

Dokumentation | DE

EP7047-1032

Schrittmotorbox mit Inkremental-Encoder und feldorientierter Regelung



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	5
1.1	Hinweise zur Dokumentation	5
1.2	Sicherheitshinweise	6
1.3	Ausgabestände der Dokumentation	7
2	Produktübersicht	8
2.1	Einführung	8
2.2	Technische Daten	9
2.3	Lieferumfang	10
2.4	Prozessabbild	11
2.4.1	"Predefined PDO Assignments"	11
2.4.2	Prozessdatenobjekte	13
2.5	Technologie	18
2.5.1	Schrittmotor	19
2.5.2	Auswahl eines Schrittmotors	22
2.5.3	Standard Betrieb	23
2.5.4	Feldorientierte Regelung	25
3	Montage und Anschlüsse	27
3.1	Montage	27
3.1.1	Abmessungen	27
3.1.2	Befestigung	28
3.1.3	Funktionserdung (FE)	28
3.2	Anschlüsse	29
3.2.1	Steckverbinder-Übersicht	29
3.2.2	EtherCAT: X40 und X41	30
3.2.3	Versorgungsspannungen: X60 und X61	32
3.2.4	Inkremental-Encoder: X03 oder X04	34
3.2.5	Endlagenschalter: X05	35
3.2.6	Latch-Eingang: X06	36
3.2.7	Motorbremse: X07	37
3.2.8	Schrittmotor: X08	38
4	Inbetriebnahme und Konfiguration	40
4.1	EP7047 in ein TwinCAT-Projekt einbinden	40
4.2	EP7047 parametrieren	41
4.2.1	Parameter-Verzeichnis öffnen (CoE)	41
4.2.2	Wichtige Motor-Parameter einstellen	42
4.2.3	Weitere wichtige Parameter einstellen	44
4.3	Betriebsart einstellen	45
4.3.1	Betriebsarten	46
4.4	Die NC-Achse parametrieren	52
4.4.1	Den Encoder parametrieren	54
4.4.2	Den Regler parametrieren	56
4.5	Testlauf durchführen	58
4.5.1	Testlauf mit der TwinCAT NC	58

4.5.2	Testlauf ohne die TwinCAT NC	59
4.6	Weitere Anwendungsfälle	60
4.6.1	Das "Positioning Interface" verwenden.....	60
4.6.2	Eine NC-Achse mit EP7047 verknüpfen.....	75
4.6.3	Die Spannungskonstante eines Motors experimentell ermitteln.....	76
4.6.4	Wiederherstellen des Auslieferungszustandes.....	77
4.7	Außerbetriebnahme.....	78
5	Diagnose.....	79
5.1	Diagnose - Grundlagen zu Diag Messages.....	79
5.2	Diag Messages von EtherCAT-Geräten für die Antriebstechnik	88
6	CoE-Parameter.....	89
6.1	Objekt-Verzeichnis	89
6.2	Datenformat von CoE-Parametern	91
6.3	Objektbeschreibung.....	92
6.3.1	Objekte zur Parametrierung.....	92
6.3.2	Status-Objekte	96
6.3.3	Standard-Objekte.....	97
7	Anhang	99
7.1	Allgemeine Betriebsbedingungen.....	99
7.2	Zubehör	100
7.3	Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten	101
7.3.1	Beckhoff Identification Code (BIC).....	105
7.4	Support und Service	107

1 Vorwort

1.1 Hinweise zur Dokumentation

Zielgruppe

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

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

Das Fachpersonal ist verpflichtet, für jede Installation und Inbetriebnahme die zu dem betreffenden Zeitpunkt veröffentlichte Dokumentation zu verwenden.

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

Disclaimer

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

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

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

Marken

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

Patente

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



EtherCAT®

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

Copyright

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, Deutschland.

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

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

1.2 Sicherheitshinweise

Sicherheitsbestimmungen

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

Haftungsausschluss

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

Qualifikation des Personals

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

Erklärung der Hinweise

In der vorliegenden Dokumentation werden die folgenden Hinweise verwendet.
Diese Hinweise sind aufmerksam zu lesen und unbedingt zu befolgen!

GEFAHR

Akute Verletzungsgefahr!

Wenn dieser Sicherheitshinweis nicht beachtet wird, besteht unmittelbare Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen!

WARNUNG

Verletzungsgefahr!

Wenn dieser Sicherheitshinweis nicht beachtet wird, besteht Gefahr für Leben und Gesundheit von Personen!

VORSICHT

Schädigung von Personen!

Wenn dieser Sicherheitshinweis nicht beachtet wird, können Personen geschädigt werden!

HINWEIS

Schädigung von Umwelt/Geräten oder Datenverlust

Wenn dieser Hinweis nicht beachtet wird, können Umweltschäden, Gerätebeschädigungen oder Datenverlust entstehen.



Tipp oder Fingerzeig

Dieses Symbol kennzeichnet Informationen, die zum besseren Verständnis beitragen.

1.3 Ausgabestände der Dokumentation

Version	Kommentar
1.0	• Erste Veröffentlichung

Firm- und Hardware-Stände

Diese Dokumentation bezieht sich auf den zum Zeitpunkt ihrer Erstellung gültigen Firm- und Hardware-Stand.

Die Eigenschaften der Module werden stetig weiterentwickelt und verbessert. Module älteren Fertigungsstandes können nicht die gleichen Eigenschaften haben, wie Module neuen Standes. Bestehende Eigenschaften bleiben jedoch erhalten und werden nicht geändert, so dass ältere Module immer durch neue ersetzt werden können.

Dokumentation	Firmware	Hardware
1.0	06	00

Den Firm- und Hardware-Stand (Auslieferungszustand) können Sie der auf der Seite der EtherCAT Box aufgedruckten Batch-Nummer (D-Nummer) entnehmen.

Syntax der Batch-Nummer (D-Nummer)

D: WW YY FF HH

WW - Produktionswoche (Kalenderwoche)

YY - Produktionsjahr

FF - Firmware-Stand

HH - Hardware-Stand

Beispiel mit D-Nr. 29 10 02 01:

29 - Produktionswoche 29

10 - Produktionsjahr 2010

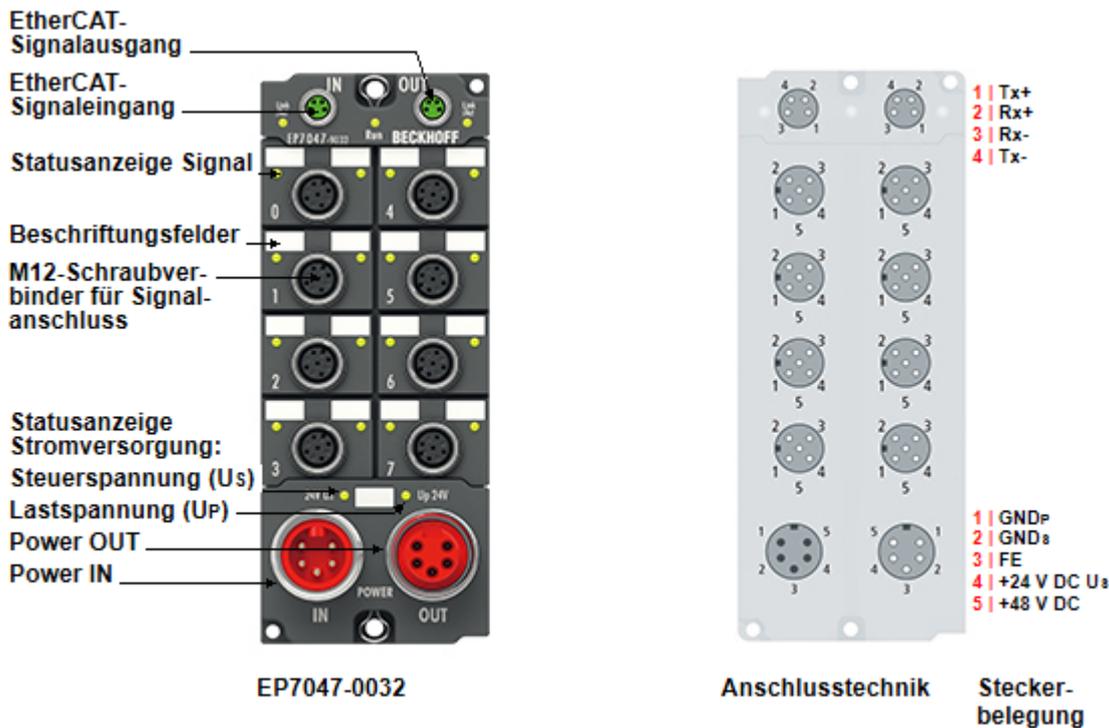
02 - Firmware-Stand 02

01 - Hardware-Stand 01

Weitere Informationen zu diesem Thema: [Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten \[► 101\]](#).

2 Produktübersicht

2.1 Einführung



Schrittmotorbox mit Inkremental-Encoder und feldorientierter Regelung, 48 V DC, 5 A

Die EtherCAT Box EP7047-0032 ist für den mittleren Leistungsbereich von Schrittmotoren vorgesehen. Die PWM-Endstufen decken einen großen Spannungs- und Strombereich ab. Sie sind, zusammen mit zwei Eingängen für Endlagenschalter, in der EtherCAT Box untergebracht. Mit nur wenigen Parametern kann die EP7047-0032 an den Motor und die Anwendung angepasst werden. Durch den drehsteif-integrierten Encoder (1024 Inc/Rev) ist der Schrittmotor AS2000 ideal für die Closed-Loop-Regelung der EP7047-0032 geeignet. Als Encoder kann entweder eine 5-V- oder eine 24-V-Variante single-ended eingesetzt werden.

Quick Links

[Technische Daten \[► 9\]](#)

[Prozessabbild \[► 11\]](#)

[Anschlüsse \[► 29\]](#)

[Inbetriebnahme und Konfiguration \[► 40\]](#)

2.2 Technische Daten

Alle Werte sind typische Werte über den gesamten Temperaturbereich, wenn nicht anders angegeben.

EtherCAT	
Anschluss	2 x M8-Buchse, 4polig, grün
Potenzialtrennung	500 V

Versorgungsspannungen	
Anschluss	Eingang: 7/8" - Stecker, 5-polig Weiterleitung: 7/8" - Buchse, 5-polig
U _s Nennspannung	24 V _{DC} (-15 % / +20 %)
U _s Summenstrom ¹⁾	max. 16 A bei 40 °C
Stromaufnahme aus U _s	120 mA + Stromaufnahme von angeschlossenen Geräten: <ul style="list-style-type: none"> • Encoder • Motorbremse • Endlagenschalter
U _p Nennspannung	8...48 V _{DC}
U _p Summenstrom ¹⁾	max. 16 A bei 40 °C
Stromaufnahme aus U _p	= Stromaufnahme des Schrittmotors

Schrittmotor	
Motor-Typ	2-Phasen-Schrittmotor, unipolar oder bipolar
Anschluss	1x M12-Buchse, 5-polig
Strom pro Phase	max. 5 A (überlastfest und kurzschlussfest)
Maximale Schrittfrequenz	Einstellbar: 1000 / 2000 / 4000 / 8000 / 16000 Vollschritte pro Sekunde
Microstepping	bis zu 64-fach ²⁾
Stromreglerfrequenz	ca. 30 kHz
Auflösung	ca. 5000 Positionen pro Umdrehung in typischen Anwendungen

Encoder-Eingang	
Anzahl	1
Encoder-Typ	Inkremental-Encoder
Anschluss	1x M12-Buchse, 5polig
Encoder-Versorgung	Wahlweise: <ul style="list-style-type: none"> • 5 V_{DC}, max 0,5 A, kurzschlussfest • 24 V_{DC}, max. 0,5 A, <i>nicht</i> kurzschlussfest
Signale	A, B, C; single-ended (C = Referenzimpuls / Nullimpuls)
Signalspannung "0"	-3...2 V
Signalspannung "1"	3,7...28 V
Pulsfrequenz	max. 400.000 Inkremente pro Sekunde (4-fach Auswertung)

¹⁾ Dieser Wert entspricht der Stromtragfähigkeit der Anschlüsse für die Versorgungsspannungen.

²⁾ automatische Umschaltung, geschwindigkeitsabhängig.

Digitale Eingänge für Endlagenschalter	
Anzahl	2
Nennspannung High-Pegel	24 V _{DC}

Digitaler Ausgang für die Motorbremse	
Nennspannung	24 V _{DC} aus der Steuerspannung U _s
Ausgangsstrom	max. 0,5 A

Umgebungsbedingungen	
Umgebungstemperatur im Betrieb	-25...+60 °C
Umgebungstemperatur bei Lagerung	-40...+85 °C
Vibrations- / Schockfestigkeit	gemäß EN 60068-2-6 / EN 60068-2-27
EMV-Festigkeit / Aussendung	gemäß EN 61000-6-2 / EN 61000-6-4
Schutzart	IP65, IP66, IP67 (gemäß EN 60529)

Gehäusedaten	
Abmessungen B x H x T	60 mm x 150 mm x 26,5 mm (ohne Steckverbinder)
Gewicht	ca. 440 g
Material	PA6 (Polyamid)
Einbaulage	beliebig

Zulassungen	
Zulassungen	CE, cURus in Vorbereitung

2.3 Lieferumfang

Vergewissern Sie sich, dass folgende Komponenten im Lieferumfang enthalten sind:

- 1x EtherCAT Box EP7047-1032
- 1x Schutzkappe für Versorgungsspannungs-Ausgang, 7/8", schwarz (vormontiert)
- 2x Schutzkappe für EtherCAT-Buchse, M8, grün (vormontiert)
- 10x Beschriftungsschild unbedruckt (1 Streifen à 10 Stück)



Vormontierte Schutzkappen gewährleisten keinen IP67-Schutz

Schutzkappen werden werksseitig vormontiert, um Steckverbinder beim Transport zu schützen. Sie sind u.U. nicht fest genug angezogen, um die Schutzart IP67 zu gewährleisten.

Stellen Sie den korrekten Sitz der Schutzkappen sicher, um die Schutzart IP67 zu gewährleisten.

2.4 Prozessabbild

Der Umfang des Prozessabbildes ist einstellbar.

EP7047-1032 hat mehrere vordefinierte Varianten des Prozessabbildes: "Predefined PDO Assignments". Wählen Sie das "Predefined PDO Assignment" entsprechend der Betriebsart [\[▶ 45\]](#).

In der Werkseinstellung ist "Velocity control compact" [\[▶ 12\]](#) eingestellt.

2.4.1 "Predefined PDO Assignments"

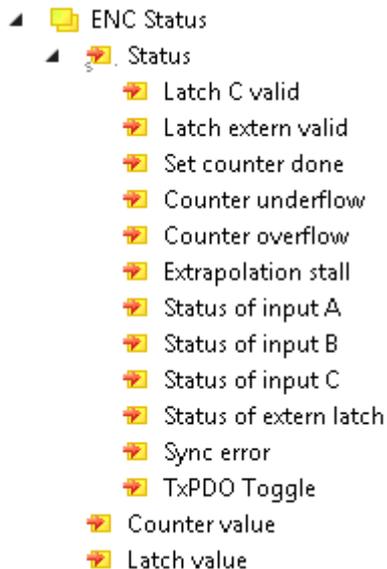
Name	Prozessabbild	Prozessdatenobjekte
Position control	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status ▶  STM Status ▶  ENC Control ▶  STM Control ▶  STM Position ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status [▶ 13] ▶  STM Status [▶ 15] ▶  ENC Control [▶ 16] ▶  STM Control [▶ 17] ▶  STM Position [▶ 17]
Positioning interface	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status ▶  STM Status ▶  POS Status ▶  ENC Control ▶  STM Control ▶  POS Control ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status [▶ 13] ▶  STM Status [▶ 15] ▶  POS Status [▶ 14] ▶  ENC Control [▶ 16] ▶  STM Control [▶ 17] ▶  POS Control [▶ 16]
Positioning interface (Auto start)	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status ▶  STM Status ▶  POS Status ▶  ENC Control ▶  STM Control ▶  POS Control ▶  POS Control 2 ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status [▶ 13] ▶  STM Status [▶ 15] ▶  POS Status [▶ 14] ▶  ENC Control [▶ 16] ▶  STM Control [▶ 17] ▶  POS Control [▶ 16] ▶  POS Control 2 [▶ 16]
Positioning interface (Auto start) with info data	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status ▶  STM Status ▶  STM Synchron info data ▶  POS Status ▶  ENC Control ▶  STM Control ▶  POS Control ▶  POS Control 2 ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status [▶ 13] ▶  STM Status [▶ 15] ▶  STM Synchron info data [▶ 15] ▶  POS Status [▶ 14] ▶  ENC Control [▶ 16] ▶  STM Control [▶ 17] ▶  POS Control [▶ 16] ▶  POS Control 2 [▶ 16]

Name	Prozessabbild	Prozessdatenobjekte
Positioning interface compact	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status ▶  STM Status ▶  POS Status compact ▶  ENC Control ▶  STM Control ▶  POS Control compact ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none">  ENC Status [▶_13]  STM Status [▶_15]  POS Status compact [▶_14]  ENC Control [▶_16]  STM Control [▶_17]  POS Control compact [▶_16]
Velocity control	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status ▶  STM Status ▶  ENC Control ▶  STM Control ▶  STM Velocity ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none">  ENC Status [▶_13]  STM Status [▶_15]  ENC Control [▶_16]  STM Control [▶_17]  STM Velocity [▶_17]
Velocity control compact (<i>Werkseinstellung</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status compact ▶  STM Status ▶  ENC Control compact ▶  STM Control ▶  STM Velocity ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none">  ENC Status compact [▶_13]  STM Status [▶_15]  ENC Control compact [▶_16]  STM Control [▶_17]  STM Velocity [▶_17]
Velocity control compact with info data	<ul style="list-style-type: none"> ▲  Box 1 (EP7047-1032) <ul style="list-style-type: none"> ▶  ENC Status compact ▶  STM Status ▶  STM Synchron info data ▶  ENC Control compact ▶  STM Control ▶  STM Velocity ▶  WcState ▶  InfoData 	<ul style="list-style-type: none">  ENC Status compact [▶_13]  STM Status [▶_15]  STM Synchron info data [▶_15]  ENC Control compact [▶_16]  STM Control [▶_17]  STM Velocity [▶_17]

2.4.2 Prozessdatenobjekte

2.4.2.1 "ENC Status"

"ENC Status" enthält die Status-Variablen des Encoder-Eingangs. "ENC" ist die Abkürzung für "Encoder".



Status

- **Latch C valid:** Es wurde eine Signalflanke am Encoder-Signal "C" erkannt. Infolgedessen wurde der Zählerwert "Counter value" zum Zeitpunkt der Signalflanke in die Variable "Latch value" geschrieben.¹⁾
- **Latch extern valid:** Es wurde eine Signalflanke am Latch-Eingang [X06 \[▶ 36\]](#) erkannt. Infolgedessen wurde der Zählerwert zum Zeitpunkt der Signalflanke in die Variable "Latch value" geschrieben.¹⁾
- **Set counter done:** Der Wert aus "Set counter value" wurde nach dem Setzen von "Set counter" ([ENC Control \[▶ 16\]](#)) in die Variable "Counter value" geschrieben.
- **Counter underflow:** Der Zählerwert "Counter value" hat den Wert 0 unterschritten.
- **Counter overflow:** Der Zählerwert "Counter value" hat den maximalen Wert überschritten.
- **Extrapolation stall:** Der extrapolierte Teil des Zählers ist ungültig ("Micro increments").
- **Status of input A:** aktueller Signalpegel des Encoder-Signals "A" ([X03 / X04 \[▶ 34\]](#))
- **Status of input B:** aktueller Signalpegel des Encoder-Signals "B" ([X03 / X04 \[▶ 34\]](#))
- **Status of input C:** aktueller Signalpegel des Encoder-Signals "C" ([X03 / X04 \[▶ 34\]](#))
- **Status of extern latch:** aktueller Signalpegel am Latch-Eingang ([X06 \[▶ 36\]](#))
- **Sync error:** Distributed Clocks Synchronisierungs-Fehler im vorangehenden Zyklus.
- **TxPDO Toggle:** Dieses Bit wird bei jeder Aktualisierung der Eingangsdaten invertiert.

Counter value: Der aktuelle Zählerwert.

Latch value: Zählerwert, der zum Zeitpunkt der letzten Signalflanke am Latch-Eingang X06 oder am Encoder-Signal "C" gespeichert wurde.¹⁾

¹⁾ Die Latch-Funktion ist in der Werkseinstellung deaktiviert. Sie können die Latch-Funktion im Prozessdatenobjekt "[ENC Control \[▶ 16\]](#)" oder "[ENC Control compact \[▶ 16\]](#)" aktivieren und konfigurieren.

2.4.2.2 "ENC Status compact"

Dieses Prozessdatenobjekt ist identisch mit "[ENC Status \[▶ 13\]](#)", siehe dort.

2.4.2.3 "POS Status"

"POS Status" enthält die Status-Variablen des [Positioning Interface](#) [► 60].

- ▲  POS Status
 - ▲  Status
 -  Busy
 -  In-Target
 -  Warning
 -  Error
 -  Calibrated
 -  Accelerate
 -  Decelerate
 -  Ready to execute
 -  Actual position
 -  Actual velocity
 -  Actual drive time

Status

- **Busy:** Ein Fahrauftrag ist aktiv.
- **In-Target:** Die Zielposition des Fahrauftrags wurde erreicht.
- **Warning:** Warnmeldung.
- **Error:** Fehlermeldung.
- **Calibrated:** Der Motor ist kalibriert..
- **Accelerate:** Der Motor beschleunigt.
- **Decelerate:** Der Motor bremst.
- **Ready to execute:** Bereit für einen Fahrauftrag.

Actual position: aktuelle Sollposition

Actual velocity: aktuelle Sollgeschwindigkeit

Actual drive time: die bisher verstrichene Zeit des Fahrauftrags.

2.4.2.4 "POS Status compact"

"POS Status compact" enthält die Status-Variablen des [Positioning Interface](#) [► 60].

- ▲  POS Status compact
 - ▲  Status
 -  Busy
 -  In-Target
 -  Warning
 -  Error
 -  Calibrated
 -  Accelerate
 -  Decelerate
 -  Ready to execute

Status

Diese Variable ist identisch mit der Variablen "Status" im Prozessdatenobjekt "[POS Status](#) [► 14]". Siehe dort.

2.4.2.5 "STM Status"

„STM Status“ enthält die Status-Bits der Schrittmotor-Endstufe. „STM“ ist die Abkürzung für „Stepper Motor“.

- ▲  STM Status
 - ▲  Status
 -  Ready to enable
 -  Ready
 -  Warning
 -  Error
 -  Moving positive
 -  Moving negative
 -  Torque reduced
 -  Motor stall
 -  Digital input 1
 -  Digital input 2
 -  Sync error
 -  TxPDO Toggle

Ready to enable: Die Endstufe kann freigeschaltet werden. Siehe Ausgangsvariable "Enable" im Prozessdatenobjekt [STM Control](#) [► 17].

Ready: Die Endstufe ist freigegeben.

Warning: Warnmeldung.

Error: Fehlermeldung. Die Endstufe wurde wegen eines Fehlers abgeschaltet. Sie können die Fehlermeldung quittieren mit der Ausgangsvariablen "Reset" im Prozessdatenobjekt [STM Control](#) [► 17].

Moving positive: Die Drehzahl ist größer als 0.

Moving negative: Die Drehzahl ist kleiner als 0.

Motor stall: Ein Schrittverlust ist aufgetreten.

2.4.2.6 "STM Synchron info data"

„STM“ ist die Abkürzung für „Stepper Motor“.

- ▲  STM Synchron info data
 -  Info data 1
 -  Info data 2

Info data *n*: Zusätzliche Informationen aus der Box. Sie können auswählen, welche Informationen diese Variablen enthalten sollen:

- Parameter 8012:11_{hex} [Select info data 1](#) [► 94]
- Parameter 8012:19_{hex} [Select info data 2](#) [► 94]

2.4.2.7 "ENC Control"

- ▲  ENC Control
 - ▲  Control
 -  Enable latch C
 -  Enable latch extern on positive edge
 -  Set counter
 -  Enable latch extern on negative edge
 -  Set counter value

Enable latch C: Flankentrigger für den Encoder-Eingang "C" aktivieren.

