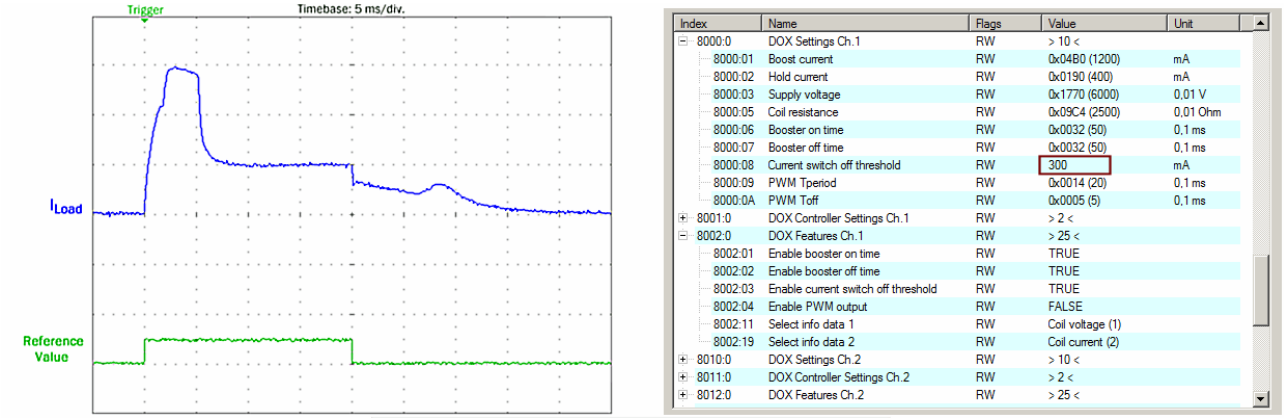


Abb. 175: Exemplarischer Stromverlauf I_{Load} mit Übererregter Ein- und Abschaltphase, Abschaltstromschwelle +300 mA

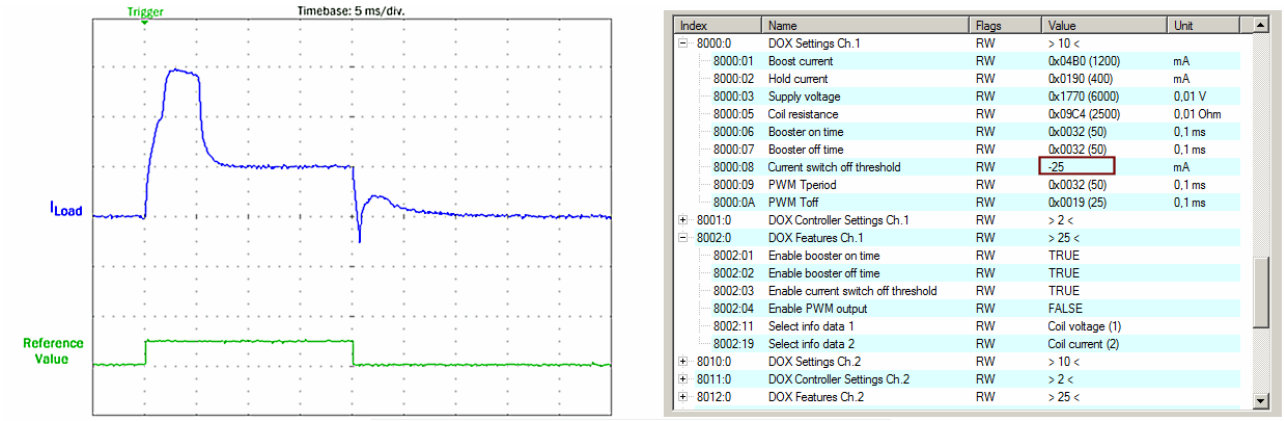


Abb. 176: Exemplarischer Stromverlauf I_{Load} mit Übererregter Ein- und Abschaltphase, Abschaltstromschwelle -25 mA

Je größer die Abschaltstromschwelle umso kleiner die Abschaltzeit:

Die Abschaltphase verringert sich bei einer Abschaltstromschwelle von -25 mA bis zu c.a. 2 ms. Es ist naheliegend, dass diese Einstellung einen wesentlichen Einfluss auf den Verschleiß mechanischer Komponenten ausübt; insbesondere sollte eine Beschädigung vermieden werden und die Abschaltstromschwelle daher mit besonderer Beachtung gewählt werden.

Im Folgenden ist die Übererregte Abschaltphase, der Boost-Off wiederum deaktiviert und die externe PWM mit einem Tastverhältnis von 2,5 ms/ 5 ms, d.h. 50 % aktiviert und der Stromverlauf aufgezeichnet worden:

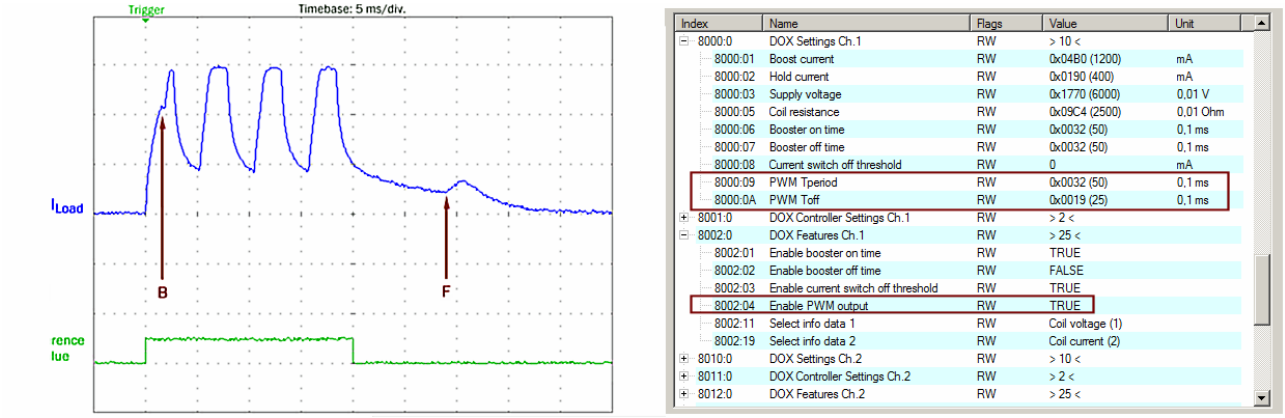


Abb. 177: Exemplarischer Stromverlauf I_{Load} mit Übererregter Einschaltphase und PWM mit 50 % Tastverhältnis

Der Anzug und die Freigabe des Ventilankers ist wie gehabt an den Sattelpunkten des Stromverlaufs erkennbar (**B** und **F**). Da jedoch die Induktivität nicht groß genug ist, um bei dieser PWM Frequenz (200 Hz) den Strom angemessen zu glätten, sind die einzelnen Pulse am Stromverlauf erkennbar. Dennoch bleibt in diesem Beispiel der Ventilanker bis **F** aufgesetzt, da die mechanische Trägheit der Ventilkonstruktion eine derartige Ansteuerung ausreichend dämpft.

5.12 Beispielprogramme

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.

5.12.1 Beispiel 1: Ausgabe und Auswertung von Pulsen

Download: https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el2212/Resources/1997571211.zip

In diesem Beispielprogramm generiert eine EL2212 auf beiden Kanälen periodisch unterschiedliche Pulse.

Anschlussschema:

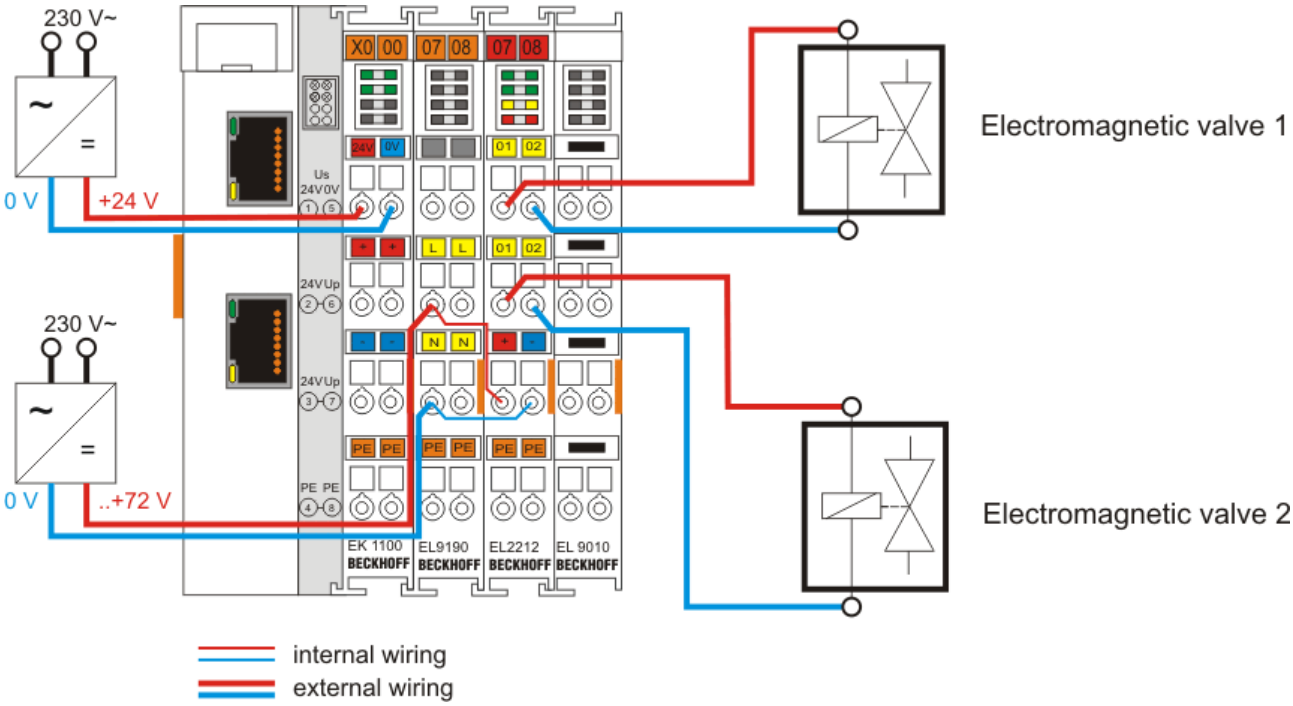


Abb. 178: *Verdrahtung für Beispielprogramm 1*

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 1335) und INTEL PRO/100 VE Ethernet-Adapter
- Beckhoff EtherCAT Koppler EK1100, Klemmen EL9190, EL2212 und EL9010
- Einspeisung 24 .. 72 V DC in die EL9190

Vorgehensweise zum Starten des Programms

- Nach Klick auf den Download-Button speichern Sie das Zip-Archiv lokal auf ihrer Festplatte und entpacken die *.TSM (Konfigurationsdatei und *.PRO (PLC-Programmdatei) in einem temporären Arbeitsordner
- Start der *.TSM-Datei und *.PRO Datei; der TwinCAT-System Manger und die TwinCAT PLC öffnen sich
- Schließen Sie die Hardware entsprechend Abb. 1 an und verbinden Sie den Ethernet-Adapter ihres PCs mit dem EtherCAT-Koppler (weitere Hinweise hierzu finden sie in den entsprechenden Kopplerhandbüchern)
- Auswahl des lokalen Ethernet-Adapters (ggf. mit Echtzeit-Treiber) unter Systemkonfiguration, E/A - Konfiguration, E/A -Geräte, Gerät (EtherCAT); dann unter Karteireiter "Adapter", "Suchen..." den entsprechenden Adapter auswählen und bestätigen (siehe entsprechende Abbildungen)

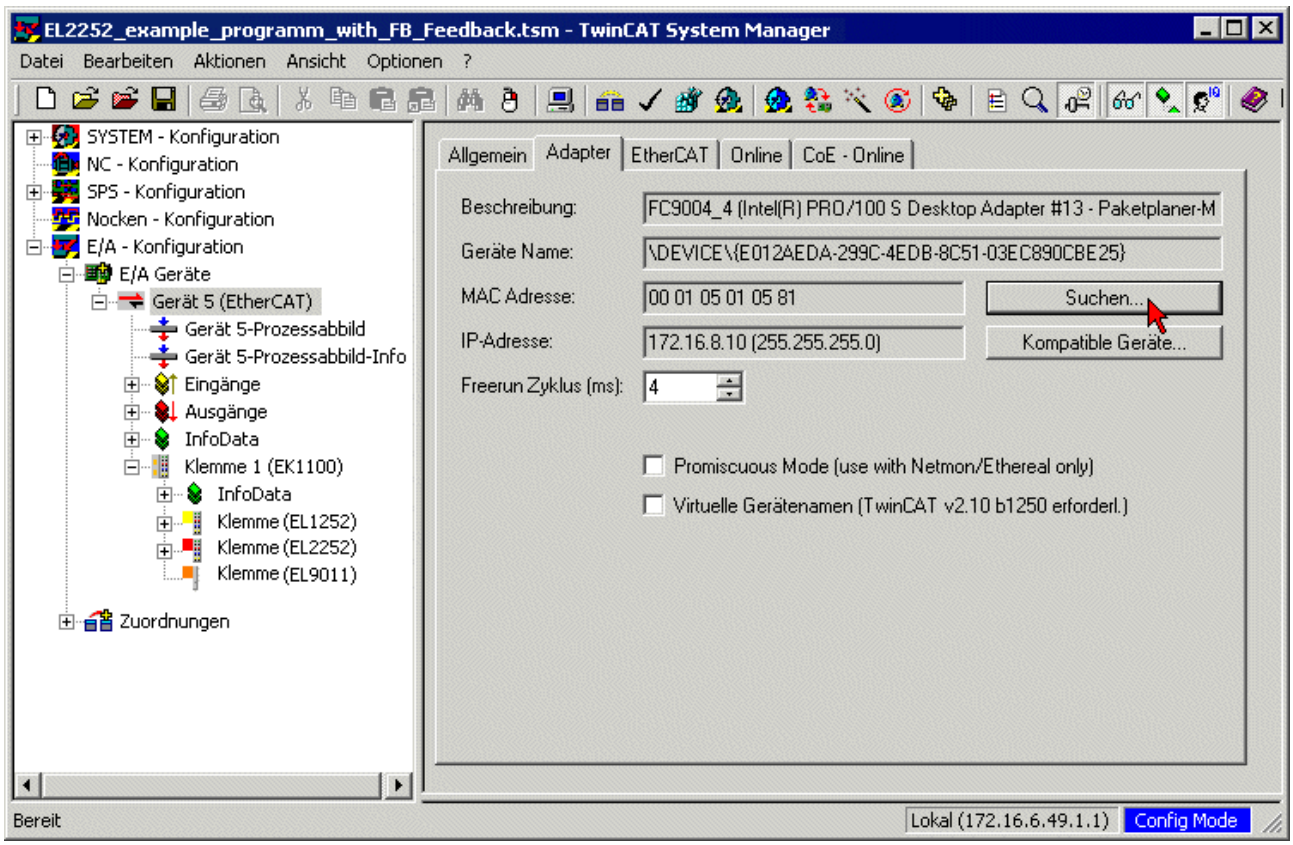


Abb. 179: *Suchen des Ethernet-Adapters*

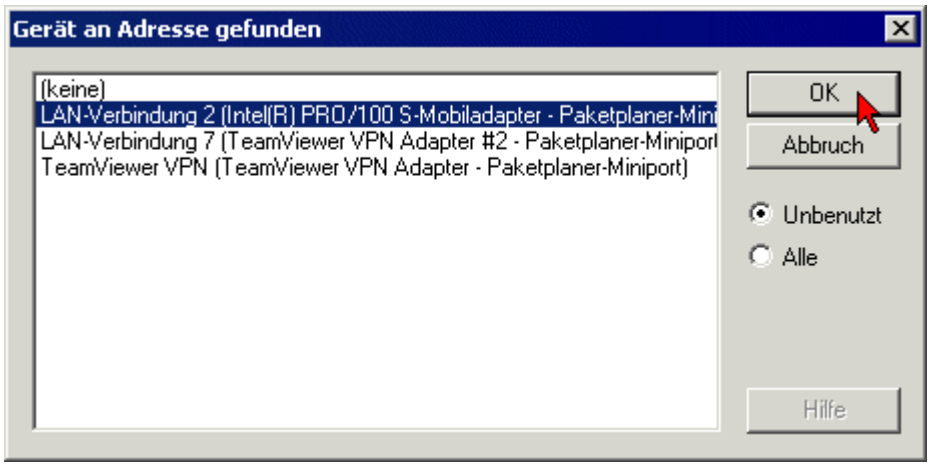


Abb. 180: *Auswahl und Bestätigung des Ethernet-Adapters*

- Aktivierung der Konfiguration und bestätigen

Abb. 181: *Aktivierung der Konfiguration*

Abb. 182: *Konfigurationsaktivierung bestätigen*

- Neue Variablenzuordnung bestätigen, Neustart im RUN-Modus

Abb. 183: *Variablenzuordnung erzeugen*

Abb. 184: *Neustart TwinCAT im RUN-Modus*

- In der TwinCAT PLC unter Menü "Projekt" → "Alles Übersetzen" das Projekt übersetzen

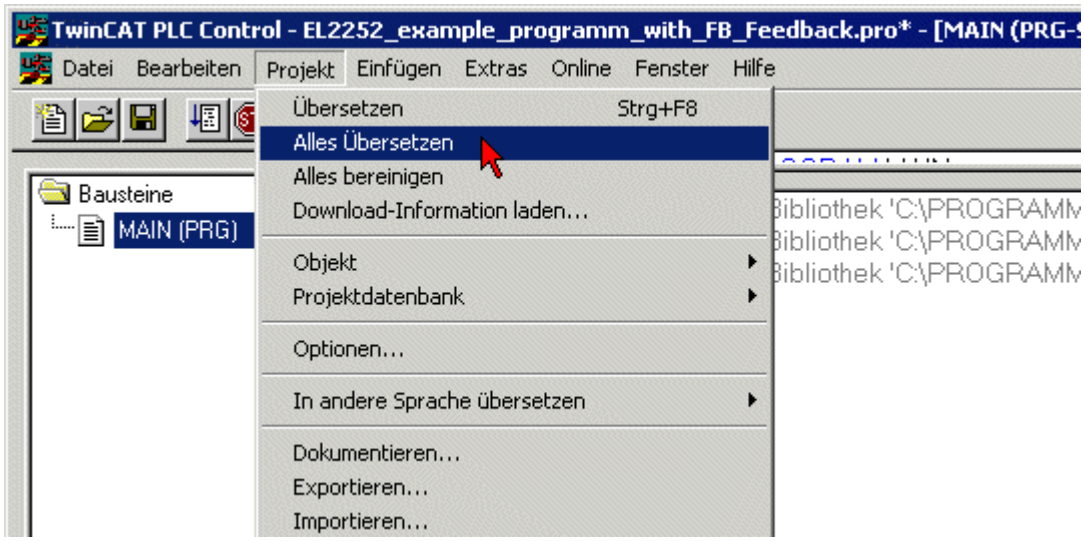


Abb. 185: *Projekt übersetzen*

- In der TwinCAT PLC: Einloggen mit der Taste "F11", Laden des Programms bestätigen, Start des Programms mit Taste "F5"

Abb. 186: *Programmstart bestätigen*

5.12.2 Beispiel 2: Multi-Timestamping

Das folgende Beispielprogramm verwendet 10-fach Multi-Timestamping in dem ein Satz von 10 (Soll-) Schaltzuständen mit den dazugehörigen unterschiedlichen Schaltzeitpunkten den Prozessdaten der Klemme EL2212 übergeben wird. Damit die benötigten Prozessdaten zur Verknüpfung mit den Programmvariablen vorliegen muss unter dem Karteireiter Prozessdaten das Multi-Timestamping 10x ausgewählt werden:

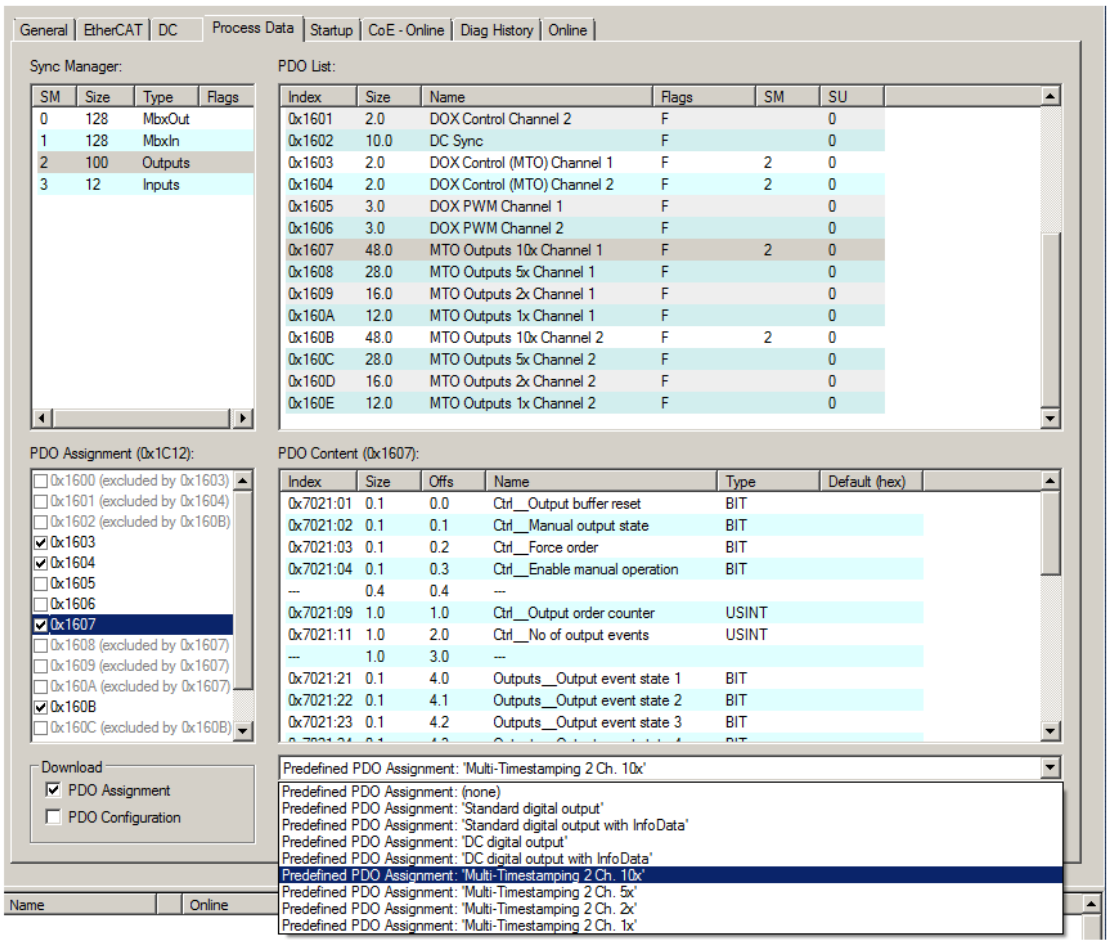


Abb. 187: Auswahl vordefinierter Prozessdaten über Karteireiter "Process_Data": Multitimestamping 2 Ch. 10x

Außerdem muss Distributed Clock verwendet werden und wird über den Karteireiter „DC“ ausgewählt:

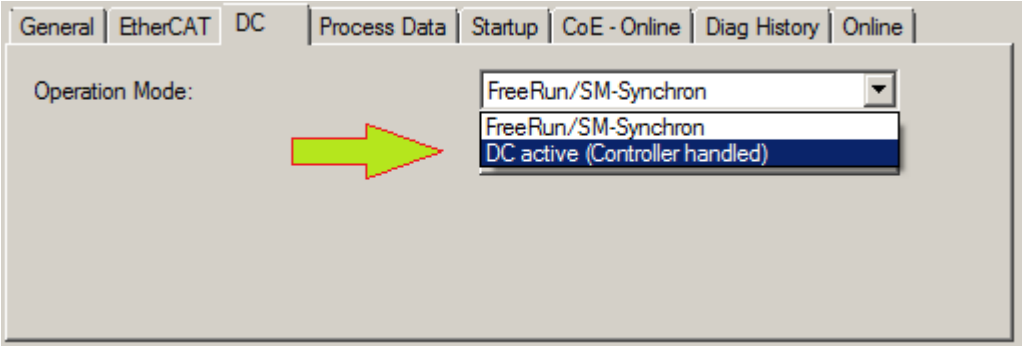


Abb. 188: Aktivierung von DC

Die Einstellungen in dem „DOX Settings [▶ 182]“ Objekt für Kanal 1 (Index 0x8000) sind wie dargestellt vorzunehmen:

- Versorgungsspannung „Supply Voltage“: 60 V
- Haltestrom „Hold current“: 600 mA
- Wicklungswiderstand „Coil resistance“: 25 Ω
- Übererregungsstrom der Einschaltphase „Boost current“: 1200 mA (zunächst noch inaktiv)
- Abschaltstromschwelle „Current switch off threshold“: -300 mA (zunächst noch inaktiv)
- Übererregung, Zeit der Einschaltphase “Booster on time”: 5 ms
- Übererregung, Zeit der Abschaltphase “Booster off time”: 5 ms

Die Abschaltstromschwelle sollte „TRUE“ gesetzt sein, sie greift, sobald die Übererregung in der Ausschaltphase „Boost-Off“ aktiviert ist und verhindert so vorab eine eventuelle Überbeanspruchung von mechanischen Komponenten.

