

# HENGSTLER

---

## Technisches Handbuch



### **ACURO® AC58 EtherCAT® Absolut-Drehgeber**

Artikel-Nr. 2 565 652

Version 3.00

Modell-Nr. 3 200716TK

---

HENGSTLER GmbH  
Uhlandstr. 49  
78554 Aldingen/Deutschland  
Tel. +49 (0) 7424-89 0  
Fax +49 (0) 7424-89 500  
E-Mail: [info@hengstler.com](mailto:info@hengstler.com)  
[www.hengstler.com](http://www.hengstler.com)

© by HENGSTLER

Die in dem vorliegenden Dokument enthaltenen Texte und Schaubilder wurden von der Hengstler GmbH nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Wir übernehmen jedoch keine Verantwortung für jegliche Fehler oder Auslassungen. Hinweise auf Fehler sowie Verbesserungsvorschläge nehmen wir gerne entgegen. Technische Änderungen und Verbesserungen, die dem Fortschritt unserer Geräte dienen, behalten wir uns vor.

Sämtliche in dem vorliegenden Handbuch enthaltenen Informationen werden ohne Berücksichtigung jeglichen möglichen Patentschutzes zur Verfügung gestellt.

Alle Rechte vorbehalten. Jegliche Vervielfältigung, Übersetzung und/oder Verbreitung des vorliegenden Dokuments oder Auszüge hieraus bedürfen der ausdrücklichen Zustimmung der Hengstler GmbH. ACURO® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Hengstler GmbH. Der Name Hengstler sowie das Logo von Hengstler sind eingetragene Warenzeichen der Hengstler GmbH. Beckhoff® und TwinCAT® sind eingetragene und lizenzierte Warenzeichen der Beckhoff Automation GmbH, Germany. Überschreitet die CANopen ist ein eingetragenes Warenzeichen von CAN in Automation e.V., Nürnberg. „Windows“ und „Microsoft“ sind eingetragene Warenzeichen der Microsoft Corporation. Alle weiteren Marken- und Produktbezeichnungen sind Firmenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Unternehmen.

HENGSTLER GmbH  
Uhlandstr. 49  
78554 Aldingen/Deutschland  
Tel. +49 (0) 7424-89 0  
Fax +49 (0) 7424-89 500  
E-Mail: [info@hengstler.com](mailto:info@hengstler.com)  
[www.hengstler.com](http://www.hengstler.com)

Geschäftsführung: Jochen Feiler, Handelsregister Tuttlingen HRB 604 Sp, USt-IdNr. DE 811194298

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

## Dokumenthistorie

Version	Datum	Namenskürzel	Status	Beschreibung
3.00	20. Mai 2016	TK	Closed	Serienfreigabe, Firmware R3-V1.2.0.1

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis .....	7
Abbildungsverzeichnis .....	7
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>8</b>
1.1 Über dieses Handbuch .....	8
1.2 Abkürzungen und Definitionen .....	8
1.3 Mitgeltende Unterlagen.....	9
<b>2 Sicherheits-, Installations- und Betriebshinweise .....</b>	<b>10</b>
2.1 Autorisierte Fachkräfte.....	10
2.2 Verletzungsgefahr durch rotierende Teile .....	10
2.3 Verletzungsgefahr bei sicherheitskritischen Anwendungen.....	10
2.4 Beschädigungsrisiko durch elektrostatische Aufladung.....	10
2.5 Beschädigungsrisiko durch mechanische Überbelastung .....	10
2.6 Beschädigungsrisiko durch Schlag- und Stoßeinwirkung .....	11
2.7 Beschädigungsrisiko durch Überbelastung.....	11
2.8 Überspannung .....	11
2.9 Schleppfähigkeit.....	11
2.10 Anlagenteil .....	11
2.11 CE-Kennzeichnung.....	11
<b>3 Allgemeine Angaben .....</b>	<b>12</b>
3.1 Einleitung.....	12
3.2 Anwendungsgebiete .....	12
<b>4 Einbau und Bedienung .....</b>	<b>13</b>
4.1 Einbauübersicht.....	13
4.2 Anfangseinstellungen .....	13
4.3 Bedeutung der LEDs .....	13
<b>5 EtherCAT® .....</b>	<b>16</b>
5.1 EtherCAT®-Kommunikationsmodell .....	16
5.2 Kommunikationsprofil (CiA 301) .....	17
5.3 Das Geber-Geräteprofil (CiA 406) .....	18
5.4 Einführung in EtherCAT® .....	18
5.4.1 Bitübertragungsschicht .....	19
5.4.2 Sicherungsschicht.....	19
5.4.3 Anwendungsschicht.....	20

---

5.4.4	Synchronisation und Distributed Clocks.....	21
5.5	Details zu EtherCAT® .....	23
5.5.1	FoE/ Datentransfer.....	23
5.5.2	Auswahl des Synchronisationsmodus.....	23
5.5.3	DC Timing mit TwinCAT .....	24
5.5.4	Konfiguration von SyncManager 3 über das Objektverzeichnis.....	25
5.5.5	Datenübertragung.....	25
<b>6</b>	<b>Objektverzeichnis .....</b>	<b>30</b>
6.1	ACURO AC58 EtherCAT® Objektverzeichnis .....	32
6.2	Verarbeitung der Messwerte des Objektverzeichnisses .....	53
6.2.1	Positionsskalierung.....	53
6.2.2	Preset-Funktion.....	54
6.2.3	Restwertberechnung .....	54
6.2.4	Interaktion zwischen Funktionen.....	55
6.2.5	Berechnung der Geschwindigkeit.....	56
<b>7</b>	<b>Inbetriebnahme mit TwinCAT® .....</b>	<b>58</b>
7.1	Einführung in TwinCAT® .....	58
7.2	Installation von TwinCAT® .....	58
7.3	Konfiguration von TwinCAT® zur Verwendung des Sync Manager 3.....	58
7.3.1	TwinCAT® starten .....	58
7.3.2	Installation von ACURO EtherCAT® innerhalb von TwinCAT® .....	59
7.3.3	Auswahl des TwinCAT®-Ethernet-Treibers.....	60
7.3.4	Kopieren der ESI-Datei in die TwinCAT®-Installation .....	62
7.3.5	Suche nach Geräten.....	62
7.3.6	Prozessdaten des Gerätes laden .....	64
7.3.7	Synchronisationsmodus auswählen .....	65
7.3.8	Basiszeit anpassen .....	66
7.3.9	Weitere Schritte.....	67
7.4	Konfiguration von TwinCAT® für die DC-Funktion.....	68
7.5	Fehlersuche.....	70
7.5.1	Überprüfung des Datenaustauschs mit TwinCAT® .....	70
7.5.2	Häufige Fehlermeldungen .....	70
<b>8</b>	<b>Firmware-Update .....</b>	<b>71</b>
8.1	Allgemeine Informationen.....	71
8.2	Update über TwinCAT® .....	71
8.3	Häufige Fehlermeldungen während des Updates.....	73

---

<b>9</b>	<b>Netzwerkleistung .....</b>	<b>74</b>
<b>10</b>	<b>Fehlerbehandlung und Diagnose .....</b>	<b>76</b>
10.1	CoE-Emergency Meldungen .....	76
10.2	ACURO spezifische AL Status Codes.....	78
<b>11</b>	<b>Technische Daten .....</b>	<b>79</b>
11.1	Bus-/ Stromanschlüsse.....	79
11.2	EtherCAT® .....	80
<b>12</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>82</b>
12.1	EtherCAT®-Befehle.....	82
12.2	CoE-Objekt 2002:1 .....	83

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Abkürzungen und Definitionen.....	9
Tab. 2: Kommunikations-LEDs .....	14
Tab. 3: Power-LED .....	15
Tab. 4: Bedeutung der Elemente des EtherCAT-Datagramms.....	20
Tab. 5: Anpassungen im Objektverzeichnis für die Synchronisation über SyncManager 3 .....	25
Tab. 6: Typen der PDO-Meldungen.....	26
Tab. 7: Mögliche Werte der Fehlerklasse .....	27
Tab. 8: Verzeichnis der SDO-Abbruchcodes .....	29
Tab. 9: Gliederung des gesamten Objektverzeichnisses.....	31
Tab. 10: Objektverzeichnis .....	53
Tab. 11: Interaktion zwischen Funktionen .....	55
Tab. 12: Überblick über die minimalen Zykluszeiten für typische Konfigurationen .....	75
Tab. 13: CoE Emergency Meldungen.....	77
Tab. 14: ACURO spezifische AL Status Codes .....	78
Tab. 15: Anschlussbelegung .....	79
Tab. 16: Technische Daten EtherCAT .....	80
Tab. 17: EtherCAT-Befehlscodes .....	82
Tab. 18: Inhalt des Mailbox Headers .....	83
Tab. 19: Bedeutung des Mailbox-Typen .....	83
Tab. 20: Inhalt des Mailbox Headers .....	84
Tab. 21: Bedeutung der Mailbox-Typen.....	84
Tab. 22: Inhalt des CoE-Frames.....	85

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: LED-Anzeigen und Stecker des ACURO AC58 EtherCAT .....	13
Abb. 2: EtherCAT im ISO/OSI-Referenzmodell .....	16
Abb. 3: CoE-Struktur.....	17
Abb. 4: „On-the-Fly“-Prinzip der EtherCAT-Entnahme und -Einfügung von Prozessdaten.....	18
Abb. 5: Struktur des EtherCAT-Datagramms.....	19
Abb. 6: Zustandsdiagramm der EtherCAT State Machine .....	21
Abb. 7: Zeitdiagramm der Synchronisation mit Sync Manager .....	22
Abb. 8: EtherCAT-Netzwerk mit Distributed Clocks .....	23
Abb. 9: Auswahl des Synchronisationsmodus .....	24
Abb. 10: DC-Timing mit TwinCAT.....	24
Abb. 11: Fehler aufgrund von nicht ganzzahligen Vielfachen zwischen den Werten Scaled Range (skalierter Bereich) und Physical Range (physikalischer Bereich) .....	54
Abb. 12: Sprung in den Geschwindigkeitswerten .....	56
Abb. 13: Die Option „Zeige Echtzeit-Ethernet-kompatible Geräte“ des Menüs „TwinCAT“ .....	59
Abb. 14: Installation von TwinCAT Echtzeit-Ethernet-Adaptoren – Kompatible Geräte .....	60
Abb. 15: Installation von TwinCAT Echtzeit-Ethernet-Adaptoren – Installierte und einsatzbereite Geräte .....	61
Abb. 16: Auswahl des Synchronisationsmodus .....	68
Abb. 17: Konfiguration für die Aktivierung des SYNC-Signals innerhalb der erweiterten Einstellungen .....	69
Abb. 18: LED-Anzeigen und Stecker des ACURO AC58 EtherCAT .....	80
Abb. 19: Mailbox Header .....	83
Abb. 20: CoE-Befehls-Header .....	84
Abb. 21: CoE-Frame.....	85

# 1 Einleitung

## 1.1 Über dieses Handbuch

In dem vorliegenden Handbuch wird die Produktfamilie der ACURO AC58 EtherCAT® Absolut-Drehgeber, einschließlich Spezifikationen, Software, Inbetriebnahme und Parametrisierung des Drehgebers, beschrieben.

## 1.2 Abkürzungen und Definitionen

Abkürzung	Definition
CiA	CAN in Automation
CoE	CANopen over EtherCAT
DC	Distributed Clocks
DS	(CiA) Draft Standard
ECS	EtherCAT Slave
EoE	Ethernet over EtherCAT
ENI	EtherCAT Network Information
ESI	EtherCAT Slave Information
ESM	EtherCAT State Machine
ETG	EtherCAT Technology Group
FoE	File Access over EtherCAT
FSoE	Failsafe over EtherCAT
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
IRQ	Interrupt Request
ISO	International Organization for Standardization
LSB	Least Significant Byte
LVDS	Low Voltage Differential Signals
MSB	Most Significant Byte
OSI	Open Systems Interconnection
PDO	Process Data Object
SDO	Service Data Object
SM0...3	Sync Manager 0...3
SoE	Servo drive over EtherCAT
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TwinCAT	The Windows Control and Automation Technology
VoE	Vendor specific profile over EtherCAT

Abkürzung	Definition
XAE	TwinCAT Engineering Component
XAR	TwinCAT Runtime Component

Tab. 1: Abkürzungen und Definitionen

Sämtliche im vorliegenden Handbuch aufgeführten Variablen, Parameter und Daten verwenden das Datenformat LSB/MSB („Intel“).

Sämtliche im vorliegenden Handbuch aufgeführten IP-Adressen verwenden Host Byte Order.

### 1.3 Mitgeltende Unterlagen

Im vorliegenden Handbuch wird auf folgende Dokumente Bezug genommen:

- [1] IEC 61158 Part 2-6 Typ 12 Dokumente (auch verfügbar für Mitglieder der EtherCAT® Technology Group als Spezifikationsdokument ETG.1000).
- [2] IEEE 802.3-2012, erhältlich über <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>.
- [3] CANopen application layer and communication profile, CiA 301, V.4.2.0, CAN in Automation e.V., <http://www.can-cia.org>, 2011.
- [4] Device profile for encoders, CiA 406, V 3.2.0, CAN in Automation e.V., <http://www.can-cia.org>, 2006.
- [5] EtherCAT® Protocol Enhancements, ETG.1020 S (R) V1.0.0, EtherCAT® Technology Group, <http://www.ethercat.org/>, 2011.
- [6] EtherCAT® Network Information Specification ETG.2100 S (R) V1.0.0, EtherCAT® Technology Group, <http://www.ethercat.org/>, 2009.
- [7] The TFTP Protocol (Revision 2), RFC1350, Internet Engineering Task Force, <http://tools.ietf.org/html/rfc1350>.
- [8] TwinCAT 3 Dokumentation, Teil von Beckhoff Information System, siehe <http://infosys.beckhoff.com/content/1033/tcinfosys3/html/startpage.htm?id=12332> (englisch).
- [9] Hengstler AC58 EtherCAT® Installation Instructions, Art.-Nr. 2 565 653, erhältlich bei der Hengstler GmbH.
- [10] Hengstler AC58 EtherCAT® Technisches Handbuch, in englischer Sprache, Art.-Nr. 2 565 651.

## 2 Sicherheits-, Installations- und Betriebshinweise

Bei der Installation und Nutzung dieses Produktes ist Vorsicht geboten. Für ausführliche Informationen zu Sicherheit und Installation wird auf das Hengstler-Dokument Installation Instructions Artikel-Nr. 2 565 653 verwiesen. Zwar werden viele dieser Informationen im weiteren Verlauf des vorliegenden Handbuchs wiederholt, für eine richtige und sichere Installation sollte jedoch das vollständige Dokument in der jeweils gewünschten Sprache herangezogen werden.

### 2.1 Autorisierte Fachkräfte

Der Ein- und Ausbau dieses Drehgebers sollte ausschließlich durch eine Elektrofachkraft erfolgen, da die Einheit empfindliche elektronische Schaltungen beinhaltet.

### 2.2 Verletzungsgefahr durch rotierende Teile

*Haare, Schmuck oder Kleidungsstücke können sich in rotierenden Wellen oder anderen Teilen verfangen! Trennen Sie vor Beginn der Arbeiten jegliche Stromzufuhr und stellen Sie sicher, dass Ihre Arbeitsumgebung sicher ist!*

### 2.3 Verletzungsgefahr bei sicherheitskritischen Anwendungen

Bei sicherheitskritischen Anwendungen muss zur Abwendung von Gefahr für Leib und Leben oder Sachschäden eine Plausibilitätsprüfung der Geberwerte in der Applikation eingeführt werden.

### 2.4 Beschädigungsrisiko durch elektrostatische Aufladung

Die in diesem Drehgeber enthaltenen CMOS-Module sind äußerst empfindlich gegenüber hoher Spannung, wie sie zum Beispiel durch Reibung in Kleidungsstücken oder Schuhen hervorgerufen werden kann. *Verbindungskontakte oder elektronische Komponenten nicht anfassen!*

### 2.5 Beschädigungsrisiko durch mechanische Überbelastung

Ein starrer Einbau ruft Zwangskräfte hervor, die die Lager dauerhaft überbelasten und beschädigen. *Niemals die Bewegungsfreiheit des Drehgebers einschränken! Verwenden Sie bei der Montage der Einheit ausschließlich die beigefügten Blechfedern oder ein passendes Verbindungsstück!*

## 2.6 Beschädigungsrisiko durch Schlag- und Stoßeinwirkung

Starke Schlag- und Stoßeinwirkung, wie zum Beispiel durch Hammerschläge, kann zu Beschädigungen am optischen Messsystem und an den Kugellagern führen. *Keine Kraft aufwenden! Die Montage ist bei genauer Befolgung des vorgegebenen Verfahrens völlig unkompliziert.*

## 2.7 Beschädigungsrisiko durch Überbelastung

*Die Einheit darf ausschließlich innerhalb der in den technischen Daten angegebenen elektrischen, mechanischen und anderweitigen Grenzwerte betrieben werden.*

## 2.8 Überspannung

Überspannungen an den Anschlussklemmen *sind auf Werte der Überspannungskategorie II (SELV) zu begrenzen.*

## 2.9 Schleppfähigkeit

Das Anschlusskabel ist **nicht schleppfähig** und nur für feste Verlegung geeignet.

## 2.10 Anlagenteil

Dieser Drehgeber ist ein Anlagenteil und für die Montage an anderen Einrichtungen, wie zum Beispiel Motoren, Maschinen usw., vorgesehen. Er ist nicht für den direkten Verkauf an Endkunden vorgesehen.

## 2.11 CE-Kennzeichnung

Hersteller, die diesen Drehgeber in ihren Produkten einbauen, sind selbst für die Einhaltung der CE-Richtlinien sowie für die ordnungsgemäße Verwendung der CE-Kennzeichnung verantwortlich.

## 3 Allgemeine Angaben

### 3.1 Einleitung

Wir alle wissen, dass keine industrielle Anwendung der anderen gleicht, deshalb ist die Serie der Hengstler ACURO AC58 Absolut-Drehgeber mit einer unglaublichen Vielfalt an verschiedenen Optionen und Funktionen ausgestattet, unter anderem auch mit einer Auflösung von bis zu 22-Bit-Single-Turn. Wenn die verfügbaren Standardvarianten nicht Ihren Anforderungen gerecht werden, ist Hengstler in der Lage, kundenspezifische Versionen zu fertigen, um auch Ihnen eine optimale Lösung zu bieten. Erweiterter Temperaturbereich, „Best in Class“ Schock- und Vibrations-Resistenz-Werte und benutzerdefinierte Wellengrößen und Formen sind nur einige der Funktionen, die Hengstler seinen Kunden zur Verfügung stellt. Diese umfangreiche Flexibilität macht den Hengstler ACURO AC58 nicht nur zu einem der vielseitigsten Drehgeber am Markt, sondern auch zu einem der robustesten.

Nun wurde die ACURO AC58-Produktfamilie um die beliebte EtherCAT®-Schnittstelle erweitert. Die Anzahl der Systeme, die diese offene, leistungsstarke Ethernet-basierte Schnittstelle einsetzen, wächst rasant. Durch diese Erweiterung der ACURO AC58 Drehgeberserie, können Anwender nun einen der besten Absolut-Drehgeber auf dem Markt in nahezu jedes System mit EtherCAT®-Schnittstelle integrieren. Hierdurch wird der Design-Prozess erheblich vereinfacht und eine sichere Kommunikation gewährleistet.

### 3.2 Anwendungsgebiete

Die Anwendungsgebiete dieses Drehgebers decken industrielle Verfahren und Steuerungen ab. Anwendungsbeispiele umfassen Verpackungsmaschinen, Spritzgussanlagen, Holzverarbeitungsanlagen, Montage- und Handhabungstechnik, Förderanlagen, Druck- und Papiermaschinen.

## 4 Einbau und Bedienung

### 4.1 Einbauübersicht

Der Einbau des Hengstler ACURO AC58 EtherCAT® Drehgebers sollte gemäß Hengstlers Installationsanleitung (Artikel-Nr. 2 565 653) erfolgen, die auf der Internetseite der Hengstler GmbH unter [www.hengstler.com](http://www.hengstler.com) zur Verfügung steht. In dieser Anleitung erhalten Sie wertvolle Informationen über Sicherheitsaspekte, die Montage des Drehgebers, Verkabelung usw. Achten Sie darauf, bei der Bedienung des Drehgebers die in dieser Anleitung oder anderer Dokumentation der Hengstler GmbH angegebenen elektrischen und mechanischen Grenzwerte nicht zu überschreiten.

Der elektrische Anschluss der M12-Stecker des Drehgebers ist in Abschnitt 11.1. „Bus-/ Stromanschlüsse“ näher beschrieben. Es können CAT 5, 6 oder 7 Kabel verwendet werden. Der maximale Abstand zwischen zwei Knoten ist auf 100 m beschränkt. Beachten Sie jedoch, dass die Schutzarten IP67 und höher einen vom Nutzer ordnungsgemäß eingebauten Gegenstecker/ Leitungssatz erfordern.

### 4.2 Anfangseinstellungen

Ihr ACURO AC58 EtherCAT® Absolut-Drehgeber wird ab Werk montagefertig mit standardmäßigen EtherCAT-Parametern und -Einstellungen geliefert. (Die Standardwerte sind dem Abschnitt „ACURO AC58 EtherCAT Objektverzeichnis“ zu entnehmen.) Wurde Ihr Drehgeber mit EtherCAT-Parametern und/oder anderen Einstellungen als den Standardwerten bestellt, so werden diese bereits im Werk auf das Gerät geladen und in einem Begleitdokument des Drehgebers aufgeführt. Sollten Sie diese Parameter und/oder Einstellungen ändern wollen, erhalten Sie zu diesem Vorgang in Abschnitt 5 „EtherCAT“ des vorliegenden Handbuchs weitere Informationen. Bitte beachten Sie jedoch, dass über gewisse Reset-Befehle Sonderparameter und/oder -einstellungen, die im Werk geändert wurden, auf ihre Standardwerte zurückgesetzt werden. Achten Sie darauf, bei der Programmierung gewünschte Einstellungen oder Informationen nicht versehentlich zu ändern.

### 4.3 Bedeutung der LEDs

In den Tabellen 2 „Kommunikations-LEDs“ und 3 „Power-LED“ werden die Zustände der Kommunikations-LEDs (RUN, ERR und Link/Activity) sowie der Power-LED des ACURO EtherCAT® genauer erläutert. Die genaue Position der LEDs wird in Abbildung 1 dargestellt.

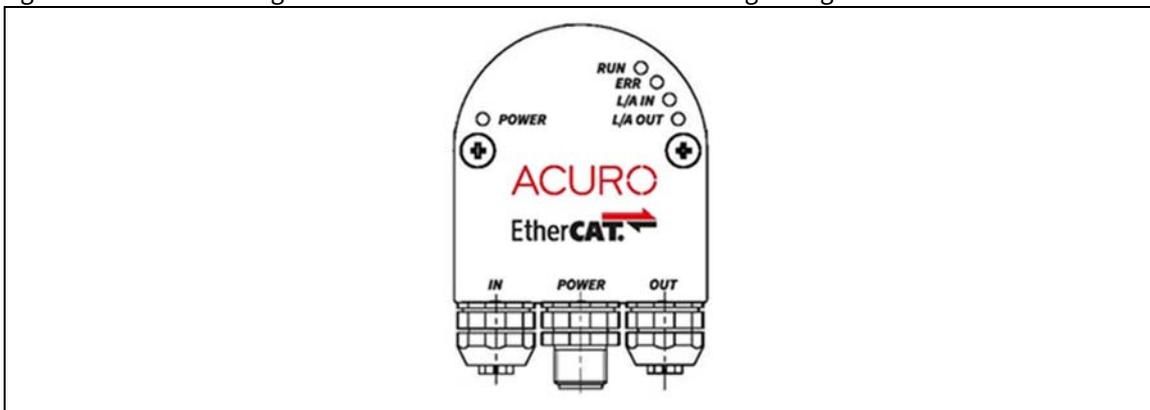
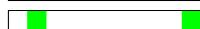


Abb. 1: LED-Anzeigen und Stecker des ACURO AC58 EtherCAT

Die LED-Zustandsanzeigen sind wie folgt definiert (bei Grün ist die LED ein-, bei weiß ausgeschaltet):

-  **Aus:** Die LED leuchtet gar nicht.
-  **Ein:** Die LED leuchtet dauerhaft.
-  **1-mal aufleuchtend:** Die LED leuchtet einmalig auf und dann erst wieder nach einer längeren Pause.
-  **2-mal aufleuchtend:** Die LED leuchtet kurz nacheinander zweimal auf und dann erst wieder nach einer längeren Pause.
-  **Blinkend:** Die LED leuchtet anhaltend, aber langsam, in regelmäßigen Abständen auf.
-  **Flackernd:** Die LED leuchtet anhaltend, aber schnell, in regelmäßigen Abständen auf.

Name	LED-Anzeige	Farbe	Bedeutung
RUN	Aus	grün	Gerät ist im Zustand INIT
	Blinkend		Gerät ist im Zustand PRE-OPERATIONAL
	1 mal aufleuchtend		Gerät ist im Zustand SAFE-OPERATIONAL
	Ein		Gerät ist im Zustand OPERATIONAL
	Flackernd		Gerät ist im Zustand BOOTSTRAP. Download von Firmware.
ERR	2 mal aufleuchtend	rot	Prozessdaten-Watchdog-Zeitüberschreitung/ EtherCAT-Watchdog-Zeitüberschreitung: Eine Anwendungs-Watchdog-Zeitüberschreitung ist aufgetreten Beispiel: Sync Manager-Watchdog-Zeitüberschreitung
	1 mal aufleuchtend		Lokaler Fehler: Die Slave-Geräteanwendung hat den EtherCAT-Zustand aufgrund eines lokalen Fehlers selbstständig geändert. Beispiel: Das Gerät ändert seinen EtherCAT-Zustand aufgrund eines Synchronisationsfehlers von Op auf SafeOpError.
	Blinkend		Allgemeiner Konfigurationsfehler Beispiel: Der vom Master vorgegebene Zustandswechsel ist aufgrund von Register- oder Objekteinstellungen nicht möglich.
	Aus		Kein Fehler: Die EtherCAT-Kommunikation des Gerätes ist betriebsbereit.
LINK/ACTIVITY (L/A IN L/A OUT)	Ein	grün	Port offen (Verbindung hergestellt), keine Aktivität
	Flackernd		Port offen (Verbindung hergestellt), Aktivität (Gerät sendet/ empfängt Ethernet-Frames)
	Aus		Port geschlossen (keine Verbindung hergestellt)

Tab. 2: Kommunikations-LEDs

Die „Power“-LED gibt den Zustand der Stromversorgung sowie gerätespezifische Fehler an.

Name	LED-Anzeige	Bedeutung
Power	Aus	Spannungsversorgung fehlt
	Grün an	Spannungsversorgung ist in Ordnung
	Rot blinkend	Geberausfall. Mögliche Ursachen sind: <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Geber nicht vorhanden</li><li>▶ Diskrepanz bei Sensortyp/ Auflösung zwischen Geber und Bushaube</li><li>▶ ERROR Bit im BiSS-Frame ist auf 1 gesetzt</li></ul>

*Tab. 3: Power-LED*

## 5 EtherCAT®

### 5.1 EtherCAT®-Kommunikationsmodell

Das EtherCAT-Kommunikationsmodell basiert auf dem ISO/OSI-Modell, in dem insgesamt sieben (7) Schichten zum Einsatz kommen.