Enable latch extern on positive Edge: Flankentrigger für positive Signalfanken am Latch-Eingang X06 [[▶ 36](#)] aktivieren.

Set counter: Den Wert der Variablen "Set counter value" als aktuellen Zählerwert übernehmen.

Enable latch extern on negative Edge: Flankentrigger für negative Signalfanken am Latch-Eingang X06 [[▶ 36](#)] aktivieren.

Set counter value: Vorgabewert für "Set counter".

2.4.2.8 "ENC Control compact"

Dieses Prozessdatenobjekt ist identisch mit "[ENC Control](#)" [[▶ 16](#)].

2.4.2.9 "POS Control"

Dieses Prozessdatenobjekt enthält Variablen zur Steuerung des Positioning Interface [[▶ 60](#)].

- ▲  POS Control
 - ▲  Control
 -  Execute
 -  Emergency stop
 -  Target position
 -  Velocity
 -  Start type
 -  Acceleration
 -  Deceleration

2.4.2.10 "POS Control 2"

Dieses Prozessdatenobjekt enthält Variablen zur Steuerung des Positioning Interface [[▶ 60](#)].

- ▲  POS Control 2
 - ▲  Control
 -  Enable auto start
 -  Target position
 -  Velocity
 -  Start type
 -  Acceleration
 -  Deceleration

2.4.2.11 "POS Control compact"

Dieses Prozessdatenobjekt enthält Variablen zur Steuerung des Positioning Interface [[▶ 60](#)].

2.4.2.12 "STM Control"

- ▲  STM Control
 - ▲  Control
 -  Enable
 -  Reset
 -  Reduce torque
 -  Digital output 1

Enable: Endstufe freischalten.

Reset: Fehlermeldung quittieren, Fehler-Status zurücksetzen. Siehe Eingangsvariable "Error" im Prozessdatenobjekt [STM Status](#) [▶ 15]

2.4.2.13 "STM Position"

- ▲  STM Position
 -  Position

Position: Positions-Sollwert.

Geben Sie den Positions-Sollwert in Inkrementen an.

Umrechnung von Grad (°) in Inkremente: siehe unten.

Umrechnung von Positions-Sollwerten

Die Formel für die Umrechnung eines Positions-Sollwerts von Grad (°) in Inkremente ist abhängig davon, ob Sie einen Encoder einsetzen.

- Wenn Sie keinen Encoder einsetzen ([Feedback type](#) [▶ 94] = „Internal counter“), nutzen Sie diese Formel:

$$Position = \frac{\theta_{set} \times 64}{\varphi}$$

Position: Sollwert [Inkremente]

θ_{set} : Sollwert [°]

φ : Schrittwinkel des Motors [°]
(für Schrittmotoren AS10xx: $\varphi = 1,8^\circ$)

- Wenn Sie einen Encoder einsetzen ([Feedback type](#) [▶ 94] = „Encoder“), nutzen Sie diese Formel:

$$Position = \frac{\theta_{set} \times PPR}{90}$$

Position: Sollwert [Inkremente]

θ_{set} : Sollwert [°]

PPR: Auflösung des Encoders [Inkremente/Umdrehung]
(für Schrittmotoren AS10xx: inc = 1024)

2.4.2.14 "STM Velocity"

- ▲  STM Velocity
 -  Velocity

Velocity: Drehzahl-Sollwert in % des Parameters "Speed range" [▶ 44].

32767_{dez} entspricht 100%, -32767_{dez} entspricht -100%.

Umrechnung von Drehzahl-Sollwerten

$$Velocity = 196602 \times \frac{n_{set}}{\varphi \times f_{max}}$$

Velocity: Sollwert [Inkremente/s]

n_{set} : Sollwert [U/min]

φ : Schrittwinkel des Motors [°]
(für Schrittmotoren AS10xx: $\varphi = 1,8^\circ$)

f_{max} : „Speed range“ [▶ 44] [Vollschritte/s]

Der Drehzahl-Sollwert kann positiv oder negativ sein; je nach gewünschter Drehrichtung des Motors.

2.5 Technologie

EP7047-1032 stellt 2 grundsätzliche Betriebsarten zur Verfügung.

- Im Standard Betrieb [▶ 23] lassen sich alle uni- und bipolaren Schrittmotoren ansteuern, die den Spezifikationen von EP7047-1032 genügen. Es werden zwei Ströme mit Sinus-/Cosinus-Verlauf gestellt. Der Strom wird mit 64 kHz getaktet und mit bis zu 64-fachem Microstepping aufgelöst, um einen glatten Stromverlauf zu ermöglichen.
- Hinter dem Extended Mode [▶ 25] verbirgt sich eine Feldorientierte Regelung. Mit dieser Betriebsart lassen sich nur Schrittmotoren der Firma Beckhoff betreiben. Der Strom wird nicht einfach gestellt, sondern es erfolgt eine umfangreiche Regelung. Typische Schrittmotorprobleme, wie eine ausgeprägte Resonanz, gehören damit endgültig der Vergangenheit an. Des Weiteren wird der Strom lastabhängig eingestellt und ermöglicht dadurch eine erheblichen Energieeinsparung und geringere thermische Belastungen am Schrittmotor.

Realisierung von anspruchsvolleren Positionieraufgaben

Anspruchsvollere Positionieraufgaben lassen sich mit Hilfe der Beckhoff-Automatisierungssoftware TwinCAT realisieren. EP7047-1032 wird, wie andere Achsen, via TwinCAT System Manager eingebunden und sind wie übliche Servoachsen zu nutzen. Besondere Eigenarten des Schrittmotors, wie Rücknahme der Drehzahlvorgabe bei zu großem Schleppfehler, werden automatisch durch die Option *Schrittmotorachse* berücksichtigt. Der Aufwand, von einem Servomotor auf einen Schrittmotor - und zurück - zu wechseln, ist nicht größer, als unter TwinCAT der Wechsel von einem Feldbus zum anderen.

Die Endstufen von EP7047-1032 besitzen eine Überlastsicherung in Form einer Übertemperaturwarnung und -abschaltung. Zusammen mit der Kurzschlusserkennung werden die Diagnosedaten im Prozessabbild der Steuerung zugänglich gemacht. Zusätzlich wird dieser Status, neben weiteren Informationen durch LEDs angezeigt. Mit einem Enable-Bit wird die Endstufe eingeschaltet. Über einen Parameterwert kann der Motorstrom eingestellt und abgesenkt werden.

Die optimale Anpassung an den Motor und der energiesparende Einsatz in der Anwendung erfordern keinen großen Programmieraufwand. Da alle Daten in Form von Parametern im CoE-Register eingestellt werden, ist es leicht möglich, ein EtherCAT-Gerät auszutauschen oder einmal erarbeitete Parameter zu speichern und in ein nächstes Projekt zu übertragen. Das Übertragen bestimmter Potentiometer-Einstellungen und Dokumentieren von DIP-Schalter-Einstellungen ist somit nicht mehr erforderlich.

2.5.1 Schrittmotor

Der Schrittmotor ist ein Elektromotor, vergleichbar dem Synchronmotor. Der Rotor ist als Permanentmagnet ausgeführt, während der Stator aus einem Spulenpaket besteht. Die Frequenz des Stator Drehfeldes steht immer in einem festen Verhältnis zur Drehzahl des Rotors. Im Unterschied zum Synchronmotor verfügt der Schrittmotor über eine große Zahl von Polpaaren. Bei einfachster Ansteuerung schaltet man den Schrittmotor von Pol zu Pol, bzw. von Schritt zu Schritt.

Schrittmotoren sind schon seit vielen Jahren im Einsatz. Sie zeichnen sich durch Robustheit aus, lassen sich leicht ansteuern und liefern ein hohes Drehmoment. Die Möglichkeit die Schritte mit zu zählen erspart in vielen Anwendungsfällen ein kostenintensives Rückführungssystem. Auch nach der zunehmenden Verbreitung der Synchron-Servomotoren ist der Schrittmotor keineswegs „in die Jahre gekommen“, sondern gilt als ausgereift und wird nach wie vor weiter entwickelt, um Kosten und Baugröße zu reduzieren und um Drehmoment und Zuverlässigkeit zu steigern. Bei einem Standard-Schrittmotor mit 200 Vollschritten beträgt die bestmögliche Positioniergenauigkeit ca. 1,8°.

Heute werden in der Industrie überwiegend Hybridschrittmotoren verwendet. Der Rotor besteht bei diesem Motortyp aus einem gezahnten Eisenkern mit einem oder wenigen Permanentmagneten im Kern des Rotors. Der Rotor ist dabei so konstruiert, dass die Polung der aufeinander folgenden Zähne jeweils invers ist. So lassen sich Motoren mit einer hohen Schrittzahl, welche ausschlaggebend für die Positioniergenauigkeit ist, kombiniert mit einem vergleichsweise hohen Drehmoment herstellen. Das elektrische Verhalten eines solchen Hybridschrittmotors ist näherungsweise vergleichbar mit dem eines hochpoligen Synchronservomotors. Durch die synchrone Zahnung von Stator und Rotor ergibt sich jedoch beim Hybridschrittmotor ein wesentlich höheres Rastmoment.

Auf dem Markt werden Hybridschrittmotoren mit zwei oder mehr Phasen angeboten. Da EP7047-1032 für zweiphasige Motoren ausgelegt ist, wird jedoch hier nur auf den zweiphasigen Typ eingegangen, dessen Phasen in dieser Dokumentation mit A und B bezeichnet werden.

Parameter eines Schrittmotors

• Mechanisches System

Unabhängig vom Antrieb und dem Schrittmotor selbst hat der Aufbau der an der Motorwelle befestigten Mechanik einen wesentlichen Einfluss auf die erreichbare Regelgüte.

Eigenresonanz, Lastresonanzen, Getriebespiel (Lose) und Haftreibung beeinträchtigen die Regelbarkeit des Antriebssystems negativ. Dies erfordert oft eine etwas weichere Reglerparametrierung, die wiederum zu einer Erhöhung des Schleppabstands im System führt. Gleitreibung bewirkt wegen des erhöhten Energiebedarfs einerseits eine Verschlechterung des Wirkungsgrades, kann jedoch die Stabilität der Regelung wegen ihrer dämpfenden Wirkung auch positiv beeinflussen.

Prinzipiell gilt, je steifer die Mechanik eines Antriebssystems konstruiert ist, umso einfacher lässt es sich regeln, was das Erreichen eines kleinen Schleppabstands im Antriebssystem begünstigt.

• Drehzahl

Die maximale Drehzahl eines Schrittmotors ist gering und wird meist als maximale Schrittfrequenz angegeben.

• Phasenzahl

Üblich sind 2- bis 5-Phasen-Motoren. EP7047-1032 unterstützt 2-Phasen-Motoren. 4-Phasen-Motoren sind im Grunde 2-Phasen-Motoren mit getrennt herausgeführten Wicklungsenden und können direkt an EP7047-1032 angeschlossen werden.

• Drehmoment

Bezeichnet das maximale Drehmoment des Motors bei unterschiedlichen Drehzahlen. Meist wird eine Kennlinie zur Darstellung verwendet. Das Drehmoment eines Schrittmotors ist im unteren Drehzahlbereich vergleichsweise hoch und ermöglicht in vielen Anwendungsfällen einen direkten Einsatz ohne weiteres Getriebe. Ein Schrittmotor liefert, im Vergleich zu anderen Motoren, ohne großen Aufwand ein Haltemoment, das in der Größenordnung des Drehmoments liegt.

• Rastmoment

Das bei Schrittmotoren konstruktionsbedingt oft stark ausgeprägte Rastmoment kann in einem motor- und lastabhängigen Drehzahlbereich zu einer verhältnismäßig starken Eigenresonanz führen. Eine erhöhte Massenträgheit führt in Bezug auf das Rastmoment oft zu einer weniger stark ausgeprägten Resonanz und einer höheren Laufruhe.

• Massenträgheitsmoment

Im Standard Betrieb ist der wesentliche Parameter des mechanischen Systems das Massenträgheitsmoment J_{Σ} . Es setzt sich im Wesentlichen aus dem Massenträgheitsmoment des Schrittmotorrotors J_M und dem Massenträgheitsmoment der angeschlossenen Last J_L zusammen. Reibmomente J_{Reib} und das Trägheitsmoment eines Encoders J_{Enc} werden in erster Näherung vernachlässigt.

$$J_{\Sigma} \approx J_M + J_L$$

Das Verhältnis zwischen Lastmoment und Motormoment wird über die Konstante k_J angegeben.

$$k_J \approx J_L / J_M$$

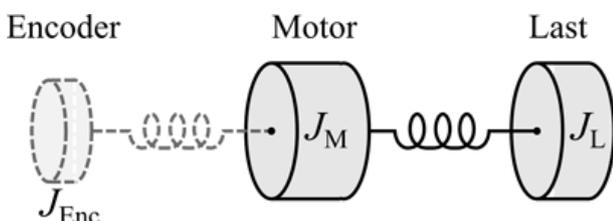


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung der Massenträgheitsmomente

Die Kopplung der einzelnen Massen über die Rotorwelle kann in erster Näherung als Zweimassenschwinger modelliert werden. Die Resonanzfrequenz zwischen Motor und Encoder liegt dabei in einem relativ hohen Frequenzbereich, der bei Schrittmotorantrieben in der Regel nicht relevant ist und wird antriebsintern durch Tiefpassfilterung unterdrückt. Die Resonanzfrequenz zwischen Motor und Last liegt häufig im Bereich zwischen 20 und 500 Hz. Sie liegt damit oft im Betriebsbereich der Antriebsregelung. Eine Reduzierung des Einflusses der Lastresonanz kann konstruktionstechnisch über ein kleines Lastverhältnis k_J und eine möglichst steife Kopplung der Motorwelle zur angeschlossenen Last erreicht werden.

• Resonanzen

In bestimmten Drehzahlbereichen zeigen Schrittmotoren einen mehr oder weniger rauen, unrunder Lauf. Dieses Phänomen ist besonders ausgeprägt, wenn der Motor ohne angekoppelte Last läuft; unter Umständen kann er dabei sogar stehen bleiben (im Standard Betrieb). Die Ursache ist in Resonanzen zu sehen. Grob kann man unterscheiden zwischen

- Resonanzen im unteren Frequenzbereich bis ca. 250 Hz und
- Resonanzen im mittleren bis oberen Frequenzbereich.

Die Resonanzen im mittleren bis oberen Frequenzbereich resultieren im Wesentlichen aus den elektrischen Kenngrößen wie Induktivität der Motorwicklung und Zuleitungskapazitäten. Sie sind über eine hohe Taktung der Regelung relativ einfach in den Griff zu bekommen.

Die Resonanzen im unteren Bereich resultieren im Wesentlichen aus den mechanischen Kenngrößen des Motors. Sie bewirken im Allgemeinen außer dem rauen Lauf, teilweise einen recht erheblichen Drehmomentverlust, bis hin zum Schrittverlust des Motors und sind also in der Anwendung besonders störend.

Der Schrittmotor stellt im Grunde ein schwingungsfähiges System dar, vergleichbar mit einem Masse-Federsystem, bestehend aus dem sich bewegenden Rotor mit Trägheitsmoment und einem magnetischen Feld, das eine Rückstellkraft auf den Rotor erzeugt. Beim Auslenken und Loslassen des Rotors wird eine gedämpfte Schwingung erzeugt. Entspricht die Ansteuerfrequenz der Resonanzfrequenz, wird die Schwingung verstärkt, so dass der Rotor im ungünstigsten Fall den Schritten nicht mehr folgt und zwischen zwei Rastungen hin und her schwingt.

EP7047-1032 verhindert diesen Effekt durch die Feldorientierte Regelung (Extended Operation Modes) bei allen Beckhoff Schrittmotoren.

• Drehmomentkonstante

In den Extended Operation Modes kommt als Parameter der mechanischen Regelstrecke die Drehmomentkonstante k_T hinzu, die das Verhältnis zwischen dem drehmomentbildenden Motorstrom und des an der Welle wirksamen Drehmoments angibt. Da der Betrieb im feldorientierten Modus bei Schrittmotoren nicht üblich ist, ist die Drehmomentkonstante jedoch meist nicht im Motordatenblatt zu finden.

Elektrisches System

• Nennspannung, Versorgungsspannung und Wicklungswiderstand

Im stationären Zustand fließt der Nennstrom bei Nennspannung, in Abhängigkeit zum Wicklungswiderstand. Diese Spannung sollte nicht mit der Versorgungsspannung der Leistungsendstufe verwechselt werden. EP7047-1032 gibt einen geregelten Strom auf die Motorwicklung. Unterschreitet die Versorgungsspannung die Nennspannung, kann die Leistungsendstufe den Strom nicht mehr in voller Höhe einprägen und ein Drehmomentverlust ist die Folge. Erstrebenswert sind ein kleiner Wicklungswiderstand und eine hohe Versorgungsspannung, um die Erwärmung gering zu halten und ein möglichst hohes Drehmoment bei hohen Drehzahlen zu erreichen.

• Induzierte Gegenspannung

Hybridschrittmotoren induzieren, wie Servomotoren auch, eine drehzahlproportionale Spannung u_i [Vs/rad] in die Statorwicklung des Motors. Diese wird häufig auch als Back Electromotive Force (BEMF) bezeichnet. Die induzierte Gegenspannung bestimmt in Verbindung mit der Zwischenkreisspannung (Motorspannung) die physikalisch erreichbare Maximaldrehzahl des Motors.

Das Verhältnis des Betrages der induzierten Gegenspannung zur Motordrehzahl ist konstruktionsbedingt variabel und wird über die Spannungskonstante k_e beschrieben.

$$u_i = k_e \cdot \omega_m$$

Der Motorparameter k_e [mV/(rad/s)] wird für die Schrittverlusterkennung ohne Encoder benötigt.

Bei Schrittmotoren bei denen die Spannungskonstante nicht im Datenblatt angegeben ist, kann sie relativ einfach mit Hilfe eines Digitalmultimeters ermittelt werden. Dazu muss der zu vermessende Motor (innerhalb des Nenndrehzahlbereichs) durch einen Hilfsmotor über eine Kupplung mit konstanter Drehzahl betrieben werden. Die Motorphasen des zu vermessenden Motors müssen dazu offen sein (Nicht angeschlossen oder kurzgeschlossen). Mit dem Multimeter kann der Effektivwert der induzierten Gegenspannung dann an einer der beiden offenen Motorphasen (A oder B) ermittelt werden und damit die Spannungskonstante bestimmt werden.

• Schrittwinkel

Der Schrittwinkel gibt den bei einem Schritt zurückgelegten Winkel an. Typische Werte sind $3,6^\circ$, $1,8^\circ$ und $0,9^\circ$. Das entspricht 100, 200 und 400 Schritten pro Motorumdrehung. Dieser Wert ist, zusammen mit der nachgeschalteten Übersetzung, ein Maß für die Positioniergenauigkeit. Aus technischen Gründen lässt sich der Schrittwinkel nicht beliebig reduzieren. Die Positioniergenauigkeit kann nur mechanisch durch die Übersetzung gesteigert werden. Eine elegante Lösung zur Erhöhung der Positioniergenauigkeit ist das Microstepping. Es erlaubt bis zu 64 Zwischenschritte. Der geringere, „künstliche“ Schrittwinkel hat einen weiteren positiven Effekt: Bei gleicher Genauigkeit kann der Antrieb mit einer höheren Geschwindigkeit gefahren werden. Die maximale Drehzahl bleibt erhalten, obwohl der Antrieb an der Grenze der mechanischen Auflösung positioniert.

• Wicklungswiderstand, Wicklungsinduktivität

Wicklungsinduktivität und Wicklungswiderstand des Stators des Schrittmotors bestimmen die elektrische Motorzeitkonstante $T_e = L / R$, die für die Auslegung des Stromreglers maßgeblich ist.

2.5.2 Auswahl eines Schrittmotors

1. Bestimmung der erforderlichen Positioniergenauigkeit und - dadurch bedingt - der Schrittauflösung. Zunächst muss geklärt werden, wie die Auflösung erreicht werden kann. Mechanische Übersetzungen, wie Spindel, Getriebe oder Zahnstangen führen zu einer Erhöhung. Zu berücksichtigen ist auch das 64-fache Microstepping.
2. Bestimmung der Massen m und der Trägheitsmomente (J) aller zu bewegenden Teile.
3. Berechnung der Beschleunigung, die sich durch die zeitlichen Anforderungen der bewegten Massen ergibt.
4. Berechnung der auftretenden Kräfte aus Massen, Trägheitsmomenten und den jeweiligen Beschleunigungen.
5. Umrechnung der Kräfte und Geschwindigkeiten auf die Motorachse, unter besonderer Berücksichtigung der Wirkungsgrade, Reibungsmomente und der mechanischen Größen, wie der Übersetzung. Praktischerweise berechnet man den Antrieb vom letzten Glied (das ist in der Regel die Last) aus rückwärts. Jedes weitere Element überträgt Kraft und Geschwindigkeit und führt durch Reibung zu weiteren Kräften oder Drehmomenten. An der Motorwelle ergibt sich während der Positionierung die Summe aller Kräfte und Drehmomente. Das Ergebnis ist ein Geschwindigkeits-/Drehmomentverlauf, den der Motor zu erbringen hat.
6. Aus der Drehmomentkennlinie ist der Motor zu ermitteln, der die Mindestanforderungen erfüllt. Das Trägheitsmoment des ermittelten Motors ist zum gesamten Antrieb zu addieren. Eine erneute Überprüfung wird notwendig. Das Drehmoment sollte, um eine ausreichende Praxissicherheit zu gewährleisten, 20% bis 30% überdimensioniert sein. Gegenteilig kann die Optimierung verlaufen, wenn der größte Teil der Beschleunigung für das Rotorträgheitsmoment aufgebracht werden muss. In diesem Fall sollte der Motor möglichst klein ausgelegt werden.
7. Test des Motors unter realen Anwendungsbedingungen: Die Gehäusetemperaturen sind im Dauerbetrieb zu überwachen. Werden die Berechnungen nicht von den Testergebnissen bestätigt, müssen die angenommenen Ausgangsgrößen und die Randbedingungen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Wichtig ist auch die Überprüfung von Randeffekten, wie Resonanzerscheinungen, Spiel in der Mechanik, Einstellungen der maximalen Lauffrequenz und der Rampensteilheit.
8. Der Antrieb kann zur Erhöhung der Leistung durch unterschiedliche Maßnahmen optimiert werden: Auswahl leichterer Materialien, Hohlkörper, statt volles Material, und Reduzierung der mechanischen Massen. Großen Einfluss auf das Verhalten des Antriebs übt auch die Ansteuerung aus. EP7047-1032 ermöglicht den Betrieb mit unterschiedlichen Versorgungsspannungen. Die Drehmomentkennlinie kann durch höhere Spannung verlängert werden. Dabei liefert ein Stromanhebungsfaktor im entscheidenden Augenblick das erhöhte Drehmoment, während eine allgemeine Absenkung des Stroms die Temperatur des Motors deutlich reduziert. In Sonderfällen kann auch eine speziell angepasste Motorwicklung sinnvoll sein.

2.5.3 Standard Betrieb

Ursprünglich wurden Schrittmotoren mit sehr einfachen Endstufen betrieben, die lediglich dazu in der Lage waren die Spannungen der Motorphasen separat zu schalten (heutzutage ist die Stromregelung über eine PWM mit Pulsbreitenmodulation Standard). Zunächst wurden die Motorphasen dabei der Reihe nach einzeln angesteuert. Eine Schaltsequenz in positiver Drehrichtung entspricht der Schaltreihenfolge (+A, +B, -A, -B). Durch das sequentielle Schalten ergibt sich mit diesem Betrieb ein sehr unrunder Lauf. Um die Laufruhe zu verbessern, wurde später das so genannte Microstepping eingeführt, wobei die vier Spannungswerte durch Zwischenwerte (z.B. aus einer hinterlegten Sinustabelle) erweitert werden. Heute wird häufig ein Microstepping von 64 Schritten verwendet.