Index	Name	Flags	Value	Unit
8000:0	DOX Settings Ch.1	RW	> 10 <	
8000:01	Boost current	RW	0x04B0 (1200)	mA
8000:02	Hold current	RW	0x0258 (600)	mA
8000:03	Supply voltage	RW	0x1770 (6000)	0,01 V
8000:05	Coil resistance	RW	0x09C4 (2500)	0,01 Ohm
8000:06	Booster on time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:07	Booster off time	RW	0x0032 (50)	0,1 ms
8000:08	Current switch off threshold	RW	-300	mA
8000:09	PWM Tperiod	RW	0x0014 (20)	0,1 ms
8000:0A	PWM Toff	RW	0x000A (10)	0,1 ms
8001:0	DOX Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8002:0	DOX Features Ch.1	RW	> 25 <	
8002:01	Enable booster on time	RW	FALSE	
8002:02	Enable booster off time	RW	FALSE	
8002:03	Enable current switch off threshold	RW	TRUE	
8002:04	Enable PWM output	RW	FALSE	
8002:11	Select info data 1	RW	Coil voltage (1)	

Abb. 189: CoE Objekt 0x8000 Konfiguration zur 24 V Ventil-Ansteuerung

Ansteuerung eines Druckluftventils 24 V, 600 mA

Der aus der Anwendungsdemonstration 2 [▶ 165] bereits eingesetzte Aufbau wird hier wiederverwendet: Angesteuert wird ein Druckluftventil mit 600 mA Haltestrom und abwechselnden Stromfluss ein/aus mit den folgenden 10 Schaltzeiten (in ms): [1, 50, 25, 75, 25, 50, 75, 50, 25, 50]. Der erste Schaltzustand ist ‚1‘ mit

dem Schaltzeitpunkt 100 ms um für den Beginn der Schaltphasen die erste steigende Flanke sicher aus der PLC zu erzeugen. In den Abbildungen unten wurde für die Oszilloskop-Aufnahmen diese Flanke für den Trigger des Oszilloskops verwendet. Das Ventil ist an Kanal 1 der Klemme angeschlossen.

Kanalzuordnungen vom Oszilloskop:

- Kanal 1: Stromfluss in umgerechnet 400 mA / Teilung
- Kanal 4: Sollwert der Ansteuerung

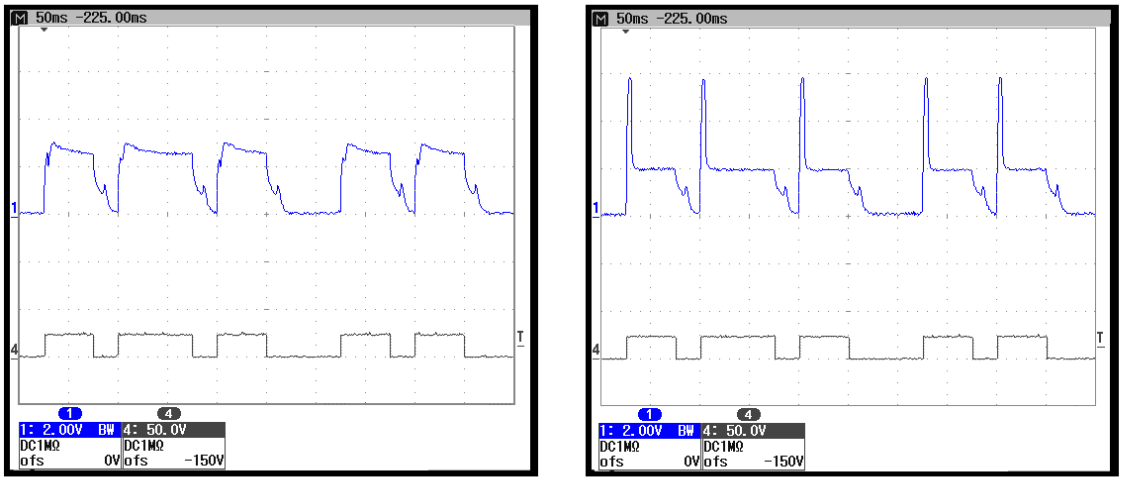


Abb. 190: Stromfluss (1) und Sollschaltwert (4): links ohne Übererregung, 600 mA Haltestrom; rechts mit Übererregung „Boost-On“ 10 ms/1200 mA und 400 mA Haltestrom

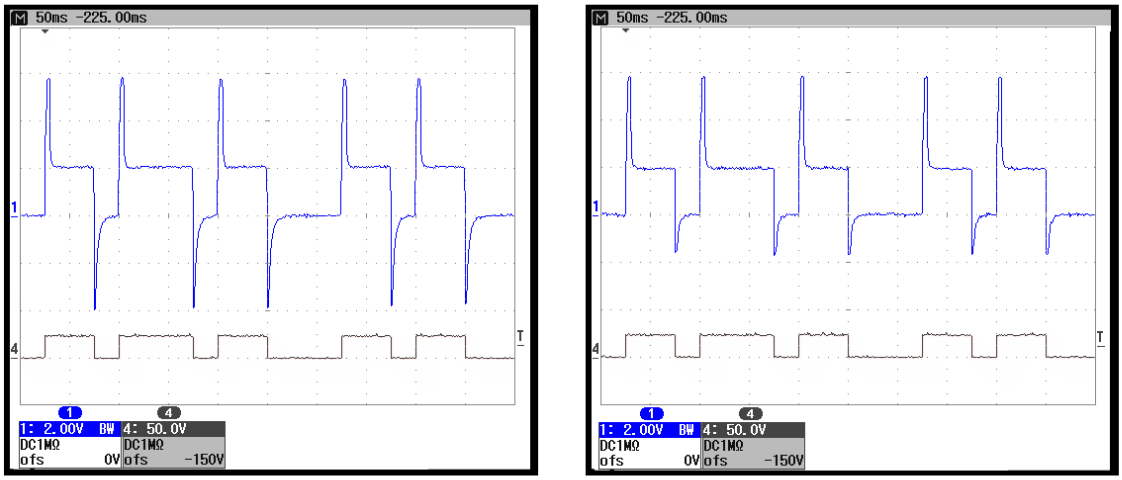


Abb. 191: Stromfluss (1) und Sollschaltwert (4): links mit Übererregung „Boost-On“ 10 ms/1200 mA und Boost-Off 10 ms; zusätzlich mit aktivierter Abschaltstromschwelle „Current switch off threshold“ links auf -550 mA, rechts auf -300 mA

Ansteuerung eines Relais 24 V, 200 mA

Im Vergleich sind im Folgenden zwei Oszilloskop-Aufnahmen eines Relais mit den Schaltzeiten (in ms) von [100, 200, 250, 100, 150, 200, 100, 150, 200, 150] gezeigt. In dem CoE Objekt „DOX Settings Ch. 1“ ist zuvor der Haltestrom mit 200 mA sowie der Stromwert der Übererregung mit 400 mA entsprechend eingetragen. Mit dem ersten Schaltzustand ‚1‘ und dem ersten dazugehörigen Schaltzeitpunkt 100 ms aus der PLC wird wieder die erste steigende Flanke für den Trigger erzeugt.

Kanalzuordnungen vom Oszilloskop:

- Kanal 1: Stromfluss in umgerechnet 200 mA / Teilung

- Kanal 2: Öffner (NC) des Relais
- Kanal 3: Schließer (NO) des Relais
- Kanal 4: Sollwert der Ansteuerung

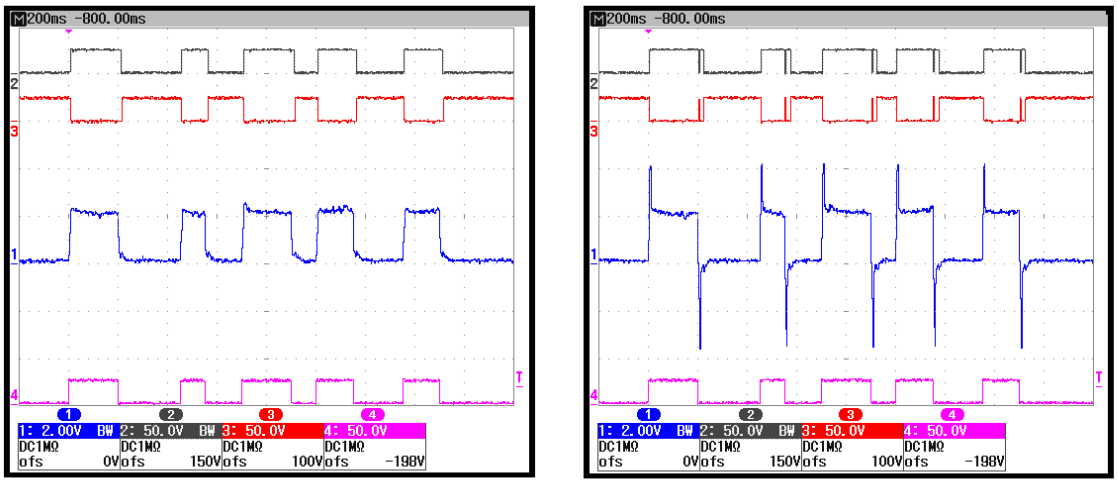


Abb. 192: Aufzeichnung mit dem Oszilloskop: Ansteuerung eines Relais mit Multitimestamping

Im rechten Oszillogramm ist das bereits aus der Anwendungsdemonstration 1 bekannte Prellen vom Öffner- und Schließerkontakt zu sehen, dass durch einen zu hohen Gegenstrom aus der Übererregung der Abschaltphase, dem „Boost-Off“ in der Steuerspule und damit einem zu schnellen Abschalten hervorgerufen wurde.

Programm zum Beispiel 2

Alle Feldvariablen sind entsprechend eines Kanals mit jeweils allen notwenigen Zustands, Ausgangs und Eingangsvariablen zu verknüpfen. In dem zum Download zur Verfügung stehenden Beispiel ist dies bereits erfolgt:

Download: https://infosys.beckhoff.com/content/1031/el2212/Resources/2068115467.zip

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 + EL9190 + EL2212). Optional kann eine digitale Eingangsklemme z.B. EL1004 zusätzlich vor die EL9190 zur Programmsteuerung eingesetzt werden. Anstelle eines Ventils ist ein Relais angeschlossen, dessen Wicklungswiderstand entsprechend im
CoE Objekt DOX Settings (0x8000:05) [▶ 182] einzustellen ist.

Variablendeklaration:

```
PROGRAM MAIN
VAR_INPUT
   // External switch to start by user
   bEnable AT%I* : BOOL;
   // To check if last tasks were already executed
   bReadyToActivate AT%I* : BOOL;
   // Target state given back by the EL2212 (Feedback)
   bOutputState AT%I* : BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
   // Reference signal for e.g. trigger of oscilloscope
   bOutputReference AT%Q* : BOOL;
   // Link to terminal EL2212 (Output event time n):
   aQE_Time AT%Q* : ARRAY[0..9] OF UDINT;
   // Link to terminal EL2212 (Output event state n):
```

```
   aQE_State AT%Q* : ARRAY[0..9] OF BOOL;
   // Outputvariables to reset the output-buffers of EL2212
   bOutputBufReset AT%Q* : BOOL;
   // Real number of fixed State/Time-Events as a Task for EL2212
   nNoOfOutputEvents AT%Q* : USINT;
   // Start-Event to trigger beginning of task scheduling
   nOutputOrderCnt AT%Q* : USINT;
END_VAR
VAR
   aSwitchTime : ARRAY[0..9] OF UDINT:=
   // All 10 time offsets in ms allocated to the 10 states:
    [
      100, 200, 250, 100, 150, 200, 100, 150, 200, 150
   ];

   nState : UINT:=0; // Use for "CASE .. OF" statement
   nShortTime : ULINT; // Timevalue of current DC time/ lower 32 Bit only
   nCurrentTime : ULINT; // Current DC-Time of the PLC-Task
   bStateValue : BOOL; // Variable to set a toggled state of a task-event
   nScheduleNo: INT; // Consists No of respective state/time pair
                     // of a Switch-Task
END_VAR
```

Programmcode:

```
// Example program 2: 10x Multi-Timestamp for EL2212
nCurrentTime := F_GetCurDcTaskTime64(); // Get current DC-Time (Task-Related)
// Overtake feedback of EL2212 to any output terminal
// for using as trigger / reference signal:
bOutputReference := bOutputState;

CASE nState OF
// ====================== Do some initializations here: ============================
0:
// Reset ouput buffer of the terminal EL2212
   bOutputBufReset := TRUE;
   nState := nState + 1;// Go to next state
1:
   bOutputBufReset := FALSE;
   nState := nState + 1; // Go to next state
2:
// Wait for external start-event by user (e.g. ext. switch)
   IF bEnable THEN
      nState := 10; // Go to next state and set events
   END_IF
// ================================================================================
// ============ Now fill up all state/time pairs for the four channels =============
10:
// Last tasks already executed?
   IF bReadyToActivate THEN
      bStateValue:=1;
      // Set first state level ('1')
      aQE_State[0] := bStateValue;
      // Cut 64 Bit time value to 32 Bit
      nShortTime := nCurrentTime AND 16#FFFFFFFF;
      // Set first time value (duration for "save" begin)
```

```
      aQE_Time[0] := (ULINT_TO_UDINT(nShortTime)
                     + aSwitchTime[0] * 1000000);
      // Use 'nScheduleNo' as loop counter
      FOR nScheduleNo:=1 TO 9 DO
         bStateValue := NOT bStateValue;
         // Set inverting output states of one switch-task
         aQE_State[nScheduleNo] := bStateValue;
         // Set timestamps of one switch-task
         aQE_Time[nScheduleNo] := (aQE_Time[nScheduleNo-1]
                          + aSwitchTime[nScheduleNo] * 1000000);
      END_FOR
      nState := nState + 1; // Go to next state
   END_IF
// ==============================================================================
// ======== Allow some taskcycles (min. 2) to let EL2212 schedule all tasks ========
11:
   // 'nScheduleNo' is still 9; wait until 12: 3 more PLC-Taskcycles
   IF nScheduleNo = 12 THEN
      nNoOfOutputEvents := 10;
      // Trigger Multi-Timestamp scheduling: now start:
      nOutputOrderCnt := nOutputOrderCnt + 1;
      nState := nState + 1;
   ELSE
      // Just count PLC-Taskcycles here
      nScheduleNo := nScheduleNo + 1;
   END_IF
12:
// ================================= End ==========================================
   // Wait for external switch to be released
   IF NOT bEnable THEN
      nState := 0; // Go to beginning state
   END_IF
END_CASE
```

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

- Nach Klick auf den Download-Button speichern Sie das Zip-Archiv lokal auf ihrer Festplatte und entpacken die *.tnzip-Archivdatei in einem temporären Ordner.

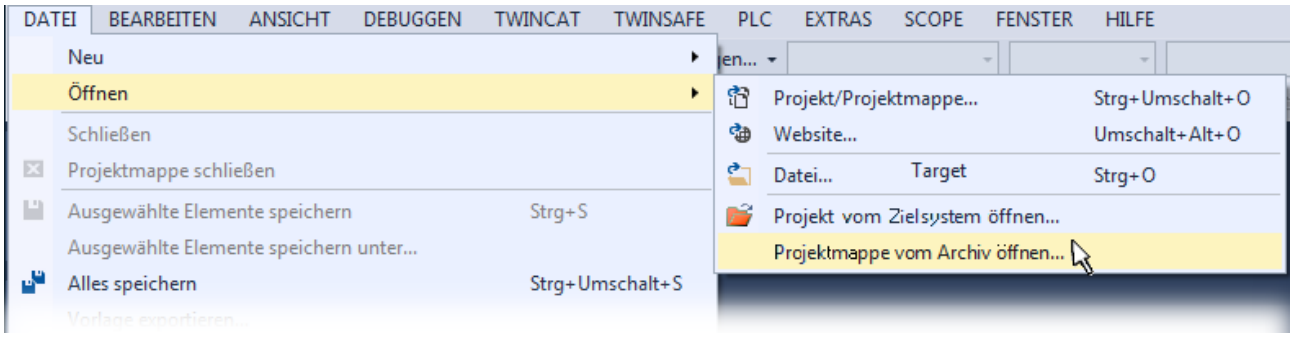


Abb. 193: Öffnen des *. tnzip-Archives

- Wählen Sie die zuvor entpackte .tnzip-Datei (Beispielprogramm) aus.
- Ein weiteres Auswahlfenster öffnet sich: wählen nun Sie das Zielverzeichnis, wo das Projekt gespeichert werden soll.
- Die generelle Vorgehensweise für die Inbetriebnahme der PLC bzw. dem Start des Programms kann u. a. den Klemmen-Dokumentationen oder der EtherCAT-Systemdokumentation entnommen werden.

- Das EtherCAT-Gerät im Beispiel ist in der Regel. zuvor ihrem vorliegenden System bekannt zu machen. Verwenden Sie nach Auswahl des EtherCAT-Gerätes im „Projektmappen-Explorer“ rechtsseitig den Karteireiter „Adapter“ und Klicken „Suchen...“:

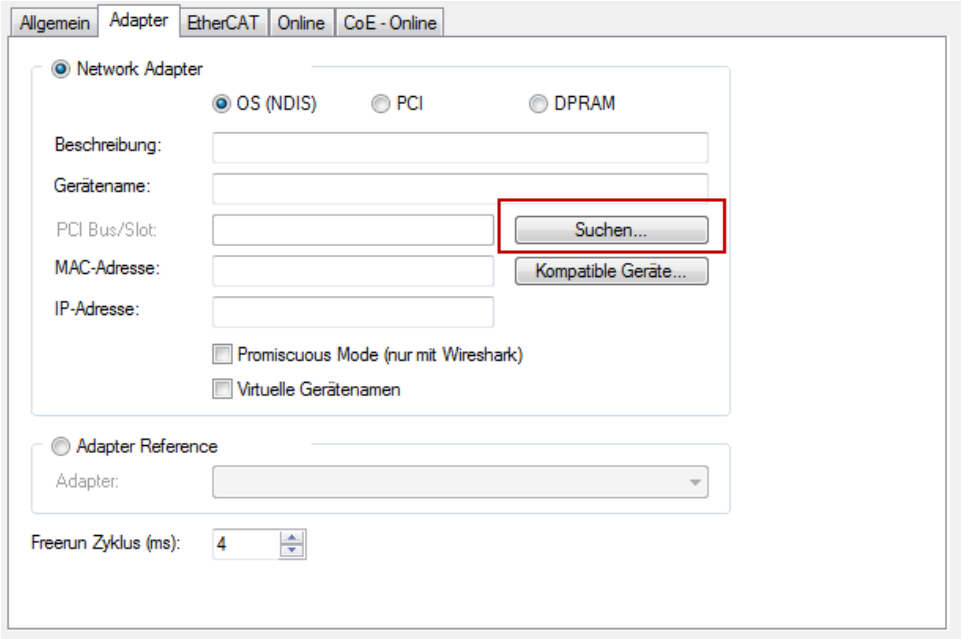
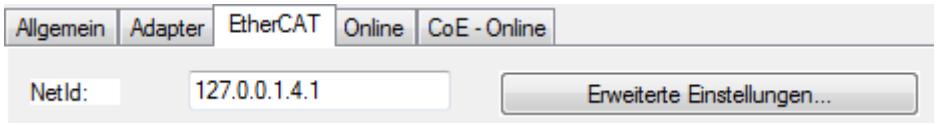


Abb. 194: Suche der bestehenden HW-Konfiguration zur bestehenden EtherCAT-Konfiguration

- Überprüfen der NetId: der Karteireiter „EtherCAT“ des EtherCAT-Gerätes zeigt die konfigurierte NetId:



  Diese muss mit den ersten vier Zahlenwerten mit der Projekt-NetId des Zielsystems übereinstimmen. Die NetId des Projektes kann oben in einem Textfeld der TwinCAT-Umgebung eingesehen werden. Ein pull-down Menü kann durch einen Klick rechts im Textfeld geöffnet werden; dort ist zu jedem Rechnernamen eines Zielsystems die NetId in Klammern angegeben.
- Ändern der NetId: mit einem Rechtsklick auf „Gerät EtherCAT“ im Projektmappen-Explorer öffnet sich das Kontextmenü, in dem „Ändern der NetId“ auszuwählen ist. Die ersten vier Zahlen der NetId des Projektes sind einzutragen. die beiden letzten Werte sind in der Regel 4.1.
  Beispiel:
  - NetId des Projektes: myComputer (123.45.67.89.1.1)
  - Eintrag per „Change NetId...“: 123.45.67.89.4.1

Sehen Sie hierzu auch weitere Hinweise in dem Kapitel:
Inbetreibnahme, TwinCAT Quickstart, TwinCAT 3, Startup [▶ 61].