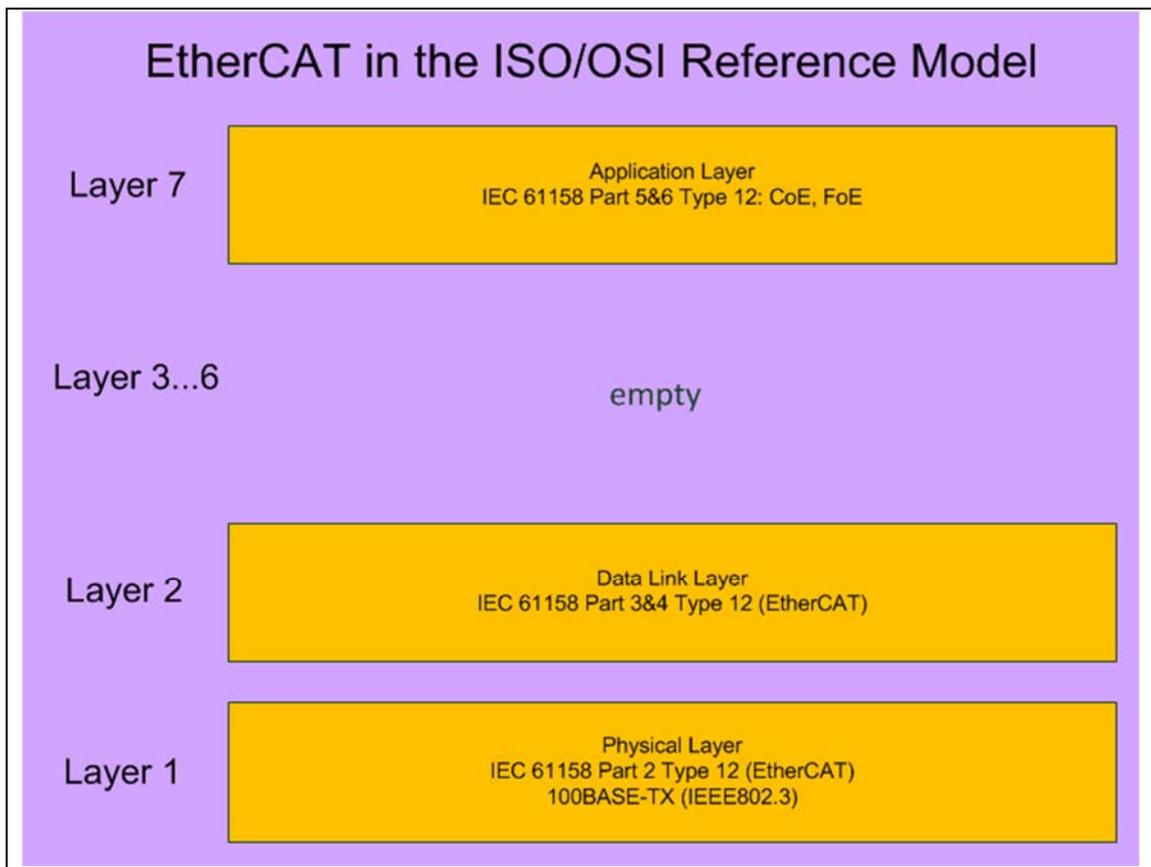


Abb. 2: EtherCAT im ISO/OSI-Referenzmodell

In der EtherCAT-Kommunikation kommen lediglich drei Schichten zum Einsatz:

- ▶ Schicht 1 (Bitübertragungsschicht): 100BASE-TX gemäß IEC 61158 Teil 2 Typ 12/ETG 1000 Teil 2 Typ 12 (Referenz [1]) und IEEE802.3 (Referenz [2]).
- ▶ Schicht 2 (Sicherheitsschicht): gemäß IEC 61158 Teil 3&4 Typ 12/ETG 1000 Teil 3&4. Typ 12 (Referenz [1]).
- ▶ Schicht 7 (Anwendungsschicht): gemäß IEC 61158 Teil 5&6 Typ 12/ETG 1000 Teil 5&6 Typ 12 mit CoE (CANopen over EtherCAT) Kommunikationsprofil ähnlich wie CiA 301 (CANopen Kommunikationsprofil) (Referenz [3]).

## 5.2 Kommunikationsprofil (CiA 301)

Der ACURO AC58 EtherCAT® entspricht den Anforderungen des Kommunikationsprofils (CiA 301, Referenz [3]) sowie des Geräteprofils für Drehgeber (CiA 406, Referenz [4]).

**ZU BEACHTEN!** Die angegebenen Dokumente CiA 301 (Referenz [3]) und CiA 406 (Referenz [4]) stammen vom CAN in Automation e.V. Es handelt sich hierbei nicht um offizielle ETG-Dokumente.

Dies erfolgt über das Mailbox-Protokoll CoE (CANopen over Ethernet), das Teil des EtherCAT-Standards ist.

EtherCAT ermöglicht

- ▶ Auto-Konfiguration des Netzwerkes,
- ▶ komfortablen Zugriff auf alle Geräteparameter,
- ▶ Gerätesynchronisation,
- ▶ zyklischen und ereignisgesteuerten Prozessdatenverkehr,
- ▶ gleichzeitiges Einlesen und Ausgeben von Daten.

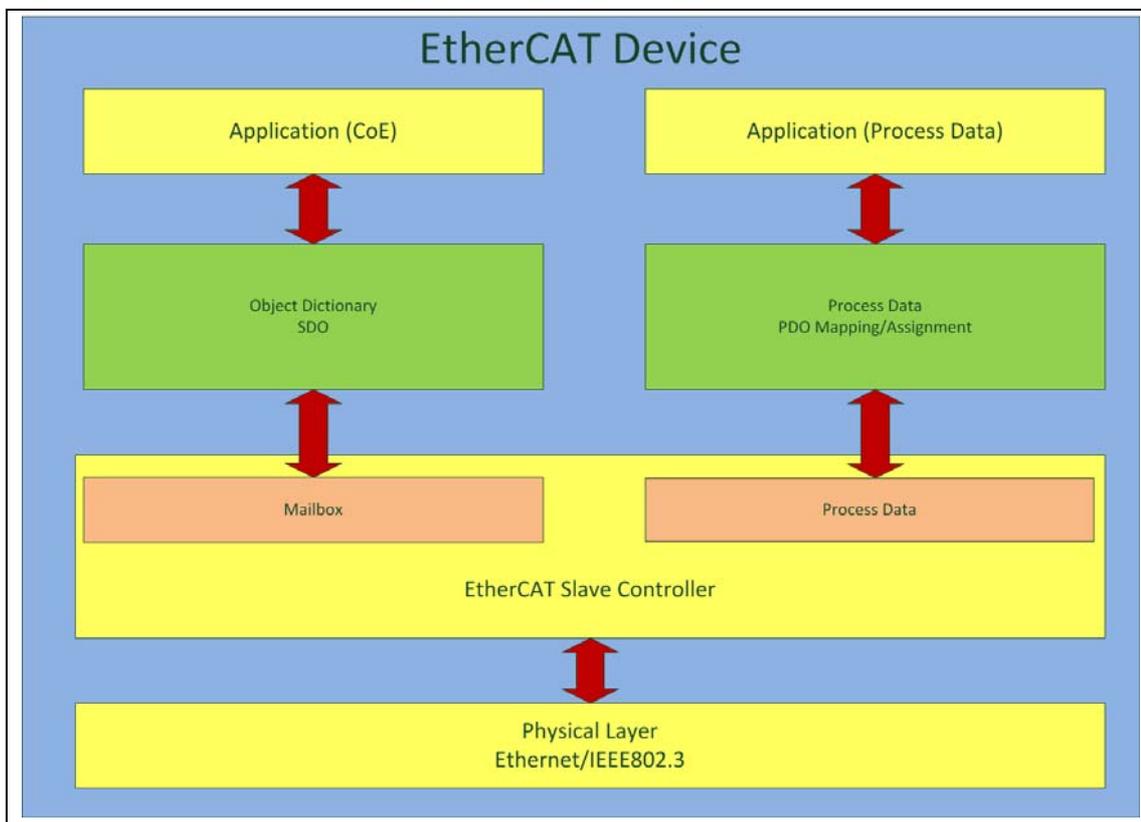


Abb. 3: CoE-Struktur

EtherCAT nutzt Kommunikationsobjekte mit unterschiedlichen Eigenschaften:

- ▶ Prozessdatenobjekte (PDO) für Echtzeitdaten
- ▶ Servicedatenobjekte (SDO) für Parameter- und Programmübertragung

Alle Geräteparameter sind in einem Objektverzeichnis abgelegt. Dieses Objektverzeichnis enthält die Beschreibung, den Datentyp und die Struktur der Parameter sowie ihre Adressen (Index und Sub-Index). Das Verzeichnis ist in drei Teile gegliedert: Parameter des Kommunikationsprofils, Parameter des Geräteprofils und herstellerspezifische Parameter (Abschnitt 6 Objektverzeichnis).

### 5.3 Das Geber-Geräteprofil (CiA 406)

**ZU BEACHTEN!** Das Geber-Geräteprofil CiA 406 (Referenz [4]) wurde von der ETG nicht offiziell anerkannt!

Dieses Profil beschreibt eine herstellerunabhängige und verbindliche Festlegung der Schnittstelle für Drehgeber. Im Profil ist definiert welche CoE-Funktionen verwendet werden und ebenso wie sie zu verwenden sind. Dieser Standard ermöglicht ein offenes und herstellerunabhängiges Bussystem. Im Profil ist außerdem ein Adressbereich definiert, der mit herstellereigenen Sonderfunktionen belegt werden kann.

### 5.4 Einführung in EtherCAT®

EtherCAT® nutzt den Ethernet Standard IEEE 802.3.

Die ETG hat folgende Analogie eingeführt, die als Ausgangspunkt zum besseren Verständnis von EtherCATs „**On-the-Fly**“-Prinzip der Entnahme und Einfügung von Prozessdaten dienen kann:

*Ein EtherCAT-Slave behandelt durchströmende Ethernet-Frames so ähnlich wie eine Person, die einen schnell vorbeifahrenden Zug beobachtet. Hierbei agieren die Ethernet-Frames wie der gesamte Zug, sie halten nicht an. Selbst bei Beobachtung der Ethernet-Frames (oder des Zuges) durch ein kleines Fenster kann der gesamte Frame (oder Zug) beobachtet werden. Die Subtelegramme gleichen den einzelnen Waggons des Zuges. Sie können unterschiedlich lang sein. Einzelne Bits (oder Personen) oder ganze Gruppen können „entnommen“ oder „eingefügt“ werden.*

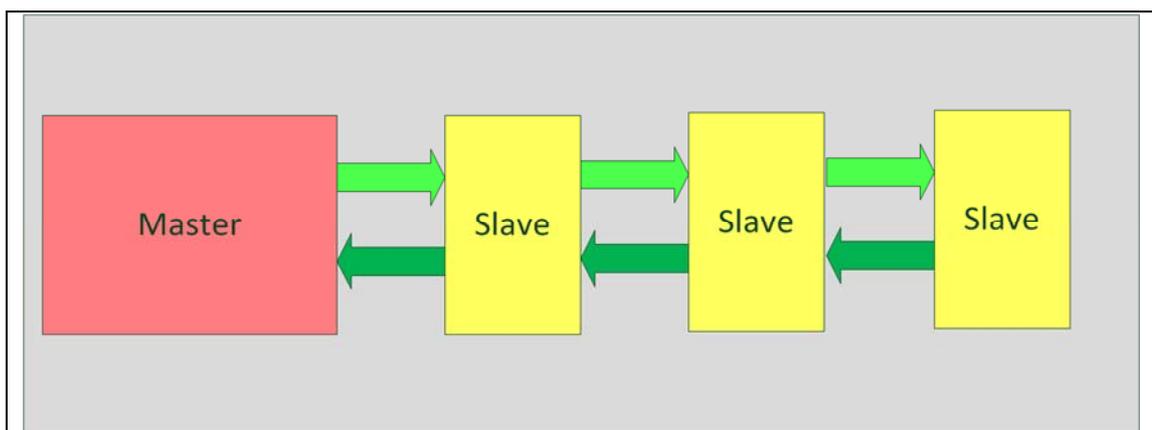


Abb. 4: „On-the-Fly“-Prinzip der EtherCAT-Entnahme und -Einfügung von Prozessdaten

Das bedeutet, dass jeder Slave die für ihn bestimmten Daten beim Durchlauf „on the fly“ entnimmt und umgekehrt die Eingabedaten einfügt. Hierbei entsteht eine Verzögerung von lediglich einen paar Nanosekunden. Bei Rückkehr zum Master am Ende seiner Reise ist das EtherCAT-Telegramm bereits vollständig verarbeitet.

EtherCAT verwendet eine besondere Art des Ethernet-Frames (mit Ethertype 0x88A4), die auch EtherCAT-Datagramm genannt wird (siehe Abschnitt Struktur des EtherCAT-Datagramms).

## 5.4.1 Bitübertragungsschicht

EtherCAT® unterstützt 3 Varianten des IEEE 802.3 Standards:

- ▶ 100BASE-TX
- ▶ 100BASE-FX
- ▶ E-Bus/LVDS

100BASE-TX nutzt abgeschirmte Twisted-Pair-Kupferkabel mit zwei Adernpaaren. Hierfür können Kabel der Kategorien CAT 5, 6 oder 7 zum Einsatz kommen. Als Stecker kommen unter anderem der RJ45 (hauptsächlich nicht industrielle Anwendungen) sowie der M12 (insbesondere für industrielle Anwendungen, da die Stecker über Schutzklasse IP67 verfügen können) infrage. Der maximale Abstand zwischen zwei Knoten ist bei 100BASE-TX auf 100 m beschränkt.

100BASE-FX verwendet verschiedene Arten von Lichtwellenleitern. Der maximale Abstand zwischen zwei Knoten ist bei 100BASE-FX auf 2 km beschränkt.

E-Bus/LVDS ist ausschließlich für modulare Geräte vorgesehen.

**ZU BEACHTEN!** Der ACURO AC58 EtherCAT verwendet ausschließlich 100BASE-TX mit M12-Steckern.

### 5.4.1.1 Topologie

EtherCAT® unterstützt verschiedene Topologien, wie zum Beispiel:

- ▶ Linie
- ▶ Stern
- ▶ Baumstruktur
- ▶ Daisy Chain (mit oder ohne Zweige)
- ▶ Leitungsredundanz

Die Anzahl von Geräten innerhalb eines EtherCAT-Netzwerks ist auf 65.535 beschränkt.

## 5.4.2 Sicherungsschicht

### 5.4.2.1 Frame-Struktur des EtherCAT-Datagramms

Die folgende Abb. 5 gibt Aufschluss über die Struktur des EtherCAT-Datagramms:

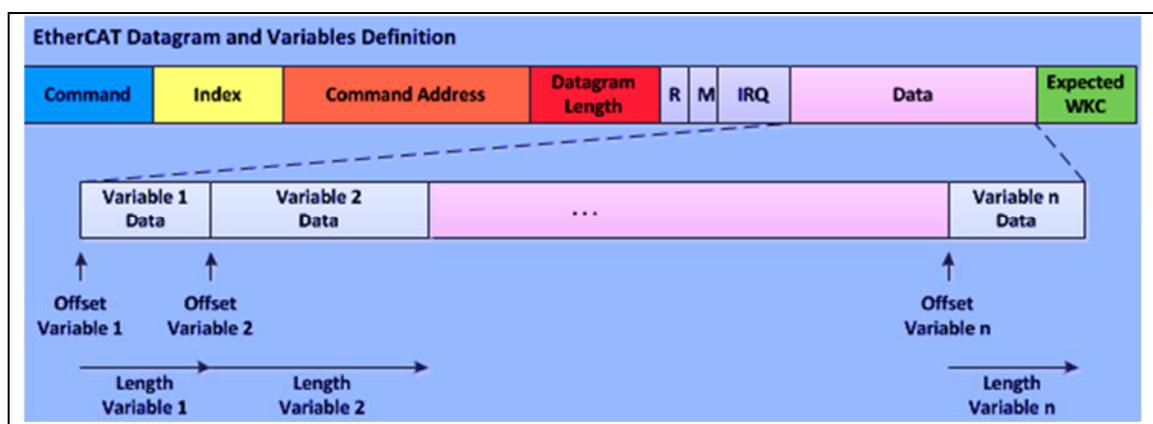


Abb. 5: Struktur des EtherCAT-Datagramms

Die einzelnen Elemente des EtherCAT-Datagramms haben die folgende Bedeutung:

Element	Beschreibung
Befehl	Dieses Element des EtherCAT-Datagramms beinhaltet Informationen darüber, welcher Slave auf die Prozessdateneinheit (PDU) zugreifen sollte.
Index	Hierbei handelt es sich um eine Nummer, die zur Identifikation der PDUs für jede PDU um 1 erhöht wird.
Befehlsadresse	Dieses Element des EtherCAT-Datagramms beinhaltet die Adresse der Daten, die von dem Befehl betroffen sind. Es gibt verschiedene Adressierungsarten (siehe „EtherCAT®-Befehle“ in den Anlagen).
Länge Datagramm	Hierbei handelt es sich um ein 16-Bit-Element des EtherCAT-Datagramms, von dem 11 Bit die Länge des Datenfeldes in Byte angibt (maximal 1.468 Byte).
Flags	Verschiedene Flags (zum Beispiel R, M)
IRQ	Intern genutzt
Datenfeld	Das Datenfeld enthält die Daten, die mit dem EtherCAT-Datagramm übertragen werden sollen. Die Länge des Datenfeldes ist auf maximal 1.486 Byte beschränkt.
Erwarteter Working Counter	Dieses Element des EtherCAT-Datagramms enthält den für den Working Counter erwarteten Wert.  Der Wert des WKC wird für jeden Lesezugriff um 1, für jeden Schreibzugriff um 2 und für jeden Lese-Schreib-Zugriff um 3 erhöht. Auf diese Weise kann der EtherCAT-Master den Istwert des WKC mit dem erwarteten Wert vergleichen und somit Fehler ganz einfach erkennen.

Tab. 4: Bedeutung der Elemente des EtherCAT-Datagramms

### EtherCAT®-Adressierung

Im EtherCAT-Standard (Dokument ETG 1020, Referenz [5]) werden die folgenden Methoden der Adressierung definiert:

- ▶ Automatisch durch EtherCAT-Master (topologiebasiert). Diese Methode ist immer möglich.
- ▶ Zuteilung von „Configured Second Station Alias“ durch EtherCAT-Master.

Die für diese Methoden erforderlichen Schnittstellen und Mechanismen werden zur Verfügung gestellt.

## 5.4.3 Anwendungsschicht

### 5.4.3.1 Die EtherCAT® State Machine (ESM)

Über die EtherCAT State Machine (ESM) können die Zustände und Zustandsänderungen der Slave-Anwendung beschrieben werden.

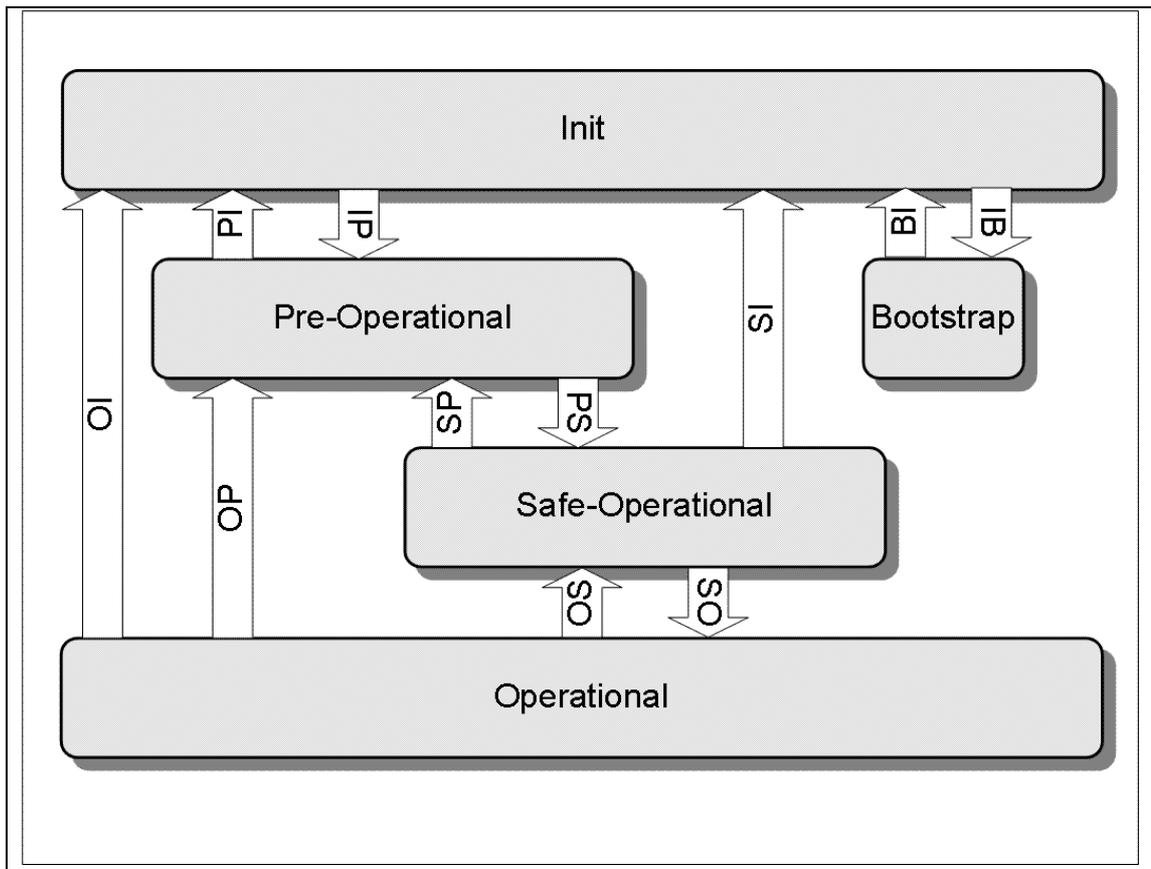


Abb. 6: Zustandsdiagramm der EtherCAT State Machine

Die ESM unterscheidet zwischen den folgenden fünf Zuständen:

- ▶ **INIT:** In diesem Zustand ist der EtherCAT-Slave initialisiert. Es findet kein wirklicher Prozessdatenaustausch statt. Zuvor gespeicherte Werte werden geladen.
- ▶ **PRE-OPERATIONAL:** Die Initialisierung des EtherCAT-Slaves geht weiter. Es findet kein wirklicher Prozessdatenaustausch statt. Master und Slave kommunizieren antizyklisch über die Mailbox, um Parameter zu übertragen; das bedeutet, dass die Parametrisierung über SDO bereits möglich ist.
- ▶ **SAFE-OPERATIONAL:** In diesem Zustand kann der EtherCAT-Slave Eingabedaten verarbeiten. Die Ausgabedaten werden jedoch in einen sicheren Zustand versetzt. In diesem Zustand können Eingabedaten in den Standardeingabe-Sync-Manager geschrieben werden (üblicherweise SM3). Die Ausgänge befinden sich jedoch im sicheren Zustand. Das bedeutet, dass der EtherCAT-Master Positionswerte aus dem ACURO AC58 Drehgeber lesen kann.
- ▶ **OPERATIONAL:** In diesem Zustand ist der EtherCAT-Slave voll betriebsfähig. Das bedeutet, dass der EtherCAT-Master Positionswerte aus dem ACURO Drehgeber in Echtzeit lesen kann.
- ▶ **BOOTSTRAP:** Hierbei handelt es sich um einen Sonderzustand für den Boot-up-Prozess. Eine genauere Beschreibung erhalten Sie in der EtherCAT-Spezifikation (Referenz [1]).

#### 5.4.4 Synchronisation und Distributed Clocks

Die Synchronisation kann über einen SyncManager oder mithilfe des genauesten Synchronisationsmechanismus des Marktes, den Distributed Clocks (DC), erfolgen.

**ZU BEACHTEN!** ACURO AC58 EtherCAT liefert das Synchronisationssignal SYNC0.

#### 5.4.4.1 Synchronisation mit Sync Manager

Die Standardsynchronisation des ACURO EtherCAT®-Slave ermöglicht eine Synchronisation mit dem SyncManager 3 (SM3).

Die folgende Abbildung 7 beinhaltet ein Event-Sampling-Diagramm für diese Synchronisationsart:

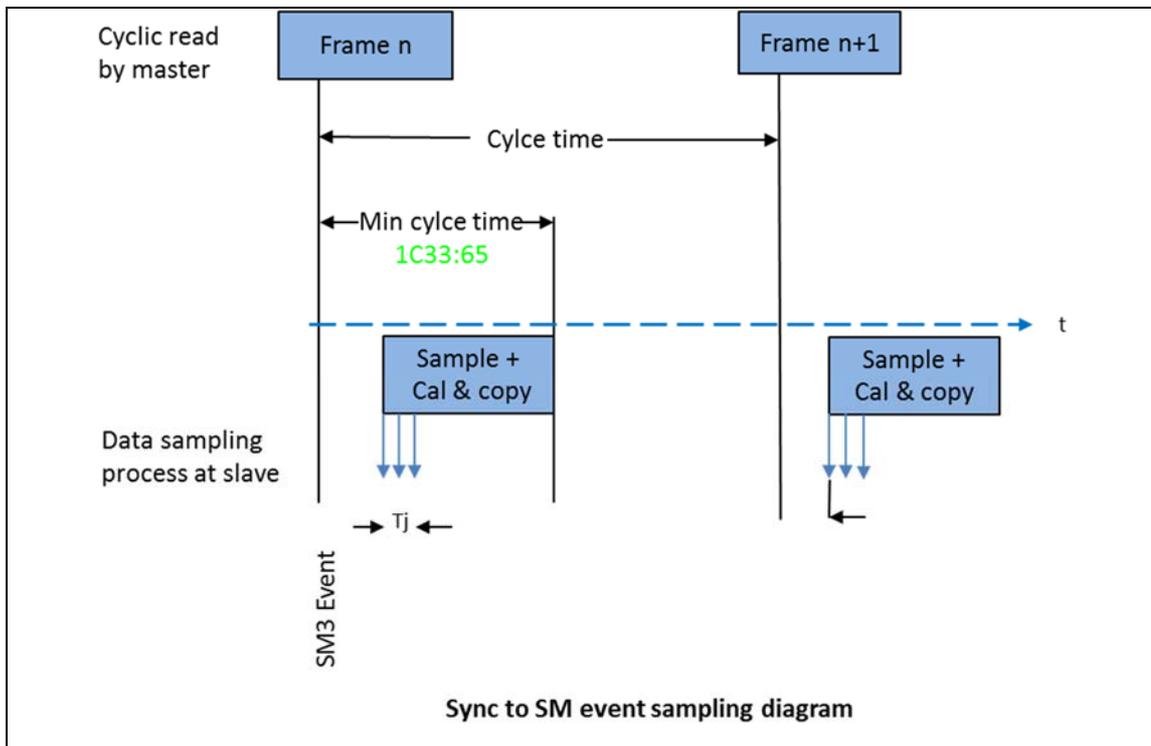


Abb. 7: Zeitdiagramm der Synchronisation mit Sync Manager

#### 5.4.4.2 Distributed Clocks

Die Geräte innerhalb eines EtherCAT®-Netzwerkes können über sogenannte distributed Clocks (DC) synchronisiert werden. Jeder EtherCAT-Slave mit DC-Unterstützung verfügt über seine eigene lokale Clock. Nach dem Einschalten wird die lokale Clock jedes Slaves nicht mit der globalen Referenz-Clock synchronisiert. Um die Geräte zu synchronisieren, wird üblicherweise ein Slave ausgewählt und als Referenz-Clock genutzt. Dieser Referenz-Clock liefert die Systemzeit für andere Geräte. Alle anderen Slaves sowie der Master sollten sich selbst mit der Referenz-Clock synchronisieren. Dieser Bus wird vom EtherCAT-Master gesteuert, indem EtherCAT-Frames gemäß Bus-Zyklus gesendet werden. Unterstützt der EtherCAT-Master die Funktion der distributed Clocks, so kann er für die Verbreitung der Systemzeit im Netzwerk ein spezielles EtherCAT-Datagramm verwenden. Der EtherCAT-Master versendet dieses Datagramm zyklisch und ermöglicht somit, dass der ausgewählte Referenz-Clock-Slave die Referenzsystemzeit und alle anderen Slaves zum Lesen des Datagramms mit einbindet.