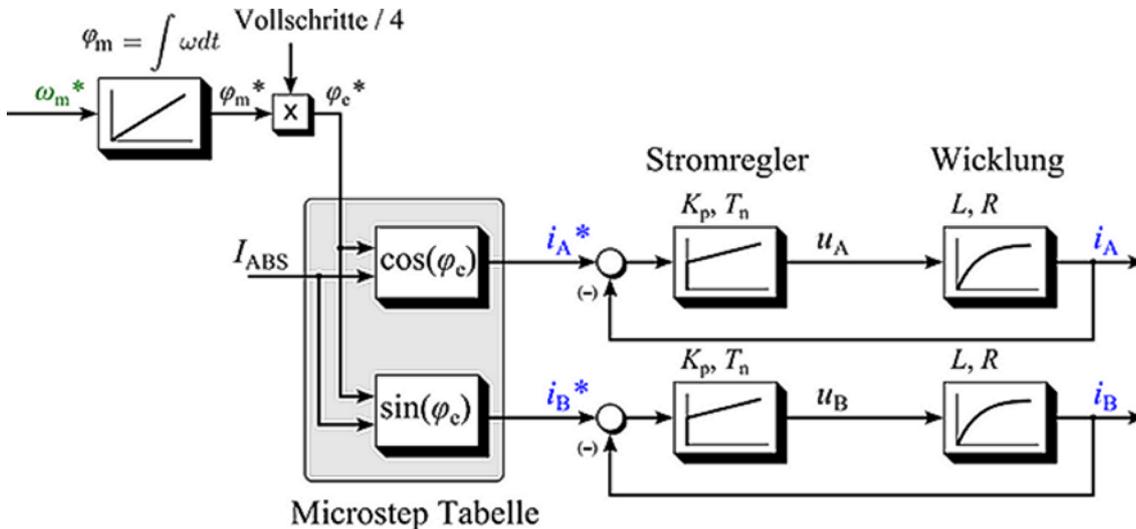


Abb. 2: Regelstruktur eines Standard Schrittmotorantriebs

Unter Vernachlässigung der durch das Microstepping bedingten weiterhin vorhandenen Abtastung kann der Motorstrom I in Abhängigkeit des elektrischen Winkels φ_e und des Betrages des Motorstromes I_{ABS} (bei Verwendung einer Stromregelung) wie folgt beschrieben werden:

$$I(\varphi_e) = I_A + jI_B = I_{ABS} \cos(\varphi_e) + jI_{ABS} \sin(\varphi_e)$$

Dargestellt durch Betrag und Winkel ergibt sich:

$$I(\varphi_e) = I_{ABS} \cdot e^{j\varphi_e}$$

Daraus geht hervor, dass eine Umdrehung des elektrischen Winkels φ_e vier Vollschritten entspricht. (Ein Schrittmotor mit 200 Vollschritten besitzt demzufolge 50 Polpaare).

Wird ein konstanter Strom bei unbelasteter Motorwelle eingestellt, so richtet sich die Welle aus. Die Welle zeigt dabei (innerhalb eines Polpaares) in Richtung des wirksamen Statorfeldes.

Wird die Motorwelle von außen belastet, wird die Welle aus der Feldrichtung herausgedreht und es stellt sich ein Lastwinkel (auch Polradwinkel) ein (bezogen auf eine elektrische Umdrehung des Winkels φ_e). Die Höhe des Lastwinkels ist abhängig vom Aufbau des Schrittmotors selbst, von der Höhe des Motorstroms und von der Höhe des an der Welle wirksamen Drehmoments. Der Zusammenhang ist nichtlinear!

Überschreitet der Lastwinkel einen motorabhängigen Maximalwert (das unter diesen Randbedingungen maximale Drehmoment der Maschine wird überschritten), so kann das Lastmoment vom Motor nicht mehr gehalten werden. Dreht man die Welle weiter aus dem Drehfeld heraus, „kippt“ sie und ein oder mehrere Schrittverluste sind die Folge. Die Höhe des „Kippwinkels“ kann von Motortyp zu Motortyp unterschiedlich sein. Oft liegt er zwischen ca. 45° und 65°.

Der Magnet symbolisiert das Magnetfeld im Rotor

Das Koordinatensystem ist statorfest

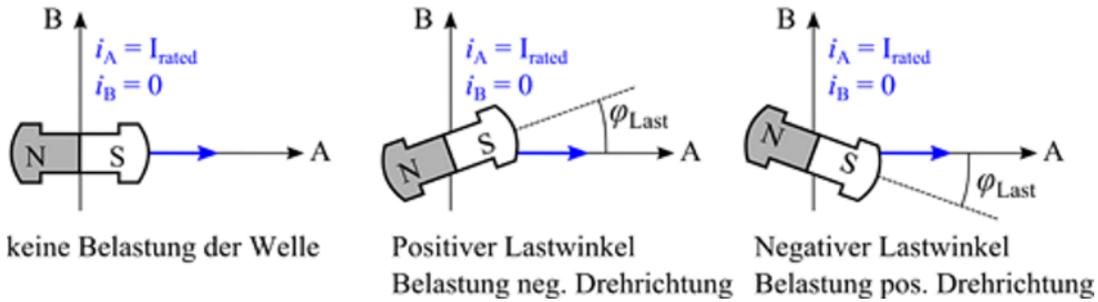


Abb. 3: Verhalten des Rotors bei Belastung

Da der Lastwinkel Rückschlüsse auf die Belastung der Welle zulässt ist er für den Nutzer interessant. Er wird durch die Auswertung der induzierten Gegenspannung* gemessen und kann zur Optimierung des Antriebssystems verwendet werden.

2.5.4 Feldorientierte Regelung

In den *Extended Operation Modes* wird der Schrittmotor wie ein Servomotor nach dem Prinzip der Feldorientierten Regelung betrieben.

Funktion

Das Betriebsverhalten des Motors entspricht dabei dem Verhalten eines traditionellen Gleichstrommotors, bei dem die Kommutierung über einen mechanischen Kommutator erfolgt. Das Drehmoment der Gleichstrommaschine ist bei konstantem Erregerfeld direkt proportional zum Statorstrom und kann über diesen direkt beeinflusst werden. Das Erregerfeld wird je nach Maschinentyp durch Permanentmagnete oder z.B. bei einer fremderregten Gleichstrommaschine über eine separate Erregerwicklung erzeugt.

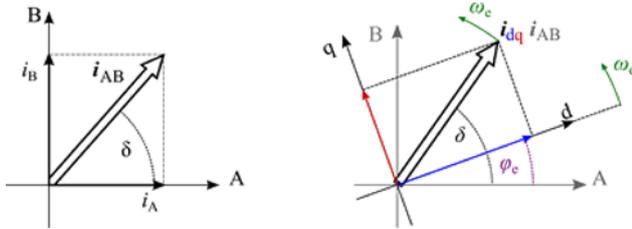


Abb. 4: Koordinatentransformation der Feldorientierten Regelung

Bei Servomotoren und auch beim Hybridschrittmotor besteht zunächst kein direkter Zusammenhang zwischen den Phasenströmen und dem Drehmoment. Die Entkopplung von Feld und Drehmoment wird über die so genannte Park-Transformation mathematisch vorgenommen. Dabei werden aus den Phasenströmen zwei Stromkomponenten, „d“, für „direkt“ in Feldrichtung und „q“ für „quadratur“ in drehmomentbildender Richtung, berechnet. Über die drehmomentbildende Stromkomponente i_q kann das Drehmoment der Maschine nun wie bei der Gleichstrommaschine direkt geregelt werden.

Voraussetzung ist, dass die Position des Rotors in ausreichend hoher Genauigkeit zur Verfügung steht. Beim Schrittmotor sollte die Encoderauflösung, um eine ausreichende Positioniergenauigkeit zu erreichen, mindestens 4000 Increments pro einer mechanischen Umdrehung betragen. Weiterhin ist die Mindestauflösung des Encoders von der Anzahl der Vollschritte abhängig und kann näherungsweise wie folgt berechnet werden.

$$ENCRES_{min} \left[\frac{inc}{360^\circ} \right] \geq \text{Vollschritte} \cdot 12 \geq 4000 \left[\frac{inc}{360^\circ} \right]$$

Abb. 5: Berechnung der Auflösung

Kommutierungsfindung für Extended Operation Modes

Da die Istposition bei Inkrementalencodern nicht absolut vorliegt, besteht beim Systemstart kein direkter Bezug zur Position des Rotors, der für den feldorientierten Betrieb erforderlich ist. Der Bezug der Istposition zur Rotorposition muss daher beim Systemstart über eine Kommutierungsfindung hergestellt werden. Während dieses Vorgangs wird der Rotor mehrfach um bis zu zwei Vollschritte vor und zurück bewegt.

● Kommutierungsfindung



- Der Maximalstrom „Maximal Current“ sollte nicht wesentlich unterhalb des Motornennstromes eingestellt sein.
- Während der Kommutierungsfindung darf die Rotorwelle nicht von außen durch ein Drehmoment belastet werden. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so können die Extended Operation Modes nicht verwendet werden.

Regelstruktur

Die Antriebsregelstruktur ist eine Kaskadenregelstruktur mit einem Positionsregelkreis mit unterlagertem Drehzahl- und Stromregelkreis. Bei Vorgabe eines Drehzahlsollwertes kann der äußere Positionsregelkreis entfallen.

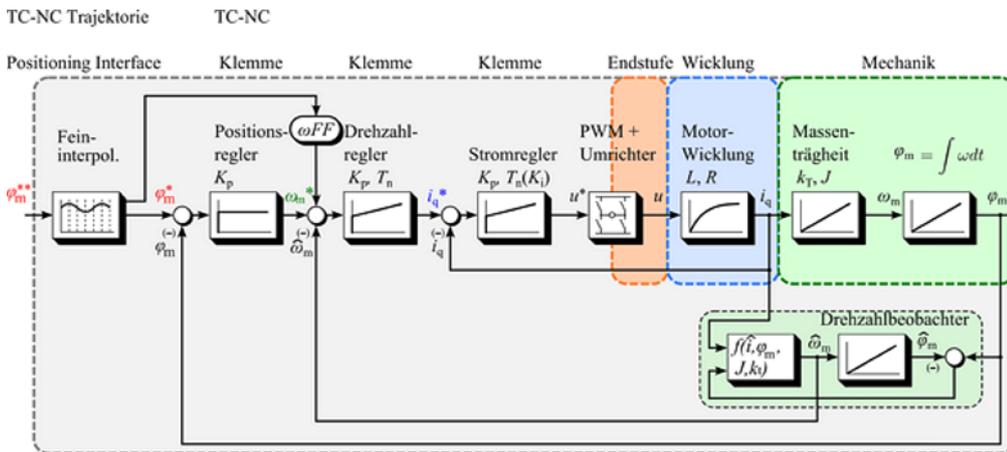


Abb. 6: Kaskadenregelstruktur mit Feldorientierter Regelung (Extended Operating modes)

Motorabhängigkeit

Wegen der starken Abhängigkeit der Regelung von den Motorparametern, den Reglerparametern und dem Motorverhalten selbst, ist die Verwendung der Feldorientierten Regelung auf Beckhoff Motoren beschränkt. Die Betriebsart wird für Motoren anderer Hersteller nicht unterstützt.

Hauptvorteile gegenüber dem Standard Betrieb

- geringe Stromaufnahme (nahezu vollständige Lastabhängigkeit)
- hoher Wirkungsgrad
- gleich bleibende Dynamik im Verhältnis zum Standard Betrieb
- Schrittverluste sind prinzipbedingt ausgeschlossen

Voraussetzung

- Encoder mit ausreichend hoher Auflösung erforderlich (min. 4000 [INC/360°])
- Leicht erhöhter Parametrierungsaufwand erforderlich (Drehzahlregler)
- Kommutierungsfindung bei Systemstart (durch Inkrementalencoder bedingt)
- Nur mit Schrittmotoren der Firma Beckhoff Automation möglich (AS10xx)

3 Montage und Anschlüsse

3.1 Montage

3.1.1 Abmessungen

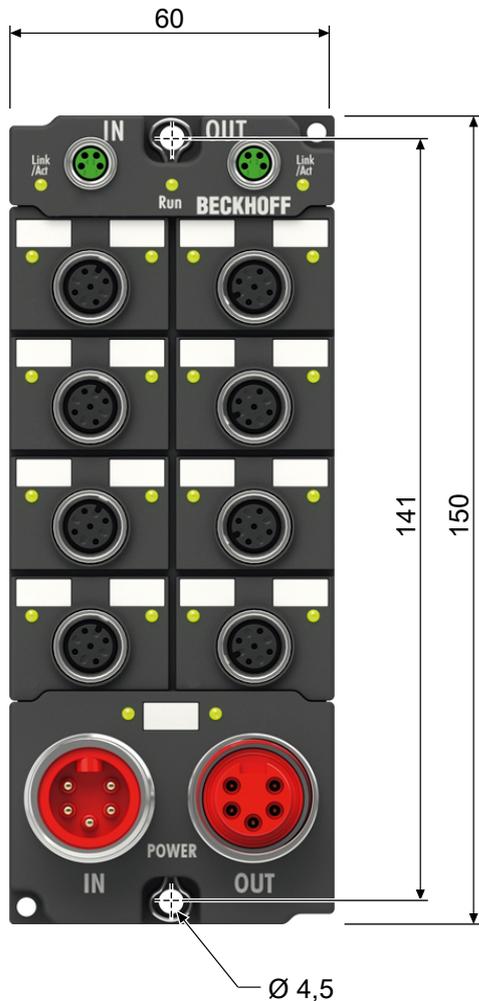


Abb. 7: Abmessungen

Alle Maße sind in Millimeter angegeben.

Gehäuseeigenschaften

Gehäusematerial	PA6 (Polyamid)
Vergussmasse	Polyurethan
Montage	zwei Befestigungslöcher $\varnothing 4,5$ mm für M4
Metallteile	Messing, vernickelt
Kontakte	CuZn, vergoldet
Stromweiterleitung	max. 16 A bei 40°C (gemäß IEC 60512-3)
Einbaulage	beliebig
Schutzart	im verschraubten Zustand IP65, IP66, IP67 (gemäß EN 60529)
Abmessungen (H x B x T)	ca. 150 x 60 x 26,5 mm (ohne Steckverbinder)

3.1.2 Befestigung

HINWEIS

Verschmutzung bei der Montage

Verschmutzte Steckverbinder können zu Fehlfunktion führen. Die Schutzart IP67 ist nur gewährleistet, wenn alle Kabel und Stecker angeschlossen sind.

- Schützen Sie die Steckverbinder bei der Montage vor Verschmutzung.

Montieren Sie das Modul mit zwei M4-Schrauben an den zentriert angeordneten Befestigungslöchern.

3.1.3 Funktionserdung (FE)

Die [Befestigungslöcher](#) [► 28] dienen gleichzeitig als Anschlüsse für die Funktionserdung (FE).

Stellen Sie sicher, dass die Box über beide Befestigungsschrauben niederimpedant geerdet ist. Das erreichen Sie z.B., indem Sie die Box an einem geerdeten Maschinenbett montieren.

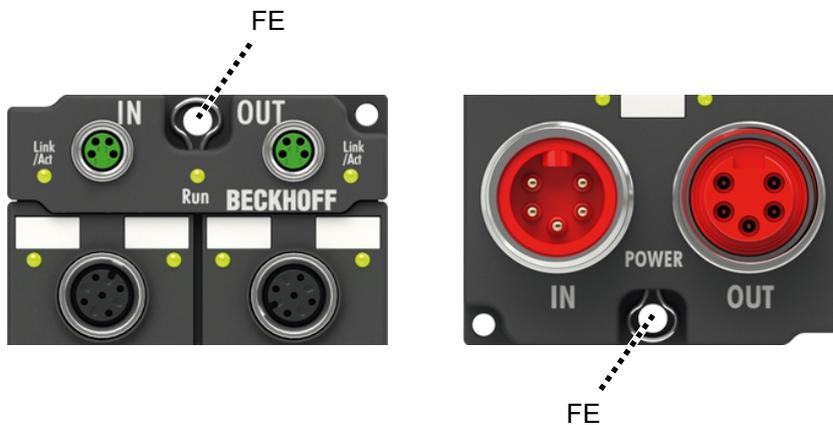


Abb. 8: Funktionserdung über die Befestigungslöcher

3.2 Anschlüsse

HINWEIS

Verwechselungs-Gefahr bei M12-Buchsen

Die M12-Buchsen X01 bis X08 sind mit sehr unterschiedlichen Funktionen belegt. Wenn Sie einen Stecker an der falschen Buchse anschließen, ist ein Defekt möglich.

3.2.1 Steckverbinder-Übersicht

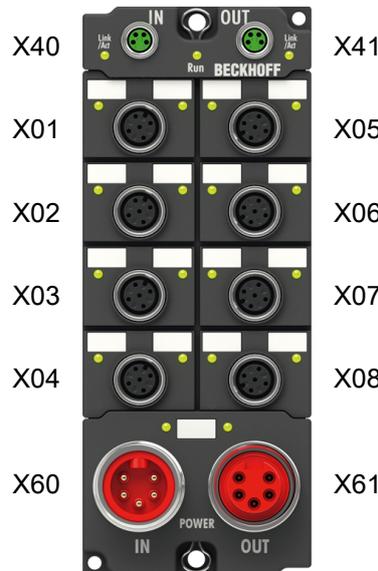


Abb. 9: Steckverbinder-Übersicht

Name	Funktion	Steckverbinder-Typ	Anzugs-Drehmoment
X01	-	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X02	-	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X03	Inkremental-Encoder [▶ 34] mit 5 V Versorgung	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X04	Inkremental-Encoder [▶ 34] mit 24 V Versorgung	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X05	Digitale Eingänge für Endlagenschalter [▶ 35]	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X06	Latch-Eingang [▶ 36]	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X07	Digitaler Ausgang für die Motorbremse [▶ 37]	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X08	Schrittmotor-Anschluss [▶ 38]	M12-Buchse	0,6 Nm ¹⁾
X40	EtherCAT-Eingang [▶ 30]	M8-Buchse	0,4 Nm ¹⁾
X41	EtherCAT-Weiterleitung [▶ 30]	M8-Buchse	0,4 Nm ¹⁾
X60	Versorgungsspannungseingang [▶ 32]	7/8"-Stecker	1,5 Nm
X61	Versorgungsspannung-Weiterleitung [▶ 32]	7/8"-Buchse	1,5 Nm

¹⁾ Montieren Sie Stecker an diesen Steckverbindern mit einem Drehmomentschlüssel; z.B. ZB8801 von Beckhoff.

Schutzkappen

- Verschließen Sie nicht benutzte Steckverbinder mit Schutzkappen.
- Stellen Sie den korrekten Sitz von vormontierten Schutzkappen sicher. Schutzkappen werden werksseitig vormontiert, um Steckverbinder beim Transport zu schützen. Sie sind u. U. nicht fest genug angezogen, um die Schutzart IP67 zu gewährleisten.

3.2.2 EtherCAT: X40 und X41

3.2.2.1 Steckverbinder

Für den ankommenden und weiterführenden EtherCAT-Anschluss haben EtherCAT-Box-Module zwei grüne M8-Buchsen.



Abb. 10: EtherCAT Steckverbinder

Kontaktbelegung

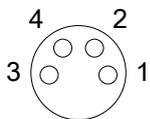


Abb. 11: M8-Buchse

EtherCAT	M8-Steckverbinder	Aderfarben		
Signal	Kontakt	ZB9010, ZB9020, ZB9030, ZB9032, ZK1090-6292, ZK1090-3xxx-xxxx	ZB9031 und alte Versionen von ZB9030, ZB9032, ZK1090-3xxx-xxxx	TIA-568B
Tx +	1	gelb ¹⁾	orange/weiß	weiß/orange
Tx -	4	orange ¹⁾	orange	orange
Rx +	2	weiß ¹⁾	blau/weiß	weiß/grün
Rx -	3	blau ¹⁾	blau	grün
Shield	Gehäuse	Schirm	Schirm	Schirm

¹⁾ Aderfarben nach EN 61918

i Anpassung der Aderfarben für die Leitungen ZB9030, ZB9032 und ZK1090-3xxxx-xxxx

Zur Vereinheitlichung wurden die Aderfarben der Leitungen ZB9030, ZB9032 und ZK1090-3xxx-xxxx auf die Aderfarben der EN61918 umgestellt: gelb, orange, weiß, blau. Es sind also verschiedene Farbkodierungen im Umlauf. Die elektrischen Eigenschaften der Leitungen sind bei der Umstellung der Aderfarben erhalten geblieben.

3.2.2.2 Status-LEDs



Abb. 12: EtherCAT Status-LEDs

L/A (Link/Act)

Neben jeder EtherCAT-Buchse befindet sich eine grüne LED, die mit „L/A“ beschriftet ist. Die LED signalisiert den Kommunikationsstatus der jeweiligen Buchse:

LED	Bedeutung
aus	keine Verbindung zum angeschlossenen EtherCAT-Gerät
leuchtet	LINK: Verbindung zum angeschlossenen EtherCAT-Gerät
blinkt	ACT: Kommunikation mit dem angeschlossenen EtherCAT-Gerät

Run

Jeder EtherCAT-Slave hat eine grüne LED, die mit „Run“ beschriftet ist. Die LED signalisiert den Status des Slaves im EtherCAT-Netzwerk:

LED	Bedeutung
aus	Slave ist im Status „Init“
blinkt gleichmäßig	Slave ist im Status „Pre-Operational“
blinkt vereinzelt	Slave ist im Status „Safe-Operational“
leuchtet	Slave ist im Status „Operational“

Beschreibung der Stati von EtherCAT-Slaves

3.2.2.3 Leitungen

Verwenden Sie zur Verbindung von EtherCAT-Geräten geschirmte Ethernet-Kabel, die mindestens der Kategorie 5 (CAT5) nach EN 50173 bzw. ISO/IEC 11801 entsprechen.

EtherCAT nutzt vier Adern für die Signalübertragung.

Aufgrund der automatischen Leitungserkennung „Auto MDI-X“ können Sie zwischen EtherCAT-Geräten von Beckhoff sowohl symmetrisch (1:1) belegte, als auch gekreuzte Kabel (Cross-Over) verwenden.

Detaillierte Empfehlungen zur Verkabelung von EtherCAT-Geräten

3.2.3 Versorgungsspannungen: X60 und X61

EP7047 benötigt zwei Versorgungsspannungen:

- Steuerspannung U_S
- Zwischenkreisspannung U_P

3.2.3.1 Steckverbinder

Die Einspeisung und Weiterleitung der Versorgungsspannungen erfolgt über zwei 7/8 " - Steckverbinder am unteren Ende der Module:



- „IN“ (male): linker Steckverbinder zur Einspeisung der Versorgungsspannungen
- „OUT“ (female): rechter Steckverbinder zur Weiterleitung der Versorgungsspannungen

Pinbelegung

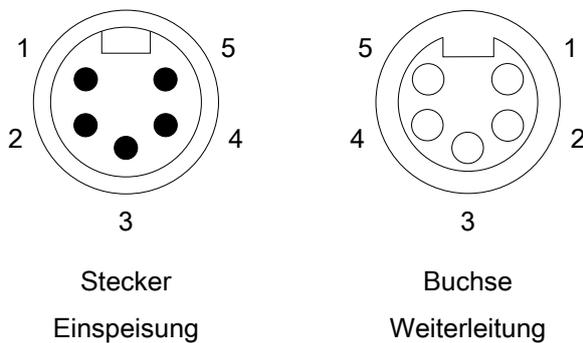


Abb. 13: 7/8 " - Steckverbinder Pinbelegung

HINWEIS

Der Eingang für U_P ist nicht verpolungssicher.