Zuordnung der Prozessdaten und Einstellungen

EL2212: Karteireiter „DC“ – Auswahl der DC Betriebsart

Für die Funktionsfähigkeit dieses Programms muss die Betriebsart „DC active (controller handled)“ gesetzt sein.

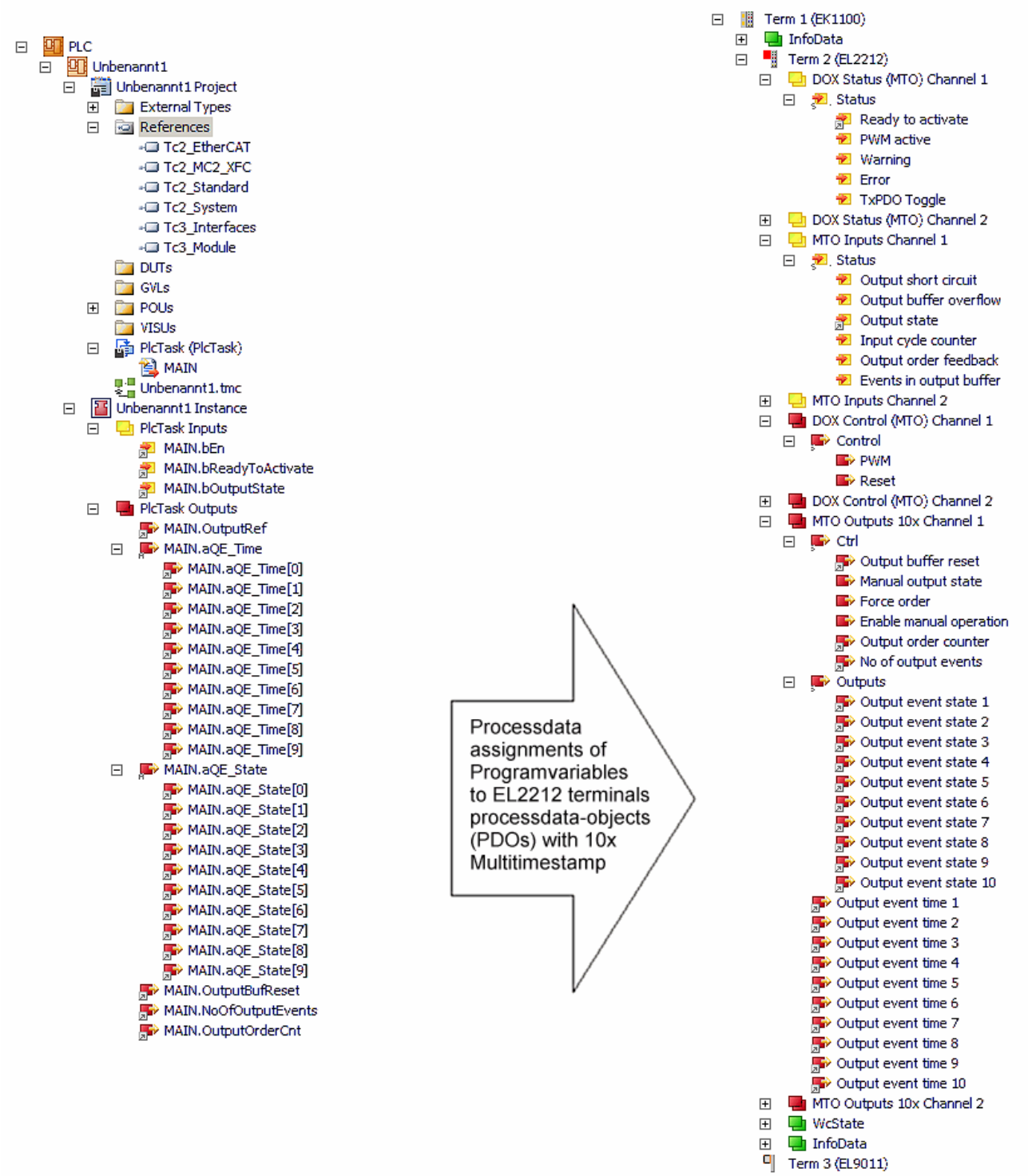


Abb. 195: Zuordnung der externen Variablen aus „Main“ zu den Multitimestamping-PDOs

6 Objektbeschreibung und Parametrierung

EtherCAT XML Device Description

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

Parametrierung über das CoE-Verzeichnis (CAN over EtherCAT)

Die Parametrierung der Klemme wird über den CoE - Online Reiter (mit Doppelklick auf das entsprechende Objekt) bzw. über den Prozessdatenreiter (Zuordnung der PDOs) vorgenommen. Beachten Sie bei Verwendung/Manipulation der CoE-Parameter die allgemeinen CoE-Hinweise: - StartUp-Liste führen für den Austauschfall - Unterscheidung zwischen Online/Offline Dictionary, Vorhandensein aktueller XML-Beschreibung - "CoE-Reload" zum Zurücksetzen der Veränderungen

6.1 Restore-Objekt

Index 0x1011 Restore default parameters

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

6.2 Konfigurationsdaten (kanalspezifisch)

Index 0x8pp0 DOX Settings (Ch.1, pp=00; Ch. 2, pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8pp0:0	DOX Settings		UINT8	RO	0x0E (14_{dez})
8pp0:01	Boost current	Anregungsstrom (Einheit: 1 mA) größter sinnvoller Wert ist $U_{Versorgung}$ / R_{Spule}	UINT16	RW	0x1388 (5000_{dez})
8pp0:02	Hold current	Nennstrom (Einheit: 1 mA) in der Haltephase	UINT16	RW	0x01F4 (500_{dez})
8pp0:03	Supply voltage	Nennspannung (Versorgungsspannung $U_{Versorgung}$) (Einheit: 0,01 V)	UINT16	RW	0x0960 (2400_{dez})
8pp0:05	Coil resistance	Innenwiderstand des Motors (Einheit: 0,01 Ohm)	UINT16	RW	0x0064 (100_{dez})
8pp0:06	Booster on time	Einschaltdauer des Anregungsstroms (Einheit: 0,1 ms) der Wert "0" schaltet die Anregungsphase ab	UINT16	RW	0x000A (10_{dez})
8pp0:07	Booster off time	Einschaltdauer des Gegenstroms (Einheit: 0,1 ms)	UINT16	RW	0x000A (10_{dez})
8pp0:08	Current switch off threshold	Schwellstrom des Ausschaltzeitpunkts (Einheit: 1 mA)	INT16	RW	0x0000 (0_{dez})
8pp0:09	PWM Tperiod	Periodendauer der PWM (Einheit: 0,1 ms)	UINT32	RW	0x00000000 (0_{dez})
8pp0:0A	PWM Toff	Auszeit der PWM (Einheit: 0,1 ms)	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
8pp0:0C	Boost current threshold 1	Stromgrenze Kanal 1 Boost –on Phase (Einheit: 1 mA)	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
8pp0:0D	Boost current threshold 2	Stromgrenze Kanal 2 Boost –on Phase (Einheit: 1 mA)	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
8pp0:0E	Boost current threshold 3	Stromgrenze Kanal 3 Boost –on Phase (Einheit: 1 mA)	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})

Index 0x8pp1 DOX Controller Settings (Ch.1, pp=00; Ch. 2, pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8pp1:0	DOX Controller Settings		UINT8	RO	0x02 (2_{dez})
8pp1:01	Kp factor (curr.)	Kp-Regelfaktor des Stromreglers	UINT16	RW	0x01F4 (500_{dez})
8pp1:02	Ki factor (curr.)	Ki-Regelfaktor des Stromreglers	UINT16	RW	0x0005 (5_{dez})

Index 0x8pp2 DOX Features (Ch.1, pp=00; Ch. 2, pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung			Datentyp	Flags	Default
8pp2:0	DOX Features				UINT8	RO	0x1A (26_{dez})
8pp2:01	Enable booster on time	Aktivierung der Überbestromung			BOOLEAN	RW	0x01 (1_{dez})
8pp2:02	Enable booster off time	Aktivierung der Gegenbestromung			BOOLEAN	RW	0x01 (1_{dez})
8pp2:03	Enable current switch off threshold	Aktivierung des Abschaltschwellstroms			BOOLEAN	RW	0x01 (1_{dez})
8pp2:04	Enable PWM output	Aktivierung der PWM-Ansteuerung[1]			BOOLEAN	RW	0x01 (1_{dez})
8pp2:11	Select info data 1	Auswahl "Info data 1"	0	Status word	UINT8	RW	0x01 (1_{dez})
			1	Coil voltage			
			2	Coil current			
			...	reserviert			
			5	Duty cycle			
			...	reserviert			
			101	Internal temperature			
			...	reserviert			
			104	Supply voltage			
			105	Supply current			
			....	reserviert			
8pp2:19	Select info data 2	Auswahl "Info data 2"	siehe Index 8pp2:11		UINT8	RW	0x02 (2_{dez})
8pp2:1A[2]	Boost mode	Boost Modus [▶ 125]			BOOLEAN	RW	0x00 (0_{ez})

[1] Diese PWM ist anwenderseitig und von der Klemmeninternen PWM (32 kHz) der Stromregelung getrennt umgesetzt (siehe Kapitel „Weitere Eigenschaften“).
[2] Ab FW11

Index 0x8pp1 MTO Settings (Ch.1, pp=02; Ch. 2, pp=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8pp1:0	MTO Settings		UINT8	RO	0x14 (20_{dez})
8pp1:01	Use as +24 V power supply	Ausgang permanent einschalten	BOOLEAN	RW	0x00 (0_{dez})
8pp1:02	Enable manual operation	Manuellen Betrieb ueber das PDO bit 'Manual output state' zulassen	BOOLEAN	RW	0x00 (0_{dez})
8pp1:03	Enable time check	Umgeht die durch Übergabe eines Veralteten Zeitstempels verursachte Verzögerung von bis zu ca. 4,29 s wenn „1“ gesetzt. In Verbindung mit dem Ausgangs-PDO „Force Order [▶ 143]“ wird entschieden, ob bereits abgelaufenen Events ausgegeben oder verworfen werden sollen. **Für „1“ ist insbesondere zu beachten**: das Zeitintervall des zu übertragenden Zeitstempels wird auf $\pm 2^{31}$ aufgeteilt, d.h. ca. 2,15 s zeitlich zurückliegend und ca. 2,15 zeitlich vorausliegend. Letzteres stellt eine herabgesetzte Begrenzung des zul. Zeitbereichs von ca. 4,29 s auf ca. 2,15 s dar. Siehe hierzu Kapitel „Multi-Timestamping [▶ 143]“. Enable time check =“**1**“; **Ausgangs-PDO „Force Order“=** “**0**”: keine Ausgabe veralteter Ereignisse “**1**”: sofortige Ausgabe des veralteten Ereignisses	BOOLEAN	RW	0x00 (0_{dez})
8pp1:11	Buffer reset behaviour	0: Reset on falling edge 1: Reset on high level	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
8pp1:12	Buffer overflow behaviour	0: Lock Buffer 1: overwrite oldest	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
8pp1:13	Valid past window	Fenster zur Kontrolle des Timstamps vom nächsten Event. Liegt das folgende Event (Zeitstempel) nicht in diesem Fenster (bezogen auf die aktuelle Zeit), wird der Ausgang nicht geschaltet (bedingt durch die PLC-Laufzeit).	INT32	RW	-500000_{dez}
8pp1:14	Valid future window	s.o.	INT32	RW	500000_{dez}

Index 0x8ppF MTO Vendor data (Ch.1, pp=02; Ch. 2, pp=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
8ppF:0	MTO Vendor data		UINT8	RW	0x12 (18_{dez})
8ppF:11	Offset pos	Correction value for the timestamp to compensate internal run times (when switching on the output).	INT32	RW	0x00000000 (0_{dez})
8ppF:12	Offset neg	Correction value for the timestamp to compensate internal run times (when switching off the output).	INT32	RW	0x00000000 (0_{dez})

6.3 Kommando-Objekt

Index 0xFB00 DOX Command

Index (hex)	Name	Bedeutung			Datentyp	Flags	Default
FB00:0	DOX Command	Max. Subindex			UINT8	RO	0x03 (3_{dez})
FB00:01	Request	0x1000	Clear diag history	löscht die Diag History	OCTET-STRING[2]	RW	{0}
		0x1100	Get build number	Auslesen der Build-Nummer			
		0x1101	Get build date	Auslesen des Build-Datums			
		0x1102	Get build time	Auslesen der Build-Zeit			
		0x8000	Software reset	Software-Reset durchführen (Hardware wird mit der Aktuellen CoE-Konfiguration neu Initialisiert, geschieht sonst nur beim Übergang nach INIT)			
FB00:02	Status	0	Finished, no error, no response	Kommando ohne Fehler und ohne Antwort (Response) beendet	UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
		1	Finished, no error, response	Kommando ohne Fehler und mit Antwort beendet			
		2	Finished, error, no response	Kommando mit Fehler und ohne Antwort beendet			
		3	Finished, error, response	Kommando mit Fehler und mit Antwort beendet			
		255	Executing	Kommando wird ausgeführt			
FB00:03	Response	abhängig vom Request			OCTET-STRING[4]	RO	{0}

6.4 Eingangsdaten

Index 0x6pp0 DOX Inputs (Ch.1, pp=00; Ch.2, pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
6pp0:0	DOX Inputs		UINT8	RO	0x12 (18_{dez})
6pp0:01	Ready to activate	Treiberstufe ist bereit zur Aktivierung	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:02	Output active	Ausgang ist Aktiviert	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:03	Tristate active	Treiberstufe ist im Tristate geschaltet	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:04	PWM active	Die PWM ist über Bit 0x7pp0:04 aktiviert worden.	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:07	Warning	eine Warnung ist aufgetreten (siehe Index App0	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:08	Error	ein Fehler ist aufgetreten (siehe Index App0	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:10	TxPDO Toggle	Der TxPDO Toggle wird vom Slave getoggelt, wenn die Daten der zugehörigen TxPDO aktualisiert wurden.	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:11	Info data 1	synchrone Informationen (Auswahl über Subindex 8pp2:11)	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
6pp0:12	Info data 2	synchrone Informationen (Auswahl über Subindex 8pp2:19)	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})

Index 0x6pp0 MTO Inputs (Ch.1, pp=02; Ch.2, pp=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
6pp0:0	MTO Inputs		UINT8	RO	0x12 (18_{dez})
6pp0:01	Output short circuit	Ausgang hat einen Kurzschluss/Ueberlast	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:02	Output buffer overflow	Es wurden mehr Events in den Puffer geschrieben als freie Elemente verfuegbar sind	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:03	Output state	Aktueller Zustand der Ausgangs	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:07	Warning	Signalisiert eine Warnung (wird durch die Bits in 0xApp0 genauer aufgeschlüsselt).	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:0F	Input cycle counter	Wird bei jedem EtherCAT-Zyklus inkrementiert.	BIT2	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:11	Output order feedback	Feedback des Order counters	UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
6pp0:12	Events in output buffer	Aktuelle Anzahl der im Puffer verbliebenen Events	UINT8	RO	0x00 (0_{dez})

6.5 Ausgangsdaten

Index 0x7pp0 DOX Outputs (Ch.1, pp=00; Ch.2, pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
7pp0:0	DOX Outputs		UINT8	RO	0x13 (19_{dez})
7pp0:02	Output	aktiviert die Ausgangsstufe	BOOLEAN	RW	0x00 (0_{dez})
7pp0:03	Tristate	schaltet die Ausgangsstufe in den Tristate	BOOLEAN	RW	0x00 (0_{dez})
7pp0:04	PWM	schaltet PWM zur Ausgangsstufe durch	BOOLEAN	RW	0x00 (0_{dez})
7pp0:08	Reset	alle aufgetretenen Fehler werden durch das Setzen dieses Bits zurückgesetzt (steigende Flanke)	BOOLEAN	RW	0x00 (0_{dez})
7pp0:11	Duty cycle	Tastverhältnis der PWM (siehe auch DOX Settings [▶ 182])	UINT8	RW	0x00 (0_{dez})
7pp0:13	PWM Tperiod	Periodendauer der PWM-Ausgabe über PDO (in ms). Ist der PDO-Wert = 0, dann wird der konfigurierte Wert aus dem CoE genommen.	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})

Index 0x7pp1 MTO Outputs (Ch.1, pp=02; Ch.2, pp=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
7pp1:0	MTO outputs		UINT8	RO	0x4A (74_{dez})
7pp1:01	Output buffer reset	Events im Output Puffer loeschen	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
7pp1:02	Manual output state	Ausgang fest auf diesen Wert setzen (muss im CoE aktiviert sein)	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
7pp1:03	Force order	Auch bereits abgelaufenen Events werden ausgegeben	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
7pp1:04	Enable manual operation	Wenn dieses Bit aktiviert ist, wird der Ausgang mit dem Wert in „Manual output state“ überschrieben.	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
7pp1:09	Output order counter	Durch das Inkrementieren diese Wertes wird der Klemme mitgeteilt, dass neue Werte im PDO liegen	UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
7pp1:11	No of output events	Anzahl der im PDO abgelegten Events	UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
7pp1:21	Output event state 1	Ausgangswert zum Zeitpunkt des n-ten Timestamps	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
….	….	….	….	….	….
7pp1:2A	Output event state 10		BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
7pp1:41	Output event time 1	Timestamp des n-ten Events	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
….	….	….	….	….	….
7pp1:4A	Output event time 10		UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})

6.6 Informations-/Diagnostikdaten (kanalspezifisch)

Index 0x9pp0 DOX Info data (Ch.1, pp=00; Ch.2, pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung			Datentyp	Flags	Default
9pp0:0	DOX Info data				UINT8	RO	0x0E (14_{dez})
9pp0:01	Status word	Statuswort (vergleiche Index App0)	**Bit-Offset**	**Bedeutung**	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
			0	reserviert			
			1	reserviert			
			2	Ready to activate			
			3	reserviert			
			4	reserviert			
			5	Boost Strom ist niedrig			
			6	Output active			
			7	Tristate ist aktiviert			
			8	Current saturated Ready to activate			
			9	Overtemperature			
			10	Undervoltage			
			11	Overvoltage			
			12	Short circuit			
			13	Open load (Drahtbruch?)			
			14	Betriebsspannung fehlt			
			15	Misc error			
9pp0:02	Coil voltage	aktuelle Ausgabespannung			UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:03	Coil current	aktueller Ausgabestrom			INT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:06	Duty cycle	aktueller Duty-Cycle			INT8	RO	0x00 (0_{dez})
9pp0:0A	Boost current counter region 1	Anzahl der in Region 1 liegenden Boost Events (Boost-Strom liegt in Region 1).			UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:0B	Boost current counter region 2	Anzahl der in Region 2 liegenden Boost Events			UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:0C	Boost current counter region 3	Anzahl der in Region 3 liegenden Boost Events			UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:0D	Boost current counter region 4	Anzahl der in Region 4 liegenden Boost Events			UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:0E	Last max. boost current	Letzter gemessener Boost-Strom			INT16	RO	0x0000 (0_{dez})

Index 0x9pp0 MTO Info data (Ch.1, pp=02; Ch.2, pp=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
9pp0:0	MTO Info data		UINT8	RO	0x08 (8_{dez})
9pp0:01	Event counter positive (buffer)	Anzahl der konfigurierten Output-Events (Ausgang wird auf 1 geschaltet) im Puffer.	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:02	Event counter negative (buffer)	Anzahl der konfigurierten Output-Events (Ausgang wird auf 0 geschaltet) im Puffer.	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:03	Event counter positive (output)	Anzahl der real geschalteten Output-Events (Ausgang wird auf 1 geschaltet).	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:04	Event counter negative (output)	Number of output events actually switched (output is switched to 0).	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:05	Past counter	Anzahl der konfigurierten, ungültigen Output-Events, bei denen der Zeitstempel in der Vergangenheit lag.	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:06	Valid past counter	Anzahl der konfigurierten, gültigen Output-Events, bei denen der Zeitstempel in der Vergangenheit lag.	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:07	Valid future counter	Anzahl der konfigurierten, gültigen Output-Events, bei denen der Zeitstempel in der Zukunft lag.	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
9pp0:08	Future counter	Anzahl der konfigurierten, ungültigen Output-Events, bei denen der Zeitstempel in der Zukunft lag.	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})

Index 0xApp0 DOX Diag data (Ch.1, pp=00; Ch.2, pp=00)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
App0:0	DOX Diag data		UINT8	RO	0x09 (9_{dez})
App0:01	Saturated	Treiberstufe arbeitet mit maximalem Duty-Cycle	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:02	Over temperature	Innentemperatur der Klemme ist größer als 80 °C	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:03	Low boost current	Aktueller Ausgabestrom war in der letzten Boost-Phase kleiner als „Boost current threshold 3“	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:04	Under voltage	Versorgungsspannung kleiner als 8 V	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:05	Over voltage	Versorgungsspannung 10% größer, als die Nennspannung (siehe 8pp0 [▶ 182]:03)	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:06	Short circuit	Kurzschluss der Treiberstufe	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:07	Open Load	Keine Last an der Treiberstufe	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:08	No control power	Treiberstufe ohne Spannungsversorgung	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:09	Misc error	Innentemperatur der Klemme ist größer als 100 °C oder Kurzschluss der Treiberstufe oder Treiberstufe ohne Spannungsversorgung	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})

Index 0xApp0 MTO Diag data (Ch.1, pp=02; Ch.2, pp=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Data type	Flags	Default
App0:0	MTO Diag data		UINT8	RO	0x03 (3_{dez})
App0:01	Short circuit	Kurzschluss/Ueberlast	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:02	Undervoltage	Unterspannung des Ausgangsbausteines	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
App0:03	Outdated timestamps in buffer	Anzahl der in den Puffer eingetragenen, ungültigen Timestamps (Timestamps waren schon abgelaufen, als sie in den Puffer eingetragen wurden).	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})