Es bietet sich an, den ersten Slave als Referenz-Clock auszuwählen. Aufgrund der Ringtopologie des EtherCAT-Netzwerkes kommt das Datagramm nach Durchlauf jedes Slaves zum Master zurück. Auf diese Weise werden Wartezeit und Jitter der Clock-Verteilung minimiert.

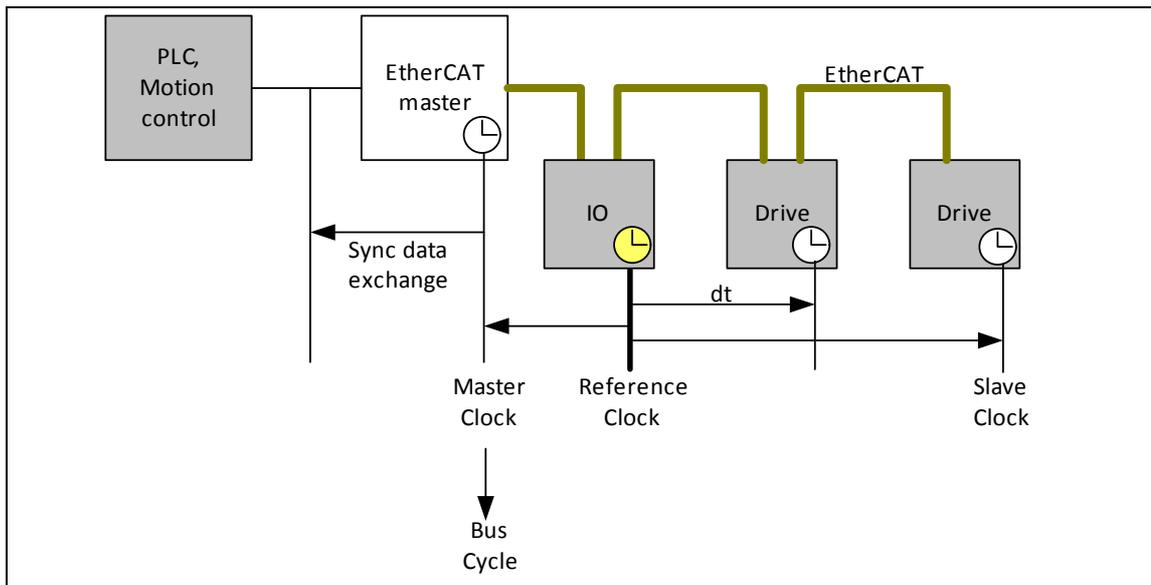


Abb. 8: EtherCAT-Netzwerk mit Distributed Clocks

Abb. 8 „EtherCAT-Netzwerk mit Distributed Clocks“ zeigt ein typisches EtherCAT-Netzwerk mit Distributed Clocks. Der erste EtherCAT-Slave nach dem EtherCAT-Master wird für dieses EtherCAT-Netzwerk als Referenz-Clock ausgewählt. Der Frame, der jeden Slave sowie eine Übertragungsleitung zwischen den Slaves durchläuft, verzögert sich um geringfügige Zeit („VZ“), was bei der Clock-Synchronisation ebenfalls berücksichtigt werden muss. Der EtherCAT-Master sendet in der Startphase ein Broadcast-Read-Datagramm an eine spezielle Adresse jedes Slaves, womit der Slave veranlasst wird, den lokalen Zeitstempel des Empfangszeitpunktes des Frames in beide Richtungen zu speichern. Der Master kann dann die gespeicherten Zeitstempel jedes Slaves auslesen, um die Verzögerungen im gesamten Netzwerk zu berechnen. Diese Messung wird für eine höhere Genauigkeit in der Startphase mehrmals wiederholt.

Um sich selbst mit dem Referenz-Clock zu synchronisieren, vergleicht jeder EtherCAT-DC-Slave seine eigene lokale Zeit mit der der Referenz-Clock Zeit (Systemzeit) und passt den lokalen Clock entsprechend an.

## 5.5 Details zu EtherCAT®

### 5.5.1 FoE/ Datentransfer

Ein weiteres vom EtherCAT-Standard definiertes Mailbox-Protokoll ist das FoE, das sogenannte File Transfer over EtherCAT. Mithilfe dieses Protokolls soll der einfache Datentransfer von und zum EtherCAT-Gerät gewährleistet werden. FoE nutzt ein Protokoll ähnlich dem TFTP (Trivial File Transfer Protocol gemäß RFC1350, siehe Referenz [7]) für den Datentransfer von und zu einem EtherCAT-Gerät.

Der EtherCAT-Protokollstack innerhalb des ACURO EtherCAT nutzt FoE für Firmware-Updates. Weitere Informationen erhalten Sie in Abschnitt 8 „Firmware-Update“.

### 5.5.2 Auswahl des Synchronisationsmodus

#### Auswahl des SM-Synchronisationsmodus mit SyncManager 3 über TwinCAT

Zur Auswahl dieses Synchronisationsmodus gehen Sie wie folgt vor:

- ▶ Wählen Sie im Solution Explorer den Eintrag ACURO.
- ▶ Wählen Sie in der Registerkarte DC den Operationsmodus SM Synchron aus:

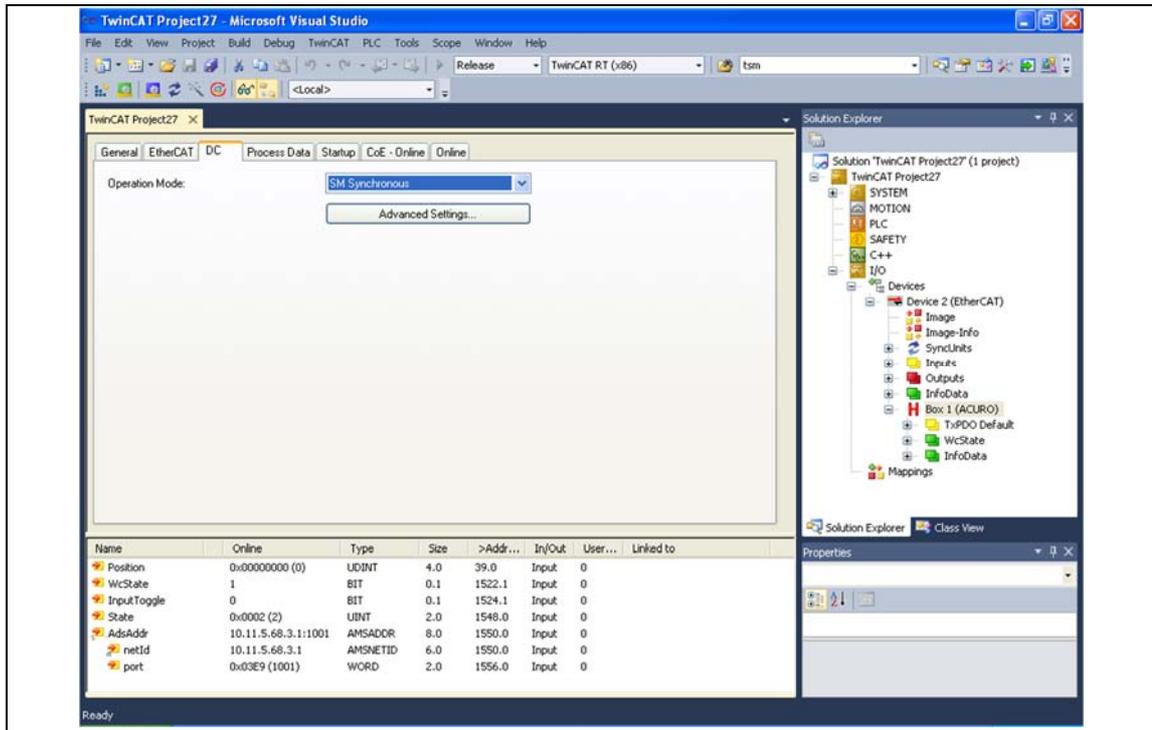


Abb. 9: Auswahl des Synchronisationsmodus

### 5.5.3 DC Timing mit TwinCAT

Abb. 10 zeigt das Timing der Distributed Clocks (DC) mit TwinCAT.

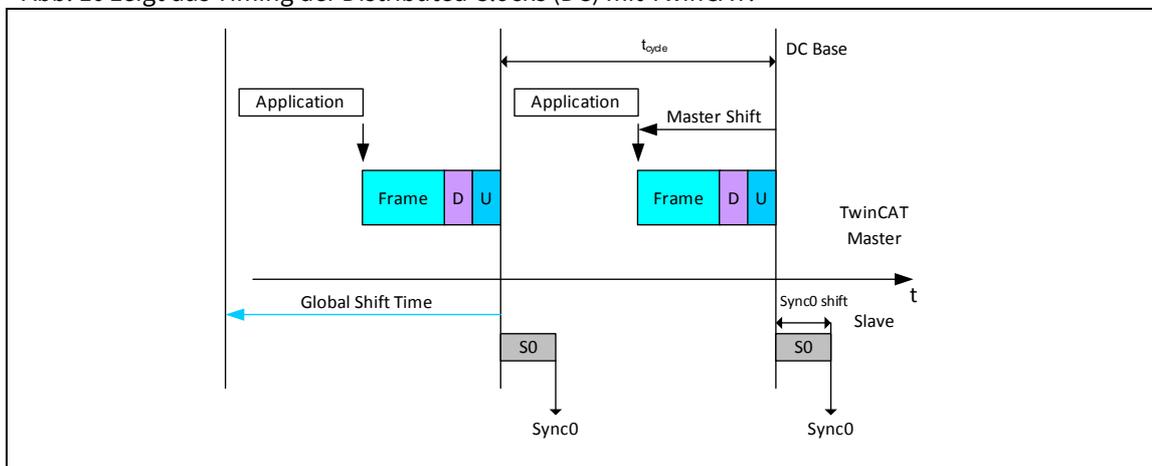


Abb. 10: DC-Timing mit TwinCAT

- ▶ Anwendung: Anwendungsberechnung und IO-Datenaustausch
- ▶ Frame: Sendezeit des Frames (80 ns / Byte)
- ▶ V: Busverzögerung (Laufzeit über Übertragungsleitung (~5 ns/m) und Slaves ~1 µs/Slave)
- ▶ B: benutzerdefinierter Offset (Sicherheitsfaktor)
- ▶ S0: benutzerdefinierter Offset für einzelnen Slave

Wird TwinCAT als EtherCAT-Master verwendet, werden hierüber die Zeitpunkte zum Versand des Frames in Bezug auf den DC-Basiszyklus berechnet. Der Offset wird ausgewählt, um zu gewährleisten, dass die Daten vor dem Synchronisationsereignis am Slave von diesem erhalten werden. Zudem kann der Nutzer für jeden Slave einen individuellen Offset auswählen, um den spezifischen SYNC0-Offset zu definieren (siehe Abb. 10). Der Shift-Wert wird über einen entsprechenden InitCmd, der in der EtherCAT-Netzwerkbeschreibungsdatei (ENI, siehe Referenz [6]) konfiguriert wird, in den Slave geschrieben. Zudem wird das Schlüsselwort `<EtherCATConfig><Config><Slave><DC> <ShiftTime>` definiert (siehe „Shift time of SYNC0 event in ns“ in der von der ETG veröffentlichten ENI-Spezifikation). Um den Modus des Distributed Clock auszuwählen, wählen Sie aus der Liste *Operationsmodus* der Registerkarte DC, die bei Auswahl des Eintrags ACURO im Solution Explorer geöffnet wird, die Option *DC Synchronous*. Dies wird auch in Abschnitt 7.4 „Konfiguration von TwinCAT® für die DC-Funktion“ beschrieben.

## 5.5.4 Konfiguration von SyncManager 3 über das Objektverzeichnis

Folgende Einträge des Objektverzeichnisses sind relevant:

Wert	Index	Sub-Index	Beschreibung
Synchronisationstyp	1C33h	01h	Synchronisationstyp 1: Mit AL-Ereignis dieses Sync Managers synchronisiert
Zykluszeit	1C33h	02h	Die Zykluszeit gibt die Zeit zwischen zwei Ereignissen in ns an.
Minimale Zykluszeit	1C33h	05h	Anwendbare minimale Zykluszeit (in ns).
Index 1C33h, Sub-Index 01h muss auf 1 für Synchronisationsmodus gesetzt werden.			

Tab. 5: Anpassungen im Objektverzeichnis für die Synchronisation über SyncManager 3

Für Informationen über die Abhängigkeit der erreichbaren Zykluszeiten von gewissen Bedingungen und Konfigurationszuständen siehe Abschnitt 9, „Netzwerkleistung“.

## 5.5.5 Datenübertragung

### 5.5.5.1 Übertragung von zyklischen Prozessdaten

Die zyklischen Prozessdaten sind in PDOs (Prozessdatenobjekte) organisiert. Das Modul bietet verschiedene PDOs mit der Position und verschiedenen anderen Informationen. Durch Verwendung der PDO-Zuordnung (siehe „ACURO AC58 EtherCAT® Objektverzeichnis“, Objekt 0x1C13) kann eines dieser PDOs ausgewählt und dem Eingang Sync Manager SM3 zugeordnet werden.

**ZU BEACHTEN!** Der Inhalt der PDOs ist fest, Prozessdaten können durch Auswahl des anzuwendenden PDOs konfiguriert werden.

**ZU BEACHTEN!** Es kann nur ein PDO auf einmal zugeordnet werden.

Die PDO-Services TxPDO1 (0x1A00) bis TxPDO4 (0x1A03) stehen zur Verfügung. Der PDO-Typ wird über Sub-Index 1 des Objektes 1C13h angepasst. Sub-Index 0 dieses Objektes beinhaltet die Anzahl an zugeordneten TxPDOs (0 oder 1). Es sind folgende PDO-Meldungstypen definiert:

PDO-Typ	Wert von Index 0x1C13, Sub-Index 1	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
TxPDO1/ „Standard“	0x1A00	Positionswert (4 Byte) <sup>1)</sup>				-	-	-	-
TxPDO2/ „Typ 1“	0x1A01	Positionswert (4 Byte) <sup>1)</sup>				Flags <sup>2)</sup> (1 Byte)	-	-	-
TxPDO3/ „Typ 2“	0x1A02	Positionswert (4 Byte) <sup>1)</sup>				Geschwindigkeit <sup>3)</sup> (2 Byte)	Für zukünftige Nutzung reserviert <sup>4)</sup> (2 Byte)		
TxPDO4/ „Typ 3“	0x1A03	Positionswert (4 Byte) <sup>1)</sup>				Systemzeit bei Positions-Latch <sup>5)</sup> (4 Byte)			
<sup>1)</sup> Siehe Objektverzeichnis-Index 6004h <sup>2)</sup> Anzeige der Warnpositionen, siehe Objektverzeichnis-Index 2004h <sup>3)</sup> Siehe Objektverzeichnis-Index 2002h, Sub-Index 6 <sup>4)</sup> Inhalt dieser Bytes ignorieren <sup>5)</sup> Siehe Objektverzeichnis-Index 2009h									

Tab. 6: Typen der PDO-Meldungen

**ZU BEACHTEN!** Werte sind in Little-Endian-Byte-Reihenfolge, d. h. Byte 0 = LSB, Byte 3 = MSB usw.

### 5.5.5.2 Übertragung von Servicedaten (Parametereinstellungen)

Sämtliche Geräteparameter werden im Objektverzeichnis (siehe Abschnitt 6 „Objektverzeichnis“) unter standardisierten Adressen abgelegt (Index und Sub-Index) und können über SDOs (Servicedatenobjekte) geschrieben und gelesen werden. SDOs werden über das Handshake-Verfahren (Anforderung oder Bestätigung) zwischen zwei Stationen (Konfigurations-Master und Drehgeber) ausgetauscht.

Es stehen die folgenden zwei SDO-Services zur Verfügung:

- ▶ ein Sende-SDO für Meldungen (zum Beispiel Bestätigung, dass Parameter gesetzt wurde) vom Drehgeber zum Master
- ▶ ein Empfangs-SDO für Meldungen (zum Beispiel Anforderung, einen Parameter zu setzen) vom Master zum Drehgeber

Weitere Informationen erhalten Sie in der EtherCAT-Spezifikation.

### 5.5.5.3 Fehlerbehandlung

In „Tab. 8: Verzeichnis der SDO-Abbruchcodes“ werden die möglichen SDO-Abbruchcodes aufgelistet.

Diese Abbruchcodes setzen sich üblicherweise aus den folgenden Elementen zusammen:

- ▶ Fehlerklasse
- ▶ Fehlercode
- ▶ Zusätzlicher Code

## Fehlerklasse

Die Fehlerklasse (1 Byte) gibt üblicherweise den Fehlertyp an:

Klasse (hex)	Name	Beschreibung
1	vfd-state	Statusfehler im virtuellen Feldgerät
2	application-reference	Fehler im Anwendungsprogramm
3	definition	Definitionsfehler
4	resource	Ressourcenfehler
5	service	Fehler in der Ausführung eines Service
6	access	Zugriffsfehler
7	od	Fehler im Objektverzeichnis
8	other	Sonstiger Fehler

Tab. 7: Mögliche Werte der Fehlerklasse

## Fehlercode

Das Element Fehlercode (1 Byte) gibt die Fehlerursache innerhalb einer Fehlerklasse genauer an. (Für Fehlerklasse = 8 [„Sonstiger Fehler“] ist ausschließlich der Fehlercode = 0 [„Sonstiger Fehlercode“] definiert.) Weitere Details zu dem Fehler können über das Feld Zusätzlicher Code angegeben werden.

## Zusätzlicher Code

Das Feld Zusätzlicher Code (2 Byte) beinhaltet die ausführliche Fehlerbeschreibung.

In der folgenden Tabelle wird die Beziehung zwischen SDO-Abbruchcode und Fehlerklasse, Fehlercode und zusätzlichem Code dargestellt sowie eine kurze Beschreibung des Fehlers geliefert.

SDO-Abbruchcode	Fehlerklasse	Fehlercode	Zusätzlicher Code	Beschreibung
0x00000000	0	0	0	Kein Fehler
0x05030000	5	3	0	Toggle-Bit unverändert – Fehler im Toggle-Bit bei segmentiertem Transfer
0x05040000	5	4	0	SDO-Protokoll-Zeitüberschreitung (bei Dienstaufführung)
0x05040001	5	4	1	Client/Server-Befehlsparameter oder ID ungültig (d. h. unbekannter Befehlsparameter für SDO-Service)
0x05040002	5	4	2	Reserviert
0x05040003	5	4	3	Reserviert
0x05040004	5	4	4	Reserviert
0x05040005	5	4	5	Ungenügender Speicherplatz - Speicherüberlauf bei Ausführung des SDO-

SDO- Abbruchcode	Fehlerklasse	Fehlercode	Zusätzlicher Code	Beschreibung
				Service
0x06010000	6	1	0	Nicht unterstützter Zugriff auf ein Objekt
0x06010001	6	1	1	Versuch, ein Objekt nur mit Schreibzugriff zu lesen (Index kann nur beschrieben und nicht gelesen werden)
0x06010002	6	1	2	Versuch, ein Objekt nur mit Lesezugriff zu beschreiben (Index kann nur gelesen und nicht beschrieben werden - Parametersperre aktiv)
0x06020000	6	2	0	Objekt existiert im Objektverzeichnis nicht – zum Beispiel falscher Index.
0x06040041	6	4	41	Objekt kann nicht ins PDO gemappt werden
0x06040042	6	4	42	Die Anzahl und Länge der zu mappenden Objekte würden die Länge des PDO überschreiten
0x06040043	6	4	43	Allgemeine Parameterinkompatibilität (d. h. das Datenformat des Parameters ist nicht kompatibel mit dem Index).
0x06040044	6	4	44	Reserviert
0x06040047	6	4	47	Allgemeine interne Inkompatibilität im Gerät (geräteinterner Fehler).
0x06060000	6	6	0	Zugriff aufgrund eines Hardwarefehlers nicht möglich (geräteinterner Fehler).
0x06070010	6	7	10	Datentyp passt nicht, Länge des Serviceparameters passt nicht (d. h. Fehler bei Parameterlänge – Datenformat für Index hat falsche Größe)
0x06070012	6	7	12	Datentyp passt nicht, Serviceparameter zu lang – Datenformat zu groß für Index
0x06070013	6	7	13	Datentyp passt nicht, Serviceparameter zu kurz – Datenformat zu klein für Index
0x06090011	6	9	11	Sub-Index existiert nicht.
0x06090030	6	9	30	Wertebereich des Parameters überschritten (nur für Schreibzugriff), d. h. Wert ist ungültig
0x06090031	6	9	31	Wert des geschriebenen Parameters zu hoch.
0x06090032	6	9	32	Wert des geschriebenen Parameters zu

SDO- Abbruchcode	Fehlerklasse	Fehlercode	Zusätzlicher Code	Beschreibung
				gering.
0x06090036	6	9	36	Höchstwert geringer als Mindestwert
0x08000000	8	0	0	Allgemeiner Fehler
0x08000020	8	0	20	Daten können nicht in die Anwendung übertragen oder gespeichert werden.
0x08000021	8	0	21	Daten können aufgrund lokaler Steuerung nicht in die Anwendung übertragen oder gespeichert werden.
0x08000022	8	0	22	Daten können aufgrund des aktuellen Gerätestatus nicht in die Anwendung übertragen oder gespeichert werden.
0x08000023	8	0	23	Die dynamische Objektverzeichnisgenerierung ist fehlgeschlagen oder es ist kein Objektverzeichnis verfügbar (z.B. wird das Objektverzeichnis von einer Datei generiert und die Generierung schlägt aufgrund eines Dateifehlers fehl).

Tab. 8: Verzeichnis der SDO-Abbruchcodes

## 6 Objektverzeichnis

Im Objektverzeichnis eines EtherCAT®-Gerätes sind alle Eigenschaften und Parameter dieses Gerätes abgelegt.

Die gesamten Daten des Objektverzeichnisses befinden sich teilweise im nichtflüchtigen Datenspeicher des Drehgebers, um gegen Spannungsausfälle gesichert zu sein. Diese werden bei Power-on oder Reset in den Arbeitsspeicher (RAM) kopiert.

- ▶ Werden nun Daten im Objektverzeichnis geändert, so wird die Änderung nur im Arbeitsspeicher durchgeführt und geht bei Power-off oder Reset verloren.
- ▶ Sollen die Daten jedoch dauerhaft gesichert werden, so müssen diese unbedingt über das Objekt 1010h (Parameter speichern) in den nichtflüchtigen Datenspeicher übernommen werden. *Die vorher im nichtflüchtigen Datenspeicher vorhandenen Daten werden dadurch überschrieben!*

Der Zugriff auf das Objektverzeichnis (Schreiben oder Lesen von Parametern) erfolgt über die in Kapitel 5.5.5.2 „Übertragung von Servicedaten (Parametereinstellungen)“ beschriebenen SDO-Dienste.

Das Objektverzeichnis ist gegliedert in verschiedene Bereiche:

- ▶ Eigenschaften, die für alle CoE-Geräte gültig sind (ähnlich CiA 301 plus einiger Erweiterungen)
- ▶ Eigenschaften, die für Drehgeber gültig sind (Geräteprofil CiA 406)
- ▶ Eigenschaften, die herstellerspezifisch sind

Die Adresse (Index und Sub-Index), die auf jeden Eintrag im Objektverzeichnis zeigt, ist ebenfalls mit Ausnahme des herstellerspezifischen Bereichs in den Profilen genormt. So ist sichergestellt, dass alle Geräte die im Profil beschriebenen Funktionen (Standard- und optionale Funktionen) immer unter dem gleichen Index liefern. Dies ist Voraussetzung für ein offenes System und für die Austauschbarkeit der Geräte.

Die Einträge im Objektverzeichnis werden durch einen 16-Bit-Index adressiert. Jeder Index-Eintrag kann durch einen Sub-Index weiter untergliedert werden.

### Aufbau einer Objektbeschreibung

Die Beschreibung der Objektverzeichnis-Einträge ist folgendermaßen aufgebaut:

Index (hex)	Sub-Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
-------------	-----------------	------	--------	----------	---------	-----------	--------------

Index:	16-Bit-Adresse des Eintrages
Sub-Index:	8-Bit-Zeiger auf Untereintrag; wird nur bei komplexen Datenstrukturen (z.B. Record, Array) verwendet; wenn kein Untereintrag vorhanden: Sub-Index=0
Name:	kurze Beschreibung der Funktion
Objekt:	NULL: Eintrag ohne Daten DOMAIN: größere variable Datenmenge, z.B. Programmcode DEFTYPE: Definition der Datentypen, z.B. boolean, float, unsigned16 usw. DEFSTRUCT: Definition eines Record-Eintrages, z.B. PDO Mapping Struktur VAR: einzelner Datenwert, z.B. boolean, float, unsigned16, string usw. ARRAY: Feld mit gleichartigen Daten, z.B. unsigned16 Daten RECORD: Feld mit beliebig gemischten Datentypen
Datentyp:	Datentyp, z.B. boolean, float, unsigned16, integer usw.
Zugriff:	gewährte Zugriffsrechte auf das Objekt: rw Schreib- und Lesezugriff ro nur Lesezugriff const nur Lesezugriff, Wert ist eine Konstante
Bedeutung:	Erklärung des beschriebenen Objekts
Standardwert:	Standardwert des beschriebenen Objekts

### Gliederung des gesamten Objektverzeichnisses:

Index (hex)	Objekt
0000	unbenutzt
0001 - 001F	statische Datentypen
0020 - 003F	komplexe Datentypen
0040 - 005F	herstellerspezifische Datentypen
0060 - 0FFF	reserviert
1000 - 1FFF	Kommunikations-Profil
2000 - 5FFF	herstellerspezifisches Profil
6000 - 9FFF	standardisiertes Geräteprofil
A000 - FFFF	reserviert

Tab. 9: Gliederung des gesamten Objektverzeichnisses

## 6.1 ACURO AC58 EtherCAT® Objektverzeichnis

Im Folgenden werden die wichtigsten Elemente, Objekte und Werte des CoE-Objektverzeichnisses definiert.