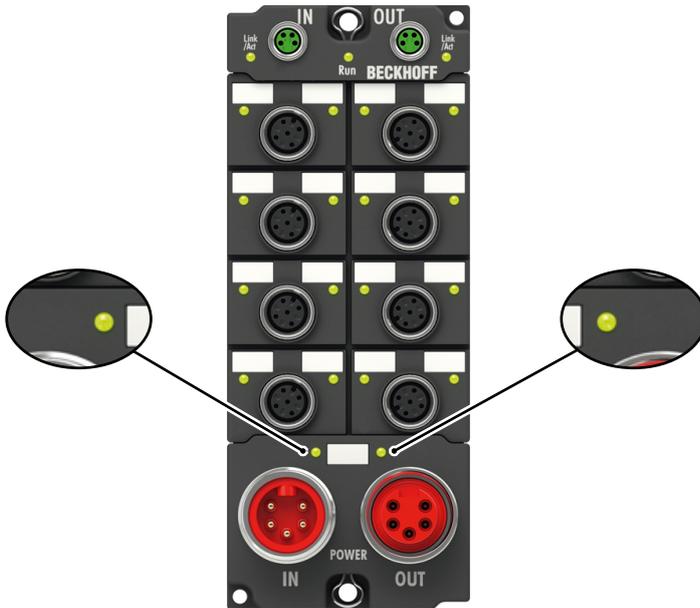
Defekt durch Verpolung möglich.

Pin	Name	Kommentar	Aderfarben ¹⁾
1	GND_P	GND zu U_P	Schwarz
2	GND_S	GND zu U_S	Blau
3	FE	Funktionserde	Grau
4	+24 V _{DC} U_S	Steuerspannung U_S	Braun
5	+48 V _{DC} U_P	Zwischenkreisspannung U_P	Weiß

¹⁾ Die Aderfarben gelten für Leitungen vom Typ: Beckhoff ZK203x-xxxx.

3.2.3.2 Status-LEDs

Der Status der Versorgungsspannungen wird durch zwei LEDs signalisiert. Eine Status-LED leuchtet grün, wenn die jeweilige Versorgungsspannung am Steckverbinder für die Einspeisung anliegt.

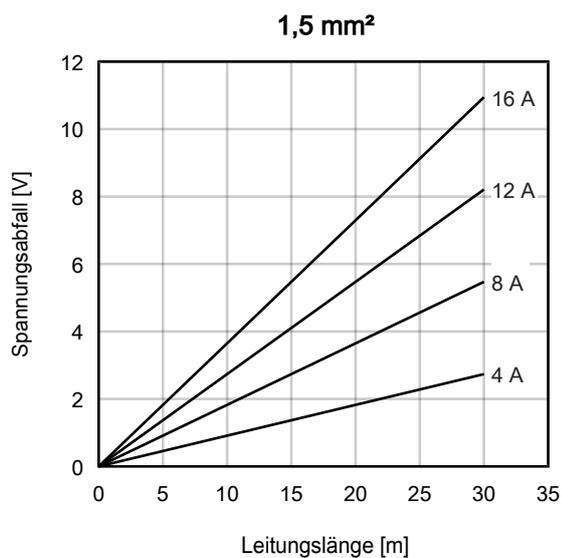


3.2.3.3 Leitungsverluste

Beachten Sie bei der Planung einer Anlage den Spannungsabfall an der Versorgungs-Zuleitung. Vermeiden Sie, dass der Spannungsabfall so hoch wird, dass die Versorgungsspannungen an der Box die minimale Nennspannung unterschreiten.

Berücksichtigen Sie auch Spannungsschwankungen des Netzteils.

Spannungsabfall an der Versorgungs-Zuleitung



3.2.4 Inkremental-Encoder: X03 oder X04

EP7047 hat zwei Anschlüsse für Inkremental-Encoder, von denen aber nur einer verwendet werden darf:

- X03 für Inkremental-Encoder, die 5 V Versorgungsspannung benötigen.
- X04 für Inkremental-Encoder, die 24 V Versorgungsspannung benötigen.

HINWEIS

Nur *einen* Encoder anschließen

Defekt möglich, wenn zwei Encoder gleichzeitig angeschlossen werden.

HINWEIS

Die Encoder-Versorgung an X04 ist nicht kurzschlussfest (24 V)

Defekt durch Kurzschluss möglich.

- Vermeiden Sie einen Kurzschluss der Encoder-Versorgungsspannung.

Pinbelegung

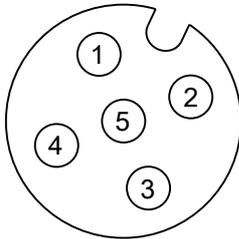


Abb. 14: M12-Buchse

Pin	Funktion	X03	X04	Aderfarbe ¹⁾
1	Encoder-Versorgung 0 V	GND _s	GND _s	braun
2	Encoder-Versorgung	5 V	24 V U _s	weiß
3	Encoder-Signaleingang A	ENC_A	ENC_A	blau
4	Encoder-Signaleingang B	ENC_B	ENC_B	schwarz
5	Referenzimpuls / Nullimpuls	ENC_C	ENC_C	grau

¹⁾Die Aderfarben gelten für M12-Encoderleitungen von Beckhoff: ZK4000-5100-2xxx, ZK4000-5151-0xxx.

Anschluss-Beispiel

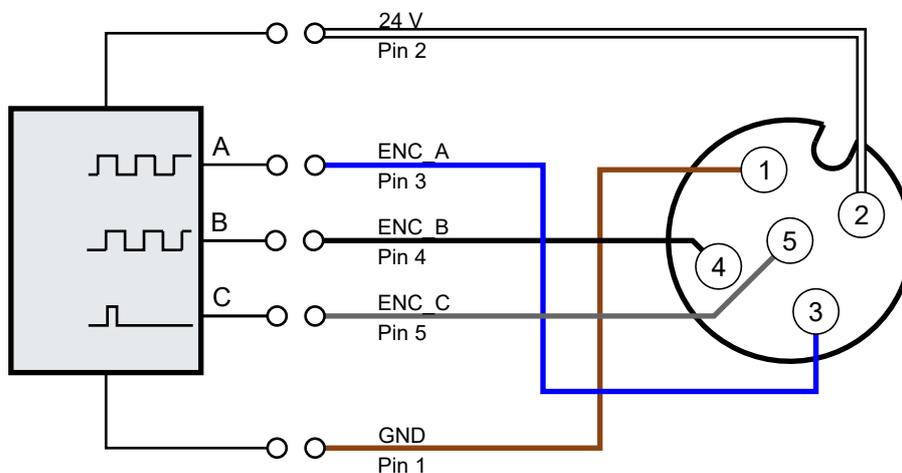


Abb. 15: Anschluss-Beispiel: Inkremental-Encoder

3.2.5 Endlagenschalter: X05

Sie können bis zu zwei Endlagenschalter an X05 anschließen.

Pinbelegung

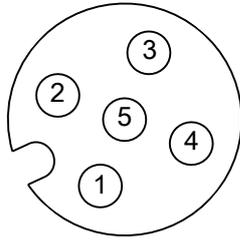


Abb. 16: M12-Buchse

Pin	Funktion	Symbol	Aderfarbe ¹⁾
1	Endlagenschalter-Versorgung 24 V _{DC}	U _{S1} ²⁾	braun
2	Digitaler Eingang 2	Di2	weiß
3	Endlagenschalter-Versorgung 0 V	GND _S	blau
4	Digitaler Eingang 1	Di1	schwarz
5	Funktionserde	FE	grau

¹⁾ Die Aderfarben gelten für M12-Leitungen von Beckhoff: ZK2000-5xxx, ZK2000-6xxx, ZK2000-7xxx

²⁾ U_{S1} ist von der Versorgungsspannung U_S abgezweigt.

Anschluss-Beispiel

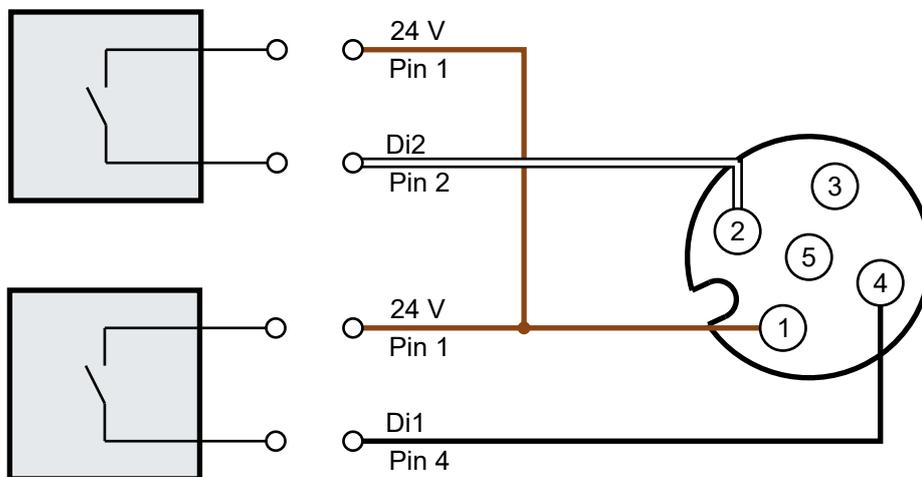


Abb. 17: Anschluss-Beispiel: Zwei Endlagenschalter, Zweileiter-Anschluss

Status-LEDs

X05 hat zwei grüne LEDs. Eine LED leuchtet, wenn am jeweiligen Eingang ein High-Pegel erkannt wird.



Abb. 18: Status-LEDs für Endlagenschalter

3.2.6 Latch-Eingang: X06

Pinbelegung

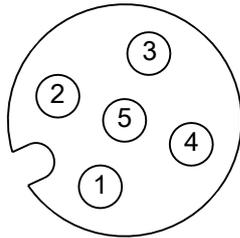


Abb. 19: M12-Buchse

Pin	Funktion	Symbol	Aderfarbe ¹⁾
1	Versorgungs-Ausgang 24 V _{DC}	U _{S1} ²⁾	braun
2	-	-	weiß
3	Versorgungs-Ausgang 0 V _{DC}	GND _S	blau
4	Latch-Eingang	LTC	schwarz
5	Funktionserde	FE	grau

¹⁾ Die Aderfarben gelten für M12-Leitungen von Beckhoff: ZK2000-5xxx, ZK2000-6xxx, ZK2000-7xxx

²⁾ U_{S1} ist von der Versorgungsspannung U_S abgezweigt.

3.2.7 Motorbremse: X07

Pinbelegung

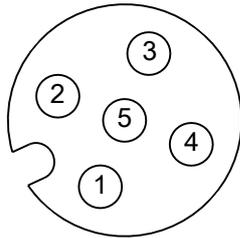


Abb. 20: M12-Buchse

Pin	Funktion	Symbol	Aderfarbe ¹⁾
1	-	-	braun
2	-	-	weiß
3	Masse	GND _s	blau
4	Brems-Ausgang	BRK	schwarz
5	Funktionserde	FE	grau

¹⁾Die Aderfarben gelten für M12-Leitungen von Beckhoff: ZK2000-5xxx, ZK2000-6xxx, ZK2000-7xxx

3.2.8 Schrittmotor: X08

Pinbelegung

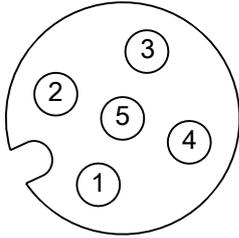


Abb. 21: M12-Buchse

Pin	Funktion	Symbol	Aderfarbe ¹⁾
1	Motorwicklung A	A1	braun
2		A2	weiß
3	Motorwicklung B	B1	blau
4		B2	schwarz
5	Funktionserde	FE	grau

¹⁾Die Aderfarben gelten für M12-Leitungen von Beckhoff: ZK2000-5xxx, ZK2000-6xxx, ZK2000-7xxx

Anschluss-Beispiele

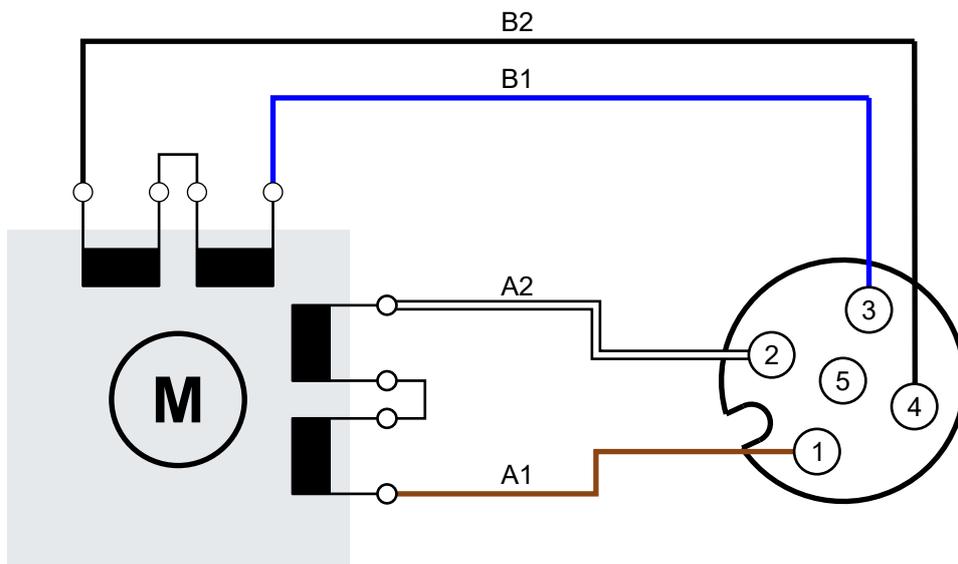


Abb. 22: Anschluss-Beispiel: Bipolarer Schrittmotor, serieller Anschluss

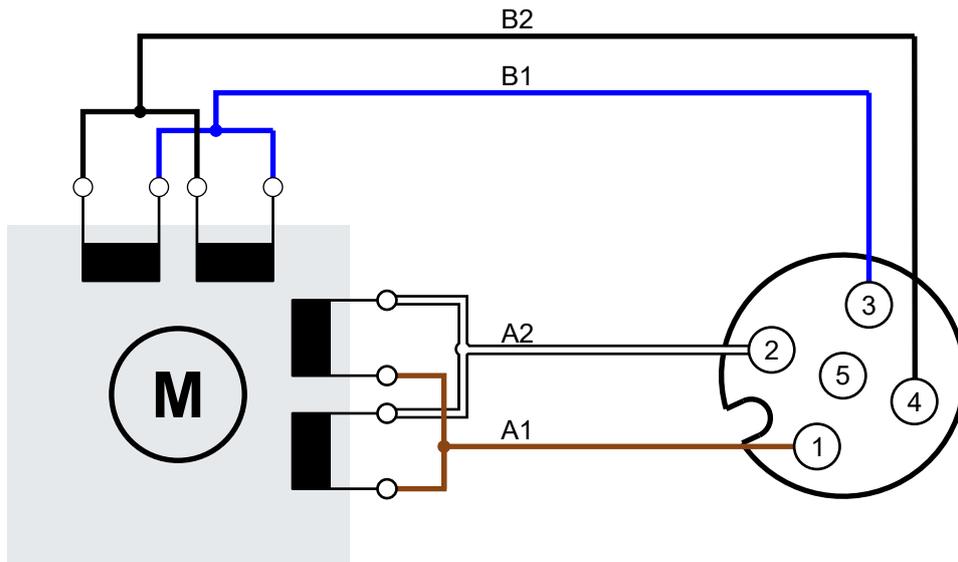


Abb. 23: Anschluss-Beispiel: Bipolarer Schrittmotor, paralleler Anschluss

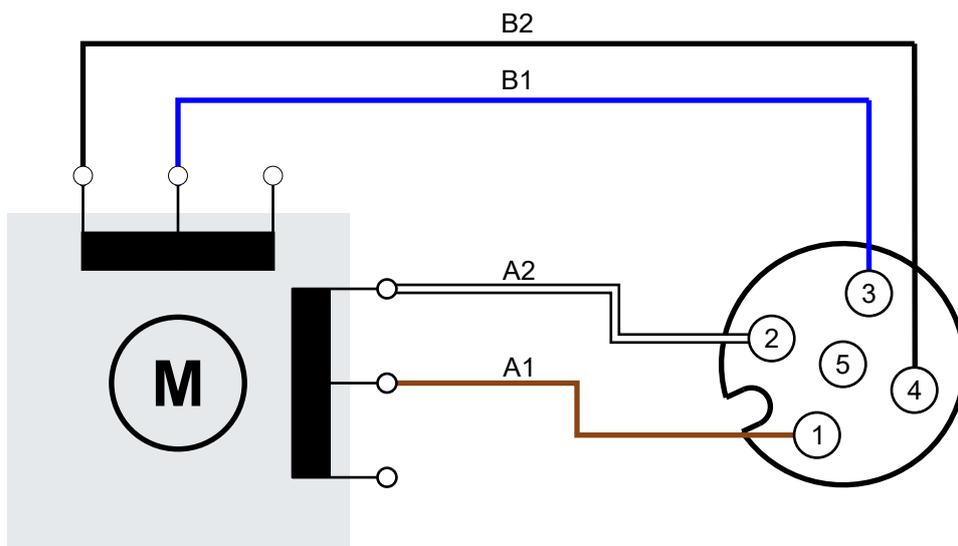


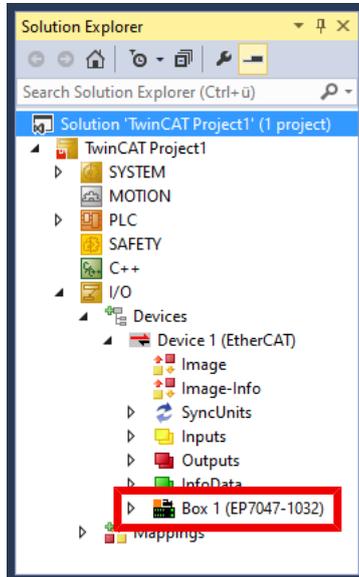
Abb. 24: Anschluss-Beispiel: Unipolarer Schrittmotor

Bei unipolaren Schrittmotoren wird nur die Hälfte jeder Wicklung bestromt.

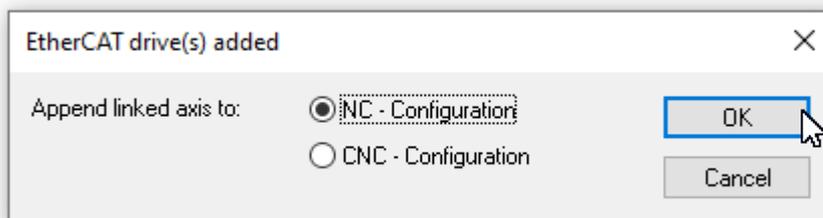
4 Inbetriebnahme und Konfiguration

4.1 EP7047 in ein TwinCAT-Projekt einbinden

1. Binden Sie EP7047-1032 als IO-Modul in TwinCAT ein ([Schnellstartanleitung](#)).



⇒ Ein Dialogfenster erscheint:



Sie haben nun zwei Möglichkeiten:

- Klicken Sie auf „OK“ (empfohlen) ...
 - ... wenn Sie die TwinCAT NC-Funktionen nutzen wollen und Sie die zu steuernde Achse noch nicht im aktuellen TwinCAT-Projekt angelegt haben.
- Klicken Sie auf "Cancel" ...
 - ... wenn Sie die zu steuernde Achse bereits in TwinCAT angelegt haben.
 - ... wenn Sie die TwinCAT NC-Funktionen nicht nutzen wollen.

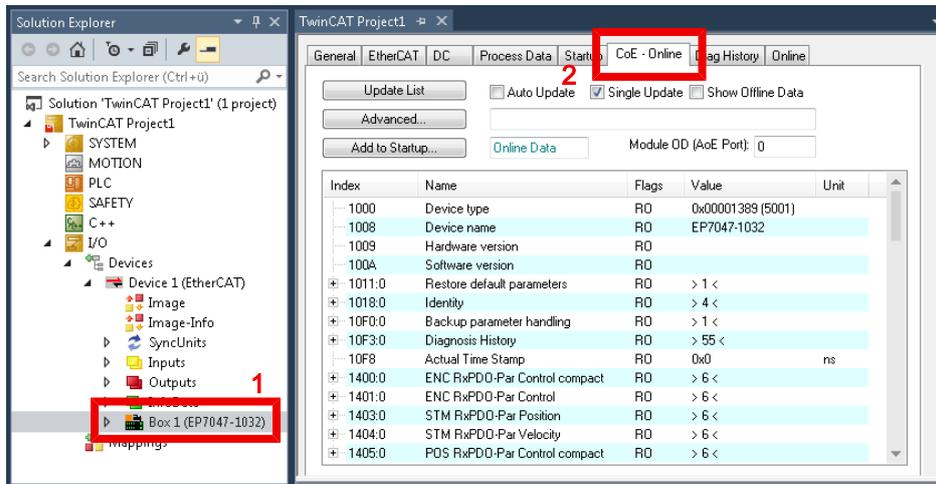
Hinweis: Diese Entscheidung ist unverbindlich. Sie können auch zu einem späteren Zeitpunkt [eine NC-Achse mit EP7047 verknüpfen](#) [[75](#)] oder die Verknüpfung trennen.

Wenn Sie auf "OK" klicken:

- Im Solution Explorer unter dem Eintrag „MOTION“ wird ein neuer NC-Task „NC-Task 1 SAF“ angelegt, falls dort noch kein NC-Task vorhanden ist.
- In dem NC-Task wird unter „Axes“ eine neue NC-Achse angelegt: „Axis n“.
- Die neu angelegte NC-Achse wird automatisch mit EP7047 verknüpft.

4.2 EP7047 parametrieren

4.2.1 Parameter-Verzeichnis öffnen (CoE)



1. Im Solution Explorer: Doppelklicken Sie auf EP7047-1032.
 2. Klicken Sie auf den Karteireiter „CoE - Online“.
- ⇒ Sie sehen das CoE-Verzeichnis von EP7047-1032. Hier können Sie die Werte von Parametern überprüfen und ändern.

i Parameter auf die Werkseinstellungen zurücksetzen

Wenn Sie nicht wissen, ob bereits Parameter von der vorliegenden EP7047 geändert wurden, können Sie vor der Parametrierung alle Parameter auf die Werkseinstellungen zurücksetzen [► 77].

4.2.2 Wichtige Motor-Parameter einstellen

HINWEIS

Einige Motor-Parameter sind nicht fehlertolerant

Defekt möglich, wenn die Motor-Parameter falsch sind.

- Stellen Sie die Motor-Parameter gewissenhaft ein.

Die Motor-Parameter befinden sich im CoE-Objekt 8010_{hex}.

Index	Name	Flags	Value	Unit
7021:0	POS Outputs 2 Ch.1	RO	> 36 <	
8000:0	ENC Settings Ch.1	RW	> 14 <	
8010:0	STM Motor Settings Ch.1	RW	> 17 <	
8010:01	Maximal current	RW	0x1388 (5000)	mA
8010:02	Reduced current	RW	0x09C4 (2500)	mA
8010:03	Nominal voltage	RW	0x1388 (5000)	0,01 V
8010:04	Motor coil resistance	RW	0x0064 (100)	0,01 Ohm
8010:05	Motor EMF	RW	0x0000 (0)	mV/(rad/s)
8010:06	Motor fullsteps	RW	0x00C8 (200)	
8010:07	Encoder increments (4-fold)	RW	0x1000 (4096)	
8010:09	Start velocity	RW	0x0000 (0)	
8010:0A	Motor coil inductance	RW	0x0000 (0)	0,01 mH
8010:10	Drive on delay time	RW	0x0064 (100)	ms
8010:11	Drive off delay time	RW	0x0096 (150)	ms
8011:0	STM Controller Settings Ch.1	RW	> 2 <	
8012:0	STM Features Ch.1	RW	> 58 <	
8014:0	STM Controller Settings 3 Ch.1	RW	> 9 <	

Um eine gefahrlose Inbetriebnahme sicherzustellen, genügt es, die folgenden Parameter richtig einzustellen. Die Beschreibung weiterer Motor-Parameter finden Sie in der Beschreibung des CoE-Objekts 8010_{hex}: [STM Motor Settings Ch.1](#) [► 92].

8010:01 „Maximal current“

Der maximale Strom, den der Stromregler pro Motorwicklung ausgibt.

Einheit: mA

Werkseinstellung: 5000_{dez}

Tragen Sie hier höchstens den Nennstrom des Motors ein. In der Regel finden Sie den Nennstrom im Datenblatt des Motors.

8010:02 „Reduced current“

Wicklungsstrom bei Stillstand des Motors.

Einheit: mA

Werkseinstellung: 1000_{dez}

Kriterien für das Einstellen dieses Parameters:

- Ein niedrigerer Wert führt zu einer niedrigeren Verlustleistung bei Stillstand des Motors.
- Ein höherer Wert führt zu einem höheren Kippmoment bei Stillstand des Motors.