6.7 Hersteller-Konfigurationsdaten (gerätespezifisch)

Index 0xF80F DOX Vendor data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F80F:0	DOX Vendor data		UINT8	RO	0x07 (7_{dez})
F80F:01	PWM Frequency	Zwischenkreisfrequenz (Einheit: 1 Hz)	UINT16	RW	0x7D00 (32000_{dez})
F80F:02	Deadtime	Totzeit der Pulsweitenmodulation	UINT16	RW	0x0100 (256_{dez})
F80F:03	Deadtime space	Duty Cycle Begrenzung	UINT16	RW	0x0009 (9_{dez})
F80F:04	Warning temperature	Schwelle der Temperaturwarnung (Einheit: 1 °C)	INT8	RW	0x50 (80_{dez})
F80F:05	Switch off temperature	Abschalttemperatur (Einheit: 1 °C)	INT8	RW	0x64 (100_{dez})
F80F:06	Analog trigger point	Triggerpunkt der AD-Wandlung	UINT16	RW	0x000A (10_{dez})
F80F:07	SYNC 0 shift time	Korrekturwert für den Sync 0 Impuls, um interne Laufzeiten zu kompensieren.	INT16	RW	0x0000 (0_{dez})

6.8 Informations-/Diagnostikdaten (gerätespezifisch)

Index 0xF900 DOX Info data

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F900:0	DOX Info data		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
F900:01	Software version (driver)	Softwareversion der Treiberkarte	STRING	RO	
F900:02	Internal temperature	interne Klemmentemperatur (Einheit: 1 °C)	INT8	RO	0x00 (0_{dez})
F900:05	Supply voltage	Versorgungsspannung (Einheit: 1 mV)	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
F900:06	Supply current	Gesamtstrom der Versorgungsspannung (Einheit: 1 mA)	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})

6.9 Distributed Clocks Ein-/Ausgangsdaten

Index 0xF600 DC Inputs

Index (hex)	Name	Bedeutung			Datentyp	Flags	Default
F600:0	DC Inputs				UINT8	RO	0x01 (1_{dez})
F600:01	Feedback	zurück gelesene Ausgabewerte	Bit 0	Output Kanal 1 (Index 6000:02)	UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
			Bit 1	Tristate Kanal 1 (Index 6000:03)			
			Bit 2	Output Kanal 2 (Index 6010:02)			
			Bit 3	Tristate Kanal 2 (Index 6010:03)			

Index 0xF700 DC Outputs

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F700:0	DC Outputs		UINT8	RO	0x03 (3_{dez})
F700:01	Activate	Mit diesem Byte wird durch den Übergang 0 → 3 ein neuer Startzeitpunkt in der Klemme aktiviert	UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
F700:03	Start time	Wert des nächsten, gewünschten Schaltereignisses	UINT64	RO	

6.10 Diagnosis History Daten

Index 0x10F3 Diagnosis History

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F3:0	Diagnosis History	siehe Kapitel Diag Messages [▶ 209]	UINT8	RO	0x37 (55_{dez})
10F3:01	Maximum Messages		UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
10F3:02	Newest Message		UINT8	RO	0x00 (0_{dez})
10F3:03	Newest Acknowledged Message		UINT8	RW	0x00 (0_{dez})
10F3:04	New Messages Available		BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})
10F3:05	Flags		UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
10F3:06 - 10F3:37	Diagnosis Message 001 - Diagnosis Message 050		OCTET-STRING[28]	RO	{0}

6.11 Timestamp

Index 0x10F8 Actual Time Stamp

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
10F8:0	Actual Time Stamp	Aktueller Zeitstempel	UINT64	RO	

6.12 Standardobjekte

Index 0x1000 Device type

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1000:0	Device type	Geräte-Typ des EtherCAT-Slaves: Das Lo-Word enthält das verwendete CoE Profil (5001). Das Hi-Word enthält das Modul Profil entsprechend des Modular Device Profile.	UINT32	RO	0x00D21389 (13767561_{dez})

Index 0x1008 Device name

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1008:0	Device name	Geräte-Name des EtherCAT-Slave	STRING	RO	EL2212

Index 0x1009 Hardware version

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1009:0	Hardware version	Hardware-Version des EtherCAT-Slaves	STRING	RO	00

Index 0x100A Software version

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
100A:0	Software version	Firmware-Version des EtherCAT-Slaves	STRING	RO	01

Index 0x1018 Identity

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1018:0	Identity	Informationen, um den Slave zu identifizieren	UINT8	RO	0x04 (4_{dez})
1018:01	Vendor ID	Hersteller-ID des EtherCAT-Slaves	UINT32	RO	0x00000002 (2_{dez})
1018:02	Product code	Produkt-Code des EtherCAT-Slaves	UINT32	RO	0x08A43052 (144978002_{dez})
1018:03	Revision	Revisionsnummer des EtherCAT-Slaves, das Low-Word (Bit 0-15) kennzeichnet die Sonderklemmennummer, das High-Word (Bit 16-31) verweist auf die Gerätebeschreibung	UINT32	RO	0x00100000 (1048576_{dez})
1018:04	Serial number	Seriennummer des EtherCAT-Slaves, das Low-Byte (Bit 0-7) des Low-Words enthält das Produktionsjahr, das High-Byte (Bit 8-15) des Low-Words enthält die Produktionswoche, das High-Word (Bit 16-31) ist 0	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})

Index 0x10F0 Backup parameter handling

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

Index 0x14pp DOX RxPDO-Par Control (Ch.1: pp=00; Ch.2: pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
14pp:0	DOX RxPDO-Par Control		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
14pp:06	Exclude RxPDOs				

Index 0x1402 DOX RxPDO-Par Sync

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1402:0	DOX RxPDO-Par Sync		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
1402:06	Exclude RxPDOs				

Index 0x14pp DOX RxPDO-Par Control (MTO) (Ch.1: pp=03; Ch.2: pp=04)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
14pp:0	DOX RxPDO-Par Control (MTO)		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
14pp:06	Exclude RxPDOs				

Index 0x14pp MTO RxPDO-Par Outputs 10x
(Ch.1: pp=07; Ch.2: pp=0B)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
14pp:0	MTO RxPDO-Par Outputs 10x		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
14pp:06	Exclude RxPDOs				

Index 0x14pp MTO RxPDO-Par Outputs 5x
(Ch.1: pp=08; Ch.2: pp=0C)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
14pp:0	MTO RxPDO-Par Outputs 5x		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
14pp:06	Exclude RxPDOs				

Index 0x14pp MTO RxPDO-Par Outputs 2x
(Ch.1: pp=09; Ch.2: pp=0D)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
14pp:0	MTO RxPDO-Par Outputs 2x		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
14pp:06	Exclude RxPDOs				

Index 0x14pp MTO RxPDO-Par Outputs 1x
(Ch.1: pp=0A; Ch.2: pp=0E)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
14pp:0	MTO RxPDO-Par Outputs 1x		UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
14pp:06	Exclude RxPDOs				

Index 0x16pp DOX RxPDO-Map Control (Ch.1, pp=00; Ch.2, pp=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
16pp:0	DOX RxPDO-Map Control	PDO Mapping	UINT8	RO	0x07 (7_{dez})
16pp:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (1 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 1
16pp:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x7pp0 (DOX Outputs, entry 0x02 (Output))	UINT32	RO	0x7pp0:02, 1
16pp:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x7pp0 (DOX Outputs, entry 0x03 (Tristate))	UINT32	RO	0x7pp0:03, 1
16pp:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x7pp0 (DOX Outputs, entry 0x04 (PWM))	UINT32	RO	0x7pp0:04, 1
16pp:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (3 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 3
16pp:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (object 0x7pp0 (DOX Outputs, entry 0x08 (Reset))	UINT32	RO	0x7pp0:08, 1
16pp:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8

Index 0x1602 DC RxPDO-Map Sync

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1602:0	DC RxPDO-Map Sync	PDO Mapping	UINT8	RO	0x03 (3_{dez})
1602:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0xF700 (DC Outputs), entry 0x01 (Activate))	UINT32	RO	0xF700:01, 8
1602:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8
1602:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0xF700 (DC Outputs), entry 0x03 (Start time))	UINT32	RO	0xF700:03, 64

Index 0x16pp DOX RxPDO-Map Control (MTO)
(Ch.1: pp=03, nn=00; Ch.2: pp=04, nn=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
16pp:0	DOX RxPDO-Map Contro (MTO)l	PDO Mapping	UINT8	RO	0x05 (5_{dez})
16pp:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (1 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 3
16pp:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x7nn0 (DOX Outputs, entry 0x04 (PWM))	UINT32	RO	0x7nn0:04, 1
16pp:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (3 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 3
16pp:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x7nn0 (DOX Outputs, entry 0x08 (Reset))	UINT32	RO	0x7nn0:08, 1
16pp:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8

Index 0x16pp DOX RxPDO-Map PWM
(Ch.1: pp=05, nn=00; Ch.2: pp=06, nn=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
16pp:0	DOX RxPDO-Map Control	PDO Mapping	UINT8	RO	0x02 (2_{dez})
16pp:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x7nn0 (DOX Outputs, entry 0x11 (Duty cycle))	UINT32	RO	0x7nn0:11, 8
16pp:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x7nn0 (DOX Outputs, entry 0x13 (PWM Tperiod))	UINT32	RO	0x7nn0:13, 16

Index 0x16pp MTO RxPDO-Map 10x
(Ch.1: pp=07, nn=02; Ch.2: pp=0B, nn=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
16pp:0	MTO RxPDO-Map 10x	PDO Mapping	UINT8	RO	0x1D (29_{dez})
16pp:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x01 (Output buffer reset))	UINT32	RO	0x7nn1: 01, 1
16pp:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x02 (Manual output state))	UINT32	RO	0x7nn1: 02, 1
16pp:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x03 (Force order))	UINT32	RO	0x7nn1: 03, 1
16pp:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x04 (Enable manual operation))	UINT32	RO	0x7nn1: 04, 1
16pp:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (4 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 4
16pp:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x09 (Output order counter))	UINT32	RO	0x7nn1:09, 8
16pp:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x11 (No of output events))	UINT32	RO	0x7nn1:11, 8
16pp:08	SubIndex 008	8. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8
16pp:09	SubIndex 009	9. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x21 (Output event state 1))	UINT32	RO	0x7nn1:21, 1
….	…..	….	….	….	….
16pp:12	SubIndex 018	18. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x2A (Output event state 10))	UINT32	RO	0x7nn1:2A, 1
16pp:13	SubIndex 019	19. PDO Mapping entry (22 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 22
16pp:14	SubIndex 020	20. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x41 (Output event time 1))	UINT32	RO	0x7nn1:41, 32
….	….	….	….	….	….
16pp:1D	SubIndex 029	29. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x4A (Output event time 10))	UINT32	RO	0x7nn1:4A, 32

Index 0x16pp MTO RxPDO-Map 5x
(Ch.1: pp=08, nn=02; Ch.2: pp=0C, nn=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
16pp:0	MTO RxPDO-Map 5x	PDO Mapping	UINT8	RO	0x13 (19_{dez})
16pp:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x01 (Output buffer reset))	UINT32	RO	0x7nn1: 01, 1
16pp:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x02 (Manual output state))	UINT32	RO	0x7nn1: 02, 1
16pp:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x03 (Force order))	UINT32	RO	0x7nn1: 03, 1
16pp:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x04 (Enable manual operation))	UINT32	RO	0x7nn1: 04, 1
16pp:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (4 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 4
16pp:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x09 (Output order counter))	UINT32	RO	0x7nn1:09, 8
16pp:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x11 (No of output events))	UINT32	RO	0x7nn1:11, 8
16pp:08	SubIndex 008	8. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8
16pp:09	SubIndex 009	9. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x21 (Output event state 1))	UINT32	RO	0x7nn1:21, 1
….	…..	….	….	….	….
16pp:0D	SubIndex 013	13. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x25 (Output event state 5))	UINT32	RO	0x7nn1:25, 1
16pp:0E	SubIndex 014	14. PDO Mapping entry (27 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 27
16pp:0F	SubIndex 015	15. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x41 (Output event time 1))	UINT32	RO	0x7nn1:41, 32
….	….	….	….	….	….
16pp:13	SubIndex 019	19. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x45 (Output event time 5))	UINT32	RO	0x7nn1:45, 32

Index 0x16pp MTO RxPDO-Map 2x
(Ch.1: pp=09, nn=02; Ch.2: pp=0D, nn=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
16pp:0	MTO RxPDO-Map 2x	PDO Mapping	UINT8	RO	0x0D (13_{dez})
16pp:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x01 (Output buffer reset))	UINT32	RO	0x7nn1: 01, 1
16pp:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x02 (Manual output state))	UINT32	RO	0x7nn1: 02, 1
16pp:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x03 (Force order))	UINT32	RO	0x7nn1: 03, 1
16pp:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x04 (Enable manual operation))	UINT32	RO	0x7nn1: 04, 1
16pp:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (4 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 4
16pp:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x09 (Output order counter))	UINT32	RO	0x7nn1:09, 8
16pp:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x11 (No of output events))	UINT32	RO	0x7nn1:11, 8
16pp:08	SubIndex 008	8. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8
16pp:09	SubIndex 009	9. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x21 (Output event state 1))	UINT32	RO	0x7nn1:21, 1
16pp:0A	SubIndex 010	10. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x22 (Output event state 2))	UINT32	RO	0x7nn1:22, 1
16pp:0B	SubIndex 011	11. PDO Mapping entry (30 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 30
16pp:0C	SubIndex 012	12. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x41 (Output event time 1))	UINT32	RO	0x7nn1:41, 32
16pp:0D	SubIndex 013	13. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x42 (Output event time 2))	UINT32	RO	0x7nn1:42, 32

Index 0x16pp MTO RxPDO-Map 1x
(Ch.1: pp=0A, nn=02; Ch.2: pp=0E, nn=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
16pp:0	MTO RxPDO-Map 1x	PDO Mapping	UINT8	RO	0x0B (11_{dez})
16pp:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x01 (Output buffer reset))	UINT32	RO	0x7nn1: 01, 1
16pp:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x02 (Manual output state))	UINT32	RO	0x7nn1: 02, 1
16pp:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x03 (Force order))	UINT32	RO	0x7nn1: 03, 1
16pp:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x04 (Enable manual operation))	UINT32	RO	0x7nn1: 04, 1
16pp:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (4 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 4
16pp:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x09 (Output order counter))	UINT32	RO	0x7nn1:09, 8
16pp:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x11 (No of output events))	UINT32	RO	0x7nn1:11, 8
16pp:08	SubIndex 008	8. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8
16pp:09	SubIndex 009	9. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x21 (Output event state 1))	UINT32	RO	0x7nn1:21, 1
16pp:0A	SubIndex 010	10. PDO Mapping entry (31 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 31
16pp:0B	SubIndex 011	11. PDO Mapping entry (object 0x7nn1 (MTO Outputs, entry 0x41 (Output event time 1))	UINT32	RO	0x7nn1:41, 32

Index 0x18pp DOX TxPDO-Par Status (Ch.1: pp=00; Ch.2: pp=02)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
18pp:0	DOX TxPDO-Par Status	PDO Mapping	UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
18pp:06	Exclude TxPDOs				

Index 0x1804 DC TxPDO-Par Feedback

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1804:0	DOX TxPDO-Par Status	PDO Mapping	UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
1804:06	Exclude TxPDOs				

Index 0x18pp DOX TxPDO-Par Status (MTO) (Ch.1: pp=05; Ch.2: pp=06)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
18pp:0	DOX TxPDO-Par Status (MTO)	PDO Mapping	UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
18pp:06	Exclude TxPDOs				

Index 0x18pp MTO TxPDO-Par Inputs (Ch.1: pp=07; Ch.2: pp=08)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
18pp:0	MTO TxPDO-Par Inputs	PDO Mapping	UINT8	RO	0x06 (6_{dez})
18pp:06	Exclude TxPDOs				

Index 0x1App DOX TxPDO-Map Status (Ch.1: pp=00; Ch.2: pp=02)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1App:0	DOX TxPDO-Map Status	PDO Mapping	UINT8	RO	0x09 (9_{dez})
1App:01	SubIndex 001	1 PDO Mapping entry (object 0x6pp0 (DOX Inputs), entry 0x01 (Ready to activate))	UINT32	RO	0x6pp0:01, 1
1App:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x6pp0 (DOX Inputs), entry 0x02 (Output active))	UINT32	RO	0x6pp0:02, 1
1App:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x6pp0 (DOX Inputs), entry 0x03 (Tristate active))	UINT32	RO	0x6pp0:03, 1
1App:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (object 0x6pp0 (DOX Inputs), entry 0x04 (PWM active))	UINT32	RO	0x6pp0:04, 1
1App:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (2 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 2
1App:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (object 0x6pp0 (DOX Inputs), entry 0x07 (Warning))	UINT32	RO	0x6pp0:07, 1
1App:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (object 0x6pp0 (DOX Inputs), entry 0x08 (Error))	UINT32	RO	0x6pp0:08, 1
1App:08	SubIndex 008	8. PDO Mapping entry (5 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 5
1App:09	SubIndex 009	9. PDO Mapping entry (object 0x6pp0 (DOX Inputs), entry 0x10 (TxPDO Toggle))	UINT32	RO	0x6pp0:10, 1

Index 0x1App DOX TxPDO-Map Synchron info data
(Ch.1: pp=01, nn=00; Ch.2: pp=03, nn=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1App:0	DOX TxPDO-Map Synchron info data	PDO Mapping	UINT8	RO	0x02 (2_{dez})
1App:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (DOX Inputs), entry 0x11 (Info data 1))	UINT32	RO	0x6nn0:11, 16
1App:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (DOX Inputs), entry 0x12 (Info data 2))	UINT32	RO	0x6nn0:12, 16

Index 0x1A04 DC TxPDO-Map Feedback

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1A04:0	DC TxPDO-Map Feedback	PDO Mapping	UINT8	RO	0x02 (2_{dez})
1A04:01	SubIndex 001	1. PDO Mapping entry (object 0xF600 (DC Inputs), entry 0x01 (Feedback))	UINT32	RO	0xF600:01, 8
1A04:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (8 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 8

Index 0x1App DOX TxPDO-Map Status (MTO)
(Ch.1: pp=05, nn=00; Ch.2: pp=06, nn=01)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1App:0	DOX TxPDO-Map Status (MTO)	PDO Mapping	UINT8	RO	0x09 (9_{dez})
1App:01	SubIndex 001	1 PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (DOX Inputs), entry 0x01 (Ready to activate))	UINT32	RO	0x6nn0:01, 1
1App:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (2 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 2
1App:03	SubIndex 004	3. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (DOX Inputs), entry 0x04 (PWM active))	UINT32	RO	0x6nn0:04, 1
1App:04	SubIndex 005	4. PDO Mapping entry (2 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 2
1App:05	SubIndex 006	5. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (DOX Inputs), entry 0x07 (Warning))	UINT32	RO	0x6nn0:07, 1
1App:06	SubIndex 007	6. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (DOX Inputs), entry 0x08 (Error))	UINT32	RO	0x6nn0:08, 1
1App:07	SubIndex 008	7. PDO Mapping entry (7 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 7
1App:08	SubIndex 009	8. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (DOX Inputs), entry 0x10 (TxPDO Toggle))	UINT32	RO	0x6nn0:10, 1

Index 0x1App MTO TxPDO-Map Inputs
(Ch.1: pp=07, nn=02; Ch.2: pp=08, nn=03)

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1App:0	MTO TxPDO-Map Inputs)	PDO Mapping	UINT8	RO	0x09 (9_{dez})
1App:01	SubIndex 001	1 PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (MTO Inputs), entry 0x01 (Output short circuit))	UINT32	RO	0x6nn0:01, 1
1App:02	SubIndex 002	2. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (MTO Inputs), entry 0x02 (Output buffer overflow))	UINT32	RO	0x6nn0:02, 1
1App:03	SubIndex 003	3. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (MTO Inputs), entry 0x03 (Output state))	UINT32	RO	0x6nn0:03, 1
1App:04	SubIndex 004	4. PDO Mapping entry (3 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 3
1App:05	SubIndex 005	5. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (MTO Inputs), entry 0x07 (Warning))	UINT32	RO	0x6nn0:07, 1
1App:06	SubIndex 006	6. PDO Mapping entry (7 bits align)	UINT32	RO	0x0000:00, 7
1App:07	SubIndex 007	7. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (MTO Inputs), entry 0x0F (Input cycle counter))	UINT32	RO	0x6nn0:0F, 2
1App:08	SubIndex 008	8. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (MTO Inputs), entry 0x11 (Output order feedback))	UINT32	RO	0x6nn0:11, 8
1App:09	SubIndex 009	8. PDO Mapping entry (object 0x6nn0 (MTO Inputs), entry 0x12 (Events in output buffer))	UINT32	RO	0x6nn0:12, 8

Index 0x1C00 Sync manager type

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

Index 0x1C12 RxPDO assign

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C12:0	RxPDO assign	PDO Assign Outputs	UINT8	RW	0x03 (3_{dez})
1C12:01	Subindex 001	1. zugeordnete RxPDO (enthält den Index des zugehörigen RxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1600 (5632_{dez})
1C12:02	Subindex 002	2. zugeordnete RxPDO (enthält den Index des zugehörigen RxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1601 (5633_{dez})
1C12:03	Subindex 003	3. zugeordnete RxPDO (enthält den Index des zugehörigen RxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1602 (5634_{dez})

Index 0x1C13 TxPDO assign

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C13:0	TxPDO assign	PDO Assign Inputs	UINT8	RW	0x03 (3_{dez})
1C13:01	Subindex 001	1. zugeordnete TxPDO (enthält den Index des zugehörigen TxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1A00 (6656_{dez})
1C13:02	Subindex 002	2. zugeordnete TxPDO (enthält den Index des zugehörigen TxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1A02 (6658_{dez})
1C13:03	Subindex 003	3. zugeordnete TxPDO (enthält den Index des zugehörigen TxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x1A04 (6660_{dez})
1C13:04	Subindex 004	4. zugeordnete TxPDO (enthält den Index des zugehörigen TxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
1C13:05	Subindex 005	5. zugeordnete TxPDO (enthält den Index des zugehörigen TxPDO Mapping Objekts)	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})