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
1000:0	Gerätetyp	VAR	UNSIGNED32	ro	Gerätetyp des EtherCAT Slave. Das Objektverzeichnis ist gemäß dem CANopen Drehgeberprofil CiA 406 abgebildet. Das Geräteprofil CiA 406 wird von der ETG derzeit jedoch nicht anerkannt. Aus diesem Grund enthält das Objekt 0x1000 den Wert 0x00000000	0x00000000
1001:0	Fehlerregister	VAR	UNSIGNED8	ro	Fehlerregister Bit 0: allgemeiner Fehler (0 = kein Fehler, 1 = Fehler) Bit 1...7: reserviert (0)	0x00
1003:0	Vordefiniertes Fehlerfeld	ARRAY	UNSIGNED8	rw	Fehlerliste: speichert die letzten 8 Werte des Emergency-Error Codes (siehe Abschnitt 10.1). Das Zusätzliche Informationsfeld beinhaltet die ersten beiden Bytes des herstellereigenen Fehlercodes. Diese beiden Bytes sind vertauscht, um eine einfache visuelle Lesbarkeit in TwinCAT zu gewährleisten. Beim Versand einer Emergency Meldung wird jeder neue Fehler unter Sub-Index 1 abgespeichert; bisherige Einträge rutschen in den nächsthöheren Sub-Index. Der Eintrag unter Sub-Index 0 enthält die Anzahl der gespeicherten Fehler. Durch Schreiben des Wertes 0x00 bei Sub-Index 0 wird die Fehlerliste gelöscht.	0x00
1003:1	Vordefiniertes Fehlerfeld	ARRAY	UNSIGNED32	ro	Fehlerliste: zuletzt gespeicherter Fehler	0x00
1003:2 ... 1003:8	Vordefiniertes Fehlerfeld	ARRAY	UNSIGNED32	ro	Fehlerliste: ältere Fehler	0x00
1008:0	Hersteller-Gerätename	VAR	VISIBLE_STRING	const	Gerätename des EtherCAT-Slaves als nicht nullterminierter String im ASCII-Code	„ACURO“

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
1009:0	Hardware-Version	VAR	VISIBLE_ STRING	const	Hardware-Version des EtherCAT-Slaves als nicht nullterminierter String im ASCII-Code.	0x03
100A:0	Software-Version	VAR	VISIBLE_ STRING	const	Software-Version der Firmware des EtherCAT-Slaves als nicht nullterminierter String im ASCII-Code	(durch Firmware definiert)
1010:0	Parameter abspeichern	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Parameter im nichtflüchtigen Datenspeicher abspeichern; Sub-Index 0 beinhaltet den höchsten unterstützten Sub-Index.	0x01
1010:1	Alle Parameter abspeichern	ARRAY	UNSIGNED32	rw	<p>Alle Anwendungsparameter abspeichern, die von Nutzern geändert werden können.</p> <p>Über diesen Befehl werden die von den folgenden CoE-Objekten spezifizierten Parameter abgespeichert: 0x2000:1..4, 0x2001, 0x2002:1..5, 0x2003:2..3, 0x2120:2..3, 4402, 0x6000, 0x6001, 0x6002, 0x6003, 0x6509</p> <p>Das Abspeichern erfolgt durch Schreiben der Signatur 0x65766173 (ASCII-Code „save“ in Little-Endian-Format) unter Sub-Index 1. Alle anderen Werte werden abgelehnt.</p> <p>Lesezugriff auf Sub-Index 1 liefert Informationen zur Speicherfunktionalität:            Bit 0 = 1: Gerät speichert Parameter auf Befehl            Bit 1 = 0: Gerät speichert Parameter nicht selbstständig            Bit 2...31 = 0: reserviert</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Ein Eintrag im nichtflüchtigen Speicher erfolgt nur, wenn mindestens ein Parameter von den bereits abgespeicherten Werten abweicht.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Standardeinstellungen des Anwenders sind standardmäßige Nutzerparameter und werden durch den Befehl „Alle Parameter abspeichern“ überschrieben.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Beschreibbar in den Zuständen PRE-OPERATIONAL und OPERATIONAL.</p>	0x01 (bei Lesezugriff)
1011:0	Standard-Werte laden	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Standard-Werte laden; Sub-Index 0 beinhaltet den höchsten unterstützten Sub-Index.	0x01

Index Sub-Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
1011:1	Alle Werte laden	ARRAY	UNSIGNED32	rw	<p>Alle Parameter temporär mit ihrem werksseitigen Standardwert laden. Die Standardwerte werden bei Durchführung eines Resets des Gerätes wirksam.</p> <p>Das Laden der Parameter erfolgt durch Schreiben der Signatur 0x64616F6C (ASCII-Code „load“ in Little-Endian-Format) unter Sub-Index 1. Alle anderen Werte werden abgelehnt.</p> <p>Lesezugriff auf Sub-Index 1 liefert Informationen zur Ladefunktionalität:            Bit 0 = 1: Gerät lädt Standardparameter            Bit 1...31 = 0: reserviert</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Durch den Befehl zum Laden erfolgt ein Neustart und der Lesevorgang der Datei der Nutzerparameter wird einmalig übersprungen. Somit sind die geladenen werksseitigen Standardwerte nur bis zum nächsten Reset des Gerätes wirksam. Um die Nutzerparameter dauerhaft durch ihre werksseitigen Standardwerte zu ersetzen, führen Sie den Befehl „Parameter abspeichern“ (Objekt 0x1010) durch.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Standardwerte des Anwenders werden im letzten Schritt der Produktion geschrieben und agieren anschließend als normale Parameter: Durch das Zurücksetzen auf Firmware-Standardwerte werden die Standardwerte des Anwenders überschrieben.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.</p>	0x01 (bei Lesezugriff)
1018:0	Identitätsobjekt	RECORD	Identity	const	Sub-Index 0 enthält die Anzahl der Einträge	0x04
1018:1	Identitätsobjekt: Vendor-ID	RECORD	UNSIGNED32	const	Vendor-ID der Hengstler GmbH, zugewiesen von der ETG	0x20041961
1018:2	Identitätsobjekt: Productcode	RECORD	UNSIGNED32	const	Produktcode des EtherCAT-Slaves im BCD-Code. Für die ACURO-Familie lautet der Produktcode 547.	0x00000547

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
1018:3	Identitätsobjekt: Revision Number	RECORD	UNSIGNED32	const	Revision Number des EtherCAT-Slaves. Der Revisionsstand wird auf die Kompatibilität zwischen der ESI-Datei und dem Gerät geprüft und wird nicht geändert, solange die Kommunikationsfunktionen gleichbleiben. Es werden fortlaufende Nummern verwendet, beginnend bei 1, und für jede Änderung am Gerät oder seiner Firmware mit Auswirkungen auf die ESI-Datei um jeweils 1 erhöht.	--
1018:4	Identitätsobjekt: Seriennummer	RECORD	UNSIGNED32	const	Seriennummer des EtherCAT-Slaves (der Bushaube, sofern von Drehgebergehäuse abweichend)	--
1A00:0	TxPDO1-Mapping- Parameter	RECORD	UNSIGNED8	ro	PDO-Mapping TxPDO „Standard“ Sub-Index 0 enthält die Anzahl der Mapping-Einträge in diesem PDO.	1
1A00:1	TxPDO1-Mapping: Sub-Index 01	RECORD	UNSIGNED32	ro	1. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Standard“: Objekt 0x6004:00 Positionswert	0x60040020
1A01:0	TxPDO2-Mapping- Parameter	RECORD	UNSIGNED8	ro	PDO-Mapping TxPDO „Typ 1“ Sub-Index 0 enthält die Anzahl der Mapping-Einträge in diesem PDO.	2
1A01:1	TxPDO2-Mapping: Sub-Index 01	RECORD	UNSIGNED32	ro	1. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Typ 1“: Objekt 0x6004:00 Positionswert	0x60040020
1A01:2	TxPDO2-Mapping: Sub-Index 02	RECORD	UNSIGNED32	ro	2. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Typ 1“: Objekt 0x2004:00 Anzeige der Warnpositionen	0x20040008
1A02:0	TxPDO3-Mapping- Parameter	RECORD	UNSIGNED8	ro	PDO-Mapping TxPDO „Typ 2“ Sub-Index 0 enthält die Anzahl der Mapping-Einträge in diesem PDO.	3
1A02:1	TxPDO3-Mapping: Sub-Index 01	RECORD	UNSIGNED32	ro	1. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Typ 2“: Objekt 0x6004:00 Positionswert	0x60040020
1A02:2	TxPDO3-Mapping: Sub-Index 02	RECORD	UNSIGNED32	ro	2. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Typ 2“: Objekt 0x2002:06 Ist-Geschwindigkeit	0x20020610
1A02:3	TxPDO3-Mapping: Sub-Index 03	RECORD	UNSIGNED32	ro	3. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Typ 2“: für zukünftige Nutzung reserviert.	0x20030610
1A03:0	TxPDO4-Mapping- Parameter	RECORD	UNSIGNED8	ro	PDO-Mapping TxPDO „Typ 3“ Sub-Index 0 enthält die Anzahl der Mapping-Einträge in diesem PDO. <b>ZU BEACHTEN!</b> Das Mapping von	2

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
					TxPDO4 „Typ 3“ ist das gleiche wie in PDO-Typ „Typ 1“ plus einem zusätzlichen Eintrag für die Systemzeit im Positions-Latch.	
1A03:1	TxPDO4-Mapping: Sub-Index 01	RECORD	UNSIGNED32	ro	1. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Typ 3“: Objekt 0x6004:00 Positionswert	0x60040020
1A03:2	TxPDO4-Mapping: Sub-Index 02	RECORD	UNSIGNED32	ro	2. PDO-Mapping-Eintrag von TxPDO „Typ 3“: Objekt 0x2009:00 Systemzeit	0x20090020
1C00:0	Sync Manager Kommunikationstyp	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Anzahl der verwendeten Sync Manager Kanäle	4
1C00:1	Sync Manager Kommunikationstyp	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Kommunikationstyp Sync Manager 0	1 (Mailbox erhalten)
1C00:2	Sync Manager Kommunikationstyp	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Kommunikationstyp Sync Manager 1	2 (Mailbox senden)
1C00:3	Sync Manager Kommunikationstyp	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Kommunikationstyp Sync Manager 2	0 (Prozessdaten ausgabe ungenutzt)
1C00:4	Sync Manager Kommunikationstyp	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Kommunikationstyp Sync Manager 3	4 (Prozessdaten eingang, Slave zu Master)
1C10:0	Sync Manager 0 PDO- Zuordnung	ARRAY	UNSIGNED8	rw	Keine PDO-Zuordnung für Sync Manager 0 zulässig. Sub-Index 0 hat den festen Wert 0.	0
1C11:0	Sync Manager 1 PDO- Zuordnung	ARRAY	UNSIGNED8	rw	Keine PDO-Zuordnung für Sync Manager 1 zulässig. Sub-Index 0 hat den festen Wert 0.	0
1C12:0	Sync Manager 2 PDO- Zuordnung	ARRAY	UNSIGNED8	rw	Keine PDO-Zuordnung für Sync Manager 2 zulässig. Sub-Index 0 hat Lese- und Schreibzugriff, akzeptiert jedoch ausschließlich den Wert 0. <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	0
1C13:0	Sync Manager 3 PDO- Zuordnung – Anzahl der zugeordneten PDOs	ARRAY	UNSIGNED8	rw	Anzahl der zugeordneten TxPDOs (0 oder 1) Um die Zuordnung zu ändern, muss Sub-Index 0 auf 0 gesetzt werden, dann wird die Zuordnung geschrieben und dann der Sub-Index 0 auf die Anzahl der zugeordneten PDOs gesetzt. <b>ZU BEACHTEN!</b> Das Gerät unterstützt nur 1 zugeordnetes TxPDO auf einmal. <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-	1

Index Sub-Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
					OPERATIONAL beschreibbar.	
1C13:1	Sync Manager 3 PDO-Zuordnung	ARRAY	UNSIGNED16	rw	PDO-Mapping-Objektindex des zugeordneten PDO: 0x1A00: TxPDO 1 ... 0x1A03: TxPDO 4 <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	0x1A00: TxPDO 1 („Standard“)
1C33:0	Sync Manager Synchronisation SM3	RECORD	UNSIGNED8	ro	Anzahl der Synchronisationsparameter	32
1C33:1	Synchronisationstyp	RECORD	UNSIGNED16	rw	Synchronisationstyp 0x01: Synchronisation mit SM3-Ereignis 0x02: Synchronisation mit DC Sync0-Ereignis <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	0x01: synchronisiert mit SM3-Ereignis
1C33:4	Unterstützte Synchronisationstypen	RECORD	UNSIGNED16	ro	Bit 1: Synchron unterstützt Bit 4:2 : DC-Typ unterstützt: 001 = DC Sync0	0x00000006
1C33:5	Minimale Zykluszeit	RECORD	UNSIGNED32	ro	Gibt die minimale Zykluszeit für die aktuelle Konfiguration in Nanosekunden an.	62,5 µs
1C33:6	Eingang Berechnungs- & Kopierzeit	RECORD	UNSIGNED32	ro	Gibt die Zeit an, die für den Positions-Latch, das Auslesen und die Verarbeitung für die aktuelle Konfiguration benötigt wird <b>ZU BEACHTEN!</b> Berechnungs- & Kopierzeit ausschließlich im synchronisierten DC-Modus verfügbar. Andernfalls ist dieser Wert immer 0.	-
1C33:12	Zähler für zu kurze Zykluszeit	RECORD	UNSIGNED16	ro	Dieser Fehlerzähler wird erhöht, sobald die Zykluszeit zu kurz ist, so dass der lokale Zyklus nicht beendet werden kann und Eingangsdaten erst beim nächsten SM-Ereignis zur Verfügung gestellt werden können.	
1C33:32	Synchronisationsfehler	RECORD	BOOL	ro	1: Synchronisationsfehler entstanden	

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
2000:0	Warnpositionen	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Definiert bis zu 4 Warnpositionen auf der Grundlage des skalierten Positionswertes. In Abhängigkeit der Einstellung in Sub-Index 1...4 wird das entsprechende Bit in Objekt 0x2004 Anzeige der Warnpositionen oder in TxPDO 2 gesetzt, sobald die Position den programmierten Wert über- oder unterschreitet. Sub-Index 0: Anzahl der Warnpositionen	4
2000:1 ... 2000:4	Warnposition 1.4	ARRAY	UNSIGNED32	rw	Warnposition 1 ... 4: Bit 0...29: Warnposition im Wertebereich 0 ... Gesamtmessbereich (Objekt 0x6002) Bit 30: 1 aktiviert Warnung, wenn Position gleich oder niedriger als Warnposition ist Bit 31: 1 aktiviert Warnung, wenn Position gleich oder höher als Warnposition ist <b>ZU BEACHTEN!</b> Der Wertebereich der Warnposition beträgt maximal 30 Bit. Fällt der Gesamtmessbereich in Objekt 0x6002 höher aus, so kann die Warnposition nicht den gesamten Messbereich abdecken. <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	Bit 0...29: 0 Bit 30: 0 Bit 31: 0
2001	Konfigurierter Offset-Wert	VAR	SIGNED32	rw	Konfigurierter Offset-Wert <b>ZU BEACHTEN!</b> Der Offset-Wert 0x2001 ist herstellerspezifisch und unterscheidet sich sowohl von 0x650a:1 als auch von 0x6509. Er wird nach Skalieren, Preset-Berechnung und Modulo-Operation hinzugefügt. Er verschiebt den Wertebereich der skalierten Position von 0 ... „Gesamtmessbereich“ (0x6002) auf „Offset-Wert“ (0x2001) ... (0x6002 + 0x2001). <b>ZU BEACHTEN!</b> Der konfigurierte Offset-Wert wird nur angewendet, wenn die Skalierungsfunktion aktiviert ist (Objekt 0x6000 Bit 2 = 1) <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	0
2002:0	Geschwindigkeit	RECORD	UNSIGNED8	ro	Höchster unterstützter Sub-Index	6

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
2002:1	Integrationszeit	RECORD	UNSIGNED16	rw	Integrationszeit dT für Geschwindigkeitsberechnung dPos/dT in Millisekunden. Wertebereich: 1...100 ms. Eine genauere Geschwindigkeitsberechnung erfordert eine Integrationszeit von mindestens 50 ms. Die Integrationszeit wird auf ein ganzzahliges Vielfaches der EtherCAT-Zykluszeit aufgerundet.	100
2002:2	Multiplikatorwert	RECORD	UNSIGNED16	rw	Multiplikator für die Skalierung der Geschwindigkeit. Ermöglicht die Konfiguration der Einheit, in der der Geschwindigkeitswert in 0x2002:6 angegeben werden soll. Der Wert 0 wird ignoriert.	1
2002:3	Teilerwert	RECORD	UNSIGNED16	rw	Teiler für die Skalierung der Geschwindigkeit. Ermöglicht die Konfiguration der Einheit, in der der Geschwindigkeitswert in 0x2002:6 angegeben werden soll. Der Wert 0 wird ignoriert.	1
2002:4	Unterer Geschwindigkeitsgrenzwert	RECORD	UNSIGNED16	rw	Unterer Grenzwert für die Geschwindigkeit (erkennt, wenn der Drehgeber zu langsam läuft) Wertebereich 0, 1...16.383 Fällt der Absolutwert der skalierten Geschwindigkeit unter den hier konfigurierten Grenzwert, wird die Warnmeldung zur Frequenzüberschreitung (Objekt 0x6505, Bit 0) aktiviert und die entsprechende Warnmeldung ausgelöst. Der Wert 0 deaktiviert die Prüfung der unteren Geschwindigkeitsgrenze.	0

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
2002:5	Oberer Geschwindigkeits- grenzwert	RECORD	UNSIGNED16	rw	Oberer Grenzwert für die Geschwindigkeit (erkennt, wenn der Drehgeber zu schnell läuft) Wertebereich 0, 1 ... 16.383 Überschreitet der Absolutwert der skalierten Geschwindigkeit den hier konfigurierten Grenzwert, wird die Warnmeldung zur Frequenzüberschreitung (Objekt 0x6505, Bit 0) aktiviert und die entsprechende Warnmeldung ausgelöst. Der Wert 0 deaktiviert die Prüfung der oberen Geschwindigkeitsgrenze.	0

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
2002:6	Ist-Geschwindigkeit (Actual Speed)	RECORD	SIGNED16	ro	<p>Skalierter Geschwindigkeitswert</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Die Geschwindigkeit wird anhand der Differenz der Positionsrohdaten pro Zeitintervall berechnet. Skalierung über CoE-Objekt 0x6001 wird nicht berücksichtigt. Für Multiplikator = Teiler = 1 zeigt die Ist-Geschwindigkeit die reinen Positionsschritte pro Sekunde an.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Die Ist-Geschwindigkeit ist nur wirksam, solange sie im Bereich von Signed16 [-32.767, 32.765] liegt.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Die Ist-Geschwindigkeit kann anhand folgender Formel in Umdrehungen pro Minute (U/MIN) umgewandelt werden:</p> $\text{<Ist-Geschwindigkeit in U/min>} = \text{<Ist-Geschwindigkeit in CoE-Objekt 2002:6>} * \text{<Multiplikatorwert in CoE-Objekt 2002:2>} / \text{<Teilerwert in CoE-Objekt 2002:3>} / \text{<Singleturnauflösung in CoE-Objekt 6501:0>} * 60$ <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Der Wert 0x7FFE gibt an, dass die Ist-Geschwindigkeit den positiven Höchstwert erreicht hat, und ist somit unwirksam.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Der Wert 0x7FFF gibt einen EtherCAT-Timing-Fehler an, der auftritt, wenn die EtherCAT-Zykluszeit zu lang für die Geschwindigkeitsberechnung ist. Der Fehler kann durch Reduzierung der DC-Zykluszeit oder Erhöhung der Integrationszeit in CoE-Objekt 2002:1 behoben werden.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Die Ist-Geschwindigkeit ist nur dann verfügbar, wenn das CoE-Objekt 1C13:1 „Sync Manager 3 PDO-Zuordnung“ 0x1A02 entspricht. Andernfalls ist der Inhalt undefiniert.</p>	

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
					<p><b>ZU BEACHTEN!</b> Die Datengenauigkeit der aktuellen Geschwindigkeit ist abhängig von der Genauigkeit der EtherCAT-Zykluszeit (Operationsmodus „DC SYNC0 für Synchronisation“ ist ausgewählt). Die aktuelle Geschwindigkeit kann um 1 U/min abweichen, jedoch um maximal 1 % der tatsächlichen Geschwindigkeit.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Die EtherCAT-Zykluszeit sollte 50 % der im CoE-Objekt 2002:1 definierten Integrationszeit nicht überschreiten. Andernfalls entsteht ein Timing-Fehler (CoE-Objekt 2002:6 wird 0x7FFF).</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Für Singleturn-Drehgeber sollte die EtherCAT-Zykluszeit 1 ms nicht überschreiten. Andernfalls entsteht ein Timing-Fehler (CoE-Objekt 2002:6 wird 0x7FFF).</p>	
2003:0	Beschleunigung	RECORD	UNSIGNED8	ro	Für zukünftige Nutzung reserviert	
2003:1	Integrationszeit	RECORD	UNSIGNED16	ro	Für zukünftige Nutzung reserviert	
2003:2	Multiplikatorwert	RECORD	UNSIGNED16	rw	Für zukünftige Nutzung reserviert	
2003:3	Teilerwert	RECORD	UNSIGNED16	rw	Für zukünftige Nutzung reserviert	
2003:4/5	(nicht genutzt)				Für zukünftige Nutzung reserviert	
2003:6	Ist-Beschleunigung	RECORD	SIGNED16	ro	Für zukünftige Nutzung reserviert	

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
2004	Anzeige der Warnpositionen	VAR	UNSIGNED8	ro	<p>Anzeige der Warnpositionen: Die Bits werden auf 1 gesetzt, wenn die Position die programmierte Warnposition je nach Bitnummer überschreitet, unterschreitet oder ihr entspricht.</p> <p>Bit 0: Position größer oder gleich Warnposition 1            Bit 1: Position kleiner oder gleich Warnposition 1            Bit 2: Position größer oder gleich Warnposition 2            Bit 3: Position kleiner oder gleich Warnposition 2            Bit 4: Position größer oder gleich Warnposition 3            Bit 5: Position kleiner oder gleich Warnposition 3            Bit 6: Position größer oder gleich Warnposition 4            Bit 7: Position kleiner oder gleich Warnposition 4</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Anzeige der Warnpositionen ist nur verfügbar, wenn in PDO konfiguriert. Andernfalls ergibt der Lesezugriff auf 0x2004 den Wert 0x00.</p>	0x00
2006	Drehgeberprotokoll	VAR	UNSIGNED8	ro	<p>Das Protokoll, das intern von der Bushaube für die Kommunikation mit dem Codierungsmodul verwendet wird.</p> <p>1: BiSS-C            2: BiSS-C unidirektional            3: SSI Standard            4: SSI Extended            67: SSI Standard Gray-codiert            68: SSI Extended Gray-codiert            129: BiSS-C mit umgekehrter Datenleitung            130: BiSS-C unidirektional mit umgekehrter Datenleitung            131: SSI Standard mit invertierter Datenleitung            132: SSI Extended mit invertierter Datenleitung            195: SSI Standard mit invertierter Datenleitung, Gray-codiert            196: SSI Extended mit invertierter Datenleitung, Gray-codiert</p>	--
2009	Systemzeit	VAR	UNSIGNED32	ro	Systemzeit bei letztem Positions-Latch in	---

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
					ns. <b>ZU BEACHTEN!</b> Systemzeit ist nur verfügbar, wenn in PDO konfiguriert. Andernfalls ergibt der Lesezugriff auf 0x2009 den Wert 0.	
2120:0	Temperatur	RECORD	UNSIGNED8	ro	Höchster unterstützter Sub-Index Der Drehgeber weist in seinem geschützten Bereich Temperaturgrenzen auf, mit denen er die Ist-Temperatur vergleicht. Im Falle eines BiSS-C-Drehgebers kann die Ist-Temperatur während des Prozessdatenaustauschs gelesen werden. In diesem Fall hat der Nutzer die Möglichkeit, Temperaturgrenzwerte (die von den im Drehgeber-ASIC gespeicherten Werten abweichen) zu schreiben. Die Bushaube vergleicht die Ist-Temperatur periodisch mit diesen Grenzwerten und erzeugt eine Warnung in Objekt 0x6505, wenn der lokale Temperaturbereich überschritten wird.	4
2120:1	(nicht genutzt)	RECORD	SIGNED8	ro		
2120:2	Unterer Temperaturgrenzwert	RECORD	SIGNED8	rw	Unterer Temperaturgrenzwert in °C Wertebereich: -128 °C bis 127 °C <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	-40 °C
2120:3	Oberer Temperaturgrenzwert	RECORD	SIGNED8	rw	Oberer Temperaturgrenzwert in °C Wertebereich: -128 °C bis 127 °C <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	+85 °C
2120:4	Ist-Temperatur	RECORD	SIGNED8	ro	Ist-Temperatur in °C Der Wert wird zyklisch alle 1...2 Sekunden aus dem Drehgeber zur Grenzwertprüfung in der Bushaube ausgelesen. Der zuletzt zwischengespeicherte Wert wird zur Verfügung gestellt, wenn ein SDO-Upload ausgeführt wird. <b>ZU BEACHTEN!</b> Überschreitet die Ist-Temperatur 127° C, so bleibt der Wert in diesem Sub-Index auf 127° C begrenzt. <b>ZU BEACHTEN!</b> Ist das Drehgeberprotokoll (Objekt 0x2006) auf „SSI Standard“ oder „BiSS unidirektional“ gesetzt, so ist dieser Wert immer 0.	-

Index Sub-Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
2121	Produktionsdatum	VAR	UNSIGNED16	ro	Monat und Jahr der Produktion der Bushaube in BCD-Format: 0xMMYY, wobei MM = 01...12 und YY = 00...99	--
2122	Artikel-Nummer	VAR	VISIBLE_STRING	ro	Artikel-Nummer (der Bushaube, sofern von Drehgebergehäuse abweichend)	„1547298“
4400:0	Debug-Zähler	RECORD	UNSIGNED8	ro	Diagnoseobjekt, um Fehler in der Drehgeberkommunikation sowie in der EtherCAT-Synchronisation zu zählen.	2
4400:1	BiSS-Fehlerzähler	RECORD	UNSIGNED32	rw	Summe aller in der BiSS/SSI-Kommunikation erkannten Fehler. Schreiben des Wertes 0 setzt den Fehlerzähler 0x4400:1 sowie BiSS Master bezogene Zähler in 0x4401 zurück.	0
4400:2	SM3 Missed Zähler	RECORD	UNSIGNED32	rw	Zählt „SyncManager 3 missed“ Ereignisse, d. h. Eingabedaten wurden während des SYNC0-Zyklus vom SM3 EtherCAT-Frame nicht genutzt. Schreiben des Wertes 0 setzt den Zähler zurück.	0
4401:0	BissM-Fehlerzähler	RECORD	UNSIGNED8	ro	Diagnoseobjekt mit umfangreichen Zählern für BiSS/SSI-Master-Fehler.	21
4401:1 ... N	Debug-Zähler	RECORD	UNSIGNED32	ro	Verschiedene Zähler der verschiedenen BiSS-Master-Fehlerbedingungen, und für die Restwertspeicher-Überwachung. Schreiben des Wertes 0 in 0x4400:1 setzt alle BiSS Master bezogenen Zähler in 0x4401 zurück	
4402	Fehlerschwelle Drehgeberkommunikation	VAR	UNSIGNED8	rw	Schwelle für Fehlermeldungen über Fehler in der Drehgeberkommunikation. Jeder fehlerhafte BiSS/SSI-Frame setzt den Zähler hoch. Jeder fehlerfreie Frame setzt den Zähler runter. Sobald dieser Zähler die Schwelle erreicht, wird die entsprechende Warnmeldung ausgegeben. <b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.	1