8010:03 „Nominal voltage“

Die Zwischenkreisspannung U_p , die Sie an [X60](#) [[▶](#) [32](#)] anschließen.

**Verwechslungsgefahr: Zwischenkreisspannung und Nennspannung des Motors**

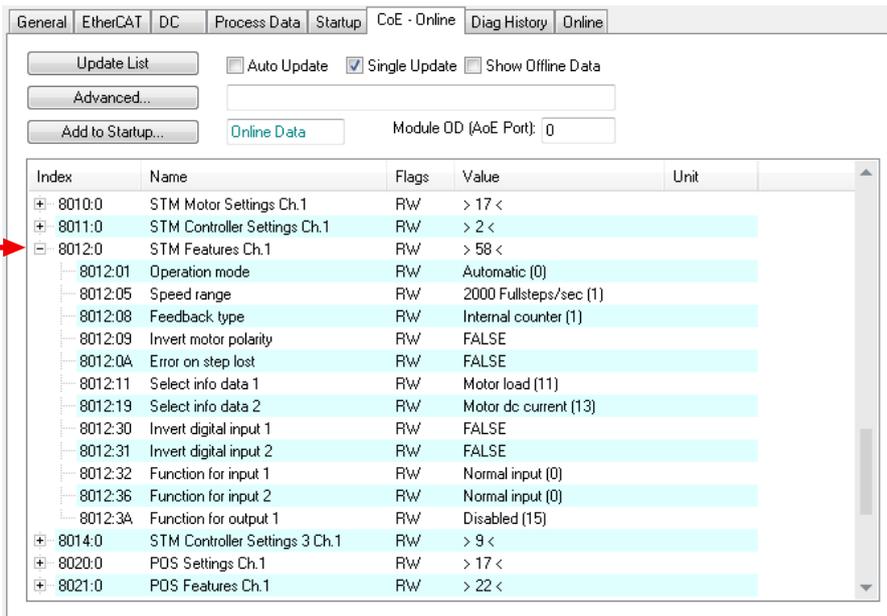
- Tragen Sie hier *nicht* die Nennspannung ("Nominal voltage") des Motors ein.
-

Einheit: 10 mV

Werkseinstellung: 5000_{dez}

4.2.3 Weitere wichtige Parameter einstellen

Weitere wichtige Parameter befinden sich im CoE-Objekt 8012_{hex}.



8012:05 "Speed range"

● Bei Änderung von „Speed range“: „Reference velocity“ anpassen

i Berechnen Sie den Parameter „Reference velocity“ [► 52] neu, wenn Sie den Parameter "Speed range" geändert haben.

Der Parameter "Speed range" hat mehrere Funktionen:

- Obergrenze der ausgegebenen Schrittfrequenz.
- Bezugswert für Drehzahl-Sollwerte:
Drehzahl-Sollwerte werden in % des "Speed range" angegeben.

Einheit: Vollschrte pro Sekunde

Werkseinstellung: „2000 Fullsteps/sec“

Mit der folgenden Formel können Sie die maximal erreichbare Drehzahl für ein „Speed range“ ermitteln:

$$n_{max} = f_{max} \times \frac{\varphi}{6}$$

n_{max} : maximal erreichbare Drehzahl [U/min]

f_{max} : „Speed range“ [Vollschrte/s]

φ : Schrittwinkel des Motors [°]

8012:08 "Feedback type"

● Bei Änderung von „Feedback type“: „Scaling factor“ anpassen

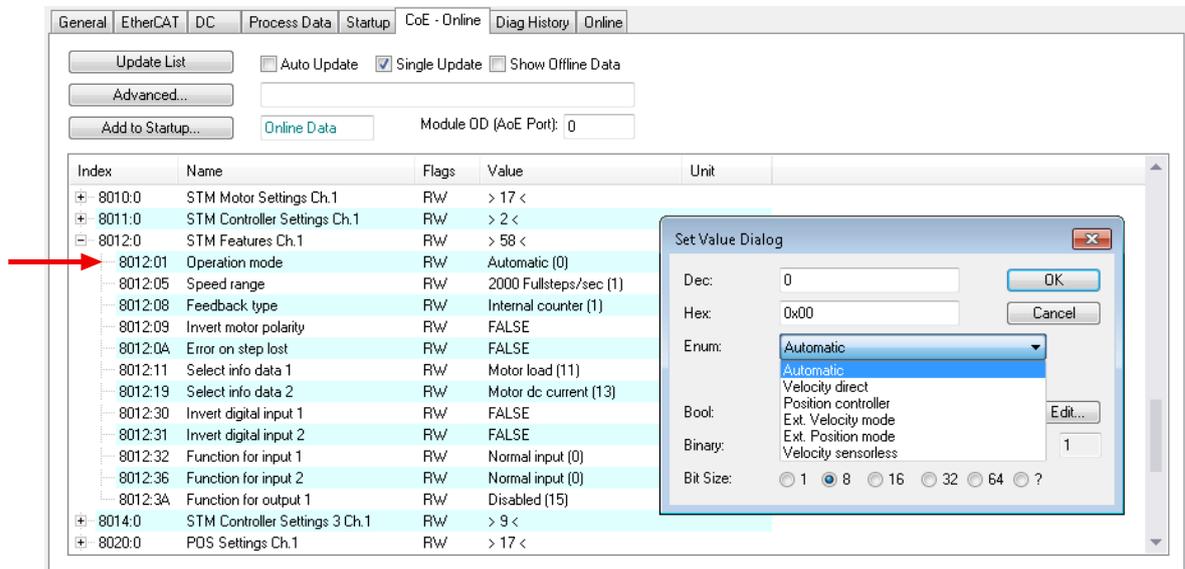
i Berechnen Sie den Parameter Scaling factor [► 54] neu, wenn Sie den Parameter „Feedback type“ geändert haben.

Werkseinstellung: "Internal counter"

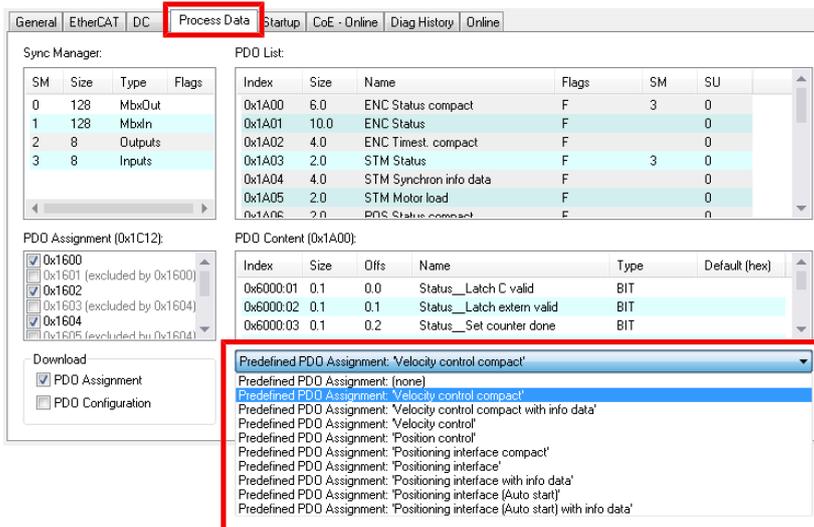
- Wenn Sie einen Encoder verwenden, stellen Sie diesen Parameter auf "Encoder". Parametrieren Sie den Encoder [► 54].
- Ansonsten stellen Sie diesen Parameter auf "Internal counter".

4.3 Betriebsart einstellen

1. Entscheiden Sie, welche Betriebsart für Ihre Anwendung benötigt wird. [Auswahlhilfe \[▶ 46\]](#)
2. Stellen Sie die Betriebsart über den CoE-Parameter 8012:01_{hex} ein.



3. Klicken Sie auf den Karteireiter "Process data".



4. Wählen Sie ein geeignetes "Predefined PDO Assignment" für die gewählte Betriebsart. Geeignete "Predefined PDO Assignments" für die einzelnen Betriebsarten finden Sie im Kapitel [Betriebsarten \[▶ 46\]](#).

Beachten Sie:

- wenn Sie die Betriebsart "Automatic" [▶ 47] eingestellt haben, bestimmt die Auswahl des "Predefined PDO Assignment" die tatsächliche Betriebsart.
- wenn Sie „Positioning Interface [...]“ auswählen, wird die Verknüpfung mit einer NC-Achse getrennt.

5. Stellen Sie alle Parameter ein, die für die gewählte Betriebsart [▶ 46] erforderlich sind.

4.3.1 Betriebsarten

"Automatic" [► 47] (Werkseinstellung)

"Velocity direct" [► 48]

"Position Controller" [► 49]

"Ext. Velocity mode" [► 50]

"Ext. Position mode" [► 51]

4.3.1.1 Auswahlhilfe

Die Betriebsarten unterscheiden sich grundsätzlich dadurch, ob der Sollwert eine Position oder eine Drehzahl ist.

Betriebsarten mit Positions-Sollwert:

- "Position controller" [► 49]
- "Ext. Position mode" [► 51]

Betriebsarten mit Drehzahl-Sollwert:

- "Velocity direct" [► 48]
- "Ext. Velocity mode" [► 50]

Voraussetzungen

	Velocity direct	Position controller	Ext. Velocity mode	Ext. Position mode
Motor von Beckhoff erforderlich?	Nein	Nein	Ja	Ja
Encoder erforderlich?	Nein	Nein	Ja	Ja

Vorteile und Nachteile

	Velocity direct	Position controller	Ext. Velocity mode	Ext. Position mode
Kommutierungs-Findung ¹⁾	Nein	Nein	Ja	Ja
Regel-Dynamik	+	+	++	++
Schrittverlust-Erkennung	Ja	Ja	n/a ²⁾	n/a ²⁾
Lastwinkel-Erkennung	Ja	Ja	n/a ³⁾	n/a ³⁾
Lastabhängiger Strom	Nein	Nein	Ja	Ja
Energie-Effizienz	o	o	++	++
Verwendung des <u>Positioning Interface</u> [► 60] möglich	Nein	Ja	Nein	Ja

¹⁾ Nach der Freigabe der Endstufe bewegt sich der Rotor minimal in beide Richtungen. Während der Kommutierungs-Findung darf die Rotorwelle nicht von außen durch ein Drehmoment belastet werden. Siehe auch [► 25]

²⁾ Schrittverluste ausgeschlossen

³⁾ Der Lastwinkel ist immer 90°.

4.3.1.2 Betriebsart „Automatic“

Wenn die Betriebsart "Automatic" eingestellt ist, wählt EP7047-1032 die tatsächliche Betriebsart entsprechend dem eingestellten "Predefined PDO assignment" [► 11] aus:

Predefined PDO Assignment	Betriebsart
Position Control	Position controller [► 49]
Positioning Interface	Position controller [► 49]
Positioning Interface (Auto start)	Position controller [► 49]
Positioning Interface (Auto start) with info data	Position controller [► 49]
Positioning interface compact	Position controller [► 49]
Velocity control	Velocity direct [► 48]
Velocity control compact (<i>Werkseinstellung</i>)	Velocity direct [► 48]
Velocity control compact with info data	Velocity direct [► 48]

4.3.1.3 Betriebsart "Velocity direct"

Eigenschaften

- Drehzahlsteuerung
- Vorgabe der Drehzahl über die Variable "Velocity" im Prozessdatenobjekt [STM Velocity](#) [► 17].

Mögliche „Predefined PDO Assignments“

- [Velocity control](#) [► 12]

Parameter

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8010:03	Nominal voltage	Die Zwischenkreisspannung U_p	10 mV	UINT	5000 _{dez}
8011:01	Kp factor (curr.)	Proportional-Anteil des Stromreglers		UINT	150 _{dez}
8011:02	Ki factor (curr.)	Integral-Anteil des Stromreglers		UINT	10 _{dez}

Optionale Parameter

Wenn Sie die Schrittverlust-Erkennung und/oder die Lastwinkel-Erkennung ohne Encoder nutzen wollen, stellen Sie zusätzlich die folgenden Parameter ein:

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8010:05	Motor EMF	Die Spannungskonstante k_e für die Berechnung der Back Electromotive Force (BEMF) Die Spannungskonstante finden Sie im Datenblatt des Motors. Alternativ können Sie sie experimentell ermitteln [► 76].	mV/ (rad/s)	UINT	0
8010:0A	Motor coil inductance	Die Wicklungsinduktivität des Motors.	0,01 mH	UINT	0

4.3.1.4 Betriebsart "Position controller"

Eigenschaften

- Positions-Vorgabe über die Variable "Position" im Prozessdatenobjekt [STM Position](#) [► 17].
- Wenn Sie die TwinCAT NC nicht verwenden wollen, können Sie das [Positioning Interface](#) [► 60] nutzen.

Mögliche "Predefined PDO Assignments"

- [Position control](#) [► 11]
- [Positioning interface](#) [► 11]
- [Positioning interface \(Auto start\)](#) [► 11]
- [Positioning interface \(Auto start\) with info data](#) [► 11]
- [Positioning interface compact](#) [► 12]

Parameter

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8010:03	Nominal voltage	Die Zwischenkreisspannung U_p	10 mV	UINT	5000 _{dez}
8010:04	Motor coil resistance	Der Wicklungswiderstand des Motors.	0,01 Ω	UINT	100 _{dez}
8011:01	Kp factor (curr.)	Proportional-Anteil des Stromreglers		UINT	150 _{dez}
8011:02	Ki factor (curr.)	Integral-Anteil des Stromreglers		UINT	10 _{dez}
8014:01	Feed forward (pos.)	Vorsteuerung des Lagereglers.		UDINT	100000 _{dez}
8014:02	Kp factor (pos.)	Proportional-Anteil des Lagereglers.		UINT	500 _{dez}

Optionale Parameter

Wenn Sie die Schritverlust-Erkennung und/oder die Lastwinkel-Erkennung ohne Encoder nutzen wollen, stellen Sie zusätzlich die folgenden Parameter ein:

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8010:05	Motor EMF	Die Spannungskonstante k_e für die Berechnung der Back Electromotive Force (BEMF) Die Spannungskonstante finden Sie im Datenblatt des Motors. Alternativ können Sie sie experimentell ermitteln [► 76].	mV/(rad/s)	UINT	0
8010:0A	Motor coil inductance	Die Wicklungsinduktivität des Motors.	0,01 mH	UINT	0

4.3.1.5 Betriebsart "Ext. Velocity mode"

Eigenschaften

- Drehzahlregelung
- Feldorientierte Regelung [► 25]
- Vorgabe der Drehzahl über die Variable "Velocity" im Prozessdatenobjekt STM Velocity [► 17].

Mögliche „Predefined PDO Assignments“

- Velocity control [► 12]
- Velocity control compact [► 12]
- Velocity control compact with info data [► 12]

Parameter

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8010:03	Nominal voltage	Die Zwischenkreisspannung U_P	10 mV	UINT	5000 _{dez}
8010:07	Encoder increments (4-fold)	Anzahl der Encoder-Inkmente pro Umdrehung bei 4-fach Auswertung. In der Regel ist das die Auflösung (ppr) des Encoders multipliziert mit 4.	-	UINT	4096 _{dez}
8011:01	Kp factor (curr.)	Proportional-Anteil des Stromreglers		UINT	150 _{dez}
8011:02	Ki factor (curr.)	Integral-Anteil des Stromreglers		UINT	10 _{dez}
8014:03	Kp factor (velo.)	Proportional-Anteil des Drehzahlreglers.	0,1 mA / (rad/s)	UDINT	50 _{dez}
8014:04	Tn (velo.)	Zeitkonstante Tn des Drehzahlreglers.	0,01 ms	UINT	50000 _{dez}

4.3.1.6 Betriebsart "Ext. Position mode"

Eigenschaften

- Lageregelung
- Feldorientierte Regelung [► 25]
- Positions-Vorgabe über die Variable "Position" im Prozessdatenobjekt STM Position [► 17].

Mögliche "Predefined PDO Assignments"

- Position control [► 11]
- Positioning Interface [► 11]
- Positioning Interface compact [► 12]
- Positioning interface (Auto start) [► 11]
- Positioning interface (Auto start) with info data [► 11]

Parameter

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8010:03	Nominal voltage	Die Zwischenkreisspannung U_p	10 mV	UINT	5000 _{dez}
8010:04	Motor coil resistance	Der Wicklungswiderstand des Motors.	0,01 Ω	UINT	100 _{dez}
8010:07	Encoder increments (4-fold)	Anzahl der Encoder-Inkremente pro Umdrehung bei 4-fach Auswertung. In der Regel ist das die Auflösung (ppr) des Encoders multipliziert mit 4.	-	UINT	4096 _{dez}
8011:01	Kp factor (curr.)	Proportional-Anteil des Stromreglers		UINT	150 _{dez}
8011:02	Ki factor (curr.)	Integral-Anteil des Stromreglers		UINT	10 _{dez}
8014:01	Feed forward (pos.)	Vorsteuerung des Lagereglers.		UDINT	100000 _{dez}
8014:02	Kp factor (pos.)	Proportional-Anteil des Lagereglers.		UINT	500 _{dez}
8014:03	Kp factor (velo.)	Proportional-Anteil des Drehzahlreglers.	0,1 mA / (rad/s)	UDINT	50 _{dez}
8014:04	Tn (velo.)	Zeitkonstante T_n des Drehzahlreglers.	0,01 ms	UINT	50000 _{dez}

4.4 Die NC-Achse parametrieren

Parameter „Reference Velocity“

The screenshot shows the TwinCAT Parameter editor for 'TwinCAT Project1'. The 'Parameter' tab is active, displaying a table of parameters for 'Axis 1'. The 'Reference Velocity' parameter is highlighted with a red box, showing an offline value of 3600.0 and a unit of °/s. Other parameters include Maximum Dynamics, Maximum Velocity, Maximum Acceleration, and Maximum Deceleration.

Parameter	Offline Value	Online Value	Type	Unit
- Maximum Dynamics:				
Reference Velocity	3600.0		F	°/s
Maximum Velocity	3600.0		F	°/s
Maximum Acceleration	15000.0		F	°/s ²
Maximum Deceleration	15000.0		F	°/s ²
+ Default Dynamics:				
+ Manual Motion and Homing:				
+ Fast Axis Stop:				
+ Limit Switches:				
+ Monitoring:				
+ Setpoint Generator:				
+ NCI Parameter:				
+ Other Settings:				

Einheit: °/s

Werkseinstellung: 2200_{dez}

Berechnen Sie die „Reference Velocity“ nach dieser Formel:

$$n_{ref} = f_{max} \times \varphi$$

n_{ref} : „Reference Velocity“ [°/s]

f_{max} : „Speed range“ [► 44] [Vollschritte/s]

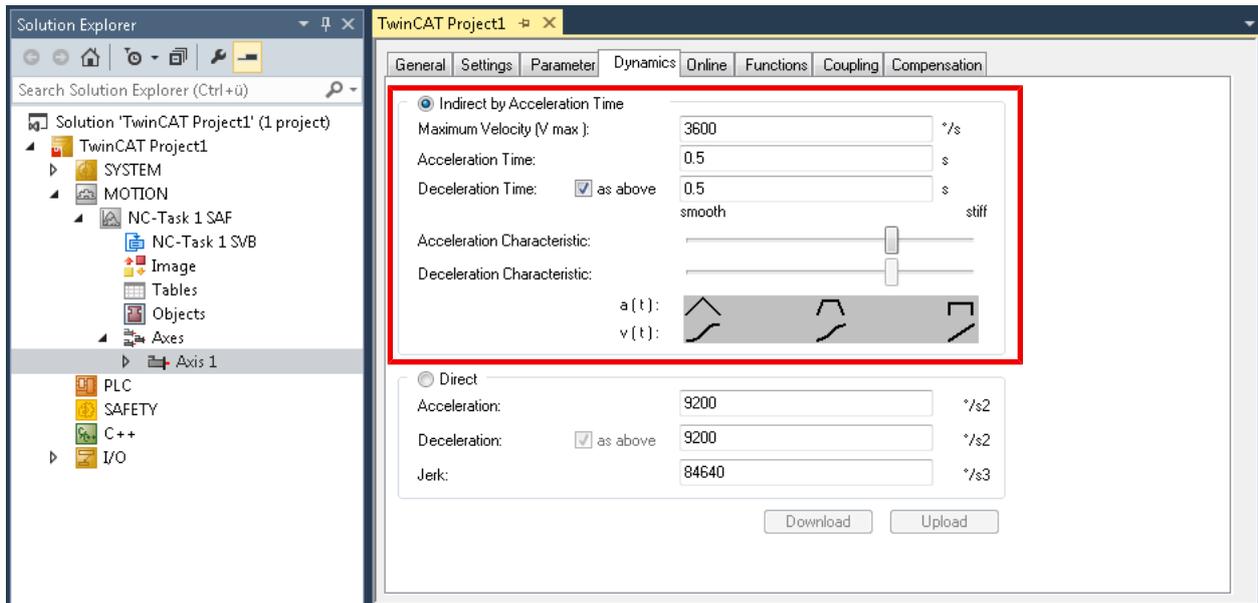
φ : Schrittwinkel des Motors [°]

Beispiel für einen Motor AS1050-0120:

$$n_{ref} = 2000 \frac{1}{s} \times 1,8^\circ = 3600 \frac{^\circ}{s}$$

Einstellung der Hochlaufzeit

Um eventuell auftretende Resonanzen schnell zu durchfahren, sollten Hochlaufzeit und Bremszeit möglichst mit steilen Rampen gefahren werden.



HINWEIS

Kurze Bremszeiten können zu Überspannungen im Zwischenkreis führen.

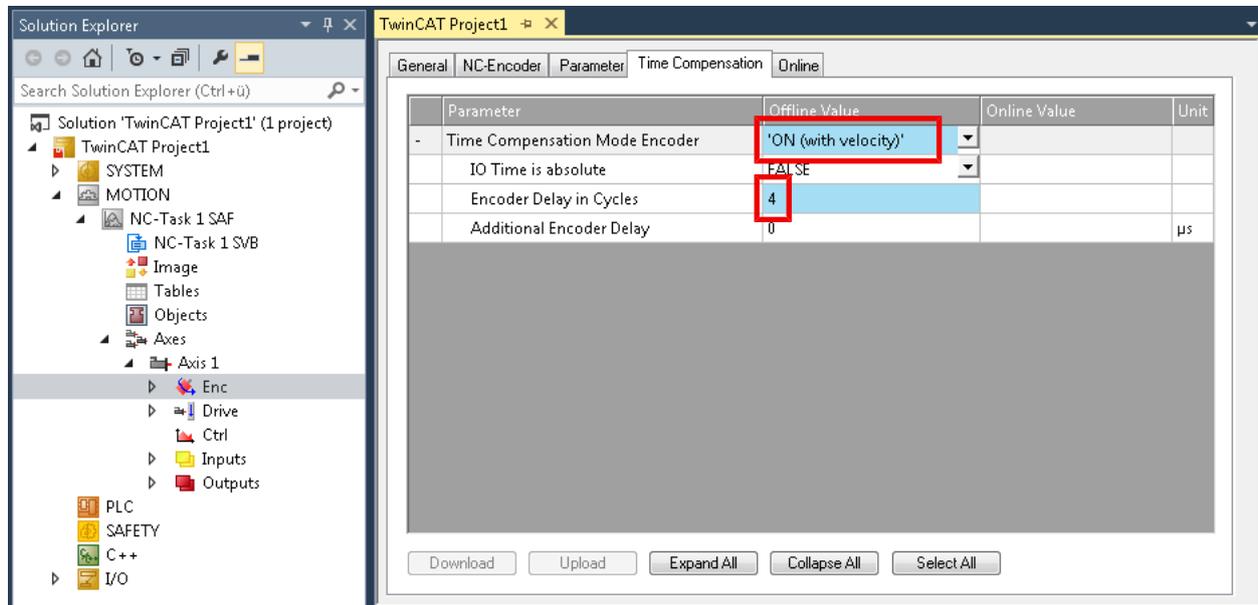
Bei einer Überspannung im Zwischenkreis schaltet ein Schutzmechanismus die Motor-Endstufe ab. Das Status-Bit "Error" im Prozessdatenobjekt STM Status [► 15] wird gesetzt.