Index 0x1C32 SM output parameter

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C32:0	SM output parameter	Synchronisierungsparameter der Outputs	UINT8	RO	0x20 (32_{dez})
1C32:01	Sync mode	Aktuelle Synchronisierungsbetriebsart: • 0: Free Run • 1: Synchron with SM 2 Event • 2: DC-Mode - Synchron with SYNC0 Event • 3: DC-Mode - Synchron with SYNC1 Event	UINT16	RW	0x0001 (1_{dez})
1C32:02	Cycle time	Zykluszeit (in ns): • Free Run: Zykluszeit des lokalen Timers • Synchron with SM 2 Event: Zykluszeit des Masters • DC-Mode: SYNC0/SYNC1 Cycle Time	UINT32	RW	0x000F4240 (1000000_{dez})
1C32:03	Shift time	Zeit zwischen SYNC0 Event und Ausgabe der Outputs (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C32:04	Sync modes supported	Unterstützte Synchronisierungsbetriebsarten: • Bit 0 = 1: Free Run wird unterstützt • Bit 1 = 1: Synchron with SM 2 Event wird unterstützt • Bit 2-3 = 01: DC-Mode wird unterstützt • Bit 4-5 = 10: Output Shift mit SYNC1 Event (nur DC-Mode) • Bit 14 = 1: dynamische Zeiten (Messen durch Beschreiben von 1C32:08)	UINT16	RO	0xC007 (49159_{dez})
1C32:05	Minimum cycle time	Minimale Zykluszeit (in ns)	UINT32	RO	0x000186A0 (100000_{dez})
1C32:06	Calc and copy time	Minimale Zeit zwischen SYNC0 und SYNC1 Event (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C32:07	Minimum delay time		UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C32:08	Command	• 0: Messung der lokalen Zykluszeit wird gestoppt • 1: Messung der lokalen Zykluszeit wird gestartet Die Entries 1C32:03, 1C32:05, 1C32:06, 1C32:09, 1C33:03, 1C33:06, 1C33:09 werden mit den maximal gemessenen Werten aktualisiert. Wenn erneut gemessen wird, werden die Messwerte zurückgesetzt	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C32:09	Maximum delay time	Zeit zwischen SYNC1 Event und Ausgabe der Outputs (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C32:0B	SM event missed counter	Anzahl der ausgefallenen SM-Events im OPERATIONAL (nur im DC Mode)	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
1C32:0C	Cycle exceeded counter	Anzahl der Zykluszeitverletzungen im OPERATIONAL (Zyklus wurde nicht rechtzeitig fertig bzw. der nächste Zyklus kam zu früh)	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
1C32:0D	Shift too short counter	Anzahl der zu kurzen Abstände zwischen SYNC0 und SYNC1 Event (nur im DC Mode)	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
1C32:20	Sync error	Im letzten Zyklus war die Synchronisierung nicht korrekt (Ausgänge wurden zu spät ausgegeben, nur im DC Mode)	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})

Index 0x1C33 SM input parameter

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
1C33:0	SM input parameter	Synchronisierungsparameter der Inputs	UINT8	RO	0x20 (32_{dez})
1C33:01	Sync mode	Aktuelle Synchronisierungsbetriebsart: • 0: Free Run • 1: Synchron with SM 3 Event (keine Outputs vorhanden) • 2: DC - Synchron with SYNC0 Event • 3: DC - Synchron with SYNC1 Event • 34: Synchron with SM 2 Event (Outputs vorhanden)	UINT16	RW	0x0022 (34_{dez})
1C33:02	Cycle time	wie 1C32:02	UINT32	RW	0x000F4240 (1000000_{dez})
1C33:03	Shift time	Zeit zwischen SYNC0-Event und Einlesen der Inputs (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C33:04	Sync modes supported	Unterstützte Synchronisierungsbetriebsarten: • Bit 0: Free Run wird unterstützt • Bit 1: Synchron with SM 2 Event wird unterstützt (Outputs vorhanden) • Bit 1: Synchron with SM 3 Event wird unterstützt (keine Outputs vorhanden) • Bit 2-3 = 01: DC-Mode wird unterstützt • Bit 4-5 = 01: Input Shift durch lokales Ereignis (Outputs vorhanden) • Bit 4-5 = 10: Input Shift mit SYNC1 Event (keine Outputs vorhanden) • Bit 14 = 1: dynamische Zeiten (Messen durch Beschreiben von 1C32:08 oder 1C33:08)	UINT16	RO	0xC007 (49159_{dez})
1C33:05	Minimum cycle time	wie 1C32:05	UINT32	RO	0x000186A0 (100000_{dez})
1C33:06	Calc and copy time	Zeit zwischen Einlesen der Eingänge und Verfügbarkeit der Eingänge für den Master (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C33:07	Minimum delay time		UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C33:08	Command	wie 1C32:08	UINT16	RW	0x0000 (0_{dez})
1C33:09	Maximum delay time	Zeit zwischen SYNC1-Event und Einlesen der Eingänge (in ns, nur DC-Mode)	UINT32	RO	0x00000000 (0_{dez})
1C33:0B	SM event missed counter	wie 1C32:11	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
1C33:0C	Cycle exceeded counter	wie 1C32:12	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
1C33:0D	Shift too short counter	wie 1C32:13	UINT16	RO	0x0000 (0_{dez})
1C33:20	Sync error	wie 1C32:32	BOOLEAN	RO	0x00 (0_{dez})

Index 0xF000 Modular device profile

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F000:0	Modular device profile	Allgemeine Informationen des Modular Device Profiles	UINT8	RO	0x02 (2_{dez})
F000:01	Module index distance	Indexabstand der Objekte der einzelnen Kanäle	UINT16	RO	0x0010 (16_{dez})
F000:02	Maximum number of modules	Anzahl der Kanäle	UINT16	RO	0x0004 (4_{dez})

Index 0xF008 Code word

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

Index 0xF010 Module list

Index (hex)	Name	Bedeutung	Datentyp	Flags	Default
F010:0	Module list		UINT8	RW	0x04 (4_{dez})
F010:01	SubIndex 001	Profil Nummer des DOX Interface	UINT32	RW	0x000000D2 (210_{dez})
F010:02	SubIndex 002	Profil Nummer des DOX Interface	UINT32	RW	0x000000D2 (210_{dez})
F010:03	SubIndex 003	Profil Nummer des MTO Interface	UINT32	RW	0x000000DC (220_{dez})
F010:04	SubIndex 004	Profil Nummer des MTO Interface	UINT32	RW	0x000000DC (220_{dez})

7 Diagnose

Die EL2212 bietet zwei Verfahren zur Diagnose:

- **Prozessdaten**
  Im Status-Word der Prozessdaten wird *Warning/Error* angezeigt.
  In diesem Fall muss im CoE-Objekt 0xA0n0 azyklisch kontrolliert werden, welcher Fehler vorliegt.
- **Diag Messages**
  Diag Messages können jederzeit aus dem CoE-Objekt 0x10F3 ausgelesen werden.

Versorgungsspannung

Die Versorgungsspannung 24..72 V DC muss anliegen, um auf das CoE zugreifen zu können. Anderenfalls werden einige Parameteränderungen nicht akzeptiert. Angezeigt wird dies im CoE-Objekt DiagData 0xA00n0:08 "No control power", durch die rote Error-LED und das Error-Bit im Status-Word.

Systemmanager Logger-Ausgabe

Erklärung einiger typischer Logger-Meldungen der EL2212:

```
'Term 4 (EL2212)' (1004): CoE ('InitDown' 0x8000:01) - SDO Abort ('Value of parameter written too high.', 0x06090031).
'Term 4 (EL2212)' (1004): CoE ('InitDown' 0x8002:11) - SDO Abort ('Data cannot be transferred or stored to the application because of the present device state.', 0x08000022).
'Term 4 (EL2212)' (1004): CoE ('InitDown' 0x8000:02) - SDO Abort ('Value of parameter written too low.', 0x06090032).
```

Abb. 196: *Logger-Meldungen der EL2212*

- Parameter written too high, 0x06090031
  CoE-Parameter ist zu groß, die Firmware begrenzt die zu schreibenden Werte
- Parameter written too low, 0x06090032
  CoE-Parameter ist zu klein, die Firmware begrenzt die zu schreibenden Werte
- Data can not be transferred or stored to the application because of the present device state, 0x08000022
  Versorgungsspannung fehlt, Klemme teilweise außer Betrieb

Prozessdaten/CoE

Die Klemme bietet dem Anwender zur Diagnose verschiedene Werte im CoE an. Siehe dazu auch das entsprechende Prozessabbild [▶ 141].

Index	Name	Flags	Wert
9000:0	DOX Info data Ch.1	RO	> 6 <
9000:01	Status word	RO	0x0000 (0)
9000:02	Coil voltage	RO	0x0000 (0)
9000:03	Coil current	RO	58
9000:06	Duty cycle	RO	0
9010:0	DOX Info data Ch.2	RO	> 6 <
A000:0	DOX Diag data Ch.1	RO	> 10 <
A000:01	Saturated	RO	FALSE
A000:02	Over temperature	RO	FALSE
A000:04	Under voltage	RO	FALSE
A000:05	Over voltage	RO	FALSE
A000:06	Short circuit	RO	FALSE
A000:08	No control power	RO	FALSE
A000:09	Misc error	RO	FALSE
A010:0	DOX Diag data Ch.2	RO	> 10 <
F000:0	Modular device profile	RO	> 2 <
F008	Code word	RW	0x00000000 (0)
F010:0	Module list	RW	> 2 <
F600:0	DC Inputs	RO	> 9 <
F700:0	DC Outputs	RO	> 3 <
F80F:0	DOX Vendor data	RW	> 6 <
F900:0	DOX Info data	RO	> 6 <
F900:01	Software version (driver)	RO	01
F900:02	Internal temperature	RO	43
F900:05	Supply voltage	RO	0x097A (2426)
F900:06	Supply current	RO	0x0000 (0)

CoE -Diagnsosedaten

Index 0x9000 [▶ 188] bietet verschiedene, kanalbezogene Messwerte, wie Aktor-Spannung bzw. -Strom. Aus Index 0xA000 [▶ 189] kann der Anwender beim Auftreten einer Warnung oder eines Fehlers genaue Informationen über die Ursache der Störung erfahren.
Die Warning/Error-Meldung wird über die Prozessdaten transportiert.

Für den Kanal 2 sind die entsprechenden Werte aus Index 0x9010 und 0xA010 [▶ 181] zu entnehmen. Klemmenspezifische Informationen findet man in Index 0xF900. [▶ 190]

Alle 9000er und A000er Objekte können über die "Synchron info data" ins Prozessabbild eingeblendet werden und sind über Index 0x8002:11 bzw. 0x8002:19 [▶ 182] zu konfigurieren.

Bedeutung der Bits in "Diag data":

- Saturated: Stromreglerausgabe von 100 % Duty Cycle
- Over temperature: die Innentemperatur der Klemme ist größer als 80 °C, bei mehr als 100°C wird Misc error ebenfalls gesetzt
- Under voltage: die Versorgungsspannung ist 80% kleiner als die eingestellten Nennspannung
- Over voltage: die Versorgungsspannung ist 10% größer als die eingestellten Nennspannung
- Short circuit: Kurzschluss der Treiberstufe
- No control power: keine Steuerspannung / Versorgungsspannung angelegt
- Misc error: allgemeine Fehleranzeige

Diag Messages

Mit *Diag Messages* wird ein System der Nachrichtenübermittlung vom EtherCAT Slave an den EtherCAT Master/TwinCAT bezeichnet. Die Nachrichten werden vom Gerät im eigenen CoE unter 0x10F3 [▶ 191] abgelegt und können von der Applikation oder dem Systemmanager ausgelesen werden. Für jedes im Gerät hinterlegtes Ereignis (Warnung, Fehler, Statusänderung) wird eine über einen Code referenzierte Fehlermeldung ausgegeben.

Siehe dazu die Diag Messages Hinweise.

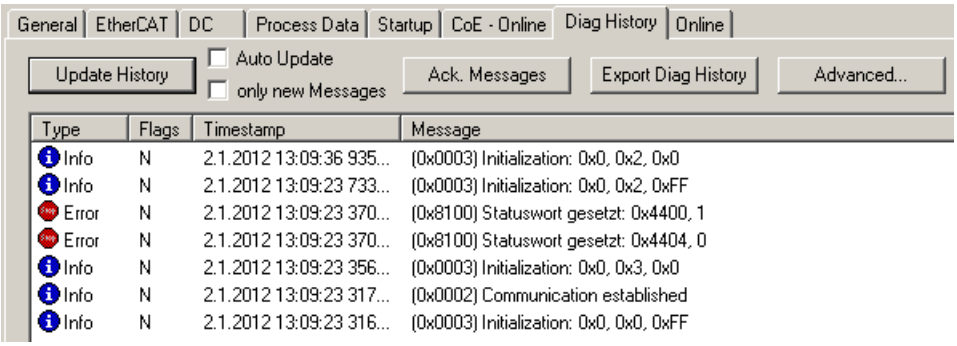
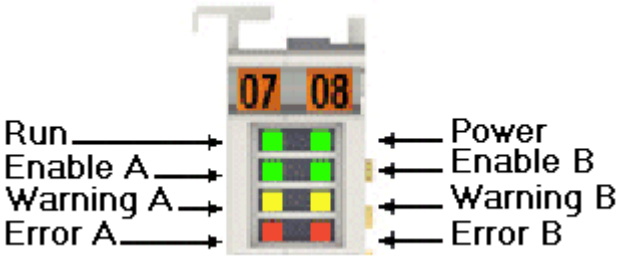


Abb. 197: *Diag Messages der EL2212*

Ein Auszug aus den DiagMessages der EL2212:

Wert	Bedeutung	Interpretation
0x0001	No error	Kein Fehler
0x0002	Communication established	Kommunikation hergestellt
0x0003	Initialization: 0x0, Mode, Channel	Initialisierung
0x8002	Communication aborted	Kommunikation abgebrochen
0x8100	Statusword changed: 0xChannel	Fehlerbit im Status-Word geändert
0x8200	write access error	interner Fehler

7.1 Diagnose-LEDs



LED	Farbe	Bedeutung	
Run	grün	Diese LED gibt den Betriebszustand der Klemme wieder.	
		aus	Zustand der EtherCAT State Machine: INIT = Initialisierung der Klemme.
		blinkend	Zustand der EtherCAT State Machine: PREOP = Funktion der Mailbox-Kommunikation und abweichende Standard-Einstellungen gesetzt.
		Einzelblitz	Zustand der EtherCAT State Machine: SAFEOP = Überprüfung der Kanäle des Sync-Managers und der Distributed-Clocks. Ausgänge bleiben im sicheren Zustand.
		an	Zustand der EtherCAT State Machine: OP = normaler Betriebszustand; Mailbox- und Prozessdatenkommunikation möglich
		flimmernd	Zustand der EtherCAT State Machine: BOOTSTRAP = Funktion für Firmware-Updates der Klemme
Power	grün	aus	interne Kommunikation zur Feldseite gestört (z.B. durch fehlende Versorgungsspannung)
		an	interne Kommunikation i.O.
Enable A/B	grün	aus	Ansteuerung ist gesperrt oder EL2212 ist nicht betriebsbereit.
		an	Ansteuerung ist freigeschaltet oder EL2212 ist betriebsbereit.
Warning A/B	gelb	aus	keine Mängel
		an	Betriebswarnung z. B.: - Versorgungsspannung außerhalb des konfigurierten Bereichs - 80°C Temperatur überschritten ...
Error A/B	rot	aus	keine Mängel
		an	Konfigurationsfehler, z. B.: - keine Versorgungsspannung angeschlossen - 100°C Temperatur überschritten - Kurzschluss ...

7.2 Diagnose - Grundlagen zu Diag Messages

Mit *DiagMessages* wird ein System der Nachrichtenübermittlung vom EtherCAT Slave an den EtherCAT Master/TwinCAT bezeichnet. Die Nachrichten werden vom Gerät im eigenen CoE unter 0x10F3 abgelegt und können von der Applikation oder dem System Manager ausgelesen werden. Für jedes im Gerät hinterlegtes Ereignis (Warnung, Fehler, Statusänderung) wird eine über einen Code referenzierte Fehlermeldung ausgegeben.

Definition

Das System *DiagMessages* ist in der ETG (EtherCAT Technology Group) in der Richtlinie ETG.1020, Kap. 13 "Diagnosis Handling" definiert. Es wird benutzt, damit vordefinierte oder flexible Diagnosemitteilungen vom EtherCAT-Slave an den Master übermittelt werden können. Das Verfahren kann also nach ETG herstellerübergreifend implementiert werden. Die Unterstützung ist optional. Die Firmware kann bis zu 250 DiagMessages im eigenen CoE ablegen.

Jede DiagMessage besteht aus

- Diag Code (4 Byte)
- Flags (2 Byte; Info, Warnung oder Fehler)
- Text-ID (2 Byte; Referenz zum erklärenden Text aus der ESI/XML)
- Zeitstempel (8 Byte, lokale Slave-Zeit oder 64-Bit Distributed-Clock-Zeit, wenn vorhanden)
- dynamische Parameter, die von der Firmware mitgegeben werden

In der zum EtherCAT-Gerät gehörigen ESI/XML-Datei werden die DiagMessages in Textform erklärt: Anhand der in der DiagMessage enthaltenen Text-ID kann die entsprechende Klartextmeldung in den Sprachen gefunden werden, die in der ESI/XML enthalten sind. Üblicherweise sind dies bei Beckhoff-Produkten deutsch und englisch.

Der Anwender erhält durch den Eintrag *NewMessagesAvailable* Information, dass neue Meldungen vorliegen.

DiagMessages können im Gerät bestätigt werden: die letzte/neueste unbestätigte Meldung kann vom Anwender bestätigt werden.

Im CoE finden sich sowohl die Steuereinträge wie die History selbst im CoE-Objekt 0x10F3:

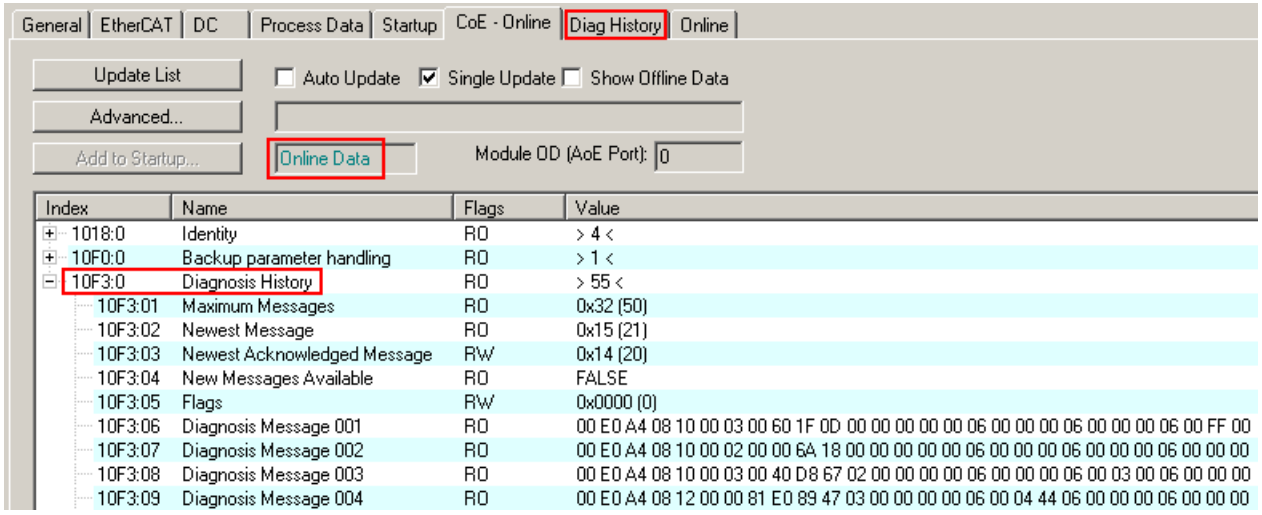


Abb. 198: DiagMessages im CoE

Unter 0x10F3:02 ist der Subindex der neuesten *DiagMessage* auslesbar.

Unterstützung zur Inbetriebnahme

Das System der DiagMesssages ist vor allem während der Anlageninbetriebnahme einzusetzen. Zur Online-Diagnose während des späteren Dauerbetriebs sind die Diagnosewerte z. B. im StatusWord des Gerätes (wenn verfügbar) hilfreich.

Implementierung TwinCAT System Manager

Ab TwinCAT 2.11 werden DiagMessages, wenn vorhanden, beim Gerät in einer eigenen Oberfläche angezeigt. Auch die Bedienung (Abholung, Bestätigung) erfolgt darüber.

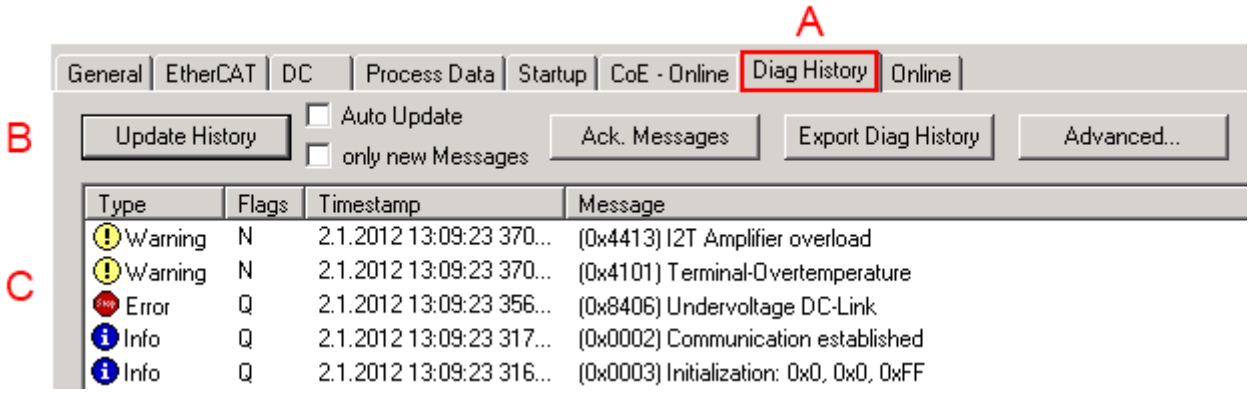


Abb. 199: Implementierung DiagMessage-System im TwinCAT System Manager

Im Reiter Diag History (A) sind die Betätigungsfelder (B) wie auch die ausgelesene History (C) zu sehen. Die Bestandteile der Message:

- Info/Warning/Error
- Acknowledge-Flag (N = unbestätigt, Q = bestätigt)
- Zeitstempel
- Text-ID
- Klartext-Meldung nach ESI/XML Angabe

Die Bedeutung der Buttons ist selbsterklärend.

DiagMessages im ADS Logger/Eventlogger

Ab TwinCAT 3.1 build 4022 werden von einer Klemme abgesetzte DiagMessages auch im TwinCAT ADS Logger gezeigt. Da nun IO-übergreifend DiagMessages an einem Ort dargestellt werden, vereinfacht dies die Inbetriebnahme. Außerdem kann die Logger-Ausgabe in eine Datei gespeichert werden – somit stehen die DiagMessages auch langfristig für Analysen zur Verfügung.