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
6000:0	Betriebsparameter	VAR	UNSIGNED16	rw	<p>Bit 0: Codefolge: 0 = im Uhrzeigersinn, 1 = gegen den Uhrzeigersinn</p> <p>Bit 1: ungenutzt</p> <p>Bit 2: Steuerung Skalierungsfunktion: 1= aktivieren (siehe Objekte 0x6001, 0x6002, 0x2001)</p> <p>Bit 3...11: ungenutzt</p> <p>Bit 12: Restwertberechnung (1 = aktivieren); eine Änderung des Bits wird erst nach einem Geber-Reset wirksam</p> <p>Bit 13...15: ungenutzt</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Bei Einstellung der Codefolge auf gegen den Uhrzeigersinn entsteht ein Sprung des Positionswertes von (Positionswert) auf (Positionsbereich – Positionswert) und umgekehrt.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Bei einer Änderung der Codefolge (Bit 0) oder bei Aktivierung/ Deaktivierung der Skalierungsfunktion (Bit 2) wird der Preset-Wert (siehe Objekt 0x6003) gelöscht.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Die Restwertberechnung steht ausschließlich für Multiturn-Drehgeber zur Verfügung.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Bit 1, 3...11 und 13...15 müssen auf 0 gesetzt werden.</p>	<p>Bit 0 = 0 (im Uhrzeigersinn)</p> <p>Bit 1 = 0</p> <p>Bit 2 = 0 (deaktivieren)</p> <p>Bit 3...11 = 0</p> <p>Bit 12 = 0 (deaktivieren)</p> <p>Bit 13...15 = 0</p>
6001:0	Messschritte pro Umdrehung	VAR	UNSIGNED32	rw	<p>Dieser Parameter stellt die gewünschte Auflösung pro Umdrehung dar. Der Geber berechnet sich intern den entsprechenden Skalierungsfaktor: <math>SKF = (0x6001/0x6501)</math>.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Bei einer Änderung der Auflösung 0x6001 wird der Preset-Wert (siehe Objekt 0x6003) gelöscht. Die skalierte Position wird mit der neuen Skalierung auf der Grundlage eines Offsets von 0 neu berechnet (wodurch ein Sprung in Objekt 0x6004 entsteht). Wertebereich: <math>1 \dots 2^{32} - 1</math></p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.</p>	Standardwert: physikalische Auflösung pro Umdrehung (Singleturnauflösung)

Index Sub-Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
6002:0	Gesamtanzahl der Messschritte	VAR	UNSIGNED32	rw	<p>Gibt den gewünschten Gesamtmessbereich an. Wertebereich der skalierten Position: 0 ... (0x6002 - 1). Nach der angegebenen Anzahl der Messschritte steht der Wert wieder auf 0 (Modulo-Operation).</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Zulässiger Wertebereich für Objekt 0x6002: 1 ... max. physikalische Gesamtauflösung. Um den gesamten Bereich von 32 Bit zu unterstützen, wird der Wert 0 als 0x100000000 interpretiert, was zu einem skalierten Positionsbereich von 0 ... (<math>2^{32} - 1</math>) führt.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Bei einer Änderung des Messbereichs 0x6002 wird der Preset-Wert (siehe Objekt 0x6003) gelöscht. Die skalierte Position wird mit der neuen Skalierung auf der Grundlage eines Offsets von 0 neu berechnet (wodurch ein Sprung in Objekt 0x6004 entsteht).</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Ohne Restwertberechnung sind ausschließlich Werte von (<math>2x * 0x6001</math>) mit <math>x = 0...12</math> zulässig. Andernfalls</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ tritt immer beim physikalischen Nulldurchgang ein Sprung in der skalierten Position auf (bei Singleturn nach jeder Umdrehung, bei x-Bit-Multiturn nach 2x Umdrehungen).</li> <li>▶ nimmt die EtherCAT-Zykluszeit zu</li> </ul> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Mit Restwertberechnung können beliebige Werte eingegeben werden. In diesem Modus wird der Restwertfehler, der bei jedem physikalischen Nulldurchgang entsteht, kompensiert.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Nur im Zustand PRE-OPERATIONAL beschreibbar.</p>	<p>Standardwert: physikalische Gesamtauflösung.</p> <p>Beispiele:</p> <p>AC58/1219: Gesamtauflösung = <math>2^{12} * 2^{19}</math> = 2147483648 = 0x80000000</p> <p>AC58/1220: Gesamtauflösung = <math>2^{12} * 2^{20}</math> = 4294967296 = 0x100000000 → 0x00000000</p>

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
6003:0	Preset-Wert	VAR	UNSIGNED32	rw	<p>Der Positionswert des Gebers wird auf den in Objekt 0x6003 angegebenen Wert eingestellt. Intern berechnet das Gerät einen entsprechenden Offset-Wert (Offset = Preset – Position), der über Objekt 0x6509 gelesen werden kann.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Der Preset-Wert sollte ausschließlich auf einen Wert zwischen 0 und [Gesamtanzahl der Messschritte – 1] gesetzt werden. Die Einstellung eines höheren Preset-Wertes kann zu fehlerhaften Positionsdaten führen.</p> <p>Herstellerspezifisch: Durch Schreiben des Wertes 0xFFFFFFFF wird der Preset-Wert gelöscht: Objekt 0x6509 „Offset“ wird auf 0 gesetzt.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Bei einer Änderung der Codefolge oder bei Aktivierung/ Deaktivierung der Skalierung (0x6000) oder bei Änderung der Skalierung (0x6001/0x6002) wird der Preset- Wert gelöscht: 0x6509 „Offset“ wird auf 0 gesetzt. Die skalierte Position wird mit der neuen Skalierung auf der Grundlage eines Offsets von 0 neu berechnet (wodurch ein Sprung in Objekt 0x6004 entsteht).</p> <p>Objekt 0x6003 „Preset-Wert“ wird auf 0xFFFFFFFF gesetzt, um anzugeben, dass kein gültiger Preset-Wert eingestellt wurde. Da der neue Skalenwert erst eingestellt wird, wenn der Drehgeber in den Modus OPERATIONAL wechselt, muss der Drehgeber nach Änderung des Skalenwertes in den Modus OPERATIONAL versetzt werden, bevor für die Eingabe des neuen Preset-Wertes wieder in den Modus PRE-OPERATIONAL gewechselt werden kann.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Nachfolgende Lesezugriffe auf dieses Objekt liefern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- den zuletzt geschriebenen Preset-Wert oder</li> <li>- 0xFFFFFFFF falls zurückgesetzt, siehe vorherige Anmerkungen ungeachtet dessen, ob sich die physikalische Position in der Zwischenzeit geändert hat oder nicht.</li> </ul>	0xFFFFFFFF

Index Sub-Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
6004:0	Positionswert	VAR	UNSIGNED32	ro	<p>Aktueller (mit Skalierungsfaktor, Preset und Offset verrechneter) Positionswert.</p> <p><b>ZU BEACHTEN!</b> Bei aktivierter Skalierung ist der Wertebereich des Objektes 0x6004 auf den Mindestwert der folgenden Werte beschränkt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Messschritte pro Umdrehung * Multiturnaflösung (CoE 0x6001 * 0x6502) und</li> <li>▶ in CoE 0x6002 konfigurierte Gesamtanzahl der Messschritte.</li> </ul>	
6500:0	Betriebsstatus	VAR	UNSIGNED16	ro	Das Objekt zeigt die über Objekt 0x6000 „Betriebsparameter“ programmierten Einstellungen an. Für eine Beschreibung der Bits siehe Objekt 0x6000.	0x00000000
6501:0	Singleturnaflösung	VAR	UNSIGNED32	ro	Anzahl der Messschritte pro Umdrehung, die für den absoluten Singleturn-Positionswert ausgegeben werden	<p>Abhängig vom Drehgebertyp. Bsp. AC58/1217: Singleturn-aflösung = <math>2^{17}</math> = 131.072 = 0x20000</p>
6502:0	Anzahl der erkennbaren Umdrehungen	VAR	UNSIGNED16	ro	Anzahl der Umdrehungen, die der Multiturn-Drehgeber messen kann (Multiturnaflösung).	<p>Abhängig vom Drehgebertyp. Bsp. AC58/1217: Multiturn-aflösung = <math>2^{12}</math> = 4.096 = 0x1000</p>

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
6503:0	Alarmmeldungen	VAR	UNSIGNED16	ro	<p>Zusätzlich zu den Emergency Meldungen bietet dieses Objekt weitere Alarmmeldungen. Ein Alarm wird ausgelöst, wenn eine Fehlfunktion im Drehgeber zu einem falschen Positionswert führen kann. Bei Auftreten eines Alarms wird das zugehörige Fehlerbit auf 1 gesetzt, solange der Fehler anliegt.</p> <p>Bit 0: Positionsfehler (0 = kein Fehler, 1 = Fehler) Dieses Bit wird gesetzt, wenn der Drehgeber einen Fehler über das Alarm-/ Fehlerbit in den zyklischen Daten über BiSS/SSI meldet oder wenn ein Fehler in der Kommunikation zwischen der Bushaube und dem Drehgeber entsteht.</p> <p>Bit 1...15: reserviert (0)</p> <p>Bei Auftreten eines Alarms wird gleichzeitig eine Emergency Meldung mit dem Fehlercode 0x1000 (allgemeiner Fehler) gesendet. Im Fehlerregister (Objekt 0x1001) wird Bit 0 „Allgemeiner Fehler“ ebenfalls gesetzt. Das herstellerepezifische Fehlerfeld des Emergency-Falls wird unter 10.1 genauer spezifiziert.</p>	0x0000
6504:0	Unterstützte Alarmmeldungen	VAR	UNSIGNED16	ro	<p>Liefert Informationen über die vom Drehgeber unterstützten Alarmmeldungen.</p> <p>Bit 0 = 1: Positionsfehler wird unterstützt Bit 1...15: reserviert (0)</p>	0x0001

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
6505:0	Warnmeldungen	VAR	UNSIGNED16	ro	<p>Warnmeldungen zeigen an, dass Toleranzen gewisser interner Geberparameter überschritten sind. Bei einer Warnmeldung kann der Positionswert, anders als bei Alarmmeldungen, trotzdem gültig sein. Das zugehörige Warnbit wird auf 1 gesetzt, solange die Toleranzüberschreitung anliegt.</p> <p>Bit 0: Frequenzüberschreitung (0 = nicht überschritten, 1 = eine der in Objekt 0x2002 angegebenen Geschwindigkeitsgrenzen ist überschritten)</p> <p>Bit 1: reserviert</p> <p>Bit 2: CPU Watchdog-Status (0 = OK, 1 = Reset des CPU Watchdog-Status durchgeführt)</p> <p>Bit 3: Betriebszeitüberschreitung (0 = nicht überschritten, 1 = 100.000 Stunden überschritten)</p> <p>Bit 4...13: reserviert (0)</p> <p>Bit 14: EtherCAT-Synchronisationswarnmeldung (0 = OK, 1 = mindestens ein SM-Watchdog- oder Zyklusausfall). (Das Bit wird zurückgesetzt, sobald das entsprechende CoE-Zählerobjekt in 0 geschrieben wird.)</p> <p>Bit 15: Temperatur-Überschreitung (0 = nicht überschritten, 1 = eine der in Objekt 0x2120 angegebenen Temperaturgrenzen ist überschritten)</p> <p>Bei Auftreten einer Warnmeldung wegen Frequenzüberschreitung (Bit 0), wird gleichzeitig eine Emergency Meldung mit dem Fehlercode 0xFF00 (gerätespezifisch) gesendet.</p> <p>Bei Auftreten einer Warnmeldung zum CPU Watchdog-Status oder wegen Betriebszeitüberschreitung (Bit 2 oder 3) wird gleichzeitig eine Emergency Meldung mit dem Fehlercode 0x5000 (Gerätehardware) gesendet.</p>	0x0000

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
					Das Fehlerregister (Objekt 0x1001) wird durch die Warnmeldungen in Objekt 0x6505 nicht beeinflusst; das Fehlerregister wird unverändert in die jeweilige Emergency Meldung kopiert, das herstellerspezifische Fehlerfeld des Emergency-Falls wird unter 10.1. genauer spezifiziert.	
6506:0	Unterstützte Warnmeldungen	VAR	UNSIGNED16	ro	Liefert Informationen über die vom Drehgeber unterstützten Warnmeldungen. Bit 0 = 1: Warnmeldung zur Frequenzüberschreitung wird unterstützt Bit 1 = 0 (reserviert) Bit 2 = 1: Warnmeldung zum CPU Watchdog-Status wird unterstützt Bit 3 = 1: Warnmeldung zur Betriebszeitüberschreitung wird unterstützt Bit 4...13 = 0: (reserviert) Bit 14 = 1: Warnmeldung zur Synchronisation wird unterstützt Bit 15 = 1, wenn Temperatur vom Drehgeber zur Verfügung gestellt wird	0xC00D
6507:0	Profil- und Software-Version	VAR	UNSIGNED32	ro	Liefert die implementierte Versionsnummer des Geberprofils sowie der herstellerspezifischen Software. Byte 0: Nebenversionsnummer Profil Byte 1: Hauptversionsnummer Profil Byte 2: Nebenversionsnummer Software Byte 3: Hauptversionsnummer Software	Abhängig von der implementierten Software-version. Bsp. 0x01010302: Software-version 1.1 Profilversion 3.2
6508:0	Betriebszeit	VAR	UNSIGNED32	ro	Gibt die Betriebszeit seit dem letzten Einschalten in Schritten von 0,1 Stunden an. <b>ZU BEACHTEN!</b> Überschreitet die Betriebszeit den Wert 1.000.000 (100.000 Stunden), wird eine Warnmeldung zur Betriebszeitüberschreitung (siehe Objekt 0x6505) ausgegeben.	-
6509:0	Offset-Wert	VAR	SIGNED32	ro	Zeigt den von der Preset-Funktion berechneten Offset-Wert an (siehe Objekt 0x6003)	0

Index Sub- Index (hex)	Name	Objekt	Datentyp	Zugriff	Bedeutung	Standardwert
650A:0	Modulkennzeichnung	ARRAY	UNSIGNED8	ro	Liefert den herstellerspezifischen Offset-Wert. Sub-Index 0 = höchster unterstützter Sub-Index	0x01
650A:1	Offset-Wert des Herstellers	ARRAY	SIGNED32	ro	Je nach Profil liefert dieser Wert Informationen über die Verschiebung des Nullpunktes um die Anzahl der Positionen vom physikalischen Nullpunkt des Drehgebers. Dieser Wert kann ausschließlich vom Hersteller des Drehgebers geändert werden. Für die ACURO-Drehgeberserie ist dieser Offset-Wert immer 0.	0x00000000
650B:0	Seriennummer	VAR	UNSIGNED32	ro	Liefert die Seriennummer des Drehgebers und ist mit dem Identitätsobjekt 0x1018, Sub-Index 04, fest verdrahtet.	-

Tab. 10: Objektverzeichnis

## 6.2 Verarbeitung der Messwerte des Objektverzeichnisses

### 6.2.1 Positionsskalierung

Dieser Abschnitt beinhaltet die Prozesskette zur Berechnung des Positionswertes (CoE 0x6004) von Sensorrohdaten. Die Positionsrohdaten im Falle eines Multiturn-Drehgebers werden anhand der Formel 1 definiert.

$$\text{RawPosition} = (\text{MultiturnValue} * \text{SingleTurnResolution}) + \text{SingleturnValue}$$

Formel 1: Berechnung der Positionsrohdaten

Der Positionswert wird anhand der Formel 2 berechnet.

$$\text{POS} = (((\text{RawPosition} * \text{MUL}) / \text{DIV}) + \text{OFS}) \% \text{MOD}$$

Formel 2: Berechnung des Positionswertes CoE 0x6004

Die in Formel 2 angegebenen Operanden werden anhand von Werten des Drehgebergeräteprofils CiA406 vorberechnet. Dies ist erforderlich, um von Feldbus-Stacks und Profilen unabhängig zu bleiben und einen optimierten Wertebereich zu erhalten. Die Operanden MOD und OFS werden direkt aus den CoE-Objekten 0x6002 „Gesamtanzahl der Messschritte“ und 0x6509 „Offset-Wert“ entnommen:

$$\text{MOD} = \text{CoE } 0x6002$$

$$\text{OFS} = \text{CoE } 0x6509$$

Formel 3: Berechnung von MOD und OFS

Die Berechnung von `MUL` und `DIV` ist abhängig von den CoE-Objekten 0x6001 „Messschritte pro Umdrehung“ und 0x6501 „Singleturnauflösung“. Aktuell werden sie direkt auf folgende Werte gesetzt:

$$\text{MUL} = \text{CoE } 0x6001$$

$$\text{DIV} = \text{CoE } 0x6501$$

Formel 4: Berechnung von `MUL` und `DIV`

**ZU BEACHTEN!** Die errechnete skalierte Position muss zu einem `UINT32`-Datentypen passen. Die entsprechende Konfiguration sämtlicher Skalierungsparameter liegt in der Verantwortung des Nutzers.

**ZU BEACHTEN!** Es ist zu berücksichtigen, dass es sich bei `OFS` um einen `INT32`-Datentypen handelt, so dass der Positionswert ausschließlich einen Offset folgender Formel beinhalten kann:  

$$+\frac{1}{2} * ((\text{RPS} * \text{MUL}) / \text{DIV}) - 1$$
 oder 
$$-\frac{1}{2} * ((\text{RPS} * \text{MUL}) / \text{DIV}).$$

## 6.2.2 Preset-Funktion

Der Positionswert eines ACURO® AC58 EtherCAT® Drehgebers kann über einen Preset-Wert geändert werden. Auf diese Weise kann der Drehgeber in jeder beliebigen Position montiert und der ausgegebene Positionswert über einen Preset-Wert mit der gewünschten Maschinenposition abgestimmt werden. So kann der Drehgeber zum Beispiel den Wert 0 lesen, wenn eine Maschine sich in ihrer Ausgangsposition befindet.

Wenn die Parameter zum ersten Mal über die Funktion „Alle Parameter abspeichern“ gespeichert werden, speichert der Drehgeber den Offset-Wert zwischen dem tatsächlichen Positionswert des Drehgebers und dem Positionswert bei Anwendung des Preset-Wertes. Dieser Offset-Wert wird dann im Falle einer Stromabschaltung verwendet und wiederhergestellt, um sicherzustellen, dass der richtige Positionswert berichtet wird, auch wenn die Drehgeberwelle sich während der Stromabschaltung bewegt hat.

## 6.2.3 Restwertberechnung

Befindet sich der Drehgeber im Dauerbetrieb und handelt es sich bei dem Faktor zwischen `Scaled Range` (skalierter Bereich) und `Physical Range` (physikalischer Bereich) nicht um eine Zweierpotenz, entsteht bei Erreichen von `Physical Range` ein Restfehler. Dies wird in Abb. 11 dargestellt. Um diesen Fehler auszugleichen – der bei jedem Nulldurchgang von `Physical Range` entsteht – muss ein Offset-Wert hinzugefügt werden. Die Berechnung dieses Offset-Wertes wird Restwertberechnung genannt.

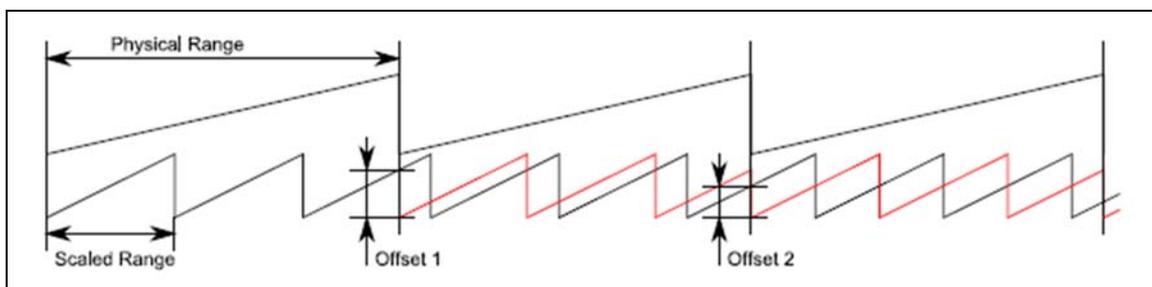


Abb. 11: Fehler aufgrund von nicht ganzzahligen Vielfachen zwischen den Werten `Scaled Range` (skalierter Bereich) und `Physical Range` (physikalischer Bereich)

Die Restwertberechnung wird aktiviert, wenn Bit 12 des CoE-Objektes 0x6000 „Betriebsparameter“ gesetzt wird und es sich bei dem Faktor zwischen `Scaled Range` (CoE-Objekt 0x6002 „Gesamtanzahl der Messschritte“) und `Physical Range` nicht um eine Zweierpotenz handelt.

Der Drehgeber speichert die für die Restwertberechnung erforderlichen Parameter bei jedem Quadrantenwechsel des physikalischen Bereichs im FRAM ab. Dies ermöglicht die Erkennung einer Bewegung von bis zu 1.020 Umdrehungen im ausgeschalteten Zustand sowie die Korrektur des Restwertes aus den abgespeicherten Parametern nach erneutem Einschalten des Gerätes.

**ZU BEACHTEN!** Die Restwertfunktion steht für Singleturn-Versionen des Drehgebers nicht zur Verfügung. Aus diesem Grund kann `Scaled Range` nur dann verwendet werden, wenn es sich bei dem Faktor zwischen `Scaled Range` und `Physical Range` um eine Zweierpotenz handelt. Ist der Faktor ein anderer, nutzen Sie bitte die Skalierungsfunktion der Steuerung, um den Ausgabewert des Drehgebers zu skalieren.

**ZU BEACHTEN!** Die Restwertlogik ist nur dann wirksam, wenn eine stromlose Bewegung des Multiturn-Drehgebers 1.020 Umdrehungen nicht überschreitet und die Stromversorgung für mindestens 11 aufeinanderfolgende Sekunden wiederhergestellt wird, während sich der Drehgeber noch innerhalb der 1.020 Umdrehungen befindet.

**ZU BEACHTEN!** Bei Verwendung der Restwertberechnung ist die Anzahl der zulässigen Quadrantenwechsel auf die maximale Anzahl an Schreibzyklen für diesen Speicher begrenzt (10 Billionen).

### 6.2.4 Interaktion zwischen Funktionen

Mithilfe der folgenden Tabelle soll verdeutlicht werden, welche der vorgenannten und damit zusammenhängenden Funktionen zusammen genutzt werden können und unter welchen Umständen.

Funktion	Skalierung	Restwert	Messschritte pro Umdrehung	Messbereich	Preset-Wert
Objekt >>	6000:0 Bit 2	6000:0 Bit 12	6001:0	6002:0	6003:0
	AUS	AUS	NICHT MÖGLICH	NICHT MÖGLICH	FUNKTIONAL
	EIN	AUS	2 <sup>n</sup>	2 <sup>n</sup>	FUNKTIONAL
	EIN	AUS	2 <sup>n</sup>	NICHT 2 <sup>n</sup>	NICHT FUNKTIONAL
	EIN	AUS	NICHT 2 <sup>n</sup>	IRRELEVANT	NICHT FUNKTIONAL
	EIN	EIN	IRRELEVANT	IRRELEVANT	FUNKTIONAL

Tab. 11: Interaktion zwischen Funktionen

**ZU BEACHTEN!** Die Funktionen Skalierung Ein/ Aus, Restwert, Messschritte pro Umdrehung und Messbereich wirken sich allesamt auf den intern berechneten Skalenwert aus. Da der neue Skalenwert erst eingestellt wird, wenn der Drehgeber in den Modus OPERATIONAL wechselt, muss

der Drehgeber nach Änderung jeglicher Funktionen mit Auswirkungen auf den Skalenwert in den Modus OPERATIONAL versetzt werden, bevor für die Eingabe des neuen Preset-Wertes wieder in den Modus PRE-OPERATIONAL gewechselt werden kann.

### 6.2.5 Berechnung der Geschwindigkeit

Der Rohwert der Geschwindigkeit wird als Differenz der Positionsrohwerte pro Integrationszeit berechnet, wie in Formel 5 dargestellt:

$$\text{RawSpeed} = \frac{\text{RawPosition}( t=0 ) - \text{RawPosition}( t = -\text{IntegrationTime} )}{\text{IntegrationTime}}$$

Formel 5: Berechnung des Rohwertes der Geschwindigkeit in nicht skalierten Maßeinheiten

Der Wert `IntegrationTime` wird von CoE-Objekt 0x2002:1 „Integrationszeit Geschwindigkeit“ in Schritten von 1 Millisekunde vorgegeben. Steht das CoE-Objekt 0x2002:1 auf 0, entspricht `IntegrationTime` der Zykluszeit des Feldbusses.

Aufgrund der Quantisierung von Zeit wird `IntegrationTime` auf ein ganzzahliges Vielfaches der Zykluszeit aufgerundet. Intern wird der Wert `RawSpeed` auf Schritte pro Sekunde normiert.

**ZU BEACHTEN!** Die errechnete skalierte Geschwindigkeit muss zu einem INT16-Datentypen passen. Die entsprechende Konfiguration sämtlicher Parameter zur Geschwindigkeitsberechnung liegt in der Verantwortung des Nutzers.

Aufgrund der Quantifizierung von Positionswerten kann insbesondere bei niedriger Geschwindigkeit ein Sprung in den Geschwindigkeitswerten entstehen, wie in Abb. 12 dargestellt. Aus diesem Grund muss `IntegrationTime` in Abhängigkeit der Anwendung erhöht werden.