- Prüfen Sie, ob beim Bremsen unzulässig hohe Spannungen im Zwischenkreis auftreten.
- Schalten Sie gegebenenfalls EP9576-1032 parallel zu EP7047-1032, um Überspannungen im Zwischenkreis zu verhindern.
EP9576-1032 enthält einen Bremswiderstand zur Ableitung von antriebstechnischen Überspannungen.

4.4.1 Den Encoder parametrieren

Totzeitkompensation

Die Totzeitkompensation der Achse kann in der Registerkarte *Time Compensation* der Encodereinstellungen *Achse1_ENC* eingestellt werden. Sie sollte theoretisch 3 Zyklen der NC-Zykluszeit betragen, besser haben sich jedoch 4 Zyklen der NC-Zykluszeit erwiesen. Dazu sollten die Parameter *Time Compensation Mode Encoder* auf ‚ON (with velocity)‘ und *Encoder Delay in Cycles* auf 4 eingestellt sein.



Skalierungsfaktor

Den Skalierungsfaktor können Sie ändern, wenn Sie in der NC "Achse 1_Enc" und die Registerkarte "Parameter" auswählen (siehe Abb. "Skalierungsfaktor einstellen"). Der Wert lässt sich mit den unten angegebenen Formeln berechnen.

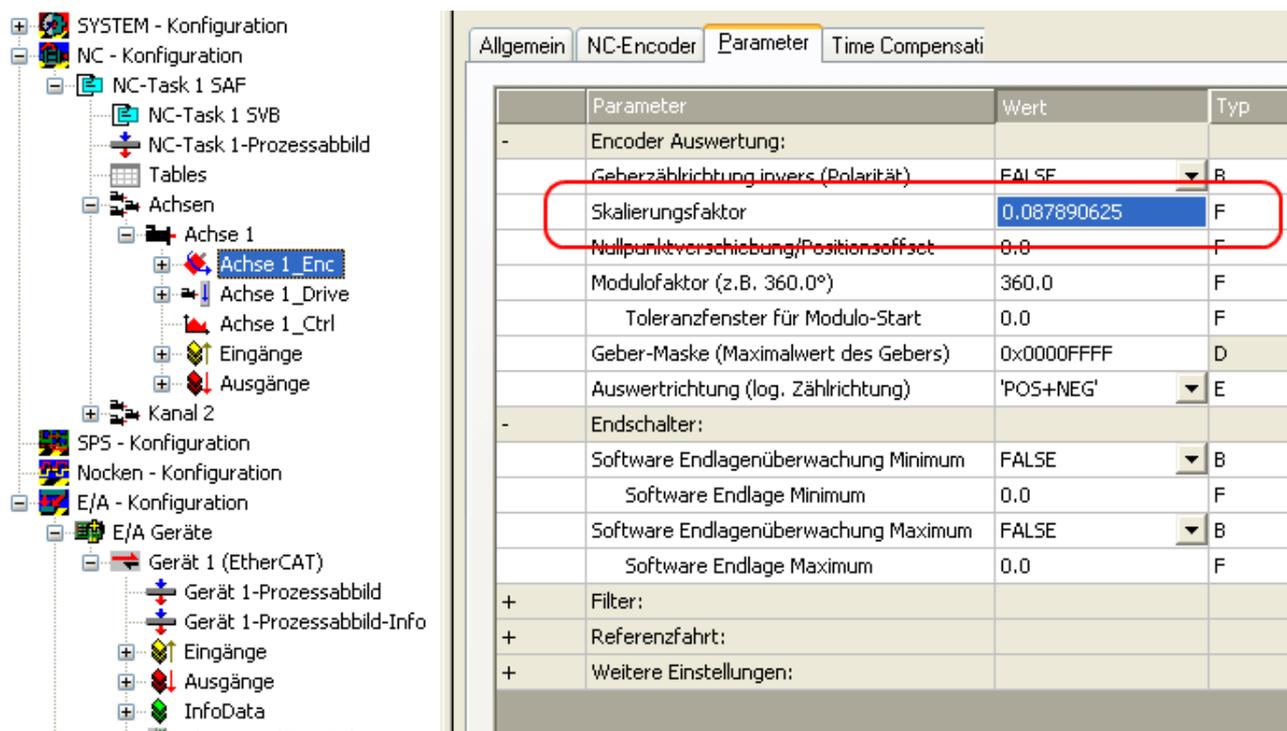


Abb. 25: Skalierungsfaktor einstellen

i **Anpassung des Skalierungsfaktors**

Das Feedbacksystem hängt unmittelbar mit dem Skalierungsfaktor der TwinCAT NC zusammen, so dass der Skalierungsfaktor immer an eine Veränderung des Feedbacksystems angepasst werden muss.

Berechnung des Skalierungsfaktors

mit Encoder, 4-fach Auswertung:

$$SF = \text{Weg pro Umdrehung} / (\text{Inkmente} \times 4) = 360^\circ / (1024 \times 4) = 0,087890625^\circ / \text{INC}$$

ohne Encoder:

$$SF = \text{Weg pro Umdrehung} / (\text{Fullsteps} \times \text{Microsteps}) = 360^\circ / (200 \times 64) = 0,028125^\circ / \text{INC}$$

4.4.2 Den Regler parametrieren

K_v - Faktoren

In der NC lassen sich unter "Achse 1_Ctrl" in der Registerkarte "Parameter" zwei Proportionalfaktoren K_v einstellen. Wählen Sie jedoch vorher unter der Registerkarte "NC-Controller" den *Typ* Positionsregler mit zwei P-Konstanten (mit K_a) aus. Die beiden P-Konstanten sind einmal für den Bereich *Stillstand* und ein weiteres Mal für den Bereich *Fahren* (siehe Abb. "Proportionalfaktor K_v einstellen"). Damit hat man die Möglichkeit, im Anfahrmoment und im Bremsmoment ein anderes Drehmoment einzustellen als beim Fahren. Der Schwellwert lässt sich direkt darunter (Pos-Regelung: Geschw.schwelle V dyn) zwischen 0.0 (0%) und 1.0 (100%) einstellen. In der Abb. "Geschwindigkeitsrampe mit Grenzwerten des K-Faktors" ist eine Geschwindigkeitsrampe mit Schwellwerten von 30% dargestellt. Im Bereich Stillstand (t_1 und t_3) kann dann ein unterschiedlicher K_v -Faktor eingestellt werden als im Bereich Fahren (t_2). In diesem Fall ist jeweils der gleiche Faktor verwendet worden, da bei Steppermotoren diese Funktion nicht so ausschlaggebend ist, wie bei DC-Motoren.

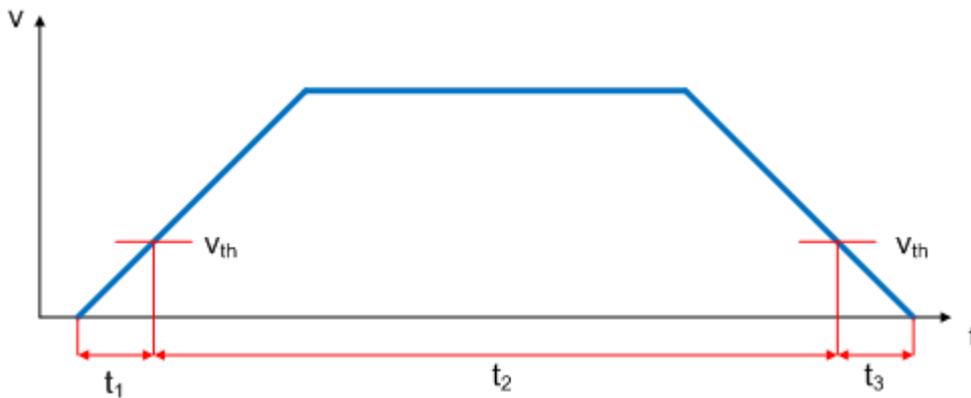


Abb. 26: Geschwindigkeitsrampe mit Grenzwerten des K-Faktors

Parameter	Offline Value	Online Value	Unit
- Monitoring:			
Position Lag Monitoring	FALSE		
Maximum Position Lag Value	5.0		"
Maximum Position Lag Filter Time	0.02		s
- Position Control Loop:			
Position control: Dead Band Position Deviation	0.0		"
Position control: Proportional Factor K_v (standstill)	5.0		" / s / "
Position control: Proportional Factor K_v (moving)	5.0		" / s / "
Position control: Velocity threshold V dyn [0.0 ... 1.0]	0.3		
Feedforward Acceleration: Proportional Factor K_a	0.0		s
Feedforward Velocity: Pre-Control Weighting [0.0 ... 1.0]	1.0		
+ Other Settings:			

Schleppüberwachung Position

Die Schleppabstandsüberwachung überwacht, ob der aktuelle Schleppabstand einer Achse einen Grenzwert überschreitet. Als Schleppabstand wird die Differenz zwischen ausgegebenem Sollwert (Stellgröße) und zurückgemeldetem Istwert bezeichnet. Sind die Parameter von EP7047-1032 noch unzureichend eingestellt, kann es dazu führen, dass beim Verfahren der Achse die Schleppabstandsüberwachung einen Fehler ausgibt. Bei der Inbetriebnahme kann es deswegen eventuell von Vorteil sein, wenn man die Grenzen der *Schleppüberwachung Position* etwas erhöht.

HINWEIS

ACHTUNG: Beschädigung von Geräten, Maschinen und Peripherieteilen möglich!

Bei der Parametrierung der Schleppüberwachung können durch Einstellen zu hoher Grenzwerte Geräte, Maschinen und Peripherieteile beschädigt werden!

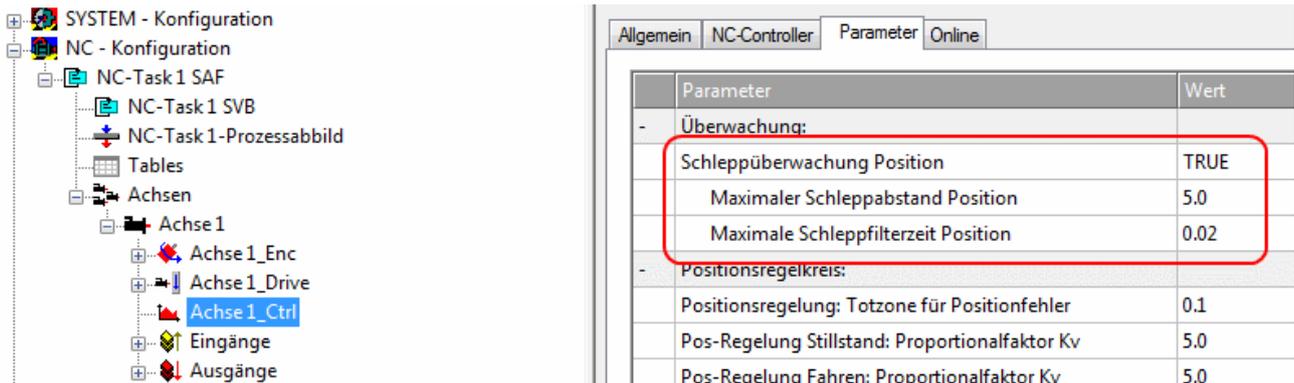


Abb. 27: Schleppüberwachung einstellen

Totzone für Positionsfehler

Mit Hilfe des Microstepping können $200 * 64 = 12800$ Positionen angefahren werden. Da der Encoder nur $1024 * 4 = 4096$ Positionen abfragen kann, wird unter Umständen eine Position, die sich zwischen 2 Abtastpunkten des Encoders befindet nicht richtig erfasst und der Regler regelt um diese Position herum. Mit Hilfe der Totzone für Positionsfehler kann eine Toleranz angegeben werden, innerhalb der die Position als "erreicht" gesehen wird (Abb. "Totzone für Positionsfehler").

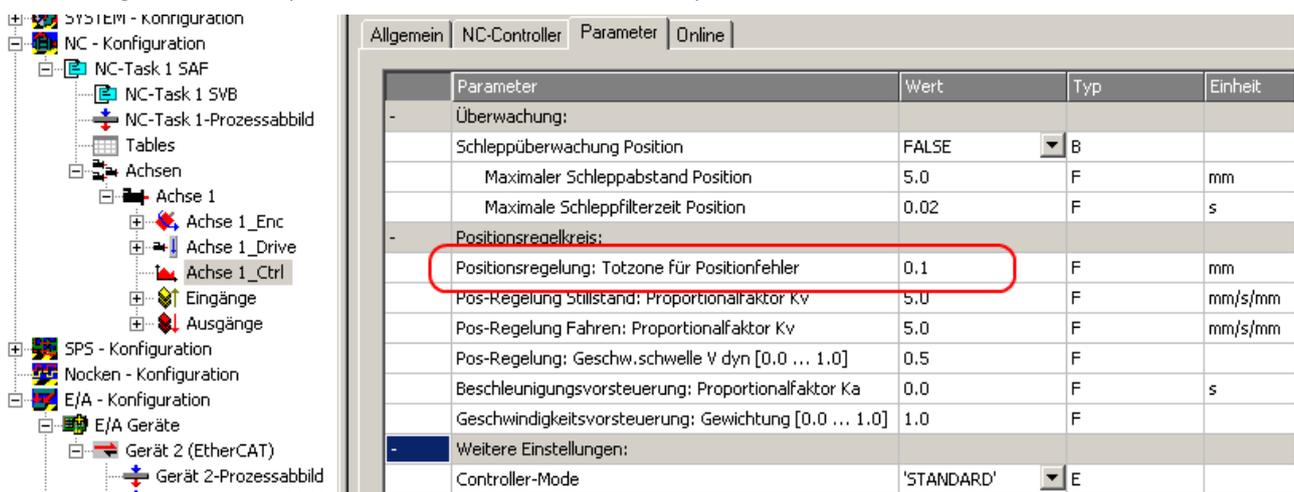


Abb. 28: Totzone für Positionsfehler

4.5 Testlauf durchführen

HINWEIS

Vor dem Testlauf müssen wichtige Parameter eingestellt werden.

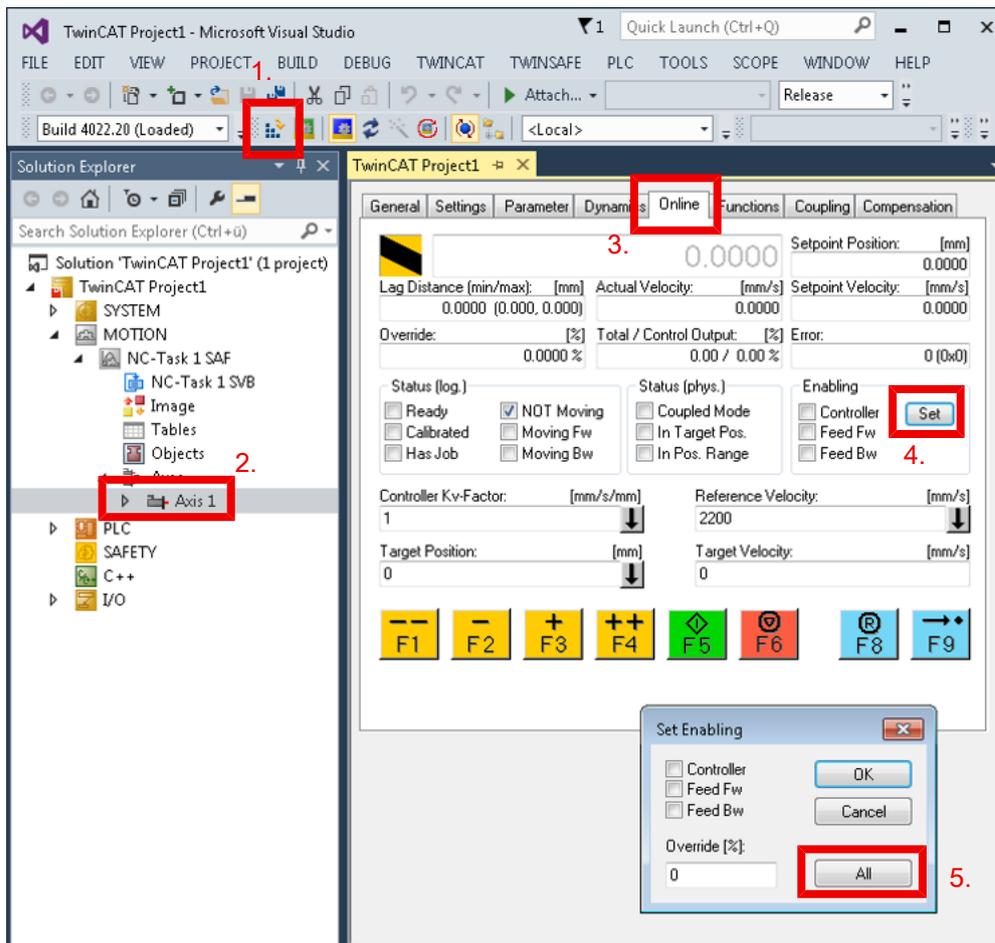
Defekt möglich.

- Stellen Sie vor dem Testlauf die wichtigen Motor-Parameter [► 42] gewissenhaft ein.

Die Vorgehensweise für einen Testlauf hängt davon ab, ob Sie die TwinCAT NC nutzen oder nicht.

- Testlauf mit der TwinCAT NC [► 58]
- Testlauf ohne die TwinCAT NC [► 59]

4.5.1 Testlauf mit der TwinCAT NC



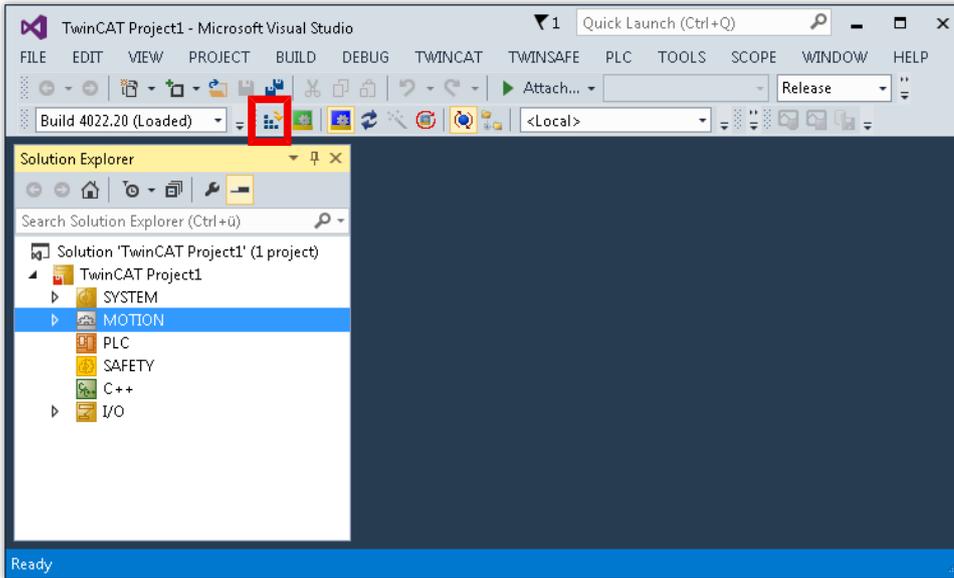
✓ Voraussetzung: Das IO-Modul von EP7047-1032 ist mit einer NC-Achse verknüpft.

1. Aktivieren Sie die TwinCAT-Konfiguration.
 2. Doppelklicken Sie auf die NC-Achse.
 3. Klicken Sie auf den Karteireiter „Online“.
 4. Klicken Sie im Feld „Freigaben“ auf den Button „Set“.
 5. Klicken Sie im erscheinenden Fenster auf den Button „All“.
⇒ Die Endstufe ist freigegeben.
- ⇒ Sie können die Achse mit den farbigen Buttons testweise bewegen.

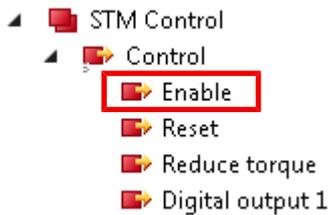
4.5.2 Testlauf ohne die TwinCAT NC

✓ Voraussetzung: Sie nutzen *nicht* das "Positioning Interface".

1. Aktivieren Sie die TwinCAT-Konfiguration.



2. Setzen Sie im Prozessdatenobjekt „STM Control“ die Variable „Enable“ auf 1.



⇒ Die Endstufe ist freigegeben.

3. Geben Sie einen Sollwert vor, abhängig von der Betriebsart [▶ 45]:

Betriebsart	Prozessdatenobjekt für die Sollwert-Vorgabe
Velocity direct	"STM Velocity" [▶ 17]
Position controller	"STM Position" [▶ 17]
Ext. Velocity mode	"STM Velocity" [▶ 17]
Ext. Position mode	"STM Position" [▶ 17]

4.6 Weitere Anwendungsfälle

4.6.1 Das "Positioning Interface" verwenden

Mit dem "Positioning interface" können Sie Fahraufträge ohne die TwinCAT NC ausführen.

4.6.1.1 Grundlagen zum "Positioning interface"

Predefined PDO Assignment

Eine vereinfachte Auswahl der Prozessdaten ermöglicht das "Predefined PDO Assignment". Am unteren Teil des Prozessdatenreiters wählen Sie die Funktion "*Positioning interface*" oder "*Positioning interface compact*" aus. Es werden dadurch alle benötigten PDOs automatisch aktiviert, bzw. die nicht benötigten deaktiviert.

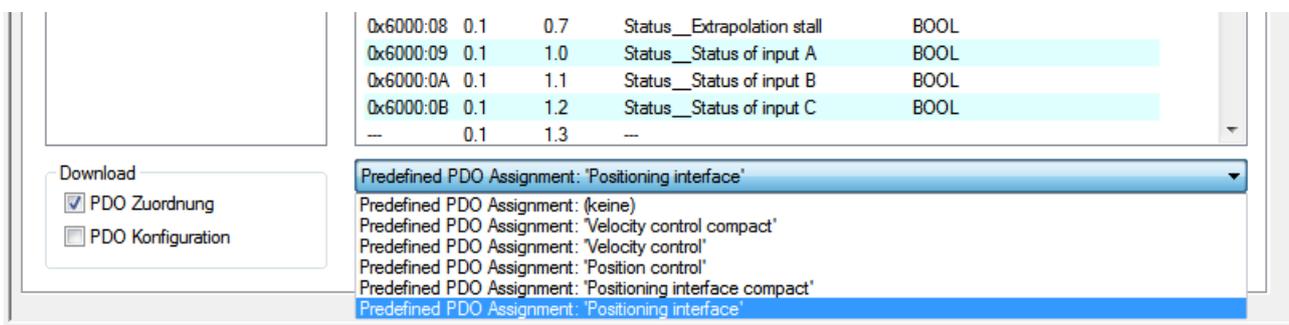


Abb. 29: Predefined PDO Assignment

Parametersatz

Für die Konfiguration stehen dem Anwender im CoE zwei Objekte zur Verfügung, die "POS Settings" (Index 8020) und die "POS Features" (Index 8021).

Index	Name	Flags	Wert
8020:0	POS Settings Ch.1	RW	> 15 <
8020:01	Velocity min.	RW	100
8020:02	Velocity max.	RW	10000
8020:03	Acceleration pos.	RW	0x03E8 (1000)
8020:04	Acceleration neg.	RW	0x03E8 (1000)
8020:05	Deceleration pos.	RW	0x03E8 (1000)
8020:06	Deceleration neg.	RW	0x03E8 (1000)
8020:07	Emergency deceleration	RW	0x0064 (100)
8020:08	Calibration position	RW	0x00000000 (0)
8020:09	Calibration velocity (towards plc cam)	RW	200
8020:0A	Calibration Velocity (off plc cam)	RW	50
8020:0B	Target window	RW	0x0014 (20)
8020:0C	In-Target timeout	RW	0x03E8 (1000)
8020:0D	Dead time compensation	RW	50
8020:0E	Modulo factor	RW	0x00000000 (0)
8020:0F	Modulo tolerance window	RW	0x00000000 (0)
8021:0	POS Features Ch.1	RW	> 20 <
8021:01	Start type	RW	Absolute (1)
8021:11	Time information	RW	Elapsed time (0)
8021:13	Invert calibration cam search direction	RW	TRUE
8021:14	Invert sync impulse search direction	RW	FALSE

Abb. 30: Settings-Objekte im CoE

POS Settings

Velocity min.:

EP7047-1032 benötigt aus Gründen der Performance beim Herunterrampen auf die Zielposition einen Sicherheitsbereich von 0,5 %. Das bedeutet, dass abhängig von der erreichten Maximalgeschwindigkeit und der konfigurierten Verzögerung der Zeitpunkt errechnet wird, an dem die Bremsrampe beginnt. Um immer sicher ins Ziel zu gelangen, werden von der ermittelten Position 0,5% abgezogen. Ist die Bremsrampe beendet und das Ziel noch nicht erreicht, fährt EP7047-1032 mit der Geschwindigkeit "Velocity min." bis ins Ziel hinein. Sie muss so konfiguriert werden, dass der Motor in der Lage ist, abrupt und ohne einen Schrittverlust mit dieser Geschwindigkeit abzustoppen.