DiagMessages liegen eigentlich nur lokal im CoE 0x10F3 in der Klemme vor und können bei Bedarf manuell z. B. über die oben genannte DiagHistory ausgelesen werden.
Bei Neuentwicklungen sind die EtherCAT-Klemmen standardmäßig so eingestellt, dass sie das Vorliegen einer DiagMessage über EtherCAT als Emergency melden; der Eventlogger kann die DiagMessage dann abholen. Die Funktion wird in der Klemme über 0x10F3:05 aktiviert, deshalb haben solche Klemmen folgenden Eintrag standardmäßig in der StartUp-Liste:

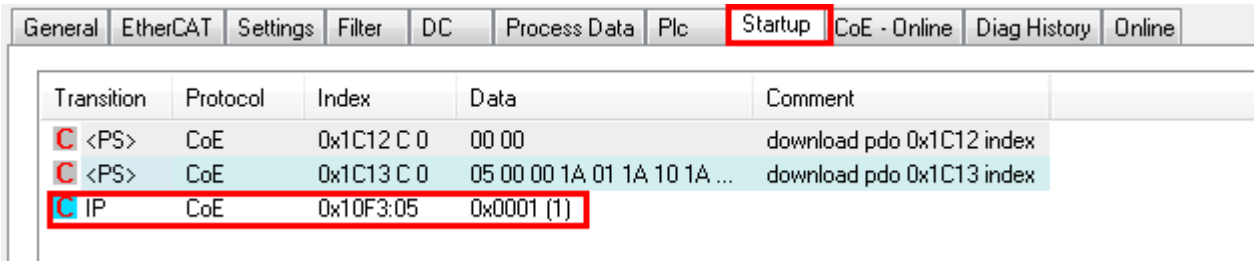


Abb. 200: StartUp-Liste

Soll die Funktion ab Gerätestart deaktiviert werden weil z. B. viele Meldungen kommen oder der EventLogger nicht genutzt wird, kann der StartUp-Eintrag gelöscht oder auf 0 gesetzt werden. Der Wert kann dann bei Bedarf später aus der PLC per CoE-Zugriff wieder auf 1 gesetzt werden.

Nachrichten in die PLC einlesen

- In Vorbereitung -

Interpretation

Zeitstempel

Der Zeitstempel wird aus der lokalen Uhr der Klemme zum Zeitpunkt des Ereignisses gewonnen. Die Zeit ist üblicherweise die Distributed-Clocks-Zeit (DC) aus Register x910.

Bitte beachten: die DC-Zeit wird in der Referenzuhr gleich der lokalen IPC/TwinCAT-Zeit gesetzt, wenn EtherCAT gestartet wird. Ab diesem Moment kann die DC-Zeit gegenüber der IPC-Zeit divergieren, da die IPC-Zeit nicht nachgeregelt wird. Es können sich so nach mehreren Wochen Betrieb ohne EtherCAT Neustart größere Zeitdifferenzen entwickeln. Als Abhilfe kann die sog. Externe Synchronisierung der DC-Zeit genutzt werden, oder es wird fallweise eine manuelle Korrekturrechnung vorgenommen: die aktuelle DC-Zeit kann über den EtherCAT Master oder durch Einsicht in das Register x901 eines DC-Slaves ermittelt werden.

Aufbau der Text-ID

Der Aufbau der MessageID unterliegt keiner Standardisierung und kann herstellerspezifisch definiert werden. Bei Beckhoff EtherCAT-Geräten (EL, EP) lautet er nach **xyzz** üblichwerweise:

x	y	zz
0: Systeminfo 1: Info 2: reserved 4: Warning 8: Error	0: System 1: General 2: Communication 3: Encoder 4: Drive 5: Inputs 6: I/O allgemein 7: reserved	Fehlernummer

Beispiel: Meldung 0x4413 --> Drive Warning Nummer 0x13

Übersicht Text-IDs

Spezifische Text-IDs sind in der Gerätedokumentation aufgeführt.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x0001	Information	System	No error	Kein Fehler
0x0002	Information	System	Communication established	Verbindung aufgebaut
0x0003	Information	System	Initialisation: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Information, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x1000	Information	System	Information: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Information, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x1012	Information	System	EtherCAT state change Init - PreOp	
0x1021	Information	System	EtherCAT state change PreOp - Init	
0x1024	Information	System	EtherCAT state change PreOp - Safe-Op	
0x1042	Information	System	EtherCAT state change SafeOp - PreOp	
0x1048	Information	System	EtherCAT state change SafeOp - Op	
0x1084	Information	System	EtherCAT state change Op - SafeOp	
0x1100	Information	Allgemein	Detection of operation mode completed: 0x%X, %d	Erkennung der Betriebsart beendet
0x1135	Information	Allgemein	Cycle time o.k.: %d	Zykluszeit o.k.
0x1157	Information	Allgemein	Data manually saved (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten manuell gespeichert
0x1158	Information	Allgemein	Data automatically saved (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten automatisch gespeichert
0x1159	Information	Allgemein	Data deleted (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten gelöscht
0x117F	Information	Allgemein	Information: 0x%X, 0x%X, 0x%X	Information
0x1201	Information	Kommunikation	Communication re-established	Kommunikation zur Feldseite wiederhergestellt Die Meldung tritt auf, wenn z. B. im Betrieb die Spannung der Powerkontakte entfernt und wieder angelegt wurde.
0x1300	Information	Encoder	Position set: %d, %d	Position gesetzt - StartInputhandler
0x1303	Information	Encoder	Encoder Supply ok	Encoder Netzteil OK
0x1304	Information	Encoder	Encoder initialization successfully, channel: %X	Encoder Initialisierung erfolgreich abgeschlossen
0x1305	Information	Encoder	Sent command encoder reset, channel: %X	Sende Kommando Encoder Reset
0x1400	Information	Drive	Drive is calibrated: %d, %d	Antrieb ist kalibriert
0x1401	Information	Drive	Actual drive state: 0x%X, %d	Aktueller Status des Antriebs
0x1705	Information		CPU usage returns in normal range (< 85%)	Prozessorauslastung ist wieder im normalen Bereich
0x1706	Information		Channel is not in saturation anymore	Kanal ist nicht mehr in Sättigung
0x1707	Information		Channel is not in overload anymore	Kanal ist nicht mehr überlastet
0x170A	Information		No channel range error anymore	Es liegt kein Messbereichsfehler mehr vor
0x170C	Information		Calibration data saved	Abgleichdaten wurden gespeichert
0x170D	Information		Calibration data will be applied and saved after sending the command “0x5AFE”	Abgleichdaten werden erst nach dem Senden des Kommandos „0x5AFE“ übernommen und gespeichert

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x2000	Information	System	%s: %s	
0x2001	Information	System	%s: Network link lost	Netzwerk Verbindung verloren
0x2002	Information	System	%s: Network link detected	Netzwerk Verbindung gefunden
0x2003	Information	System	%s: no valid IP Configuration - Dhcp client started	Ungültige IP Konfiguration
0x2004	Information	System	%s: valid IP Configuration (IP: %d.%d.%d.%d) assigned by Dhcp server %d.%d.%d.%d	Gültige, vom DHCP-Server zugewiesene IP-Konfiguration
0x2005	Information	System	%s: Dhcp client timed out	Zeitüberschreitung DHCP-Client
0x2006	Information	System	%s: Duplicate IP Address detected (%d.%d.%d.%d)	Doppelte IP-Adresse gefunden
0x2007	Information	System	%s: UDP handler initialized	UDP-Handler initialisiert
0x2008	Information	System	%s: TCP handler initialized	TCP-Handler initialisiert
0x2009	Information	System	%s: No more free TCP sockets available	Keine freien TCP Sockets verfügbar

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x4000	Warnung		Warning: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Warnung, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x4001	Warnung	System	Warning: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x4002	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d API:%dms) from %d. %d.%d.%d successful	
0x4003	Warnung	System	%s: %s Connection Close (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d successful	
0x4004	Warnung	System	%s: %s Connection (IN:%d OUT: %d) with %d.%d.%d.%d timed out	
0x4005	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Error: %u)	
0x4006	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Input Data Size expected: %d Byte(s) received: %d Byte(s))	
0x4007	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Output Data Size expected: %d Byte(s) received: %d Byte(s))	
0x4008	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (RPI:%dms not supported -> API:%dms)	
0x4101	Warnung	Allgemein	Terminal-Overtemperature	Übertemperatur. Die Innentemperatur der Klemme überschreitet die parametrierte Warnschwelle.
0x4102	Warnung	Allgemein	Discrepancy in the PDO-Configuration	Die ausgewählten PDOs passen nicht zur eingestellten Betriebsart. Beispiel: Antrieb arbeitet im Velocity-Mode. Das Velocity-PDO ist jedoch nicht in die PDOs gemapped.
0x417F	Warnung	Allgemein	Warnung: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x428D	Warnung	Allgemein	Challenge is not Random	
0x4300	Warnung	Encoder	Subincrements deactivated: %d, %d	Subinkremente deaktiviert (trotz aktivierter Konfiguration)
0x4301	Warnung	Encoder	Encoder-Warning	Allgemeiner Encoderfehler
0x4302	Warnung	Encoder	Maximum frequency of the input signal is nearly reached (channel %d)	Maximale Frequenz des Eingangssignals ist bald erreicht
0x4303	Warnung	Encoder	Limit counter value was reduced because of the PDO configuration (channel %d)	Limit-Zählergrenze wurde aufgrund der PDO-Konfiguration reduziert (Kanal %d)
0x4304	Warnung	Encoder	Reset counter value was reduced because of the PDO configuration (channel %d)	Reset-Zählergrenze wurde aufgrund der PDO-Konfiguration reduziert (Kanal %d)
0x4400	Warnung	Drive	Drive is not calibrated: %d, %d	Antrieb ist nicht kalibriert
0x4401	Warnung	Drive	Starttype not supported: 0x%X, %d	Starttyp wird nicht unterstützt
0x4402	Warnung	Drive	Command rejected: %d, %d	Kommando abgewiesen
0x4405	Warnung	Drive	Invalid modulo subtype: %d, %d	Modulo-Subtyp ungültig
0x4410	Warnung	Drive	Target overrun: %d, %d	Zielposition wird überfahren
0x4411	Warnung	Drive	DC-Link undervoltage (Warning)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme unterschreitet die parametrierte Mindestspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x4412	Warnung	Drive	DC-Link overvoltage (Warning)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme überschreitet die parametrierte Maximalspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x4413	Warnung	Drive	I2T-Model Amplifier overload (Warning)	• Der Verstärker wir außerhalb der Spezifikation betrieben • Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametriert
0x4414	Warnung	Drive	I2T-Model Motor overload (Warning)	• Der Motor wird außerhalb der parametrierten Nennwerte betrieben. • Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametriert.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x4415	Warnung	Drive	Speed limitation active	Die maximale Drehzahl wird durch die parametrierten Objekte (z. B. velocity limitation, motor speed limitation) begrenzt. Die Warnung wird ausgegeben, wenn die Sollgeschwindigkeit größer ist, als eines der parametrierten Begrenzungen.
0x4416	Warnung	Drive	Step lost detected at position: 0x%X%X	Schrittverlust erkannt
0x4417	Warnung	Drive	Motor-Overtemperature	Die Innentemperatur des Motors übersteigt die parametrierte Warnschwelle.
0x4418	Warnung	Drive	Limit: Current	Limit: Strom wird limitiert
0x4419	Warnung	Drive	Limit: Amplifier I2T-model exceeds 100%	Die Schwellwerte für den maximalen Strom wurden überschritten.
0x441A	Warnung	Drive	Limit: Motor I2T-model exceeds 100%	Limit: Motor I2T-Modell übersteigt 100%
0x441B	Warnung	Drive	Limit: Velocity limitation	Die Schwellwerte für die maximale Drehzahl wurden überschritten.
0x441C	Warnung	Drive	STO while the axis was enabled	Es wurde versucht die Achse zu aktivieren, obwohl die Spannung am STO-Eingang nicht anliegt.
0x4600	Warnung	Allgemein IO	Wrong supply voltage range	Versorgungsspannung im falschen Bereich
0x4610	Warnung	Allgemein IO	Wrong output voltage range	Ausgangsspannung im falschen Bereich
0x4705	Warnung		Processor usage at %d %	Prozessorauslastung bei %d %
0x470A	Warnung		EtherCAT Frame missed (change Settings or DC Operation Mode or Sync0 Shift Time)	EtherCAT Frame verpasst (Einstellungen, DC Operation Mode oder Sync0 Shift Time ändern)

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8000	Fehler	System	%s: %s	
0x8001	Fehler	System	Error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeiner Fehler, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x8002	Fehler	System	Communication aborded	Kommunikation abgebrochen
0x8003	Fehler	System	Configuration error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x8004	Fehler	System	%s: Unsuccessful FwdOpen-Response received from %d.%d.%d.%d (%s) (Error: %u)	
0x8005	Fehler	System	%s: FwdClose-Request sent to %d.%d.%d.%d (%s)	
0x8006	Fehler	System	%s: Unsuccessful FwdClose-Response received from %d.%d.%d.%d (%s) (Error: %u)	
0x8007	Fehler	System	%s: Connection with %d.%d.%d.%d (%s) closed	
0x8100	Fehler	Allgemein	Status word set: 0x%X, %d	Fehlerbit im Statuswort gesetzt
0x8101	Fehler	Allgemein	Operation mode incompatible to PDO interface: 0x%X, %d	Betriebsart inkompatibel zum PDO-Interface
0x8102	Fehler	Allgemein	Invalid combination of Inputs and Outputs PDOs	Ungültige Kombination von In- und Output PDOs
0x8103	Fehler	Allgemein	No variable linkage	Keine Variablen verknüpft
0x8104	Fehler	Allgemein	Terminal-Overtemperature	Die Innentemperatur der Klemme überschreitet die parametrierte Fehlerschwelle. Das Aktivieren der Klemme wird unterbunden.
0x8105	Fehler	Allgemein	PD-Watchdog	Die Kommunikation zwischen Feldbus und Endstufe wird durch einen Watchdog abgesichert. Sollte die Feldbuskommunikation abbrechen, wird die Achse automatisch gestoppt. • Die EtherCAT-Verbindung wurde im Betrieb unterbrochen • Der Master wurde im Betrieb in den Config-Mode geschaltet
0x8135	Fehler	Allgemein	Cycletime has to be a multiple of 125 µs	Die IO- oder NC-Zykluszeit ist nicht ganzzahlig durch 125µs teilbar.
0x8136	Fehler	Allgemein	Configuration error: invalid sampling rate	Konfigurationsfehler: Ungültige Samplingrate
0x8137	Fehler	Allgemein	Elektronisches Typenschild: CRC-Fehler	Inhalt des Speicher des externen Typenschildes nicht gültig.
0x8140	Fehler	Allgemein	Sync Error	Echtzeitverletztung
0x8141	Fehler	Allgemein	Sync%X Interrupt lost	Sync%X Interrupt fehlt
0x8142	Fehler	Allgemein	Sync Interrupt asynchronous	Sync Interrupt asynchron
0x8143	Fehler	Allgemein	Jitter too big	Jitter Grenzwertüberschreitung
0x817F	Fehler	Allgemein	Error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x8200	Fehler	Kommunikation	Write access error: %d, %d	Fehler beim Schreiben
0x8201	Fehler	Kommunikation	No communication to field-side (Auxiliary voltage missing)	• Es ist keine Spannung an den Powerkontakten angelegt • Ein Firmware Update ist fehlgeschlagen
0x8281	Fehler	Kommunikation	Ownership failed: %X	
0x8282	Fehler	Kommunikation	To many Keys founded	
0x8283	Fehler	Kommunikation	Key Creation failed: %X	
0x8284	Fehler	Kommunikation	Key loading failed	
0x8285	Fehler	Kommunikation	Reading Public Key failed: %X	
0x8286	Fehler	Kommunikation	Reading Public EK failed: %X	
0x8287	Fehler	Kommunikation	Reading PCR Value failed: %X	
0x8288	Fehler	Kommunikation	Reading Certificate EK failed: %X	
0x8289	Fehler	Kommunikation	Challenge could not be hashed: %X	
0x828A	Fehler	Kommunikation	Tickstamp Process failed	
0x828B	Fehler	Kommunikation	PCR Process failed: %X	
0x828C	Fehler	Kommunikation	Quote Process failed: %X	
0x82FF	Fehler	Kommunikation	Bootmode not activated	Bootmode nicht aktiviert
0x8300	Fehler	Encoder	Set position error: 0x%X, %d	Fehler beim Setzen der Position

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8301	Fehler	Encoder	Encoder increments not configured: 0x%X, %d	Enkoderinkremente nicht konfiguriert
0x8302	Fehler	Encoder	Encoder-Error	Die Amplitude des Resolvers ist zu klein.
0x8303	Fehler	Encoder	Encoder power missing (channel %d)	Encoderspannung nicht vorhanden (Kanal %d)
0x8304	Fehler	Encoder	Encoder communication error, channel: %X	Encoder Kommunikationsfehler
0x8305	Fehler	Encoder	EnDat2.2 is not supported, channel: %X	EnDat2.2 wird nicht unterstützt
0x8306	Fehler	Encoder	Delay time, tolerance limit exceeded, 0x%X, channel: %X	Laufzeitmessung, Toleranz überschritten
0x8307	Fehler	Encoder	Delay time, maximum value exceeded, 0x%X, channel: %X	Laufzeitmessung, Maximalwert überschritten
0x8308	Fehler	Encoder	Unsupported ordering designation, 0x%X, channel: %X (only 02 and 22 is supported)	Falsche EnDat Bestellbezeichnung
0x8309	Fehler	Encoder	Encoder CRC error, channel: %X	Encoder CRC Fehler
0x830A	Fehler	Encoder	Temperature %X could not be read, channel: %X	Temperatur kann nicht gelesen werden
0x830C	Fehler	Encoder	Encoder Single-Cycle-Data Error, channel. %X	CRC Fehler festgestellt. Überprüfen Sie den Übertragungsweg und das CRC Polynom
0x830D	Fehler	Encoder	Encoder Watchdog Error, channel. %X	Der Sensor hat nicht innerhalb einer vordefinierten Zeitspanne geantwortet
0x8310	Fehler	Encoder	Initialisation error	Initialisierungsfehler
0x8311	Fehler	Encoder	Maximum frequency of the input signal is exceeded (channel %d)	Maximale Frequenz des Eingangssignals ist überschritten (Kanal %d)
0x8312	Fehler	Encoder	Encoder plausibility error (channel %d)	Encoder Plausibilitätsfehler (Kanal %d)
0x8313	Fehler	Encoder	Configuration error (channel %d)	Konfigurationsfehler (Kanal %d)
0x8314	Fehler	Encoder	Synchronisation error	Synchronisierungsfehler
0x8315	Fehler	Encoder	Error status input (channel %d)	Fehler Status-Eingang (Kanal %d)
0x8400	Fehler	Drive	Incorrect drive configuration: 0x%X, %d	Antrieb fehlerhaft konfiguriert
0x8401	Fehler	Drive	Limiting of calibration velocity: %d, %d	Begrenzung der Kalibrier-Geschwindigkeit
0x8402	Fehler	Drive	Emergency stop activated: 0x%X, %d	Emergency-Stop aktiviert
0x8403	Fehler	Drive	ADC Error	Fehler bei Strommessung im ADC
0x8404	Fehler	Drive	Overcurrent	Überstrom Phase U, V, oder W
0x8405	Fehler	Drive	Invalid modulo position: %d	Modulo-Position ungültig
0x8406	Fehler	Drive	DC-Link undervoltage (Error)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme unterschreitet die parametrierte Mindestspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8407	Fehler	Drive	DC-Link overvoltage (Error)	Die Zwischenkreisspannung der Klemme überschreitet die parametrierte Maximalspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8408	Fehler	Drive	I2T-Model Amplifier overload (Error)	• Der Verstärker wir außerhalb der Spezifikation betrieben • Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametriert
0x8409	Fehler	Drive	I2T-Model motor overload (Error)	• Der Motor wird außerhalb der parametrierten Nennwerte betrieben. • Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametriert.
0x840A	Fehler	Drive	Overall current threshold exceeded	Summenstrom überschritten
0x8415	Fehler	Drive	Invalid modulo factor: %d	Modulo-Faktor ungültig
0x8416	Fehler	Drive	Motor-Overtemperature	Die Innentemperatur des Motors übersteigt die parametrierte Fehlerschwelle. Der Motor bleibt sofort stehen. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8417	Fehler	Drive	Maximum rotating field velocity exceeded	Drehfeldgeschwindigkeit übersteigt den von Dual Use (EU 1382/2014) vorgeschriebenen Wert.
0x841C	Fehler	Drive	STO while the axis was enabled	Es wurde versucht die Achse zu aktivieren, obwohl die Spannung am STO-Eingang nicht anliegt.
0x8550	Fehler	Inputs	Zero crossing phase %X missing	Nulldurchgang Phase %X fehlt
0x8551	Fehler	Inputs	Phase sequence Error	Drehrichtung Falsch

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8552	Fehler	Inputs	Overcurrent phase %X	Überstrom Phase %X
0x8553	Fehler	Inputs	Overcurrent neutral wire	Überstrom Neutralleiter
0x8581	Fehler	Inputs	Wire broken Ch %D	Leitungsbruch Ch %d
0x8600	Fehler	Allgemein IO	Wrong supply voltage range	Versorgungsspannung im falschen Bereich
0x8601	Fehler	Allgemein IO	Supply voltage to low	Versorgungsspannung zu klein
0x8602	Fehler	Allgemein IO	Supply voltage to high	Versorgungsspannung zu groß
0x8603	Fehler	Allgemein IO	Over current of supply voltage	Überstrom der Versorgungsspannung
0x8610	Fehler	Allgemein IO	Wrong output voltage range	Ausgangsspannung im falschen Bereich
0x8611	Fehler	Allgemein IO	Output voltage to low	Ausgangsspannung zu klein
0x8612	Fehler	Allgemein IO	Output voltage to high	Ausgangsspannung zu groß
0x8613	Fehler	Allgemein IO	Over current of output voltage	Überstrom der Ausgangsspannung
0x8700	Fehler		Channel/Interface not calibrated	Kanal/Interface nicht abgeglichen
0x8701	Fehler		Operating time was manipulated	Betriebslaufzeit wurde manipuliert
0x8702	Fehler		Oversampling setting is not possible	Oversampling Einstellung nicht möglich
0x8703	Fehler		No slave controller found	Kein Slave Controller gefunden
0x8704	Fehler		Slave controller is not in Bootstrap	Slave Controller ist nicht im Bootstrap
0x8705	Fehler		Processor usage to high (>= 100%)	Prozessorauslastung zu hoch (>= 100%)
0x8706	Fehler		Channel in saturation	Kanal in Sättigung
0x8707	Fehler		Channel overload	Kanalüberlastung
0x8708	Fehler		Overloadtime was manipulated	Überlastzeit wurde manipuliert
0x8709	Fehler		Saturationtime was manipulated	Sättigungszeit wurde manipuliert
0x870A	Fehler		Channel range error	Messbereichsfehler des Kanals
0x870B	Fehler		no ADC clock	Kein ADC Takt vorhanden
0xFFFF	Information		Debug: 0x%X, 0x%X, 0x%X	Debug: 0x%X, 0x%X, 0x%X

8 Anhang

8.1 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 [▶ 222].
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!