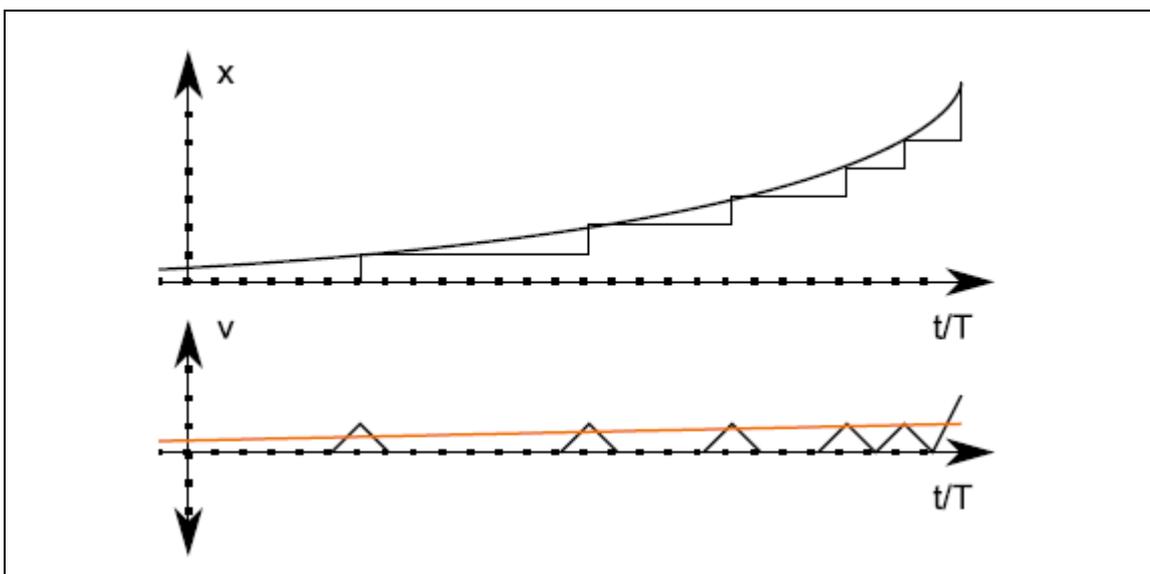


Abb. 12: Sprung in den Geschwindigkeitswerten

Zur Anpassung der Geschwindigkeitseinheit wird `RawSpeed` mithilfe der beiden Konstanten `C_1` und `C_2`, wie in Formel 6 dargestellt, skaliert. Die Geschwindigkeit wird periodisch in Intervallen von `IntegrationTime` berechnet.

$$\text{Speed} = \text{RawSpeed} * C\_1 / C\_2$$

*Formel 6: Berechnung der Geschwindigkeit anhand von Geschwindigkeitsrohdaten*

Die Konstante C\_1 wird über das CoE-Objekt 2002:2 „Multiplikatorwert“ vorgegeben, C\_2 über CoE-Objekt 2002:3 „Teilerwert“. Der Ausgabewert Speed wird in CoE-Objekt 2002:6 gespeichert.

## 7 Inbetriebnahme mit TwinCAT®

### 7.1 Einführung in TwinCAT®

TwinCAT ist ein Werkzeug für die Entwicklung von Anwendungen für die EtherCAT-Netzwerkcommunication. Für die Inbetriebnahme und die Parametrisierung des industriellen ACURO AC58 Absolut-Drehgebers benötigen Sie den TwinCAT-I/O-Treiber. TwinCAT 3.1 kann über den Downloadbereich der BECKHOFF-Webseite unter [www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com) heruntergeladen werden. TwinCAT bietet EtherCAT-Master-Funktionen auf Ihrem Industrie-Standard-PC mit standardmäßigem Netzwerkadapter.

### 7.2 Installation von TwinCAT®

Zunächst müssen Sie die Engineering- (XAE) und Runtime- (XAR) Komponenten von TwinCAT auf Ihrem PC installieren. Zur Installation dieser Komponenten von TwinCAT 3 auf Ihrem PC halten Sie sich bitte an die Anweisungen aus dem TwinCAT-Installationsdokument von Beckhoff (siehe Referenz [8]). Dieses Dokument beinhaltet zudem eine Übersicht der Systemvoraussetzungen.

### 7.3 Konfiguration von TwinCAT® zur Verwendung des Sync Manager 3

In der folgenden Beschreibung wird davon ausgegangen, dass TwinCAT 3 im Standardordner Ihres Computers „C:\TwinCAT“ installiert ist.

Nach erfolgreicher Installation von TwinCAT können Sie nun mit der Inbetriebnahme und der Parametrisierung fortfahren, indem sie TwinCAT starten und darin die verbleibenden Schritte vornehmen.

**ZU BEACHTEN!** Die folgenden Schritte beziehen sich sowohl auf TwinCAT 3.0 als auch auf TwinCAT 3.1 und gelten nicht für frühere TwinCAT-Versionen.

#### 7.3.1 TwinCAT® starten

Die EtherCAT-Konfigurationssoftware TwinCAT kann auf zwei verschiedene Arten gestartet werden:

- ▶ entweder über das Windows-Startmenü *Beckhoff > TwinCAT3 > TwinCAT 3 XAE*
- ▶ oder über das Kontextmenü:
  1. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das TwinCAT-Symbol.
  2. Es erscheint das folgende TwinCAT-Kontextmenü:



3. Wählen Sie die Option TwinCAT XAE.

### 7.3.2 Installation von ACURO EtherCAT® innerhalb von TwinCAT®

Im nächsten Schritt muss TwinCAT den zu verwendenden Netzwerkadapter installieren. Gehen Sie hierfür wie folgt vor:

- Wählen Sie aus dem Menü *TwinCAT* die Option *Zeige Echtzeit-Ethernet-kompatible Geräte*.

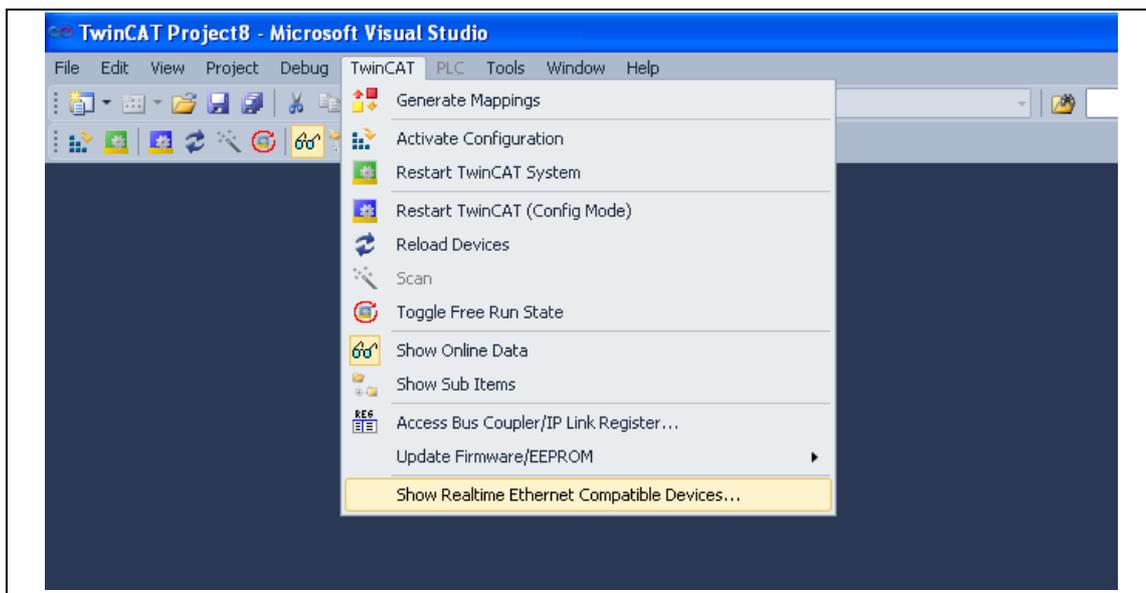


Abb. 13: Die Option „Zeige Echtzeit-Ethernet-kompatible Geräte“ des Menüs „TwinCAT“

Es erscheint das Dialogfenster *Installation von TwinCAT Echtzeit-Ethernet-Adapttern*. In diesem Fenster werden, sofern vorhanden, sowohl kompatible als auch inkompatible Netzwerkadapter aufgelistet.

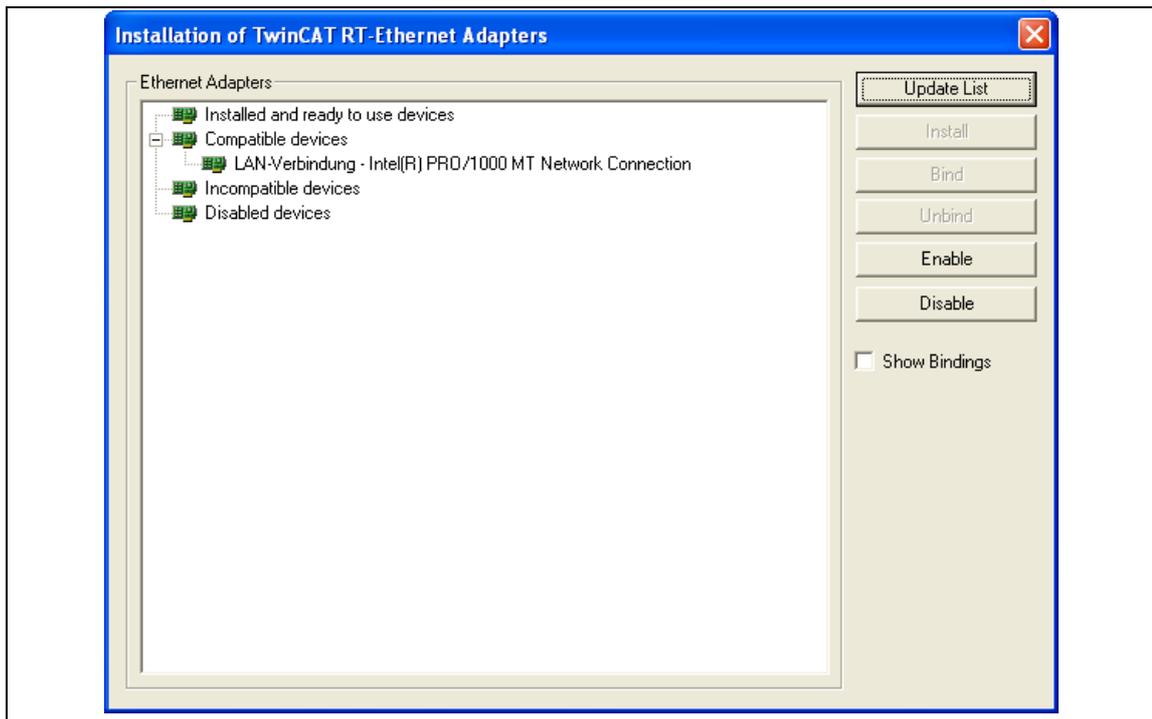


Abb. 14: Installation von TwinCAT Echtzeit-Ethernet-Adaptorn – Kompatible Geräte

### 7.3.3 Auswahl des TwinCAT®-Ethernet-Treibers

TwinCAT bietet zwei verschiedene Treiber für Ethernet-basierte Netzwerkadapter:

- ▶ TwinCAT-Treiber für Echtzeit-Ethernet (Kompatible Geräte)  
Der TwinCAT-Treiber für Echtzeit-Ethernet funktioniert nur mit Netzwerkadaptern, die einen Intel-Chipsatz verwenden. Er unterstützt harte Echtzeit für EtherCAT-Anwendungen.
- ▶ TwinCAT RT-Ethernet Intermediate Driver (Inkompatible Geräte)  
Der TwinCAT RT-Ethernet Intermediate Driver funktioniert auch mit Netzwerkadaptern, die einen anderen als den Intel-Chipsatz verwenden. Dieser Treiber wurde jedoch für Evaluierungszwecke im Labor- und Testbetrieb entwickelt. Er stellt keine harte Echtzeit für EtherCAT-Anwendungen zur Verfügung und kann Jitter verursachen.

Im folgenden Beispiel wird der Treiber für kompatible Geräte installiert:

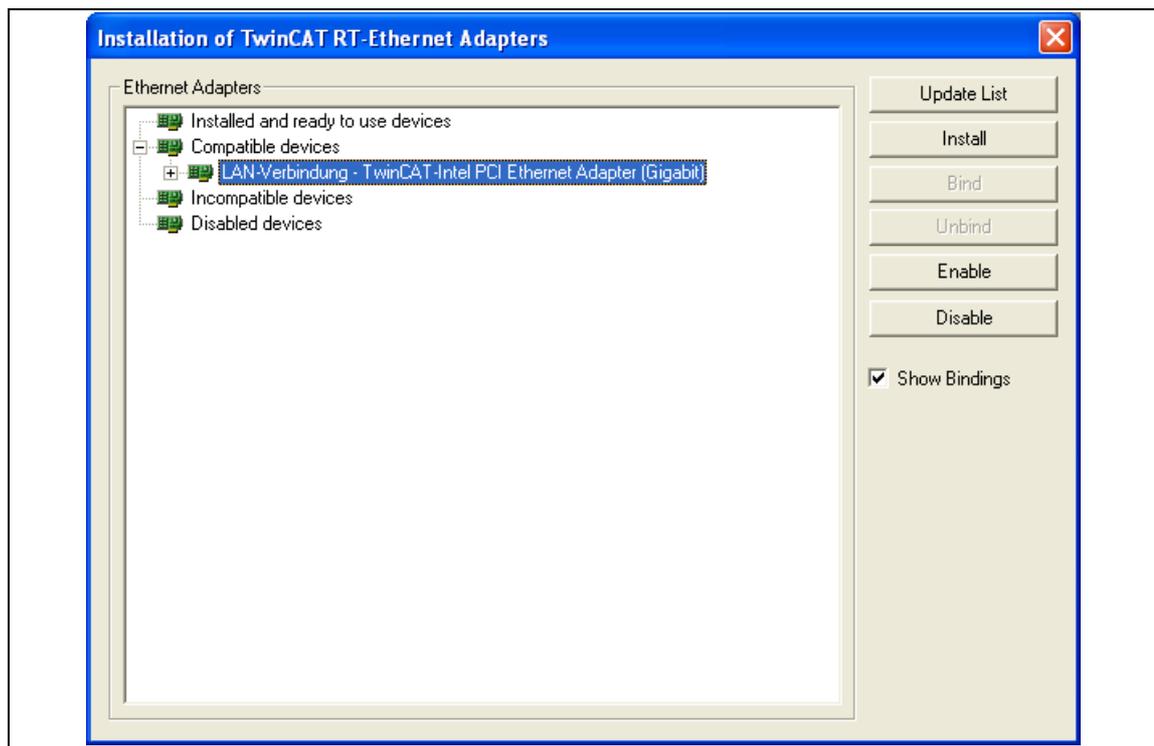


Abb. 15: Installation von TwinCAT Echtzeit-Ethernet-Adaptoren – Installierte und einsatzbereite Geräte

- Schließen Sie TwinCAT!

### 7.3.4 Kopieren der ESI-Datei in die TwinCAT®-Installation

Die ESI-Datei (d. h. die XML-Datei mit EtherCAT-Gerätebeschreibungen) muss in die TwinCAT-Installation kopiert werden. Wenn Sie TwinCAT in dem Verzeichnis `C:\TwinCAT` installiert haben, gehen Sie wie folgt vor:

Für TwinCAT 3.0:

- Kopieren Sie die Datei `ACURO.xml` in das Verzeichnis `C:\TwinCAT\3.0\Config\Io\EtherCAT`.

Für TwinCAT 3.1:

- Kopieren Sie die Datei `ACURO.xml` in das Verzeichnis `C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT`.

Andernfalls muss der Verzeichnispfad entsprechend angepasst werden. Diese Dateien stehen auf der Hengstler-Webseite unter [www.hengstler.com](http://www.hengstler.com) zur Verfügung.

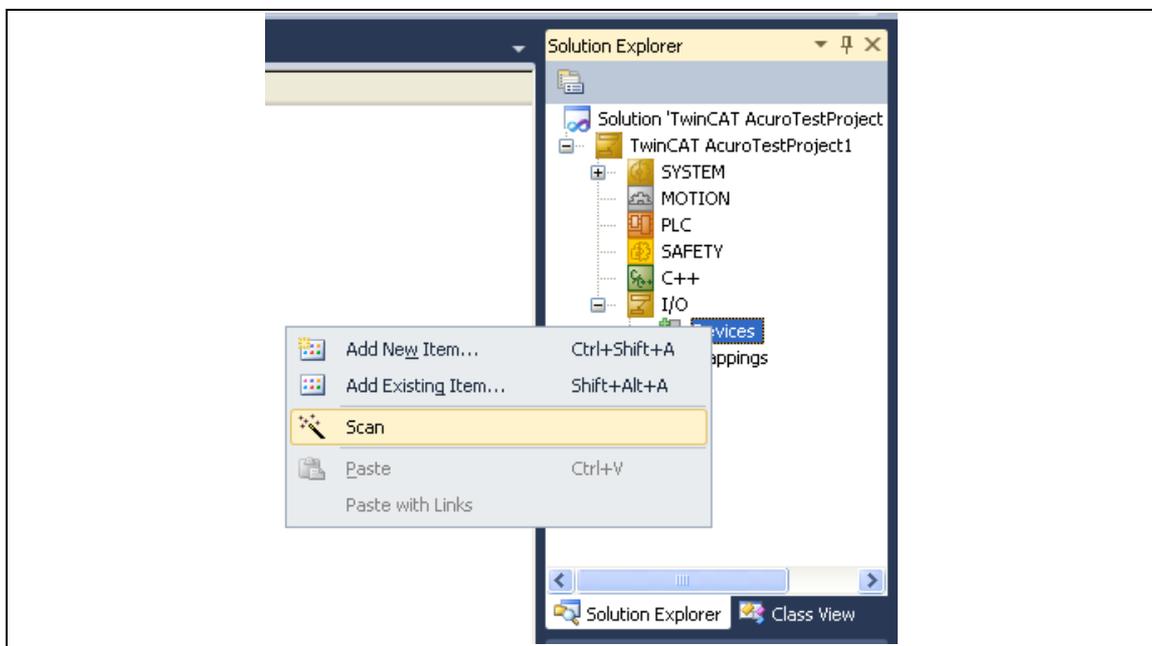
### 7.3.5 Suche nach Geräten

Um nach Geräten suchen zu können, muss TwinCAT zunächst neu gestartet werden. Das liegt daran, dass TwinCAT beim Neustart gezwungen wird, die Datei der Gerätebeschreibung zu lesen und zu verarbeiten.

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, TwinCAT nach Geräten suchen zu lassen:

Klicken Sie in der TwinCAT-XAE-Symbolleiste auf das *Suchsymbol* .

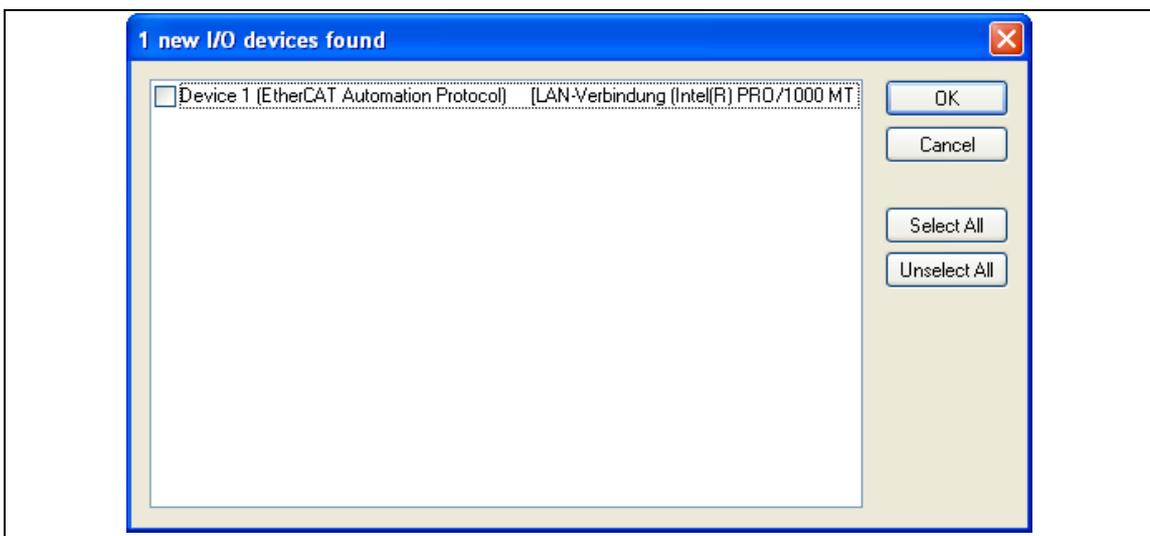
Alternativ können Sie die *Scan*-Option, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, aus dem Kontextmenü des Eintrages *Devices* im Solution Explorer auswählen, indem Sie diesen Eintrag mit der rechten Maustaste anklicken:



Es erscheint das folgende Dialogfenster:



- Klicken Sie zur Bestätigung auf **OK**. TwinCAT sucht nun nach passenden Verbindungen und Netzwerkadaptern.

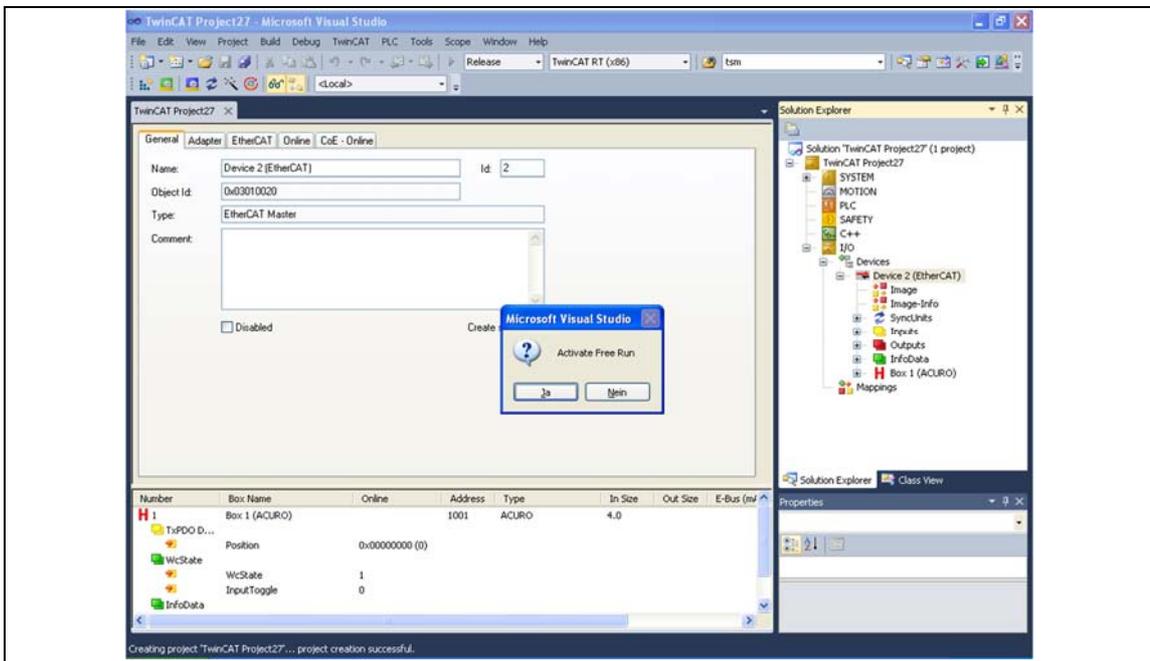


- Setzen Sie ein Häkchen in das Feld der konfigurierten Verbindung/ des konfigurierten Netzwerkadapters.
- Klicken Sie dann auf **OK**, um diesen Netzwerkadapter für die Suche auszuwählen.

Es erscheint erneut ein Dialogfenster in dem Sie gefragt werden, ob Sie den eigentlichen Vorgang der Suche starten möchten. Klicken Sie auf **OK**, um fortzufahren.



Hierdurch wird die Gerätesuche eingeleitet.

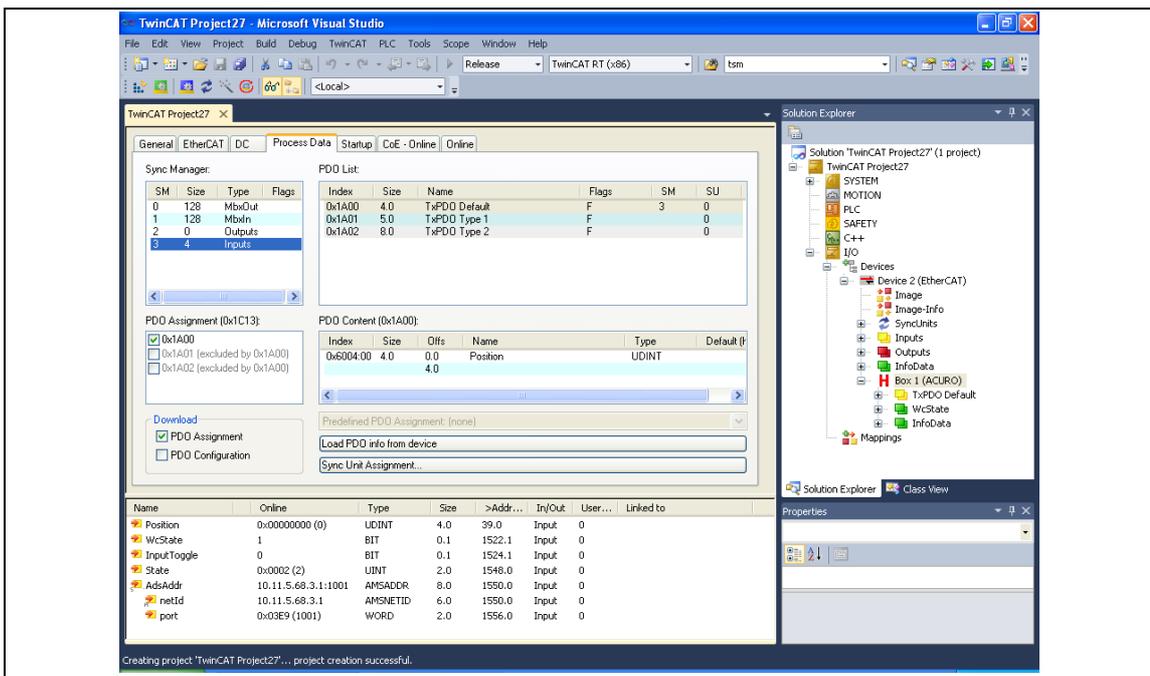


- Klicken Sie auf **Nein** (oder **No**), da der Free-Run-Modus während der folgenden Konfigurationen nicht aktiviert werden muss.

Free Run wird erst später aktiviert. Das Gerät wird erst bei Aktivierung des Free-Run-Modus in den Zustand *Operational* versetzt.

### 7.3.6 Prozessdaten des Gerätes laden

- Wählen Sie die Registerkarte **Prozessdaten**:



### 7.3.7 Synchronisationsmodus auswählen

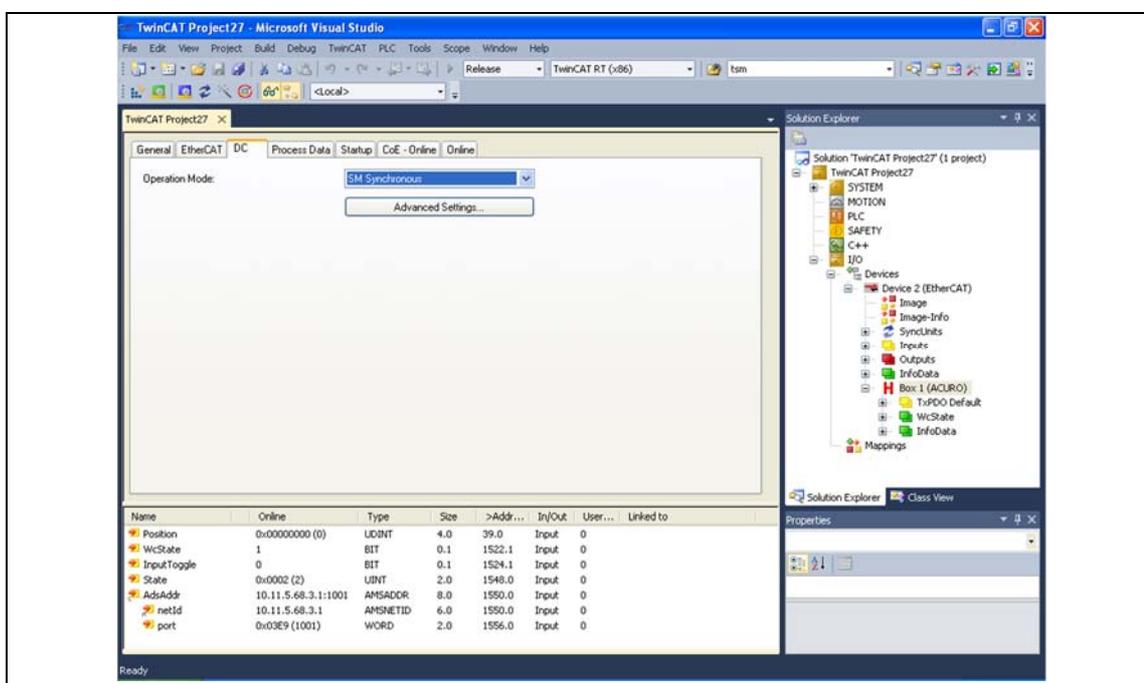
Wenn Sie den ACURO EtherCAT® Absolut-Drehgeber zum ersten Mal konfigurieren möchten oder die Funktion der Distributed Clocks (DC) nicht benötigen, wird der Operationsmodus *SM Synchron* empfohlen.