Velocity max.:

Die maximale Geschwindigkeit, mit der der Motor während eines Fahrauftrages fährt.

● "Speed range" (Index 8012:05)

i Velocity min./max. sind auf die konfigurierte "Speed range" (Index 8012:05) normiert. Das bedeutet, dass bei einer „Speed range“ von beispielsweise 4000 Vollschritten/Sekunde für eine Geschwindigkeitsausgabe von 100% (d.h. 4000 Vollschrritte/Sekunde) in „Velocity max.“ eine 10000 und bei 50% (d.h. 2000 Vollschrritte/Sekunde) eine 5000 eingetragen werden muss

Acceleration pos.:

Beschleunigungszeit in positiver Drehrichtung.

Die 5 Parameter der Beschleunigung beziehen sich ebenfalls auf die eingestellte "Speed range" und werden in ms angegeben. Mit der Einstellung von 1000 beschleunigt EP7047-1032 den Motor in 1000 ms von 0 auf 100%. Bei einer Geschwindigkeit von 50% verringert sich die Beschleunigungszeit dementsprechend linear auf die Hälfte.

Acceleration neg.:

Beschleunigungszeit in negativer Drehrichtung.

Deceleration pos.:

Verzögerungszeit in positiver Drehrichtung.

Deceleration neg.:

Verzögerungszeit in negativer Drehrichtung.

Emergency deceleration:

Notfall-Verzögerungszeit (beide Drehrichtungen). Ist im entsprechenden PDO "Emergency stop" gesetzt, wird der Motor innerhalb dieser Zeit gestoppt.

Calibration position:

Der aktuelle Zählerstand wird nach erfolgter Kalibrierung mit diesem Wert geladen.

Calibration velocity (towards plc cam):

Geschwindigkeit, mit der der Motor, während der Kalibrierung auf die Nocke fährt.

Calibration velocity (off plc cam):

Geschwindigkeit, mit der der Motor, während der Kalibrierung von der Nocke herunter fährt.

Target window:

Zielfenster der Fahrwegsteuerung. Kommt der Motor innerhalb dieses Zielfensters zum Stillstand, wird "*In-Target*" gesetzt

In-Target timeout:

Steht der Motor nach Ablauf der Fahrwegsteuerung nach dieser eingestellten Zeit nicht im Zielfenster, wird "*In-Target*" nicht gesetzt. Dieser Zustand kann nur durch Kontrolle der negativen Flanke von "*Busy*" erkannt werden.

Dead time compensation:

Kompensation der internen Laufzeiten. Dieser Parameter muss bei Standardanwendungen nicht geändert werden.

Modulo factor:

Der "*Modulo factor*" wird zur Berechnung der Zielposition und der Drehrichtung in den Modulo-Betriebsarten herangezogen. Er bezieht sich auf das angesteuerte System.

Modulo tolerance window:

Toleranzfenster zur Ermittlung der Startbedingung der Modulo-Betriebsarten.

POS Features**Start type:**

Der "*Start type*" bestimmt die Art der Berechnung für die Ermittlung der Zielposition (siehe unten).

Time information:

Durch diesen Parameter wird die Bedeutung der angezeigten "*Actual drive time*" konfiguriert. Zur Zeit kann dieser Wert nicht verändert werden, da es keine weitere Auswahlmöglichkeit gibt. Es wird die abgelaufene Zeit des Fahrauftrages angezeigt.

Invert calibration cam search direction:

Bezogen auf eine positive Drehrichtung wird hier die Richtung der Suche nach der Kalibrier-Nocke konfiguriert (auf die Nocke fahren).

Invert sync impulse search direction:

Bezogen auf eine positive Drehrichtung wird hier die Richtung der Suche nach dem HW-Sync-Impuls konfiguriert (von der Nocke herunter fahren).

Informations- und Diagnosedaten

Informations- und Diagnosedaten

Über die Informations- und Diagnosedaten kann der Anwender eine genauere Aussage darüber erhalten, welcher Fehler während eines Fahrauftrages aufgetreten ist.

Index	Name	Flags	Wert
[-] 9020:0	POS Info data Ch.1	RO	> 3 <
[-] 9020:01	Status word	RO	0x0000 (0)
[-] 9020:03	State (drive controller)	RO	Idle (1)
[+] A010:0	STM Diag data Ch.1	RO	> 17 <
[-] A020:0	POS Diag data Ch.1	RO	> 3 <
[-] A020:01	Command rejected	RO	FALSE
[-] A020:02	Command aborted	RO	FALSE
[-] A020:03	Target overrun	RO	FALSE

Abb. 31: Diagnose-Objekte im CoE

POS Info data

Status word:

Das "Status word" spiegelt die im Index A020 verwendeten Status-Bits in einem Datenwort, um diese in der PLC einfacher verarbeiten zu können. Die Positionen der Bits entsprechen der Nummer des Subindexes-1.

- Bit 0: Command rejected
- Bit 1: Command aborted
- Bit 2: Target overrun

State (drive controller):

Hier wird der aktuelle Status der internen State machine eingeblendet (siehe unten).

POS Diag data:

Command rejected:

Eine dynamische Änderung der Zielposition wird nicht zu jedem Zeitpunkt von EP7047-1032 übernommen, da dies dann nicht möglich ist. Der neue Auftrag wird in diesem Fall abgewiesen und durch setzen dieses Bits signalisiert.

Diese 3 Diagnose-Bits werden durch Setzen von "Warning" im PDO zur Steuerung synchron übertragen.

Command aborted:

Wird der aktuelle Fahrauftrag durch einen internen Fehler oder durch ein "Emergency stop" vorzeitig abgebrochen wird.

Target overrun:

Bei einer dynamischen Änderung der Zielposition kann es vorkommen, dass die Änderung zu einem relativ späten Zeitpunkt erfolgt. Dies kann zur Folge haben, dass ein Drehrichtungswechsel erforderlich ist und ggf. die neue Zielposition überfahren wird. Tritt dies ein, so wird "Target overrun" gesetzt.

Zustände der internen State machine

Zustände der internen State machine

Der State (drive controller) (Index 9020:03) gibt Auskunft über den aktuellen Zustand der internen State machine. Zu Diagnosezwecken kann dieser zur Laufzeit von der PLC ausgelesen werden. Der interne Zyklus arbeitet konstant mit 250 µs. Ein angeschlossener PLC-Zyklus ist großer Wahrscheinlichkeit nach langsamer (z.B. 1 ms). Daher kann es vorkommen, dass manche Zustände in der PLC überhaupt nicht sichtbar sind, da diese teilweise nur einen internen Zyklus durchlaufen werden.

Name	ID	Beschreibung
INIT	0x0000	Initialisierung/Vorbereitung für den nächsten Fahrauftrag
IDLE	0x0001	Warten auf den nächsten Fahrauftrag
START	0x0010	das neue Kommando wird ausgewertet und die entsprechenden Berechnungen durchgeführt
ACCEL	0x0011	Beschleunigungs-Phase
CONST	0x0012	Konstant-Phase
DECEL	0x0013	Verzögerungs-Phase
EMCY	0x0020	es wurde ein "Emergency stop" ausgelöst
STOP	0x0021	der Motor ist gestoppt
CALI_START	0x0100	Start eines Kalibrierkommandos
CALI_GO_CAM	0x0110	der Motor wird auf die Nocke gefahren
CALI_ON_CAM	0x0111	die Nocke wurde erreicht
CALI_GO_SYNC	0x0120	der Motor wird in Richtung des HW-Sync-Impulses gefahren
CALI_LEAVE_CAM	0x0121	der Motor wird von der Nocke herunter gefahren
CALI_STOP	0x0130	Ende der Kalibrier-Phase
CALIBRATED	0x0140	der Motor ist kalibriert
NOT_CALIBRATED	0x0141	der Motor ist nicht kalibriert
PRE_TARGET	0x1000	Sollposition ist erreicht, der Positionsregler "zieht" den Motor weiter ins Ziel, "In-Target timeout" wird hier gestartet
TARGET	0x1001	der Motor hat das Zielfenster innerhalb des Timeouts erreicht
TARGET_RESTART	0x1002	eine dynamische Änderung der Zielposition wird hier verarbeitet
END	0x2000	Ende der Positionier-Phase
WARNING	0x4000	während des Fahrauftrages ist eine Warn-Zustand aufgetreten, dieser wird hier verarbeitet
ERROR	0x8000	während des Fahrauftrages ist eine Fehler-Zustand aufgetreten, dieser wird hier verarbeitet
UNDEFINED	0xFFFF	undefinierter Zustand (kann z.B. auftreten, wenn die Treiberstufe keine Steuerspannung hat)

Zustände der internen State machine

Standard Ablauf eines Fahrauftrags

Standard Ablauf eines Fahrauftrags

Im folgenden Ablaufdiagramm ist ein "normaler" Ablauf eines Fahrauftrags dargestellt. Es wird grob zwischen diesen vier Stufen unterschieden:

Startup:

Überprüfung des Systems und der Betriebsbereitschaft des Motors.

Start positioning:

Schreiben aller Variablen und Berechnung der gewünschten Zielposition mit dem entsprechenden "Start type". Anschließend den Fahrauftrag starten.

Evaluate status:

Überwachung des internen Status von EP7047-1032 und ggf. dynamische Änderung der Zielposition.

Error handling:

Im Falle eines Fehlers die nötigen Informationen aus dem CoE beziehen und auswerten.

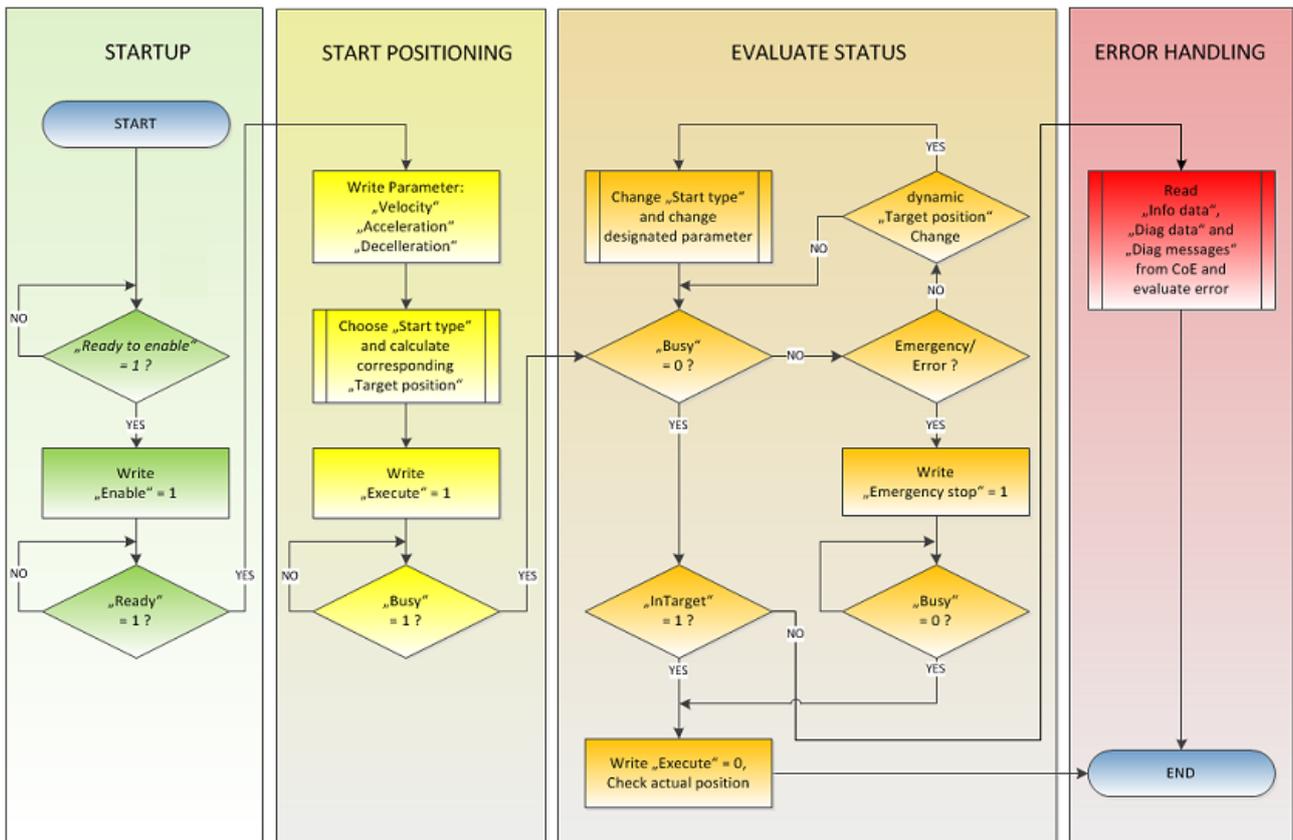


Abb. 32: Ablauf-Diagramm eines Fahrauftrages

Starttypen

Das "Positioning interface" bietet verschiedene Arten der Positionierung. Die folgende Tabelle enthält alle unterstützten Kommandos, diese sind in 4 Gruppen aufgeteilt.

Name	Kommando	Gruppe	Beschreibung
ABSOLUTE	0x0001	Standard [► 67]	absolute Positionierung auf eine vorgegebene Zielposition
RELATIVE	0x0002		relative Positionierung auf eine berechnete Zielposition, ein vorgegebener Positionsunterschied wird zur aktuelle Position addiert
ENDLESS_PLUS	0x0003		endlos fahren in positiver Drehrichtung (direkte Vorgabe einer Geschwindigkeit)
ENDLESS_MINUS	0x0004		endlos fahren in negativer Drehrichtung (direkte Vorgabe einer Geschwindigkeit)
ADDITIVE	0x0006		additive Positionierung auf eine berechnete Zielposition, ein vorgegebener Positionsunterschied wird zur letzten Zielposition addiert
ABSOLUTE_CHANGE	0x1001	Standard Ext. [► 68]	dynamische Änderung der Zielposition während eines Fahrauftrages auf eine neue, absolute Position
RELATIVE_CHANGE	0x1002		dynamische Änderung der Zielposition während eines Fahrauftrages auf eine neue, relative Position (es wird hier ebenfalls der aktuelle, sich verändernde Positionswert verwendet)
ADDITIVE_CHANGE	0x1006		dynamische Änderung der Zielposition während eines Fahrauftrages auf eine neue, additive Position (es wird hier die letzte Zielposition verwendet)
MODULO_SHORT	0x0105	Modulo [► 69]	modulo Positionierung auf kürzestem Weg zur Moduloposition (positiv oder negativ), berechnet durch den konfigurierten " <i>Modulo factor</i> " (Index 8020:0E)
MODULO_SHORT_EXT	0x0115		modulo Positionierung auf kürzestem Weg zur Moduloposition, das " <i>Modulo tolerance window</i> " (Index 8020:0F) wird ignoriert
MODULO_PLUS	0x0205		modulo Positionierung in positiver Drehrichtung auf die berechnete Moduloposition
MODULO_PLUS_EXT	0x0215		modulo Positionierung in positiver Drehrichtung auf die berechnete Moduloposition, das " <i>Modulo tolerance window</i> " wird ignoriert
MODULO_MINUS	0x0305		modulo Positionierung in negativer Drehrichtung auf die berechnete Moduloposition
MODULO_MINUS_EXT	0x0315		modulo Positionierung in negativer Drehrichtung auf die berechnete Moduloposition, das " <i>Modulo tolerance window</i> " wird ignoriert
MODULO_CURRENT	0x0405		modulo Positionierung mit der letzten Drehrichtung auf die berechnete Moduloposition
MODULO_CURRENT_EXT	0x0415		modulo Positionierung mit der letzten Drehrichtung auf die berechnete Moduloposition, das " <i>Modulo tolerance window</i> " wird ignoriert
CALI_PLC_CAM	0x6000		Calibration [► 68]
CALI_HW_SYNC	0x6100	starten einer Kalibrierung mit Nocke und HW-Sync-Impuls (C-Spur)	
SET_CALIBRATION	0x6E00	manuelles Setzen des Flags " <i>Kalibriert</i> "	
SET_CALIBRATION_AUTO	0x6E01	automatisches Setzen des Flags " <i>Kalibriert</i> " bei der ersten steigenden Flanke von " <i>Enable</i> "	
CLEAR_CALIBRATION	0x6F00	manuelles Löschen der Kalibrierung	

Unterstützte "Start types" des "Positioning interface"

ABSOLUTE:

Die absolute Positionierung stellt den einfachsten Fall einer Positionierung dar. Es wird eine Position B vorgegeben, welche vom Startpunkt A aus angefahren wird.

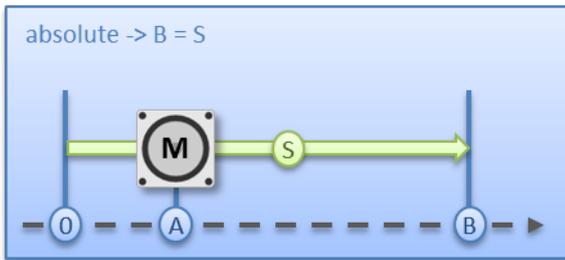


Abb. 33: Absolute Positionierung

RELATIVE:

Bei der relativen Positionierung gibt der Anwender ein Positionsdelta S vor, welches zur aktuellen Position A addiert wird und die Zielposition B ergibt.

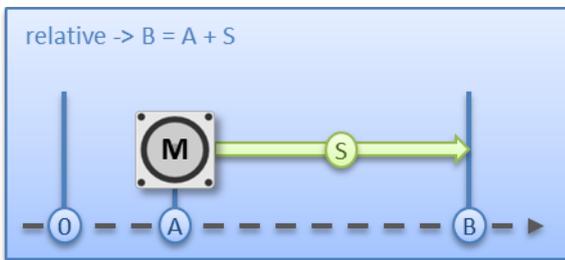


Abb. 34: Relative Positionierung

ENDLESS_PLUS / ENDLESS_MINUS:

Die beiden Starttypen "ENDLESS_PLUS" und "ENDLESS_MINUS" bieten im "Positioning interface" die Möglichkeit dem Motor eine direkte Geschwindigkeit vorzugeben, um endlos in positiver oder negativer Richtung, mit den vorgegebenen Beschleunigungen, zu fahren.

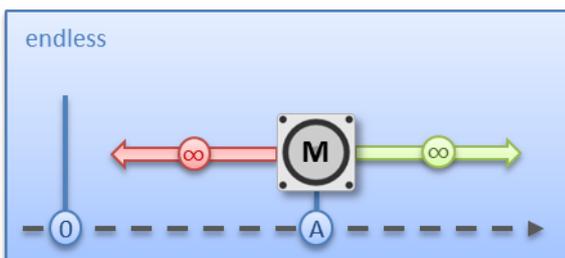


Abb. 35: Endlos fahren

ADDITIVE:

Für die additive Positionierung wird, zur Berechnung der Zielposition B, das vom Anwender vorgegebene Positionsdelta S mit der beim letzten Fahrauftrag verwendeten Zielposition E addiert.

Diese Art der Positionierung ähnelt der relativen Positionierung, hat aber doch einen Unterschied. Wurde der letzte Fahrauftrag mit Erfolg abgeschlossen, ist die neue Zielposition gleich. Gab es aber einen Fehler, sei es dass der Motor in eine Stall-Situation geraten ist oder ein "Emergency stop" ausgelöst wurde, ist die aktuelle Position beliebig und nicht vorausschaubar. Der Anwender hat jetzt den Vorteil, dass er die letzte Zielposition für die Berechnung der folgenden Zielposition nutzen kann.

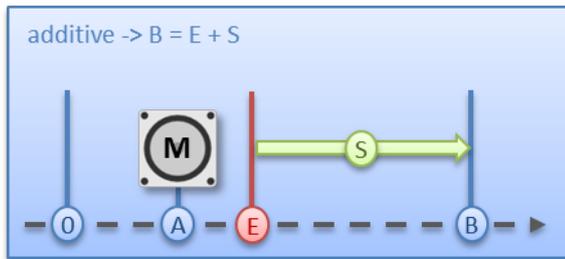


Abb. 36: Additive Positionierung

ABSOLUTE_CHANGE / RELATIVE_CHANGE / ADDITIVE_CHANGE:

Diese drei Positionierarten sind komplett identisch zu den oben beschriebenen. Der wichtige Unterschied dabei ist, dass der Anwender während eines aktiven Fahrauftrags diese Kommandos nutzt, um dynamisch eine neue Zielposition vorzugeben.

Es gelten dabei die gleichen Regeln und Voraussetzungen, wie bei den "normalen" Starttypen. "ABSOLUTE_CHANGE" und "ADDITIVE_CHANGE" sind in der Berechnung der Zielposition eindeutig d.h. bei der absoluten Positionierung wird eine absolute Position vergeben und bei der additiven Positionierung wird ein Positionsdelta zu der gerade aktiven Zielposition addiert.

HINWEIS**Vorsicht bei der Verwendung der Positionierung "RELATIVE_CHANGE"**

Die Änderung per "RELATIVE_CHANGE" muss mit Vorsicht angewendet werden, da auch hier die aktuelle Position des Motors als Startposition verwendet wird. Durch Laufzeiten des Systems stimmt die im PDO angezeigte Position nie mit der realen Position des Motors überein! Daher wird sich bei der Berechnung des übergebenen Positionsdelts immer eine Differenz zur gewünschten Zielposition einstellen.

● Zeitpunkt der Änderung der Zielposition

i Eine Änderung der Zielposition kann nicht zu jedem beliebigen Zeitpunkt erfolgen. Falls die Berechnung der Ausgabeparameter ergibt, dass die neue Zielposition nicht ohne weiteres erreicht werden kann, wird das Kommando abgewiesen und das Bit "Command rejected" gesetzt. Dies ist z.B. im Stillstand (da hier eine Standard Positionierung erwartet wird) und in der Beschleunigungsphase (da zu diesem Zeitpunkt der Bremszeitpunkt noch nicht berechnet werden kann) der Fall.

CALI_PLC_CAM / CALI_HW_SYNC / SET_CALIBRATION / SET_CALIBRATION_AUTO / CLEAR_CALIBRATION:

Der einfachste Fall einer Kalibrierung ist der, nur per Nocke (an einem dig. Eingang angeschlossen) zu kalibrieren.

Hierbei fährt der Motor im 1. Schritt mit der Geschwindigkeit 1 (Index 0x8020:09) in Richtung 1 (Index 0x8021:13) auf die Nocke. Anschließend im 2. Schritt mit der Geschwindigkeit 2 (Index 0x8020:0A) in Richtung 2 (Index 0x8021:14) von der Nocke herunter. Nachdem das "In-Target timeout" (Index 0x8020:0C) abgelaufen ist wird die Kalibrierposition (Index 0x8020:08) als aktuelle Position übernommen.

HINWEIS**Schalthysterese des Nockenschalters beachten**

Bei dieser einfachen Kalibrierung muss beachtet werden, dass die Positionserfassung der Nocke nur bedingt genau ist. Die digitalen Eingänge sind nicht interruptgesteuert und werden "nur" gepollt. Durch die internen Laufzeiten kann sich deshalb eine systembedingte Positionsdivergenz ergeben.