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.

EL2212			
Hardware (HW)	**Firmware (FW)**	**Revision Nr.**	**Releasedatum**
00	01	EL2212-0000-0016	2011/09
01 - 05	02	EL2212-0000-0017	2011/12
	03	EL2212-0000-0018	2012/01
		EL2212-0000-0019	2012/08
06 - 10*	04	EL2212-0000-0020	2014/10
	05	EL2212-0000-0021	2015/04
	06		2015/05
	07		2015/09
	08	EL2212-0000-0022	2015/11
	09	EL2212-0000-0023	2016/03
	10		2017/09
	11*	EL2212-0000-0024	2022/09

*) 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.

Hinweis EL2212

HINWEIS

Sekundärspannung nötig für Firmware-Update

Um die Firmware der EL2212 zu ändern, müssen sowohl an der Feldbusseite (Ebus) als auch auf der Lastseite (Powerkontakte) die zulässigen Betriebsspannungen anliegen. Sonst bleibt die Klemme im INIT_ERROR bzw. läßt sich nicht in den Bootstrap-Mode schalten.

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

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

HINWEIS

Nur TwinCAT 3 Software verwenden!

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

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

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

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

Speicherorte

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

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

HINWEIS

Applikationsspezifisches Beschreiben des ESI-EEPROM

Die ESI wird vom Gerätehersteller nach ETG-Standard entwickelt und für das entsprechende Produkt freigegeben.
- Bedeutung für die ESI-Datei: Eine applikationsseitige Veränderung (also durch den Anwender) ist nicht zulässig.
- Bedeutung für das ESI-EEPROM: Auch wenn technisch eine Beschreibbarkeit gegeben ist, dürfen die ESI-Teile im EEPROM und ggf. noch vorhandene freie Speicherbereiche über den normalen Update-Vorgang hinaus nicht verändert werden. Insbesondere für zyklische Speichervorgänge (Betriebsstundenzähler u.ä.) sind dezidierte Speicherprodukte wie EL6080 oder IPC-eigener NOVRAM zu verwenden.

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

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

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

Vereinfachtes Update per Bundle-Firmware

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

- dass die Firmware in dem gepackten Format vorliegt: erkenntlich an dem Dateinamen der auch die Revisionsnummer enthält, z. B. ELxxxx-xxxx_REV0016_SW01.efw
- dass im Download-Dialog das Passwort=1 angegeben wird. Bei Passwort=0 (default Einstellung) wird nur das Firmware-Update durchgeführt, ohne ESI-Update.
- dass das Gerät diese Funktion unterstützt. Die Funktion kann in der Regel nicht nachgerüstet werden, sie wird Bestandteil vieler Neuentwicklungen ab Baujahr 2016.

Nach dem Update sollte eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden

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

HINWEIS

Beschädigung des Gerätes möglich!

✓ Beim Herunterladen von neuen Gerätedateien ist zu beachten

a) Das Herunterladen der Firmware auf ein EtherCAT-Gerät darf nicht unterbrochen werden.

b) Eine einwandfreie EtherCAT-Kommunikation muss sichergestellt sein, CRC-Fehler oder LostFrames dürfen nicht auftreten.

c) Die Spannungsversorgung muss ausreichend dimensioniert, die Pegel entsprechend der Vorgabe sein.

⇨ Bei Störungen während des Updatevorgangs kann das EtherCAT-Gerät ggf. nur vom Hersteller wieder in Betrieb genommen werden!

8.2.1 Gerätebeschreibung ESI-File/XML

HINWEIS

ACHTUNG bei Update der ESI-Beschreibung/EEPROM

Manche Slaves haben Abgleich- und Konfigurationsdaten aus der Produktion im EEPROM abgelegt. Diese werden bei einem Update unwiederbringlich überschrieben.

Die Gerätebeschreibung ESI wird auf dem Slave lokal gespeichert und beim Start geladen. Jede Gerätebeschreibung hat eine eindeutige Kennung aus Slave-Name (9-stellig) und Revision-Nummer (4-stellig). Jeder im System Manager konfigurierte Slave zeigt seine Kennung im EtherCAT-Reiter:

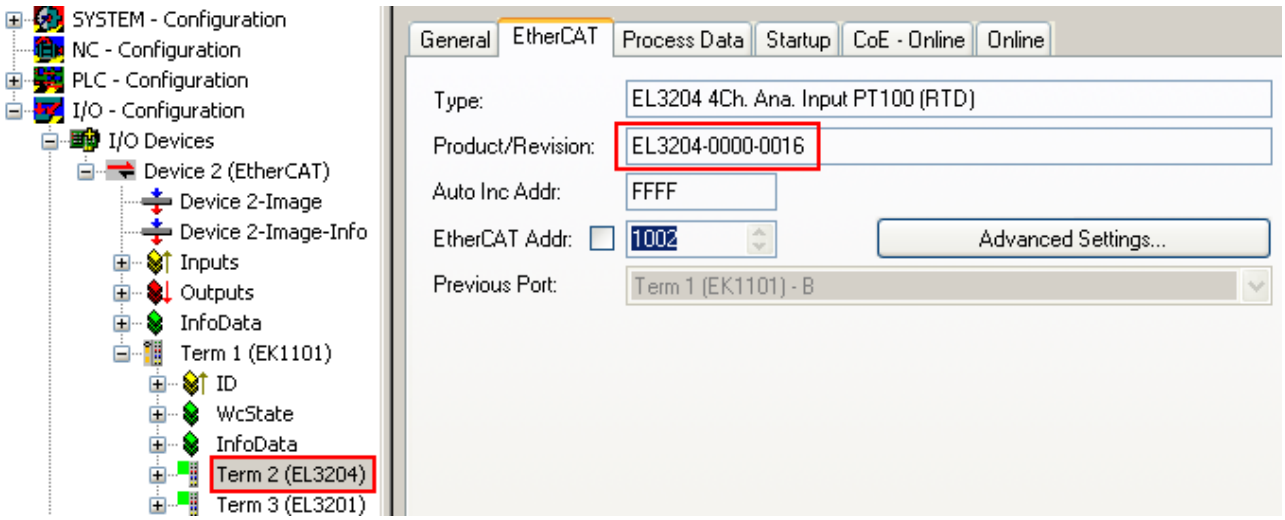


Abb. 201: Gerätekennung aus Name EL3204-0000 und Revision -0016

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.

Update von XML/ESI-Beschreibung

Die Geräterevision 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:

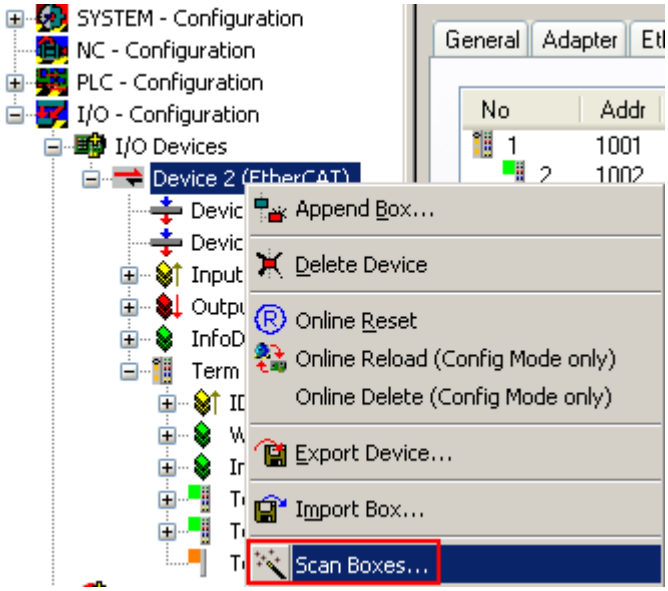


Abb. 202: Rechtsklick auf das EtherCAT Gerät bewirkt das Scannen des unterlagerten Feldes

Wenn das gefundene Feld mit dem konfigurierten übereinstimmt, erscheint

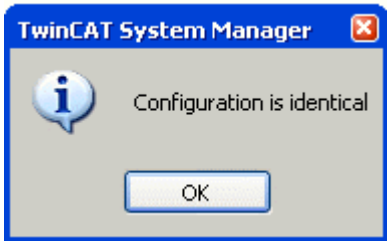


Abb. 203: Konfiguration identisch

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

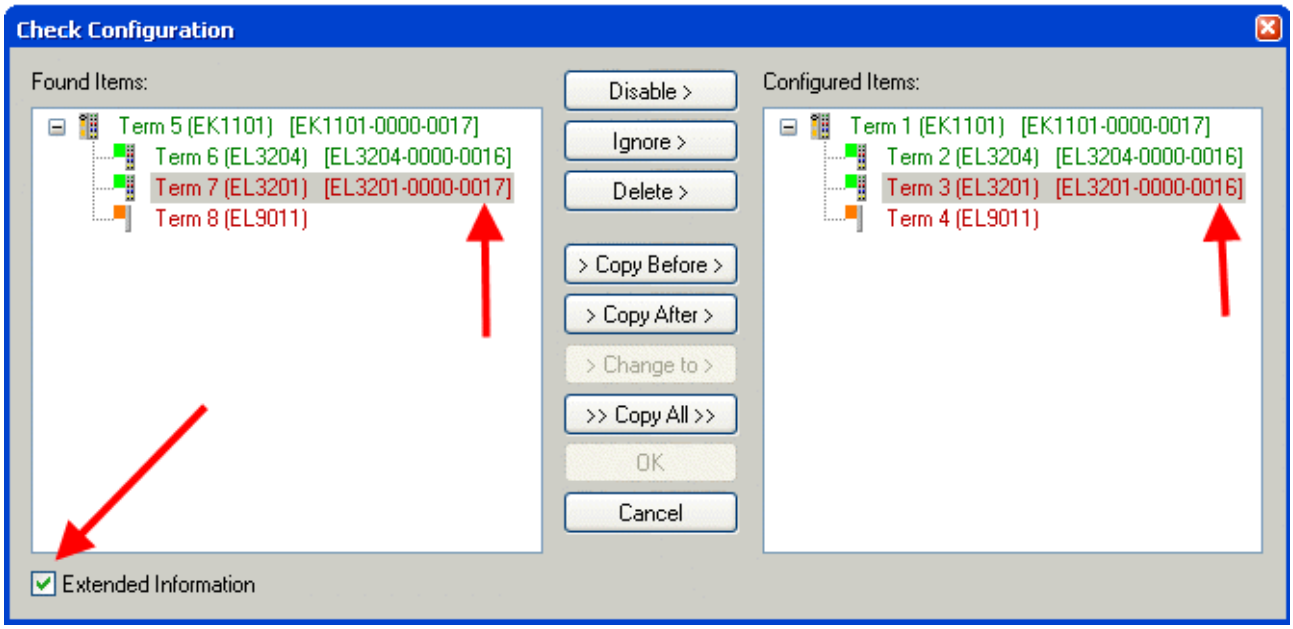


Abb. 204: Änderungsdialog

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*

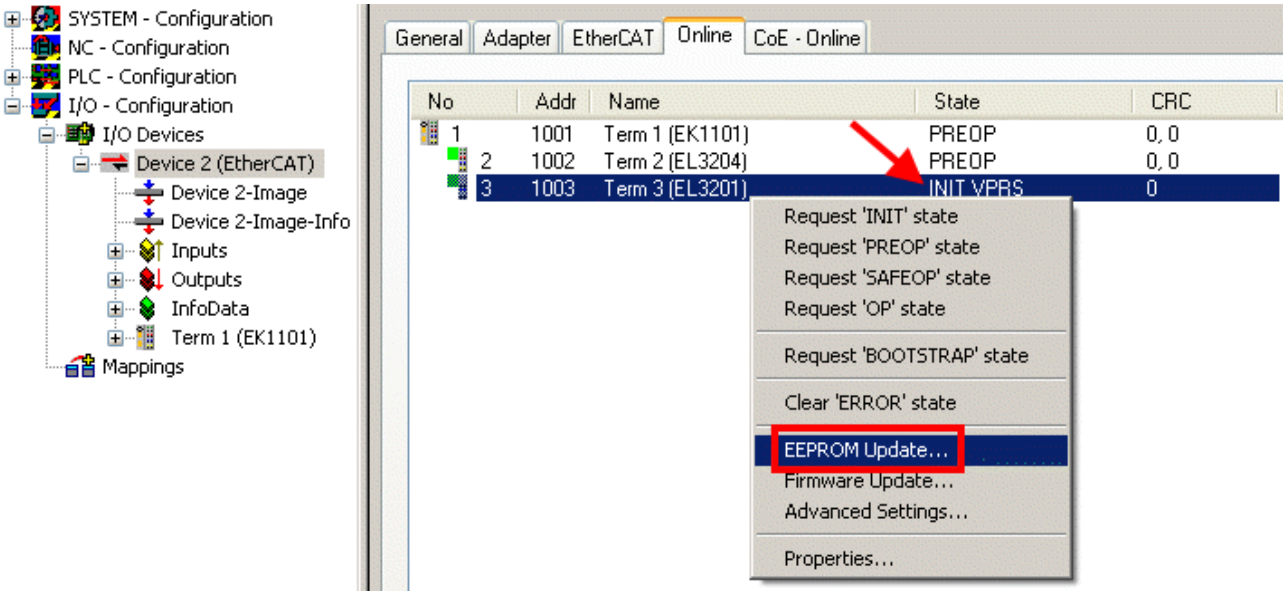


Abb. 205: EEPROM Update

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.

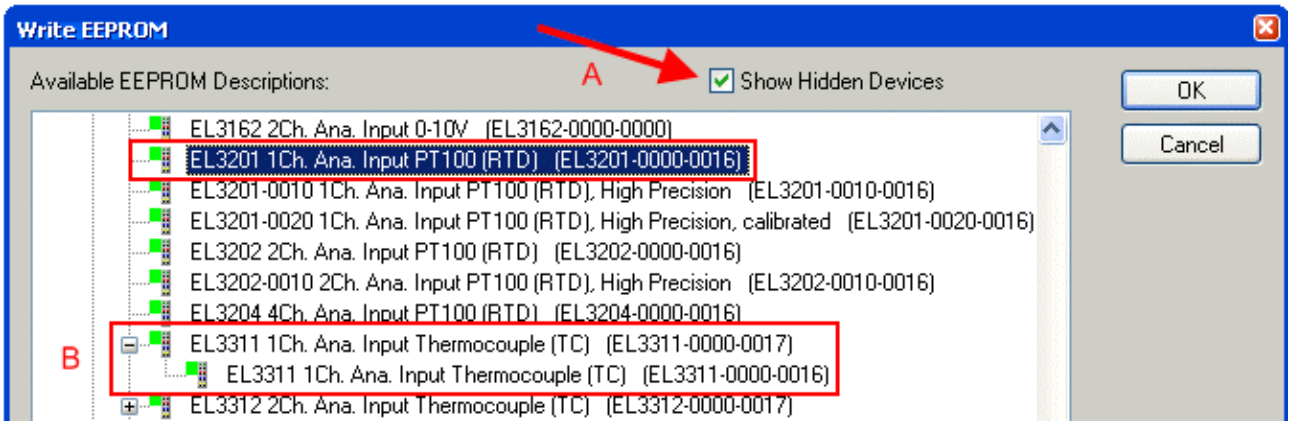


Abb. 206: Auswahl des neuen ESI

Ein Laufbalken im System Manager zeigt den Fortschritt - erst erfolgt das Schreiben, dann das Veryfiing.

Änderung erst nach Neustart wirksam

Die meisten EtherCAT-Geräte lesen eine geänderte ESI-Beschreibung umgehend bzw. nach dem Aufstarten aus dem INIT ein. Einige Kommunikationseinstellungen wie z. B. Distributed Clocks werden jedoch erst bei PowerOn gelesen. Deshalb ist ein kurzes Abschalten des EtherCAT Slave nötig, damit die Änderung wirksam wird.

8.2.2 Erläuterungen zur Firmware

Versionsbestimmung der Firmware

Versionsbestimmung mit dem 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

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

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

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

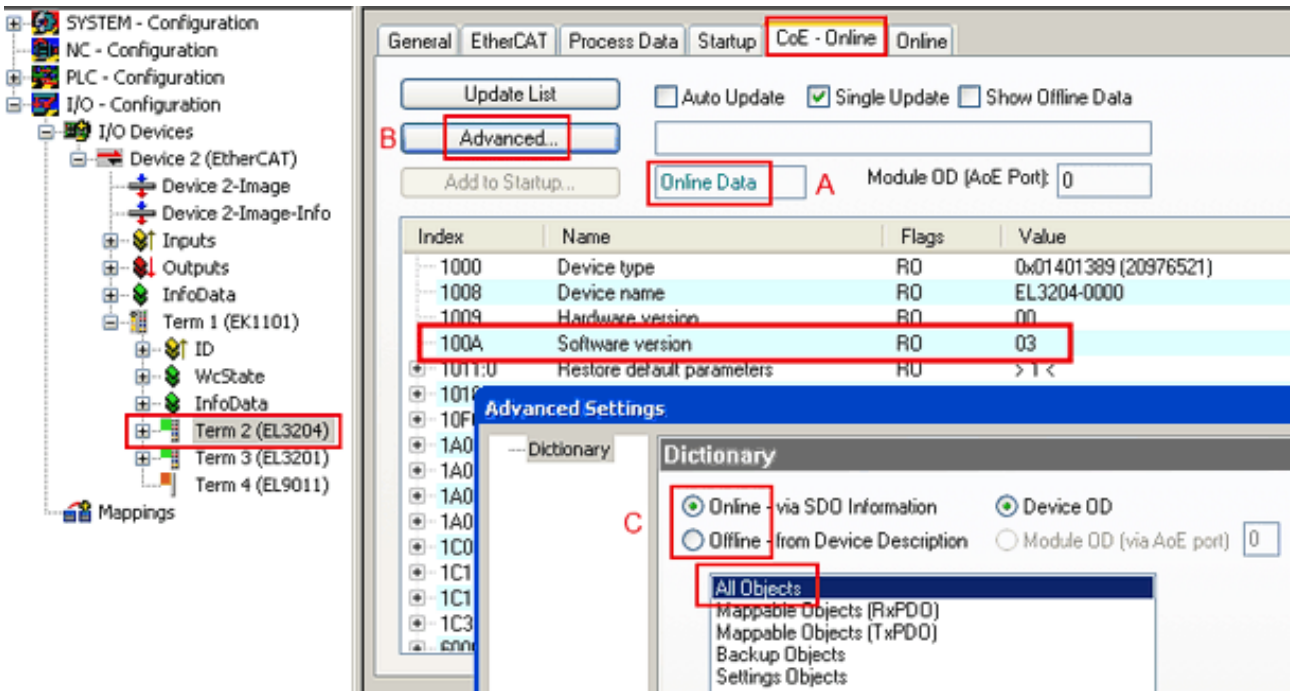


Abb. 207: Anzeige FW-Stand EL3204

TwinCAT 2.11 zeigt in (A) an, dass aktuell das Online-CoE-Verzeichnis angezeigt wird. Ist dies nicht der Fall, kann durch die erweiterten Einstellungen (B) durch *Online* und Doppelklick auf *All Objects* das Online-Verzeichnis geladen werden.