Dies kann wie folgt eingestellt werden:

- Wählen Sie die Registerkarte **DC**.
- Wählen Sie in dieser Registerkarte aus der Auswahlliste **Operationsmodus** die Option **SM Synchron**.

Wenn Sie für eine genaue Zeitmessung und Synchronisation die Funktion der Distributed Clocks nutzen möchten, wählen Sie aus der Auswahlliste **Operationsmodus** die Option **DC SYNC0 für Synchronisation**.

Weitere Details hierzu erhalten Sie in Abschnitt 7.4 Konfiguration von TwinCAT® für die DC-Funktion.

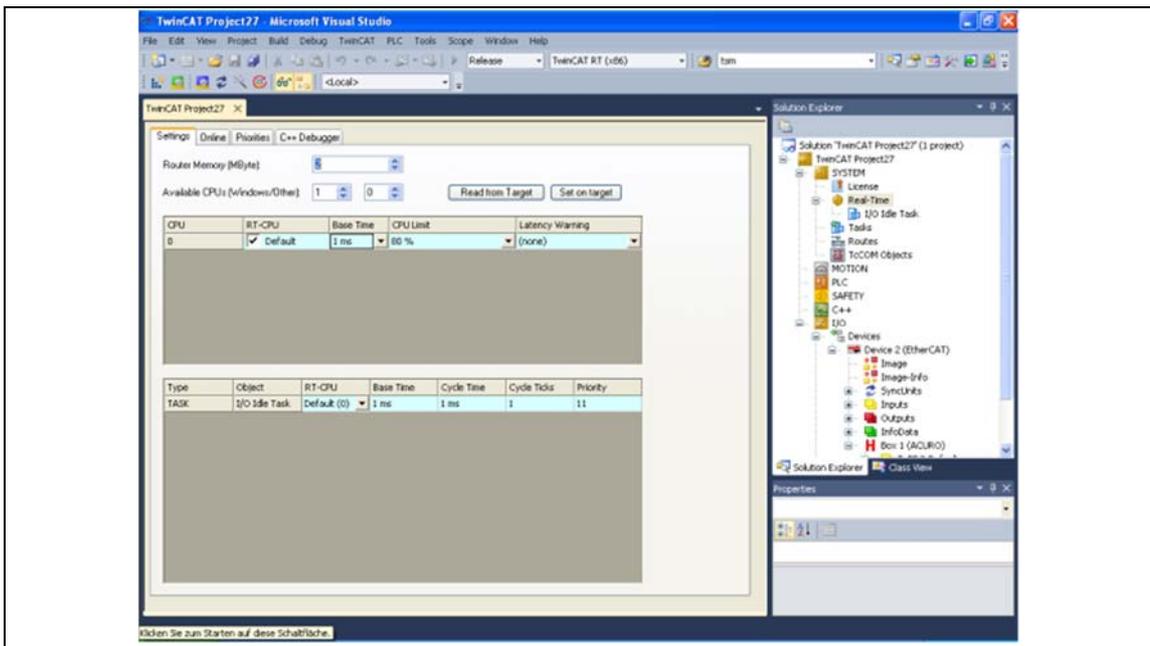


### 7.3.8 Basiszeit anpassen

Passen Sie nun die Basiszeit sowie die Zyklusticks an, um die gewünschte Zykluszeit zu konfigurieren.

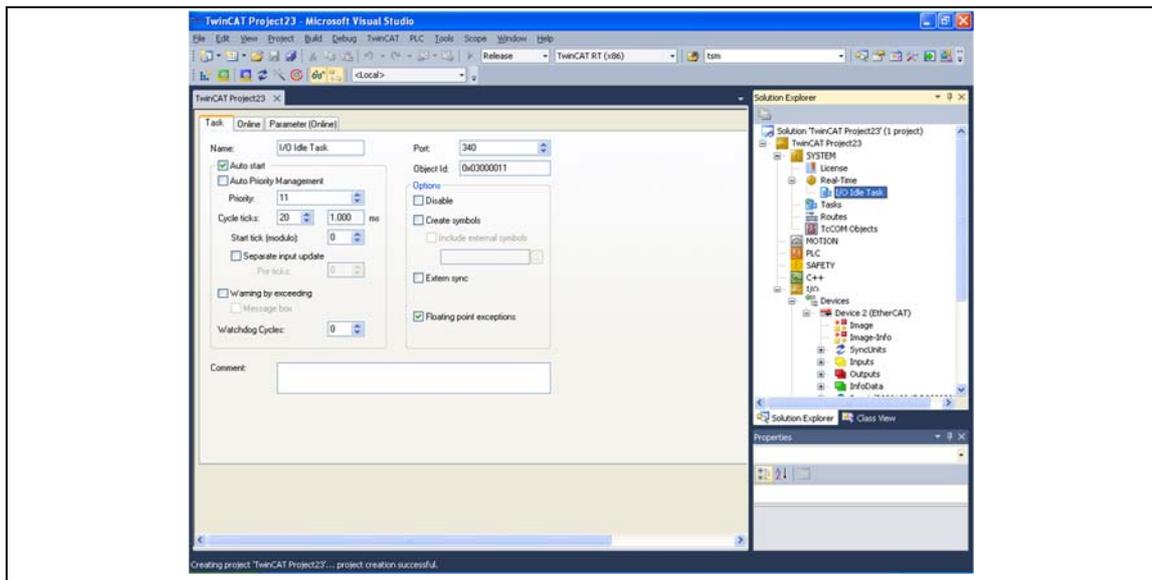
Im folgenden Beispiel werden die Basiszeit auf 1 Millisekunde sowie die Zyklusticks auf 1 gesetzt, um eine Zykluszeit von 1 Millisekunde zu erhalten:

- Klicken Sie im Untereintrag `SYSTEM` des Solution Explorer auf *Echtzeit*.
- Es erscheint das Register *Echtzeit* und die Registerkarte *Einstellungen* wird geöffnet.
- Sie können nun die Basiszeit über die Auswahlliste in der dritten Spalte mit der Überschrift *Basiszeit* (obere Tabelle der Registerkarte *Einstellungen*, siehe unten) auf 1 Millisekunde setzen.



- Klicken Sie im Untereintrag `SYSTEM` des Solution Explorer auf *I/O Idle Task*.
- Es erscheint das Register *I/O Idle Task* und die Registerkarte *Task* wird geöffnet.
- Sie können die Zyklusticks nun auf den Wert 1 setzen (siehe folgende Abbildung).

Dies ist der Faktor, um den die im vorhergehenden Schritt angepasste Basiszeit zu multiplizieren ist. Im vorliegenden Beispiel ergibt der Faktor 1 multipliziert mit einer Basiszeit von 1 Millisekunde eine Zykluszeit von 1 Millisekunde. Wenn Sie die Zyklusticks über die Auswahlliste in diesem Dialogfenster anpassen, berechnet TwinCAT diesen Zeitwert sofort und zeigt das Ergebnis direkt neben der Auswahlliste an.



Bei Bedarf können Sie die Basiszeit zu einem späteren Zeitpunkt auf einen anderen Wert setzen.

### 7.3.9 Weitere Schritte

Sie können nun je nach Bedarf weitere Schritte vornehmen, wie zum Beispiel Variablen oder Tasks erstellen. Sobald Sie alle Konfigurationsschritte abgeschlossen haben, müssen Sie den *Free-Run*-Modus aktivieren.

Da der *Free-Run*-Modus bisher nicht aktiviert wurde, sollten Sie dies nun tun. Gehen Sie hierfür wie folgt vor:

- Klicken Sie auf das Symbol *Konfigurationsmodus* .
- Es erscheint das Dialogfenster *TwinCAT-System im Konfigurationsmodus neu starten*.
- Klicken Sie auf *OK*.
- Es erscheint das Dialogfenster *I/O-Geräte laden*.
- Klicken Sie auf *Ja*.
- Es erscheint das Dialogfenster *Free Run aktivieren*.
- Klicken Sie auf *Ja*.

## 7.4 Konfiguration von TwinCAT® für die DC-Funktion

Das Konzept von *Distributed Clocks (DC)* ermöglicht eine präzisere Synchronisation mehrerer EtherCAT-Slaves untereinander als die Synchronisation über einen durchlaufenden Prozessdaten-Frame *SM Synchron*. Dies liegt hauptsächlich am masterseitigen Frame-Jitter.

Die Geräte müssen entsprechend konfiguriert werden, um ihre lokale Clock an eine Referenz-Clock anpassen zu können. Dabei entscheidet der Master, welche Clock als Referenz-Clock dient. In den meisten Fällen wird das in der Topologie folgende Gerät mit DC-Unterstützung als Referenz-Clock verwendet. In der Standardkonfiguration gleicht auch der Master seine Clock mit der Referenz-Clock ab.

Weitere Informationen über das DC-Timing mit TwinCAT erhalten Sie in Abschnitt 5.5.3 „DC Timing mit TwinCAT“.

Wird TwinCAT als EtherCAT-Master verwendet, werden hierüber die Zeitpunkte zum Versand des Frames in Bezug auf den DC-Basiszyklus berechnet. Der Offset wird ausgewählt, um zu gewährleisten, dass die Daten vor dem Synchronisationsereignis am Slave von diesem erhalten werden. Zudem kann der Nutzer für jeden Slave einen individuellen Offset auswählen, um den spezifischen SYNC0-Offset zu definieren (siehe Abb. 10: DC-Timing mit TwinCAT). Der Shift-Wert wird über einen entsprechenden InitCmd, der in der EtherCAT-Netzwerkbeschreibungsdatei (ENI, siehe Referenz [6]) konfiguriert wird, in den Slave geschrieben. Zudem wird das Schlüsselwort `<EtherCATConfig> <Config><Slave><DC><ShiftTime>` definiert (siehe „Shift time of SYNC0 event in ns“ in der von der ETG veröffentlichten ENI-Spezifikation).

Um den Modus der Distributed Clocks auszuwählen, wählen Sie aus der Liste *Operationsmodus* der Registerkarte *DC*, die bei Auswahl des Eintrags ACURO im Solution Explorer geöffnet wird, die Option *DC Sync0 für Synchronisation*.

### Parametrisierung für DC in TwinCAT®

Für DC Sync wählen Sie die Option *DC SYNC0 für Synchronisation* (siehe Abb. 9: Auswahl des Synchronisationsmodus).

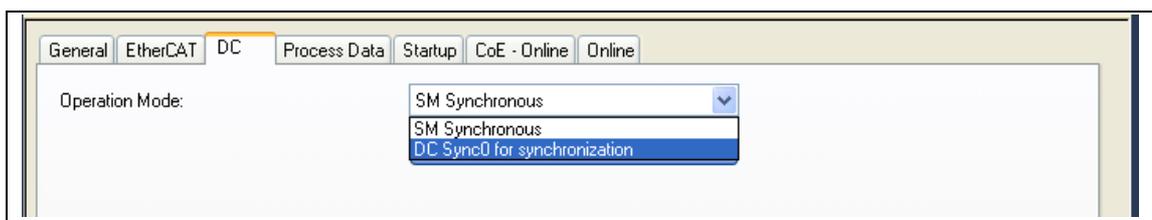


Abb. 16: Auswahl des Synchronisationsmodus

Nach Auswahl dieser Option muss die Konfiguration aktiviert werden , und der EtherCAT-Slave wird in den Zustand *Operational* versetzt.

Für eine Standardinstallation siehe Abschnitt 7.3.4. Kopieren der ESI-Datei in die TwinCAT®-Installation“ für weitere Informationen zum Verzeichnispfad und Neustart.

Steht keine ESI-Datei zur Verfügung, kann die Konfiguration alternativ auch über die Option *Erweiterte Einstellungen* vorgenommen werden (siehe Abb. 17 „Konfiguration für die Aktivierung des SYNC0-Signals innerhalb der erweiterten Einstellungen“. In diesem Fall handelt es sich bei dem SYNC0-Signal um ein Synchronisationssignal, das von der lokalen Clock erzeugt wird.

**ZU BEACHTEN!** Der ACURO AC58 EtherCAT Drehgeber unterstützt das SYNC0-Signal.

- Klicken Sie in der Registerkarte DC auf *Erweiterte Einstellungen*. Es erscheint das Dialogfenster *Erweiterte Einstellungen*.

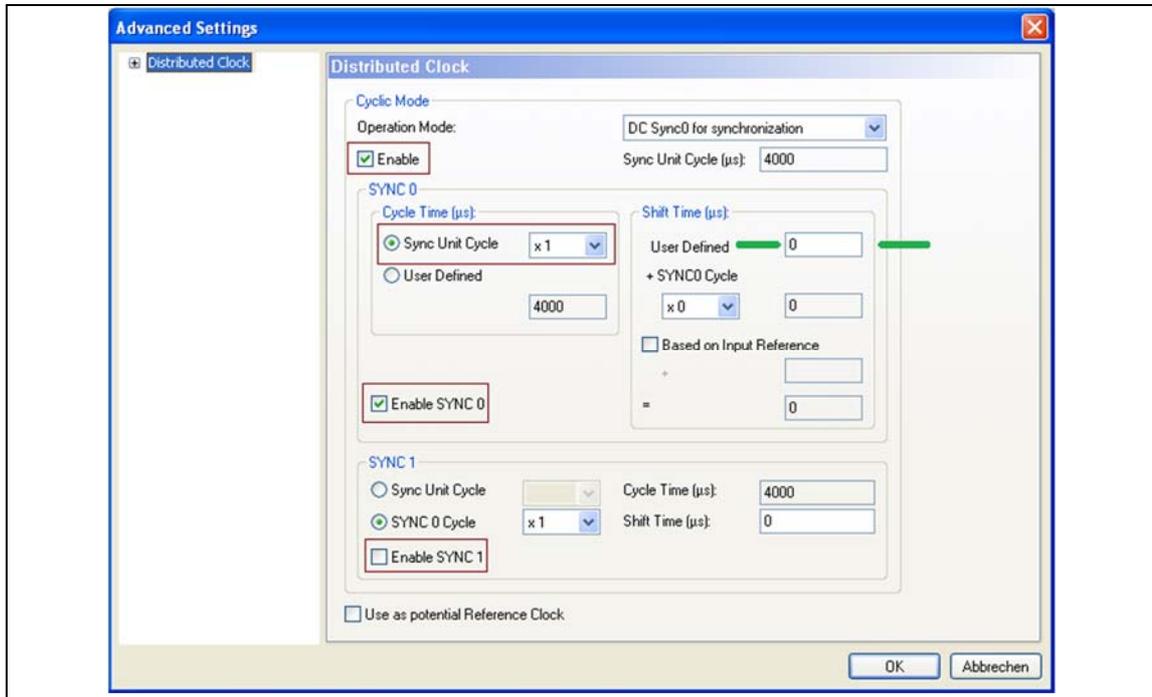


Abb. 17: Konfiguration für die Aktivierung des SYNC-Signals innerhalb der erweiterten Einstellungen

Die in Abschnitt 5.5.3 „DC Timing mit TwinCAT“ und Abb. 10: DC-Timing mit TwinCAT erwähnte individuelle Slave-spezifische Zeitverschiebung  $S_0$  kann über das Eingabefeld *Benutzerspezifisch* im Bereich *SYNC0>Zeitverschiebung (µs)* des Dialogfensters *Erweiterte Einstellungen* der Registerkarte DC je nach Bedarf angepasst werden. Im oben aufgeführten Beispiel wurde der Wert 0 in dieses Eingabefeld gesetzt (grüne Markierung).

**ZU BEACHTEN!** Im Falle kurzer Zykluszeiten ist gegebenenfalls ein negativer Wert für die SYNC0-Zeitverschiebung (*shift time*) des Slaves erforderlich, um einen früheren Lesevorgang der Eingangssignale als standardmäßig vom EtherCAT-Master vorgegeben auszulösen. Standardmäßig verwendet TwinCAT eine SYNC shift time von 30 % (TwinCAT 2) oder 10 % (TwinCAT 3) der Zykluszeit für die Eingänge. Überschreitet die Summe der Calc & Copy Time (CoE-Objekt 0x1C33:6) und der Frame Jitter des Masters die Master SYNC shift time für Eingänge, wird folgende benutzerspezifische Shift time empfohlen:

$$\text{UserDefinedShiftTime} = -(\text{CalcAndCopyTime} + \text{MaximumFrameJitter} - \text{SyncShiftTimeForInputs})$$

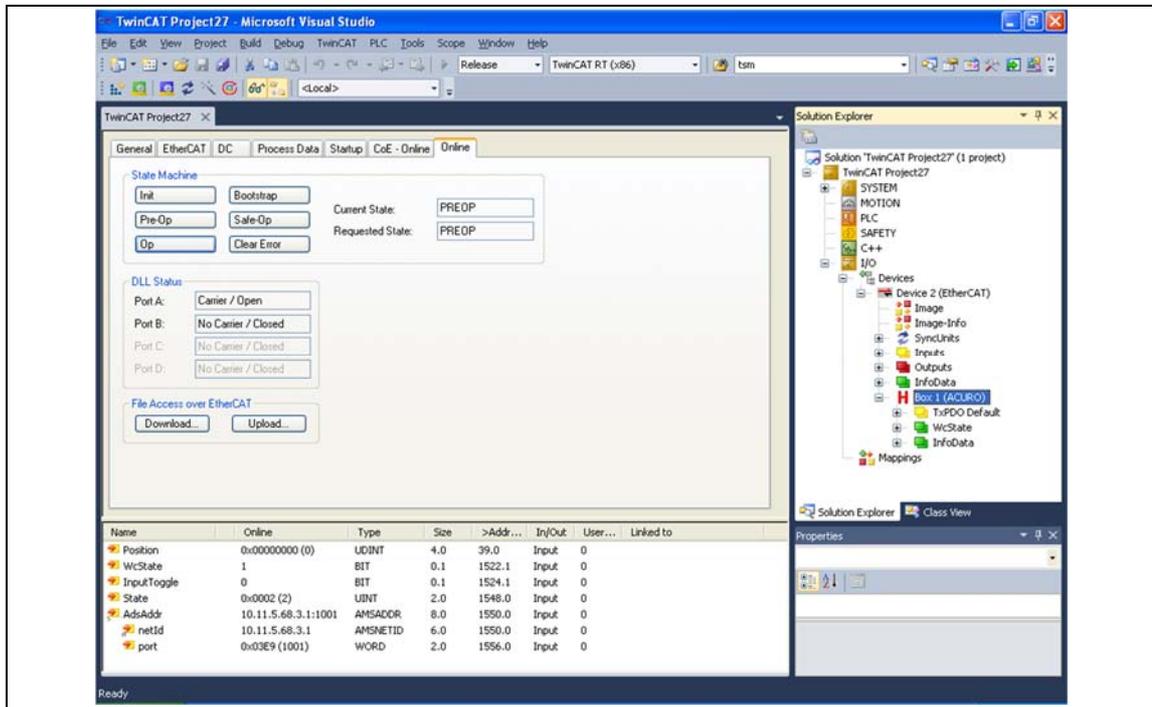
Diese Formel wird angewendet, wenn in den erweiterten Einstellungen die Option *Anhand der Eingangsreferenz* ausgewählt wurde. Weitere Details über die Parameter der Zeitverschiebung erhalten Sie in der TwinCAT-Dokumentation.

Für weitere Informationen über die Abhängigkeit der erreichbaren Zykluszeiten von gewissen Bedingungen und Konfigurationszuständen siehe Abschnitt „Netzwerkleistung“.

## 7.5 Fehlersuche

### 7.5.1 Überprüfung des Datenaustauschs mit TwinCAT®

Der Zustand des allgemeinen Datenaustauschs kann in dem TwinCAT-Fenster *Online* überprüft werden.



### 7.5.2 Häufige Fehlermeldungen

#### Keine neuen I/O-Geräte gefunden



Diese Meldung erscheint, wenn die Suche nach I/O-Geräten fehlgeschlagen ist. Überprüfen Sie die Verbindungen und versuchen Sie erneut, nach I/O-Geräten zu suchen.

## 8 Firmware-Update

### 8.1 Allgemeine Informationen

Die Firmware des ACURO AC58 EtherCAT® Drehgebers kann über das Mailboxprotokoll FoE (File Access over EtherCAT) aktualisiert werden. Die Datenübertragung über FoE ist in folgenden EtherCAT-Zuständen (ESM) möglich:

- ▶ „Bootstrap“,
- ▶ „Pre-Operational“
- ▶ „Safe-Operational“
- ▶ und „Operational“

Siehe Abschnitt 5.4.3.1 Die EtherCAT® State Machine (ESM)“

**ZU BEACHTEN!** Da die erwartete Buslast im Zustand „Pre-Operational“ geringer ist, wird empfohlen, Firmware-Updates in diesem Modus vorzunehmen.

Folgende Firmware-Komponenten können aktualisiert werden:

- ▶ netX EtherCAT Slave Firmware for Encoder

Die übermittelte Firmware wird vor ihrer Anwendung auf Konsistenz und Kompatibilität überprüft.

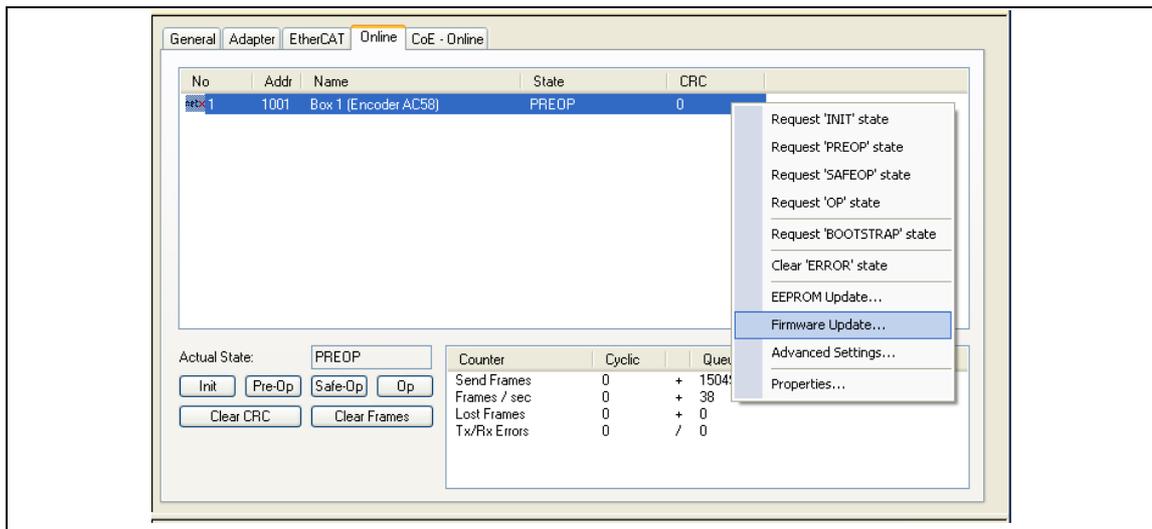
### 8.2 Update über TwinCAT®

Das Firmware-Update erfolgt mithilfe der FoE-Funktionen von TwinCAT. Zur Aktualisierung der Firmware gehen Sie wie folgt vor:

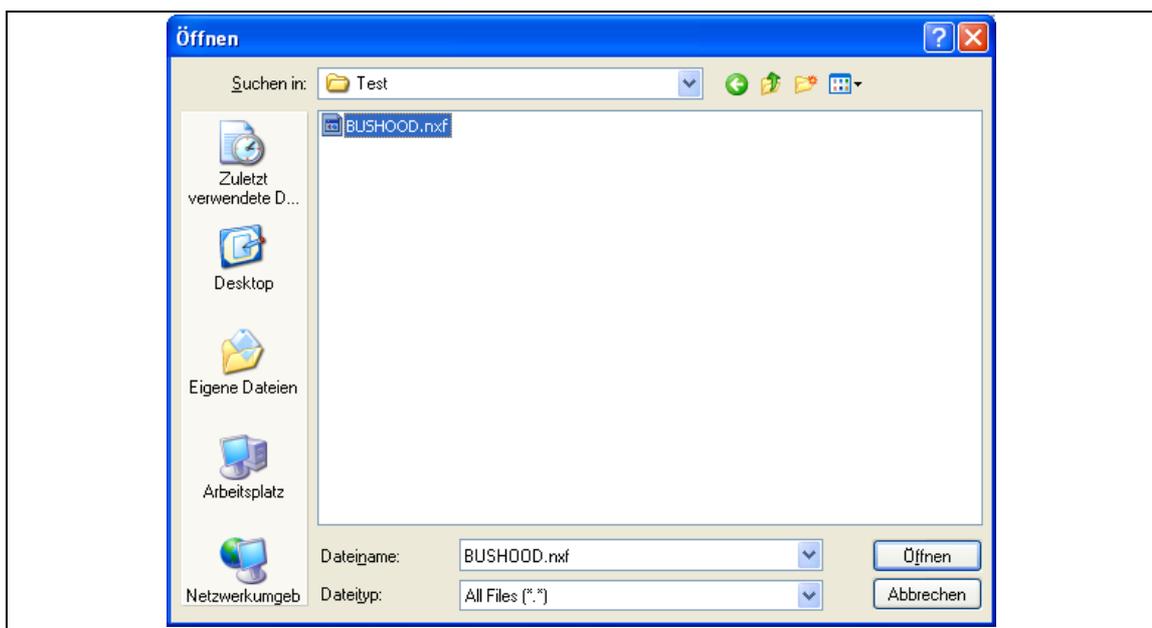
- Suchen Sie in TwinCAT nach Geräten und Boxen, wie in Abschnitt 7.3.5 Suche nach Geräten beschrieben, und folgen Sie den folgenden Anweisungen.