8.2.3 Update Controller-Firmware *.efw

CoE-Verzeichnis

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

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

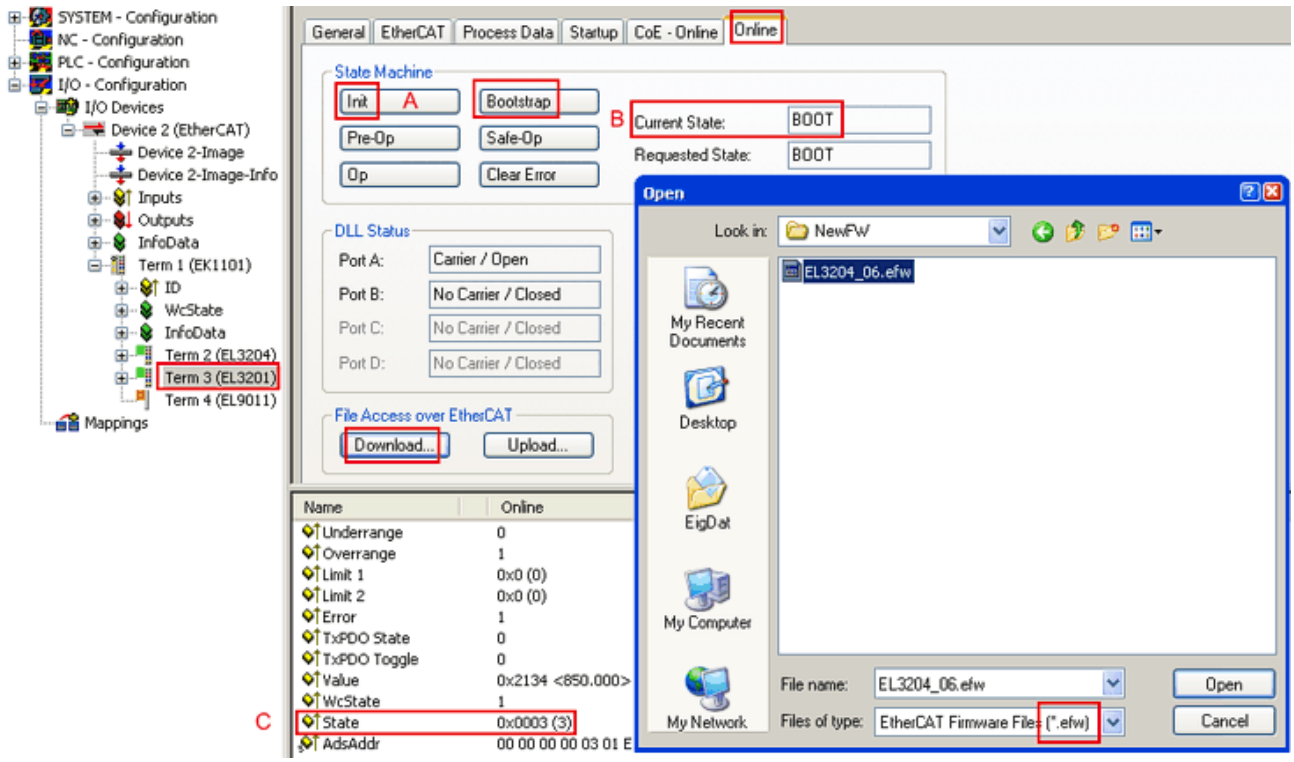
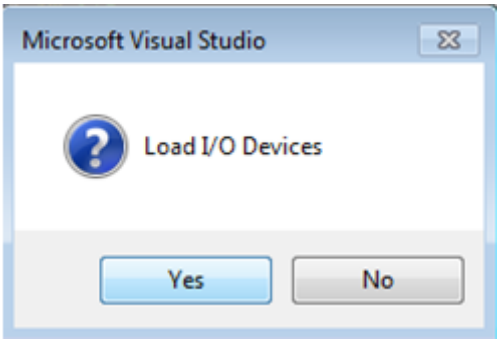
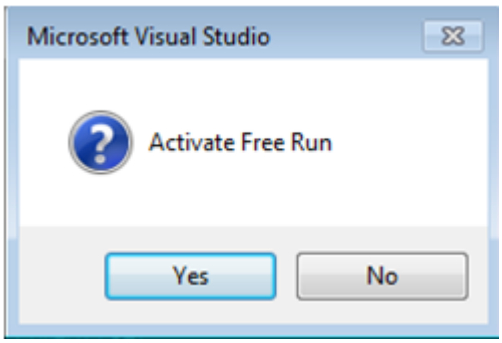


Abb. 208: Firmware Update

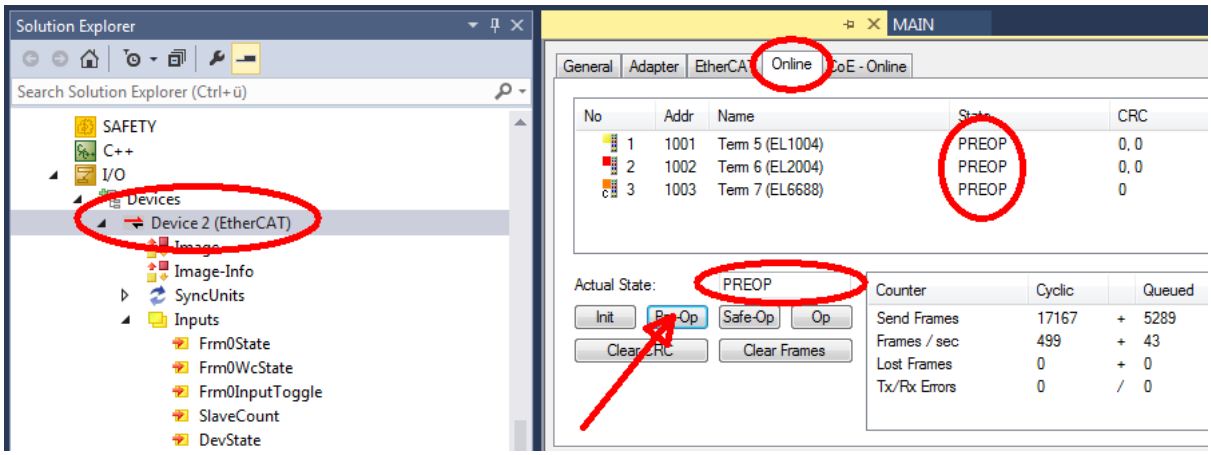
Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen. Gültig für TwinCAT 2 und 3 als EtherCAT Master.

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



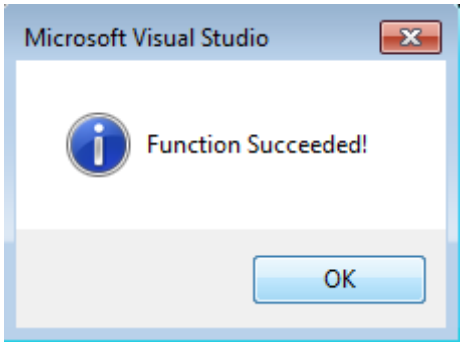


- EtherCAT Master in PreOP schalten



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

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



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

8.2.4 FPGA-Firmware *.rbf

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

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

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

Versionsbestimmung mit dem 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.

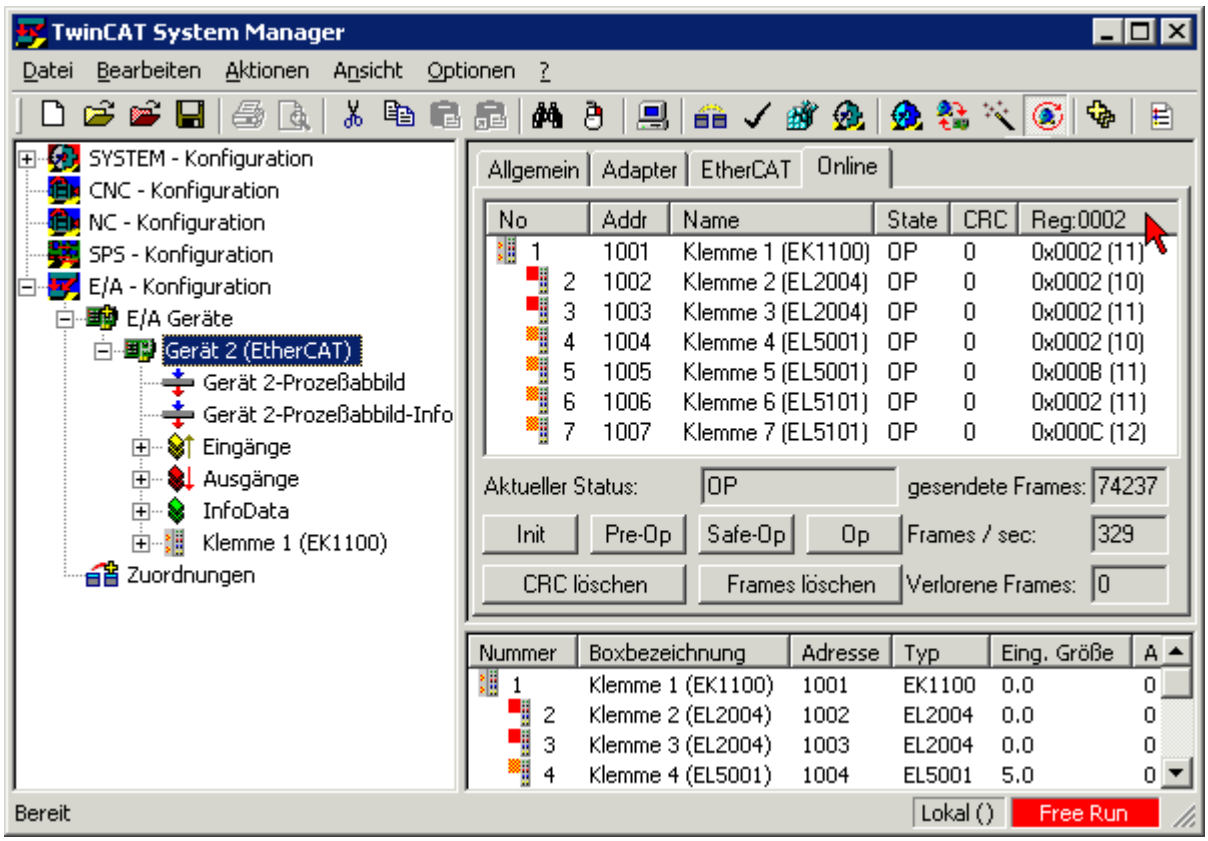


Abb. 209: Versionsbestimmung FPGA-Firmware

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*.

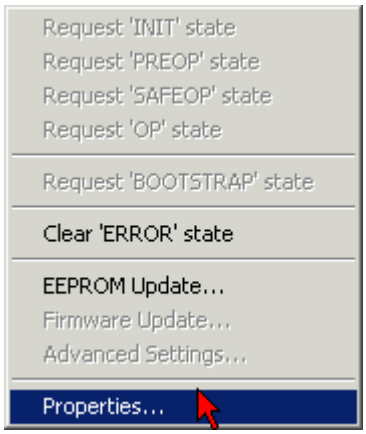


Abb. 210: Kontextmenu *Eigenschaften (Properties)*

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.

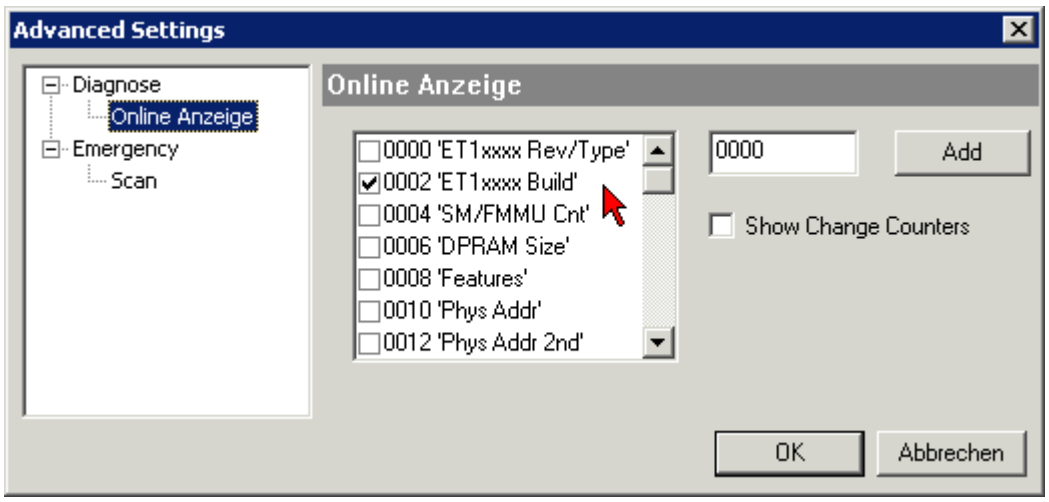


Abb. 211: Dialog *Advanced settings*

Update

Für das Update der FPGA-Firmware

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

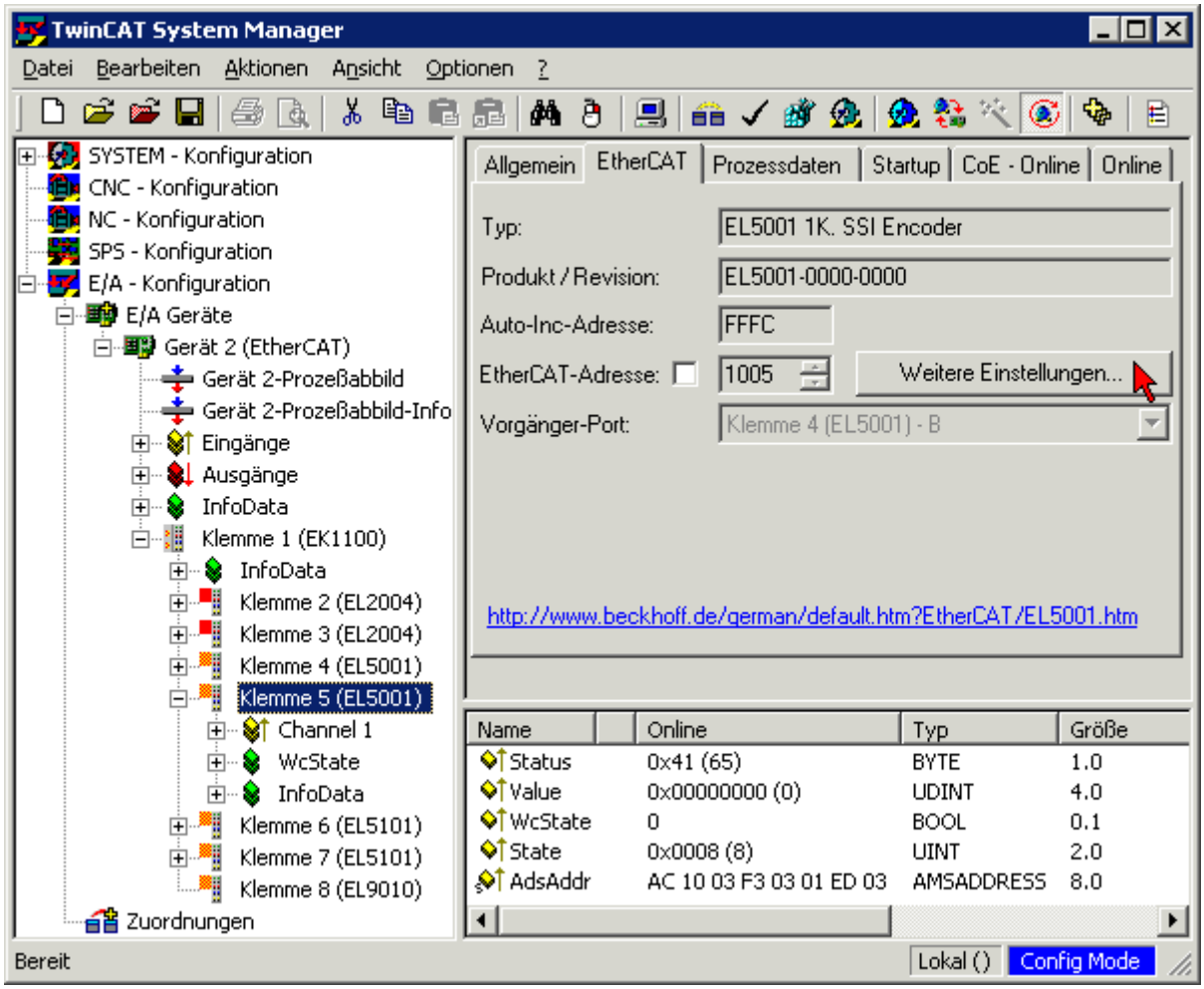
Ältere Firmware-Stände können nur vom Hersteller aktualisiert werden!

Update eines EtherCAT-Geräts

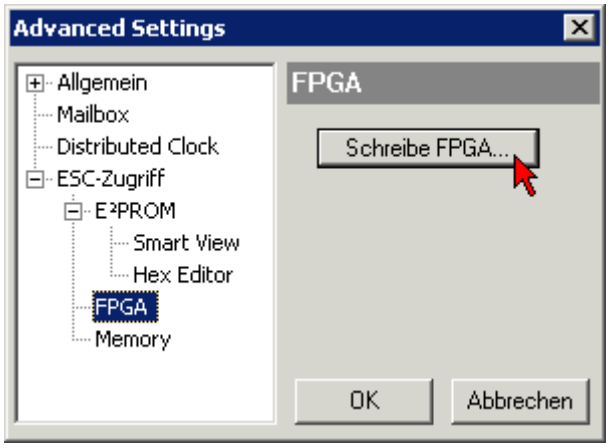
Es ist folgender Ablauf einzuhalten, wenn keine anderen Angaben z. B. durch den Beckhoff Support vorliegen:

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

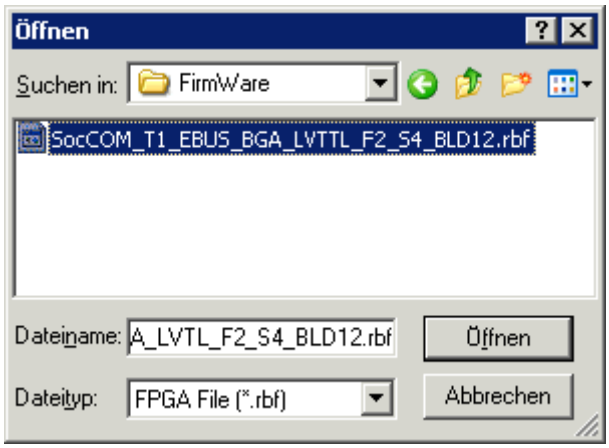
- Wählen Sie im TwinCAT System-Manager die Klemme an, deren FPGA-Firmware Sie aktualisieren möchten (im Beispiel: Klemme 5: EL5001) und klicken Sie auf dem Karteireiter *EtherCAT* auf die Schaltfläche *Weitere Einstellungen*:



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



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



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

HINWEIS

Beschädigung des Gerätes möglich!

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

8.2.5 Gleichzeitiges Update mehrerer EtherCAT-Geräte

Die Firmware von mehreren Geräten kann gleichzeitig aktualisiert werden, ebenso wie die ESI-Beschreibung. Voraussetzung hierfür ist, dass für diese Geräte die gleiche Firmware-Datei/ESI gilt.

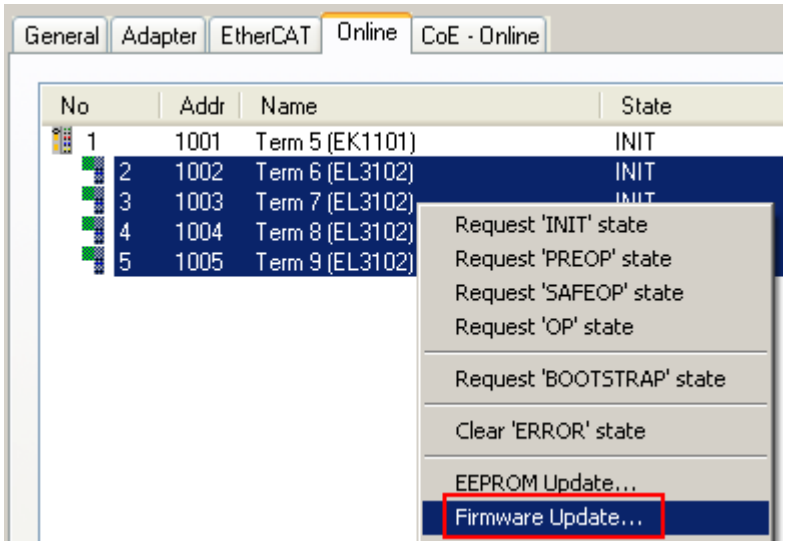


Abb. 212: Mehrfache Selektion und FW-Update

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

8.3 EtherCAT AL Status Codes

Detaillierte Informationen hierzu entnehmen Sie bitte der vollständigen EtherCAT-Systembeschreibung.

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*)

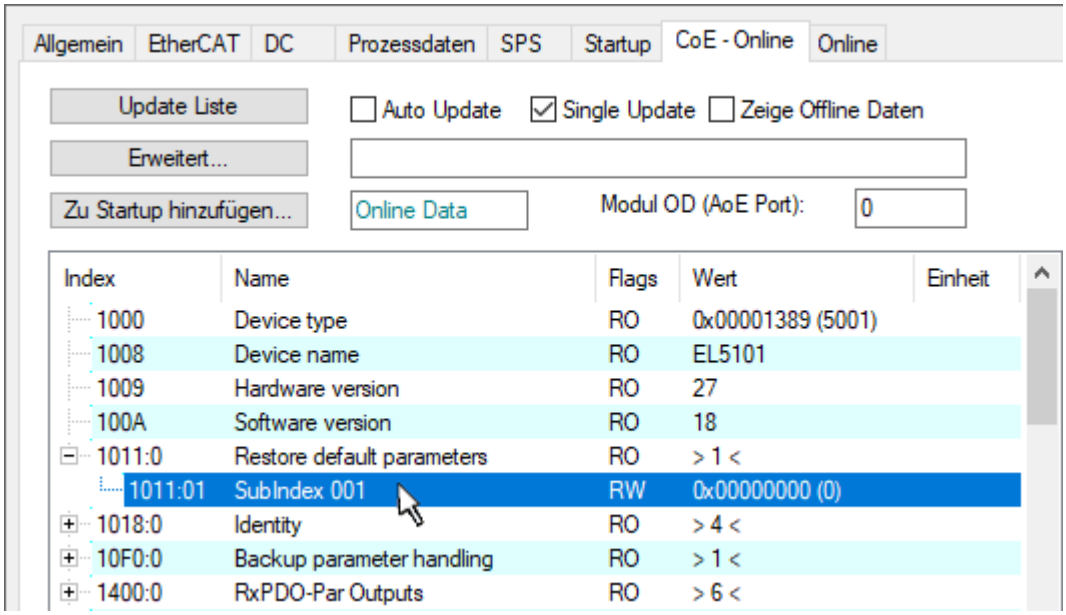


Abb. 213: Auswahl des PDO *Restore default parameters*

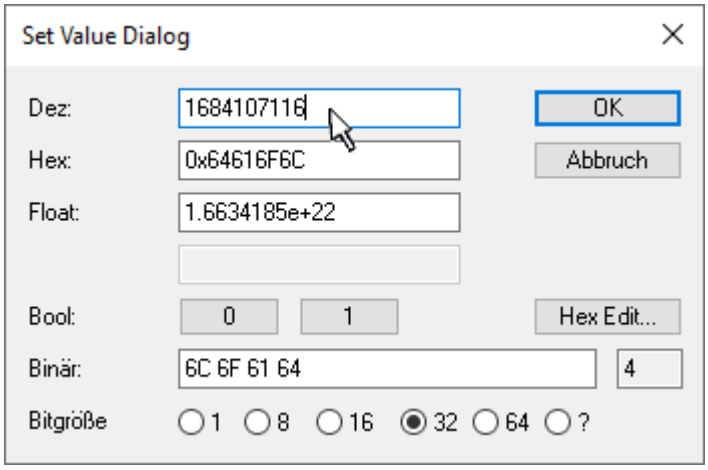


Abb. 214: Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog

Durch Doppelklick auf *SubIndex 001* gelangen Sie in den Set Value -Dialog. Tragen Sie im Feld *Dec* den Reset-Wert **1684107116** oder alternativ im Feld *Hex* den Wert **0x64616F6C** ein (ASCII: „load“) und bestätigen Sie mit OK (Abb. *Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog*).

- Alle veränderbaren CoE-Einträge werden auf die Default-Werte zurückgesetzt.
- Die Werte können nur erfolgreich zurückgesetzt werden, wenn der Reset auf das Online-CoE, d. h. auf dem Slave direkt angewendet wird. Im Offline-CoE können keine Werte verändert werden.
- TwinCAT muss dazu im Zustand RUN oder CONFIG/Freerun befinden, d. h. EtherCAT Datenaustausch findet statt. Auf fehlerfreie EtherCAT-Übertragung ist zu achten.
- Es findet keine gesonderte Bestätigung durch den Reset statt. Zur Kontrolle kann zuvor ein veränderbares Objekt umgestellt werden.

- Dieser Reset-Vorgang kann auch als erster Eintrag in die StartUp-Liste des Slaves mit aufgenommen werden, z. B. im Statusübergang PREOP->SAFEOP oder, wie in Abb. *CoE-Reset als StartUp-Eintrag*, bei SAFEOP->OP

Alle Backup-Objekte werden so in den Auslieferungszustand zurückgesetzt.

Alternativer Restore-Wert

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

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Support

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

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

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

Service

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

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

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

Unternehmenszentrale Deutschland

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

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

Mehr Informationen:
www.beckhoff.com/EL2212

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