**ZU BEACHTEN!** Aktivieren Sie nicht den Free-Run-Modus.

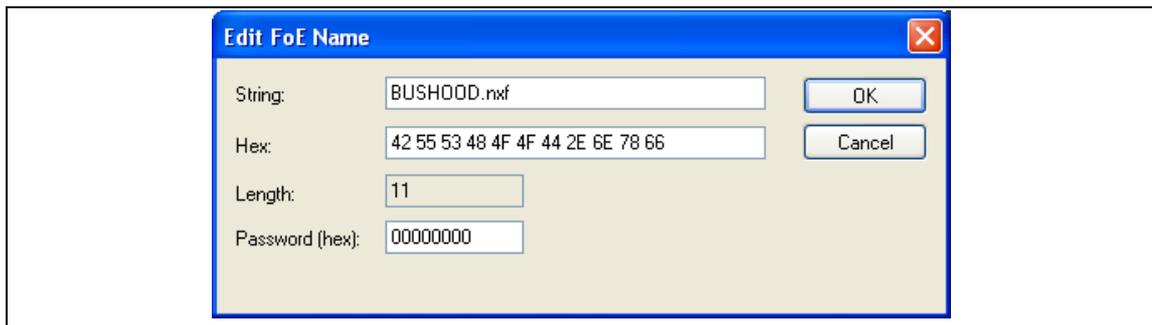
- ↻ Gerät und Box sollten nun verfügbar sein.
- Wählen Sie das Gerät aus der entsprechenden Baumstruktur aus.
- Öffnen Sie die Registerkarte *Online*.
- Wählen Sie aus der angezeigten Liste den Eintrag für die Box aus (ACURO).
- Wählen Sie aus dem Kontextmenü die Option *Firmware-Update* (siehe unten).



- ☞ Es erscheint das Dialogfenster zur Auswahl der Firmware-Datei. Setzen Sie den Dateityp auf „Alle Dateien (\*.\*)“.



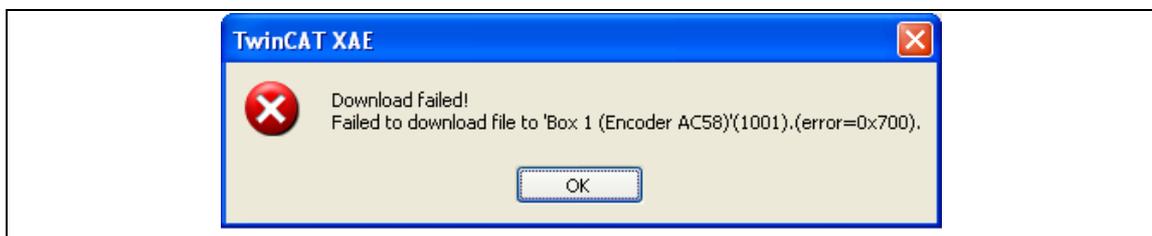
- Wählen Sie die Datei mit der Firmware aus (BUSHOOD.nxf).
- ☞ Es wird das folgende Dialogfenster angezeigt:



- Hängen Sie dem vorgeschlagenen Dateinamen BUSHOOD die Dateierweiterung .nxf an.
- Klicken Sie auf *OK*.
- Der Download der Firmware wird gestartet.
- Nach dem Download erscheint eine Fehlermeldung. Diese Meldung wird durch eine TwinCAT-Zeitüberschreitung hervorgerufen. Die Meldung kann ignoriert werden.
- Führen Sie einen Reset durch, um einen Neustart der Box zu erzwingen.
- Die Box (Drehgeber) sollte nun mit der neuen Firmware ausgestattet sein, die ab jetzt auch voll funktionsfähig sein sollte.

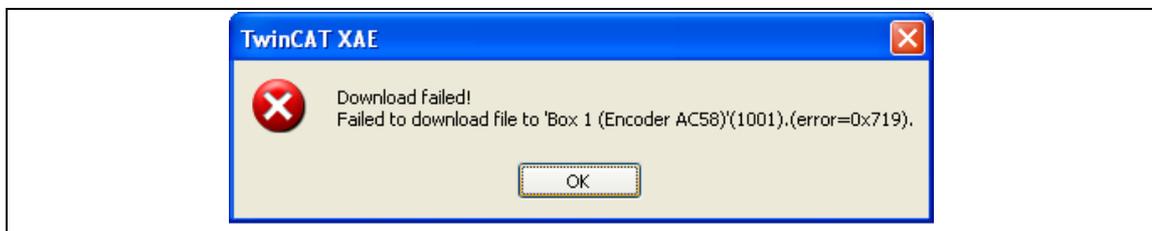
### 8.3 Häufige Fehlermeldungen während des Updates

#### Fehler 0x700



Wenn beim Firmware-Update diese Fehlermeldung erscheint, haben Sie vergessen, dem Namen der Firmware-Datei die Dateierweiterung \* .nxf anzufügen.

#### Fehler 0x719 Geräte-Zeitüberschreitung



Wenn beim Firmware-Update diese Fehlermeldung erscheint, sollten Sie den ACURO EtherCAT durch Aus- und erneutes Einschalten neu starten, um einen Neustart unter Verwendung der neuen Firmware-Datei zu erzwingen.

## 9 Netzwerkleistung

Die erreichbaren EtherCAT® Zykluszeiten werden von der Prozessdatenkonfiguration (PDO-Typ) und den Skalierungsparametern sowie von der Auflösung und des Typs des an der EtherCAT-Bushaube angeschlossenen Drehgebers bestimmt.

Die Werte der tatsächlichen Berechnungs- und Kopierzeit sowie der minimalen Zykluszeit werden von der Bushaube auf der Grundlage des ausgewählten PDO und der Skalierungskonfiguration berechnet und in CoE-Objekt 0x1C33 (siehe Abschnitt 6.1 „ACURO AC58 EtherCAT® Objektverzeichnis“) zur Verfügung gestellt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die minimalen Zykluszeiten für typische Konfigurationen mit folgenden Annahmen:

- ▶ Es wird ein Drehgeber mit BiSS-C und 5 MHz Taktfrequenz verwendet.
- ▶ Die physikalische Gesamtauflösung des Drehgebers (ST + MT) beträgt maximal 32 Bit.

PDO-Typ	Breite in Byte	Konfiguration	Einschränkung	Minimale Zykluszeit in $\mu$ s
TxPDO1 „Standard“	4	Position	Nur Positionsrohwerte, keine Skalierung	62,5
			Positionsskalierung mit Zweierpotenz für Multiplikator, Teiler und Modulo (siehe CoE-Objekte 0x6001, 0x6501 und 0x6002), keine Restwertberechnung	66,6
			Vollständige Positionsskalierung mit beliebigen Werten für Skalierung und Modulo und Restwertberechnung	100
TxPDO2 „Typ 1“	5	Position und Anzeige der Warnpositionen	Positionsrohwerte, keine Skalierung	62,5
			Positionsskalierung mit Zweierpotenz für Multiplikator, Teiler und Modulo (siehe CoE-Objekte 0x6001, 0x6501 und 0x6002), keine Restwertberechnung	71,4
			Vollständige Positionsskalierung mit beliebigen Werten für Skalierung und Modulo und Restwertberechnung	100
TxPDO3 „Typ 2“	8	Position und Geschwindigkeit	Positions- und Geschwindigkeitsrohwerte, keine Skalierung	100
			Vollständige Positions- und Geschwindigkeitsskalierung mit beliebigen Werten für Skalierung und Modulo und Restwertberechnung	125
TxPDO4 „Typ 3“	8	Position und Systemzeit	Positionsrohwerte, keine Skalierung	62,5

PDO-Typ	Breite in Byte	Konfiguration	Einschränkung	Minimale Zykluszeit in $\mu$ s
			Positionsskalierung mit Zweierpotenz für Multiplikator, Teiler und Modulo (siehe CoE-Objekte 0x6001, 0x6501 und 0x6002), keine Restwertberechnung	71,4
			Vollständige Positionsskalierung mit beliebigen Werten für Skalierung und Modulo und Restwertberechnung	100

*Tab. 12: Überblick über die minimalen Zykluszeiten für typische Konfigurationen*

## 10 Fehlerbehandlung und Diagnose

Das ACURO AC58 EtherCAT® unterstützt folgende Mechanismen für die Diagnose und Fehlermeldung:

- ▶ EtherCAT-Systemdiagnose über die EtherCAT State Machine.  
Weitere Informationen erhalten Sie in Abschnitt 5.4.3.1 Die EtherCAT® State Machine (ESM)“
- ▶ Profilspezifische Objekte für Alarm- und Warnmeldungen.  
Weitere Informationen erhalten Sie in Abschnitt 6 „Objektverzeichnis“.
- ▶ Versand von CoE Emergency Meldungen (gemäß EtherCAT-Spezifikation, Teil 6) über Signalfehler, Warnmeldungen oder Diagnosen an den Master

Weitere Informationen erhalten Sie im weiteren Verlauf dieses Abschnittes.

### 10.1 CoE-Emergency Meldungen

EMCY-Fehlercode	Fehlerklasse	Fehlerregister	Hersteller-spezifischer Fehlercode	EMCY-Quelle	Bedeutung
0x1000	Allgemeiner Fehler	Bit 0 „Allgemeiner Fehler“ gesetzt	0xF1, [ERR], 0x00, 0x00, 0x00 [ERR] = Inhalt des Fehlerregister s des Drehgebers	Dreh- geber	Fehler gemeldet durch Drehgeber-ASIC (Objekt 0x6503 Alarmbit 0 „Positionsfehler“ gesetzt) <b>ZU BEACHTEN!</b> Diese Emergency Meldung wird einmalig im Falle einer steigenden Flanke des Fehlerbits in den zyklischen Daten des Drehgebers ausgelöst. Das Fehlerbit in CoE-Objekt 0x1001 „Fehlerregister“ sowie die Emergency Meldung werden verzögert, bis das ERR- Register vom Drehgeber gelesen wurde.
0x1000	Allgemeiner Fehler	(unverändert aufgrund dieses Emergency- Falls)	0xF2, [ERR], 0x00, 0x00, 0x00 [ERR] = Inhalt des Fehlerregister s des Drehgebers	Dreh- geber	Warnung gemeldet durch Drehgeber-ASIC (Objekt 0x6503 „Alarmmeldungen“ unverändert) <b>ZU BEACHTEN!</b> Diese Emergency Meldung wird einmalig im Falle einer steigenden Flanke des Warnbits in den zyklischen Daten des Drehgebers ausgegeben. Das Fehlerbit in CoE-Objekt 0x1001 „Fehlerregister“ sowie die Emergency Meldung werden verzögert, bis das ERR- Register vom Drehgeber gelesen wurde.

EMCY-Fehlercode	Fehlerklasse	Fehlerregister	Hersteller-spezifischer Fehlercode	EMCY-Quelle	Bedeutung
0x1000	Allgemeiner Fehler	Bit 0 auf „Allgemeiner Fehler“	0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00	Bus-haube	Fehler in der Kommunikation mit dem Drehgeber Diese Emergency Meldung wird ausgegeben, wenn in <Grenzwert> BiSS-Zyklen nacheinander ein Kommunikationsfehler entsteht. Der Grenzwert kann über das CoE-Objekt 0x4402 (siehe 6) konfiguriert werden.
0x5000	Geräte-Hardware	(unverändert aufgrund dieses Emergency-Falls)	0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00	Bus-haube	Reset aufgrund von CPU Watchdog-Status durchgeführt (Objekt 0x6505 Warnbit 2 „Reset wegen CPU Watchdog-Status durchgeführt“ gesetzt)
0x5000	Geräte-Hardware	(unverändert aufgrund dieses Emergency-Falls)	0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00	Bus-haube	Betriebszeit überschritten (Objekt 0x6505 Warnbit 3 „Betriebszeit“ gesetzt)
0x8100	Kommunikation	Bit 0 „Allgemeiner Fehler“ gesetzt	0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00	Bus-haube	EtherCAT-Synchronisationswarnung (Master hat 50 mal nicht auf SM3 zugegriffen)
0x8100	Kommunikation	Bit 0 „Allgemeiner Fehler“ gesetzt	0x04, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00	Bus-haube	EtherCAT-Synchronisationswarnung (Master hat 50 mal nicht auf SM3 zugegriffen)

Tab. 13: CoE Emergency Meldungen

- ▶ Die obenstehenden CoE Emergency Meldungen werden vom Slave versendet, sobald ein Fehler/ eine Warnung entsteht.
- ▶ Jedes Mal, wenn eine Emergency Meldung für einen Fehler versendet wird, werden die Angaben im vordefinierten Fehlerfeld (Objekt 0x1003, siehe Abschnitt 6 „Objektverzeichnis“) aktualisiert. Objekt 0x1003 liefert 2 Byte an „Zusätzliche Informationen“. Aus diesem Grund werden ausschließlich die ersten 2 Byte des herstellerspezifischen Fehlercodes verwendet und auch in Objekt 0x1003 gespeichert. Das erste Byte gibt den Ort an, an dem der Fehler erkannt wurde:
  - 0xF1 – Drehgeberfehler
  - 0xF2 – Drehgeberwarnung

- 0x01...0x1F – durch Bushaube erkannte Fehler
- ▶ Verschwindet ein Fehler/ eine Warnung, sendet der Slave eine CoE Emergency Meldung mit dem Fehlercode 0x0000 (Resetfehler). Der Wert des Fehlerregisters spiegelt den Gerätestatus wider (andere Fehler können nach wie vor vorhanden sein). Der Wert des herstellerspezifischen Fehlercodes des CoE-Emergency ist der gleiche wie für den eingehenden Emergency-Fall.

**ZU BEACHTEN!** Wenn nur Warnungen vorhanden sind, wird dies in der Emergency State Machine als fehlerfreier Zustand betrachtet.

## 10.2 ACURO spezifische AL Status Codes

Zusätzlich definierte AL Status Codes:

Code	Bedeutung	Beschreibung
0x8100	WRONG_HW	Aktuelle Firmware-Version nicht passend zum Hardware Revisionsstand der Bushaube. (Firmware-Version V1.2.0.1 erfordert Hardware-Revision 3).
0x8101	PARAM_CORRUPT	Flash Speicherbereich der alle Betriebsparameter enthält ist beschädigt.
0x8102	RESID_CORRUPT	FRAM Speicherbereich der die Restwertspeicherung enthält ist beschädigt.
0x8103	RESID_OVERRUN	Fehlende/ausstehende Restwertspeicherung im FRAM Speicherbereich erkannt.
0x8104	ENCODER_COMM_ERR	Kommunikation zwischen Bushaube und Basisdrehgeber fehlgeschlagen.
0x8105	ENCODER_POS_ERR	Gelieferte Position des Basisgebers fehlerhaft.

Tab. 14: ACURO spezifische AL Status Codes

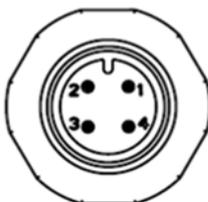
## 11 Technische Daten

### 11.1 Bus-/ Stromanschlüsse

Der Hengstler ACURO AC58 EtherCAT® Absolut-Drehgeber unterstützt die 100BASE-TX-Variante des Standards IEEE 802.3. Die Variante 100BASE-TX nutzt abgeschirmte Twisted-Pair-Kupferkabel mit zwei Adernpaaren. Hierfür können Kabel der Kategorien CAT 5, 6 oder 7 zum Einsatz kommen. Gemäß den Industrieanwendungen, in denen der Drehgeber verwendet wird sowie aufgrund der hervorragenden umweltschonenden Eigenschaften dieses Steckertyps kommen M12-Stecker zum Einsatz.

Der maximale Abstand zwischen zwei Knoten ist auf 100 m beschränkt.

Der Anschluss erfolgt über die Bushaube mit drei (3) M12-Steckern. Die Anschlüsse sind wie folgt belegt:

Pin	Anschluss		
	Bus-Port IN	Power (Versorgungsspannung)	Bus-Port OUT
1	TxD+	UB in	TxD+
2	RxD+	N.C.	RxD+
3	TxD-	0 V in	TxD-
4	RxD-	N.C.	RxD-
Schirm	Schirm <sup>1)</sup>	Schirm <sup>1)</sup>	Schirm <sup>1)</sup>
	 M12-Stecker D-codiert	 M12-Stecker A-codiert	 M12-Stecker D-codiert
<sup>1)</sup> Schirm mit Gebergehäuse verbunden			

Tab. 15: Anschlussbelegung

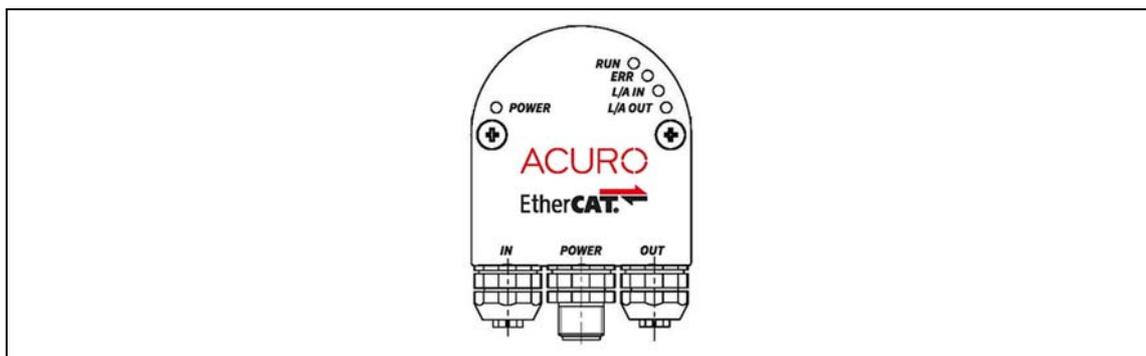


Abb. 18: LED-Anzeigen und Stecker des ACURO AC58 EtherCAT

Weitere Informationen über die Bedeutung der LEDs auf dem Drehgeber erhalten Sie in Abschnitt 4.3 „Bedeutung der LEDs“ des vorliegenden Handbuchs.

## 11.2 EtherCAT®

ACURO AC58 EtherCAT® unterstützt die folgenden Funktionen und weist die angegebenen Datengrößen auf.

Funktionen	Parameter
Gesamtanzahl der zyklischen Eingabedaten	Abhängig von der Auswahl des PDO-Typs
Standard-PDO	4 Byte
PDO-Typ 1	5 Byte
PDO-Typ 2	8 Byte
PDO-Typ 3	8 Byte
Gesamtanzahl der zyklischen Ausgabedaten	Keine
Azyklische Kommunikation	SDO SDO Master-Slave
Slave-Typ	komplexer Slave
SYNC0-Signal	unterstützt
Distributed Clocks (DC)	unterstützt, 32 Bit
CoE Emergency	unterstützt
FoE	unterstützt, für Firmware-Update genutzt
Baudrate	100 MBit/s (fix)
Datentransportschicht	Ethernet II, IEEE 802.3

Tab. 16: Technische Daten EtherCAT

### **Einschränkungen**

- ▶ Das Standardprofilobjekt 0x6002 „*Gesamtanzahl der Messschritte*“ beschränkt die Gesamtauflösung (ST \* MT) aufgrund seines Datenformats UNSIGNED32 auf < 32 Bit.

## 12 Anhang

### 12.1 EtherCAT®-Befehle

In der EtherCAT-Spezifikation sind folgende EtherCAT®-Befehle definiert:

Befehlscode	Befehl
APRD	Auto increment physical read
APWR	Auto increment physical write
APRW	Auto increment physical read write
FPRD	Configured address physical read
FPWR	Configured address physical write
FPRW	Configured address physical read write
BRD	Broadcast read
BWR	Broadcast write
BRW	Broadcast read write
LRD	Logical read
LWR	Logical write
LRW	Logical read write
ARMW	Auto increment physical read multiple write
FRMW	Configured address physical read multiple write
NOP	No operation

Tab. 17: EtherCAT-Befehlscodes

Diese Befehle unterscheiden sich in der verwendeten Art der Adressierung:

- ▶ *Auto increment* Zugriff (APRD, APWR, APRW und ARMW) nutzt eine automatisch erhöhte Position in den ersten 16 Bit der Befehlsadresse sowie eine lokale Speicheradresse als Offset (letzte 16 Bit der Befehlsadresse).
- ▶ *(Fixed) configured address* Zugriff (FPRD, FPWR, FPRW, FRMW) nutzt eine konfigurierte Adresse sowie eine lokale Speicheradresse als Offset in den letzten 16 Bit der Befehlsadresse.
- ▶ *Broadcast* Zugriff (BRD, BWR und BRW) nutzt eine Position (erste 16 Bit der Befehlsadresse) sowie eine lokale Speicheradresse als Offset in den letzten 16 Bit der Befehlsadresse. Die Position wird durch jeden Slave bei BRD erhöht.
- ▶ *Logical* Zugriff (LRD, LWR und LRW) nutzt logische 32-Bit-Adressen.

## 12.2 CoE-Objekt 2002:1

EtherCAT<sup>®</sup> ermöglicht zyklische und azyklische Kommunikation in einer Art und Weise, die der von CANopen stark ähnelt. Dies erfolgt über das Mailbox-Protokoll CoE (CANopen over EtherCAT). CoE unterscheidet sich lediglich in einigen Anpassungen und Erweiterungen vom CANopen-Standard. Tatsächlich verkapselt es das CANopen-Protokoll, d. h. die Daten werden innerhalb von standardmäßigen CANopen-Frames mit einem zusätzlichen Mailbox Header und einem CoE Header vor dem CANopen-Frame übertragen.

In den folgenden Abbildungen und Tabellen wird die Struktur des Mailbox Headers (siehe Abb. 19), des CoE-Befehls-Headers (siehe Abb. 20) und des CANopen-Frames selbst (siehe Abb. 21) dargestellt:

### Mailbox Header (6 Byte)

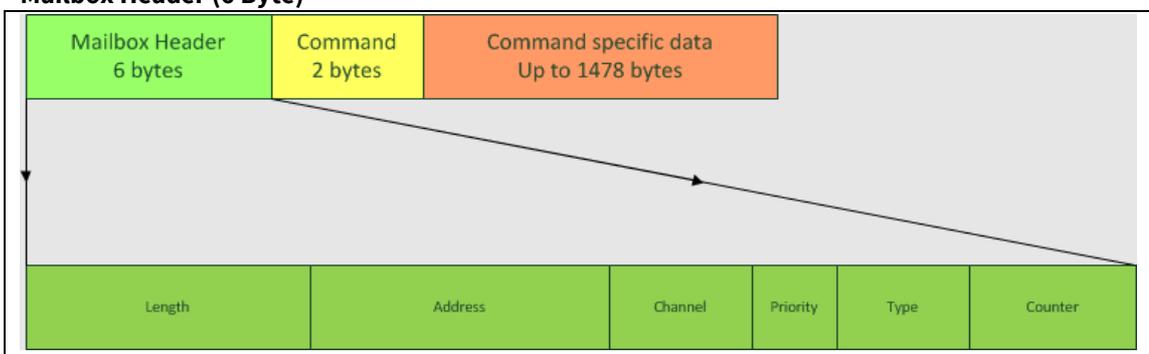


Abb. 19: Mailbox Header

Feldname	Breite	Bedeutung
Länge	16 Bit	Länge der folgenden Daten
Adresse	16 Bit	Adresse des Urhebers
Kanal	6 Bit	reserviert
Priorität	2 Bit	reserviert
Typ	4 Bit	Mailbox-Typ, siehe Tabelle unten
Zähler	3 Bit	Laufende Nummer (1...7) zur Erkennung von Duplikaten

Tab. 18: Inhalt des Mailbox Headers

In der folgenden Tabelle wird die Bedeutung des Mailbox-Typen beschrieben:

Wert	Bedeutung	
0	Mailbox-Fehler	
2	EoE	Ethernet over EtherCAT
3	CoE	CANopen application protocol over EtherCAT
4	FoE	File access over EtherCAT
5	SoE	Servo drive over EtherCAT
15	VoE	Vendor specific profile over EtherCAT

Tab. 19: Bedeutung des Mailbox-Typen

## CoE-Befehls-Header (2 Byte)

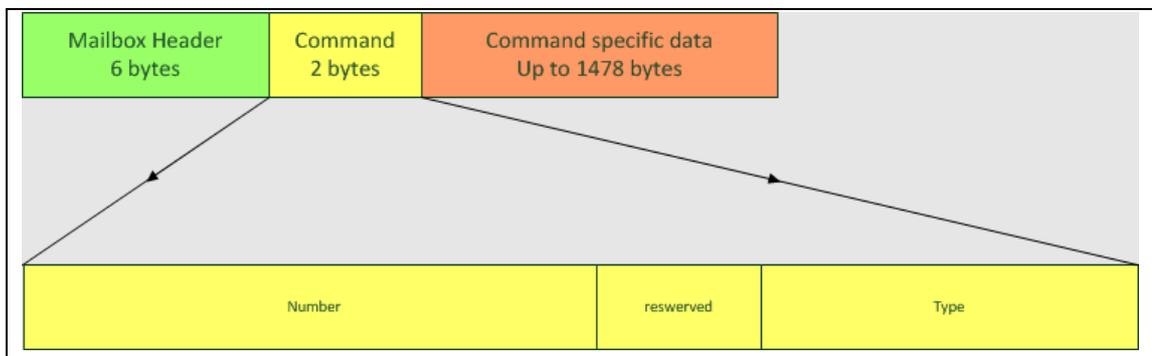


Abb. 20: CoE-Befehls-Header

Feldname	Breite	Bedeutung
Nummer	9 Bit	PDO-Nummer (im Falle von PDO-Übertragung)
Reserviert	3 Bit	Reserviert
Typ	4 Bit	Meldungstyp siehe Tabelle unten

Tab. 20: Inhalt des Mailbox Headers

In der folgenden Tabelle wird die Bedeutung der Mailbox-Typen beschrieben:

Wert	Bedeutung
0	Reserviert
1	Emergency Meldung
2	SDO-Anfrage
3	SDO-Antwort
4	TxPDO
5	RxPDO
6	Fernübertragungsanfrage von TxPDO
7	Fernübertragungsanfrage von RxPDO
8	SDO-Information
9-15	Für zukünftige Nutzung reserviert

Tab. 21: Bedeutung der Mailbox-Typen

## CoE-Frame (8 ... 1.478 Byte)

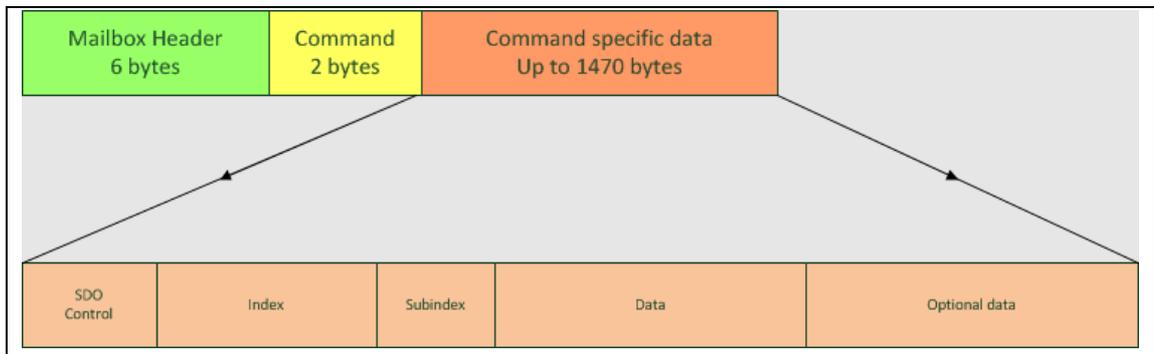


Abb. 21: CoE-Frame

Feldname	Breite	Bedeutung
SDO-Steuerung	8 Bit	Standardmäßige CANopen SDO Services
Index	16 Bit	Index für Objektadressierung innerhalb des Objektverzeichnisses (nicht zu verwechseln mit dem Index in Abschnitt 5.4.2.1)
Sub-Index	8 Bit	Sub-Index für Objektadressierung innerhalb des Objektverzeichnisses
Daten	32 Bit	Daten für SDO Service
Optionale Daten	0 ... 1.470 Byte	Mailbox-Gesamtgröße für weitere Daten, sofern erforderlich

Tab. 22: Inhalt des CoE-Frames