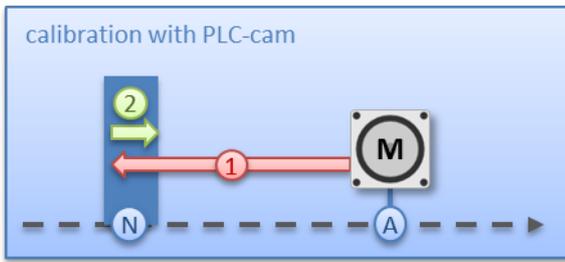


Abb. 37: Kalibrierung mit Nocke

Für eine genauere Kalibrierung wird zusätzlich zu der Nocke ein HW-Sync-Impuls (C-Spur) verwendet. Der Ablauf dieser Kalibrierung erfolgt genau wie oben beschrieben, bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Motor von der Nocke herunterfährt. Jetzt wird nicht sofort gestoppt, sondern erst auf den Sync-Impuls gewartet. Anschließend läuft wieder das "In-Target timeout" ab und die Kalibrierposition wird als aktuelle Position übernommen.

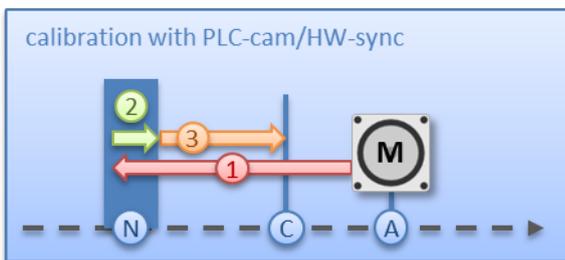


Abb. 38: Kalibrierung mit Nocke und C-Spur

Falls eine Kalibrierung per Hardware, aufgrund der applikatorischen Umstände, nicht möglich ist, kann der Anwender das Bit "Calibrated" auch manuell bzw. automatisch setzen. Das manuelle Setzen bzw. Löschen erfolgt mit den Kommandos "SET_CALIBRATION" und "CLEAR_CALIBRATION".

Einfacher ist es aber, wenn man den Standard-Starttypen (Index 0x8021:01) auf "SET_CALIBRATION_AUTO" konfiguriert. Jetzt wird bei der ersten steigenden Flanke von "Enable" das Bit "Calibrated" automatisch gesetzt. Das Kommando ist nur für diesen Zweck konzipiert, daher ist es nicht sinnvoll es über den synchronen Datenaustausch zu benutzen.

MODULO:

Die Modulo-Position der Achse ist eine zusätzliche Information zur absoluten Achsposition und die Modulo-Positionierung stellt die gewünschte Zielposition auf eine andere Art dar. Im Gegensatz zu den Standard-Positionierarten, birgt die Modulo-Positionierung einige Tücken, da die gewünschte Zielposition unterschiedlich interpretiert werden kann.

Die Modulo-Positionierung bezieht sich grundsätzlich auf den im CoE einstellbaren "Modulo factor" (Index 0x8020:0E). In den folgenden Beispielen wird von einer rotatorischen Achse mit einem "Modulo factor" von umgerechnet 360 Grad ausgegangen.

Das "Modulo tolerance window" (Index 0x8020:0F) definiert ein Positionsfenster um die aktuelle Modulo-Sollposition der Achse herum. Die Fensterbreite entspricht dem doppelten angegebenen Wert (Sollposition ± Toleranzwert). Auf das Toleranzfenster wird im Folgenden näher eingegangen.

Die Positionierung einer Achse bezieht sich immer auf deren aktuellen Istposition. Die Istposition der Achse ist im Normalfall die Position, die mit dem letzten Fahrauftrag angefahren wurde. Unter Umständen (fehlerhafte Positionierung durch einen Stall der Achse, oder eine sehr grobe Auflösung des angeschlossenen Encoders) kann sich aber eine vom Anwender nicht erwartete Position einstellen. Wenn dieser Umstand nicht berücksichtigt wird, kann sich eine nachfolgende Positionierung unerwartet verhalten.

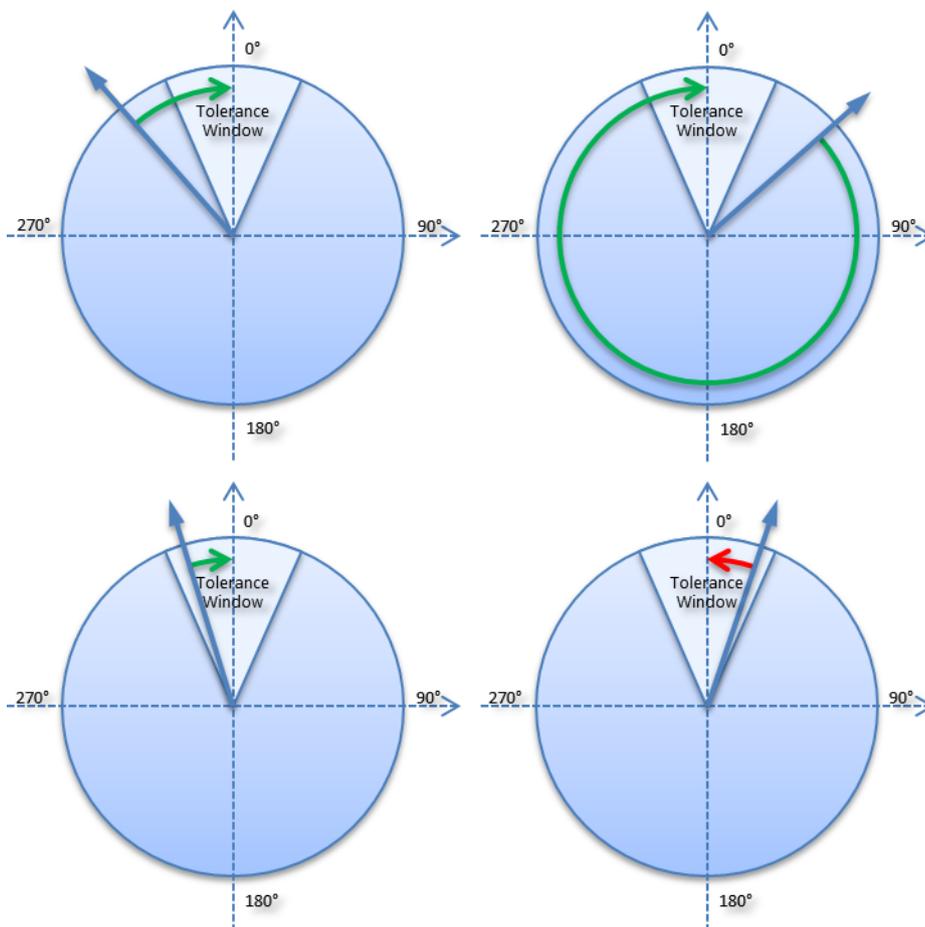


Abb. 39: Wirkung des Modulo-Toleranzfensters - Modulo-Zielposition 0° in positiver Richtung

Beispiel:

Eine Achse wird auf 0° positioniert, wodurch die Istposition der Achse anschließend exakt 0° beträgt. Ein weiterer Modulo-Fahrauftrag auf 360° in *positiver Richtung* führt zu einer vollen Umdrehung und die Modulo-Position der Achse ist anschließend wieder exakt 0° . Kommt die Achse bedingt durch die Mechanik etwas vor oder hinter der Zielposition zum Stehen, so verhält sich das nächste Fahrkommando ggf. nicht so, wie man es erwartet. Liegt die Istposition leicht unter 0° (siehe Abb. 9, links unten), so führt ein neues Fahrkommando auf 0° in *positiver Richtung* nur zu einer minimalen Bewegung. Die vorher entstandene Abweichung wird ausgeglichen und die Position ist anschließend wieder exakt 0° . Liegt aber die Position leicht über 0° , so führt dasselbe Fahrkommando zu einer vollen Umdrehung um wieder die exakte Position von 0° zu erreichen. Diese Problematik tritt auf, wenn volle Umdrehungen um 360° oder ein Vielfaches von 360° beauftragt werden. Bei Positionierungen auf einen von der aktuellen Modulo-Position entfernten Winkel ist der Fahrauftrag eindeutig.

Um das Problem zu lösen, kann ein "Modulo tolerance window" (Index 0x8020:0F) parametrieren. Kleine Abweichungen der Position, die innerhalb des Fensters liegen, führen damit nicht mehr zu einem unterschiedlichen Verhalten der Achse. Wird beispielsweise ein Fenster von 1° parametrieren, so verhält sich die Achse im oben beschriebenen Fall gleich, solange die Istposition zwischen 359° und 1° liegt. Wenn jetzt die Position weniger als 1° über 0° liegt, wird die Achse bei einem Modulo-Start in *positiver Richtung* zurückpositioniert. Bei einer Zielposition von 0° wird also in beiden Fällen eine Minimalbewegung auf exakt 0° ausgeführt und bei einer Zielposition von 360° wird in beiden Fällen eine ganze Umdrehung gefahren.

Das Modulo-Toleranzfenster kann also innerhalb des Fensters zu Bewegungen gegen die beauftragte Richtung führen. Bei einem kleinen Fenster ist das normalerweise unproblematisch, weil auch Regelabweichungen zwischen Soll- und Istposition in beide Richtungen ausgeglichen werden. Das Toleranzfenster lässt sich also auch bei Achsen verwenden, die konstruktionsbedingt nur in einer Richtung verfahren werden dürfen.

Modulo-Positionierung um weniger als eine Umdrehung

Die Modulo-Positionierung von einer Ausgangsposition auf eine nicht identische Zielposition ist eindeutig und birgt keine Besonderheiten. Eine Modulo-Zielposition im Bereich $[0 \leq \text{Position} < 360]$ führt in weniger als einer ganzen Umdrehung zum gewünschten Ziel. Ist die Zielposition mit der Ausgangsposition identisch, so wird keine Bewegung ausgeführt. Bei Zielpositionen ab 360° aufwärts werden ein oder mehr vollständige Umdrehungen ausgeführt, bevor die Achse auf die gewünschte Zielposition fährt.

Für eine Bewegung von 270° auf 0° darf demnach nicht 360° , sondern es muss 0° als Modulo-Zielposition beauftragt werden, da 360° außerhalb des Grundbereiches liegt und zu einer zusätzlichen Umdrehung führen würde.

Die Modulo-Positionierung unterscheidet drei Richtungsvorgaben, *positive Richtung*, *negative Richtung* und *auf kürzestem Weg* (*MODULO_PLUS*, *MODULO_MINUS*, *MODULO_SHORT*). Bei der Positionierung auf kürzestem Weg sind Zielpositionen ab 360° nicht sinnvoll, da das Ziel immer direkt angefahren wird. Im Gegensatz zur positiven oder negativen Richtung können also nicht mehrere Umdrehungen ausgeführt werden, bevor das Ziel angefahren wird.

HINWEIS

Nur Grundperioden kleiner 360° sind erlaubt

Bei Modulo-Positionierungen mit dem Start-Typ "MODULO_SHORT" sind nur Modulo-Zielpositionen in der Grundperiode (z. B. kleiner als 360°) erlaubt, anderenfalls wird ein Fehler zurückgegeben.

● Positionierung ohne Modulo-Toleranzfenster

i Bei den "normalen" Modulo-Positionierarten wird immer das "Modulo tolerance window" (Index 0x8020:0F) berücksichtigt. In manchen Situationen ist dies aber eher unerwünscht. Um diesen "Nachteil" zu eliminieren, können die vergleichbaren Starttypen "MODULO_SHORT_EXT", "MODULO_PLUS_EXT", "MODULO_MINUS_EXT" und "MODULO_CURRENT_EXT" verwendet werden, welche das Modulo-Toleranzfenster ignorieren.

Die folgende Tabelle zeigt einige Positionierungsbeispiele:

Modulo-Starttyp	Absolute Anfangsposition	Modulo-Zielposition	Relativer Verfahrweg	absolute Endposition	Modulo Endposition
MODULO_PLUS	90°	0°	270°	360°	0°
MODULO_PLUS	90°	360°	630°	720°	0°
MODULO_PLUS	90°	720°	990°	1080°	0°
MODULO_MINUS	90°	0°	-90°	0°	0°
MODULO_MINUS	90°	360°	-450°	-360°	0°
MODULO_MINUS	90°	720°	-810°	-720°	0°
MODULO_SHORT	90°	0°	-90°	0°	0°

Beispiele zur Modulo-Positionierung bei weniger als einer Umdrehung

Modulo-Positionierung um ganze Umdrehungen

Modulo-Positionierungen um ein oder mehrere ganze Umdrehungen verhalten sich grundsätzlich nicht anders als Positionierungen auf von der Ausgangsposition entfernt liegende Winkel. Wenn die beauftragte Zielposition gleich der Ausgangsposition ist, so wird keine Bewegung ausgeführt. Für eine ganze Umdrehung muss zur Ausgangsposition 360° addiert werden. Das beschriebene Verhalten im [Beispiel |> 70|](#) zeigt, dass Positionierungen mit ganzzahligen Umdrehungen besonders beachtet werden müssen. Die nachfolgende Tabelle zeigt Positionierbeispiele für eine Ausgangsposition von ungefähr 90° . Das Modulo-Toleranzfenster ist hier auf 1° eingestellt. Besondere Fälle, in denen die Ausgangsposition außerhalb dieses Fensters liegt, sind gekennzeichnet.

Modulo-Starttyp	Absolute Anfangsposition	Modulo-Zielposition	Relativer Verfahrweg	absolute Endposition	Modulo Endposition	Anmerkung
MODULO_PLUS	90,00°	90,00°	0,00°	90,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	90,90°	90,00°	-0,90°	90,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	91,10°	90,00°	358,90°	450,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_PLUS	89,10°	90,00°	0,90°	90,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	88,90°	90,00°	1,10°	90,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_PLUS	90,00°	450,00	360,00°	450,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	90,90°	450,00°	359,10°	450,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	91,10°	450,00°	718,90°	810,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_PLUS	89,10°	450,00°	360,90°	450,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	88,90°	450,00°	361,10°	450,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_PLUS	90,00°	810,00	720,00°	810,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	90,90°	810,00	719,10°	810,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	91,10°	810,00	1078,90°	1170,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_PLUS	89,10°	810,00	720,90°	810,00°	90,00°	
MODULO_PLUS	88,90°	810,00	721,10°	810,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_MINUS	90,00°	90,00°	0,00°	90,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	90,90°	90,00°	-0,90°	90,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	91,10°	90,00°	-1,10°	90,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_MINUS	89,10°	90,00°	0,90°	90,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	88,90°	90,00°	-358,90°	-270,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_MINUS	90,00°	450,00°	-360,00°	-270,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	90,90°	450,00°	-360,90°	-270,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	91,10°	450,00°	-361,10°	-270,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_MINUS	89,10°	450,00°	-359,10°	-270,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	88,90°	450,00°	-718,90°	-630,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_MINUS	90,00°	810,00°	-720,00°	-630,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	90,90°	810,00°	-720,90°	-630,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	91,10°	810,00°	-721,10°	-630,00°	90,00°	außerhalb TF
MODULO_MINUS	89,10°	810,00°	-719,10°	-630,00°	90,00°	
MODULO_MINUS	88,90°	810,00°	-1078,90°	-990,00°	90,00°	außerhalb TF

Beispiele zur Modulo-Positionierung bei ganzen Umdrehungen

Beispiele von zwei Fahraufträgen mit dynamischer Änderung der Zielposition

Ohne Überfahren der Zielposition

Zeitpunkt	POS Outputs	POS Inputs	Beschreibung
t1:	Execute = 1 Target position = 200000 Velocity = 2000 Start type = 0x0001 Acceleration = 1000 Deceleration = 1000	Busy = 1 Accelerate = 1	- Vorgabe der ersten Parameter - Beginn der Beschleunigungsphase
t2:		Accelerate = 0	- Ende der Beschleunigungsphase
t3:	Target position = 100000 Velocity = 1500 Start type = 0x1001 Acceleration = 2000 Deceleration = 2000		- Änderung der Parameter - Aktivierung durch neuen Starttypen
t4:		Decelerate = 1	- Beginn der Verzögerungsphase
t5:	Execute = 0	Busy = 0 In-Target = 1 Decelerate = 0	- Ende der Verzögerungsphase - Motor ist auf neuer Zielposition
t6 - t9:			- Absolute Fahrt zurück auf die Startposition 0

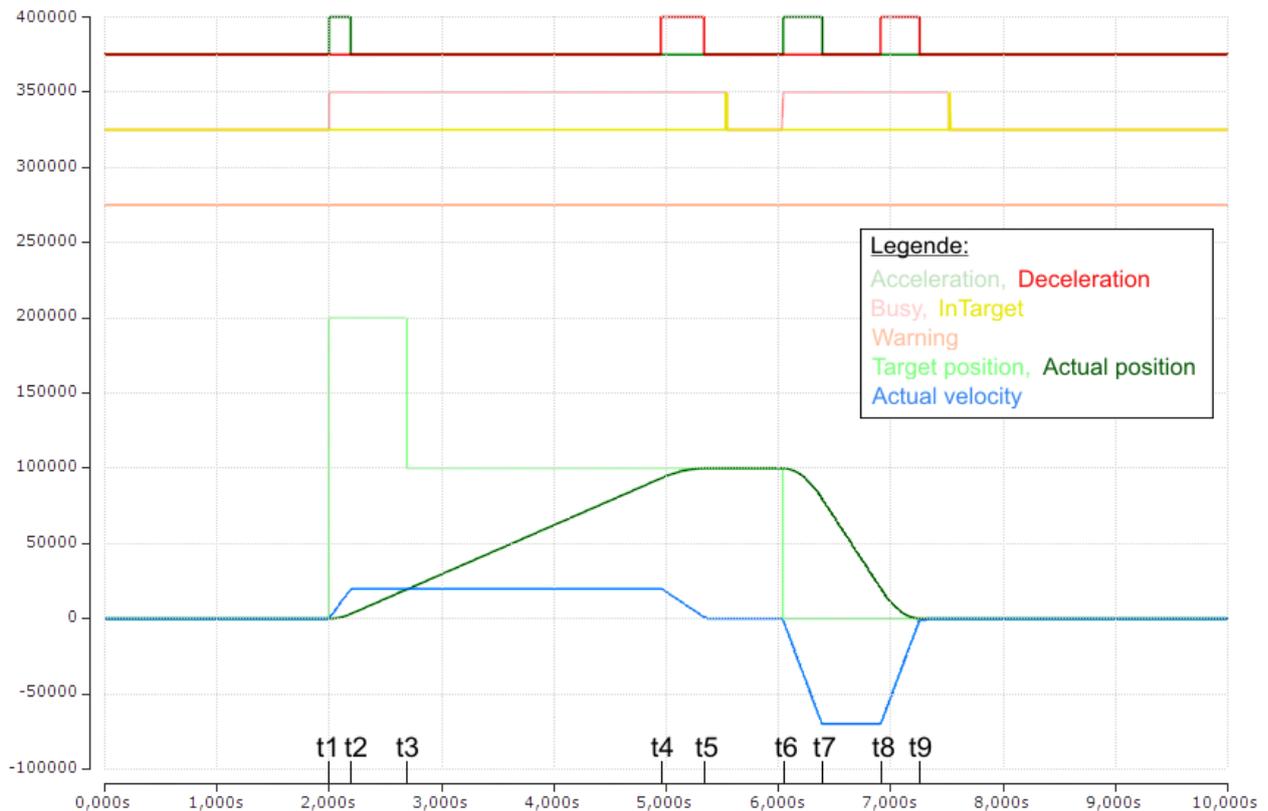


Abb. 40: Scope-Aufnahme eines Fahrauftrages mit dynamischer Änderung der Zielposition, ohne Überfahren der Zielposition
(Die Achsen-Skalierung bezieht sich nur auf die Positionen, nicht auf die Geschwindigkeit und die Status-Bits)

Mit Überfahren der Zielposition

Zeitpunkt	POS Outputs	POS Inputs	Beschreibung
t1:	Execute = 1 Target position = 200000 Velocity = 5000 Start type = 0x0001 Acceleration = 3000 Deceleration = 5000	Busy = 1 Accelerate = 1	- Vorgabe der 1. Parameter - Beginn der 1. Beschleunigungsphase
t2:		Accelerate = 0	- Ende der 1. Beschleunigungsphase
t3:	Target position = 100000 Velocity = 1500 Start type = 0x1001 Acceleration = 1000 Deceleration = 2000	Warning = 1 Decelerate = 1	- Änderung der Parameter - Aktivierung durch neuen Starttypen - Warnung vor dem Überfahren der Zielposition - Beginn der 1. Verzögerungsphase
t4:		Accelerate = 1 Decelerate = 0	- Ende der 1. Verzögerungsphase - Beginn der 2. Beschleunigungsphase in Gegenrichtung
t5:		Accelerate = 0 Decelerate = 1	- Ende der 2. Beschleunigungsphase - Beginn der 2. Verzögerungsphase
t6:	Execute = 0	Busy = 0 In-Target = 1 Decelerate = 0	- Ende der 2. Verzögerungsphase - Motor ist auf neuer Zielposition
t7 - t10:			- Absolute Fahrt zurück auf die Startposition 0

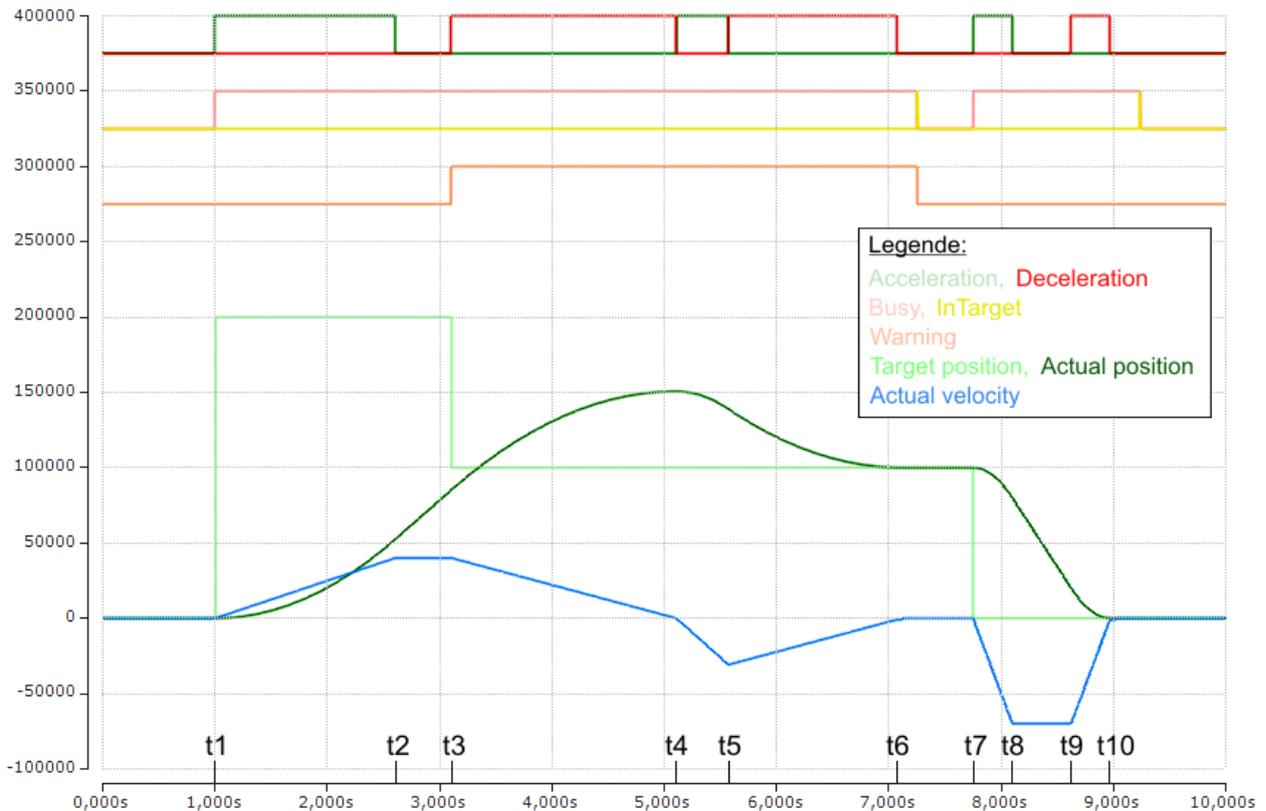
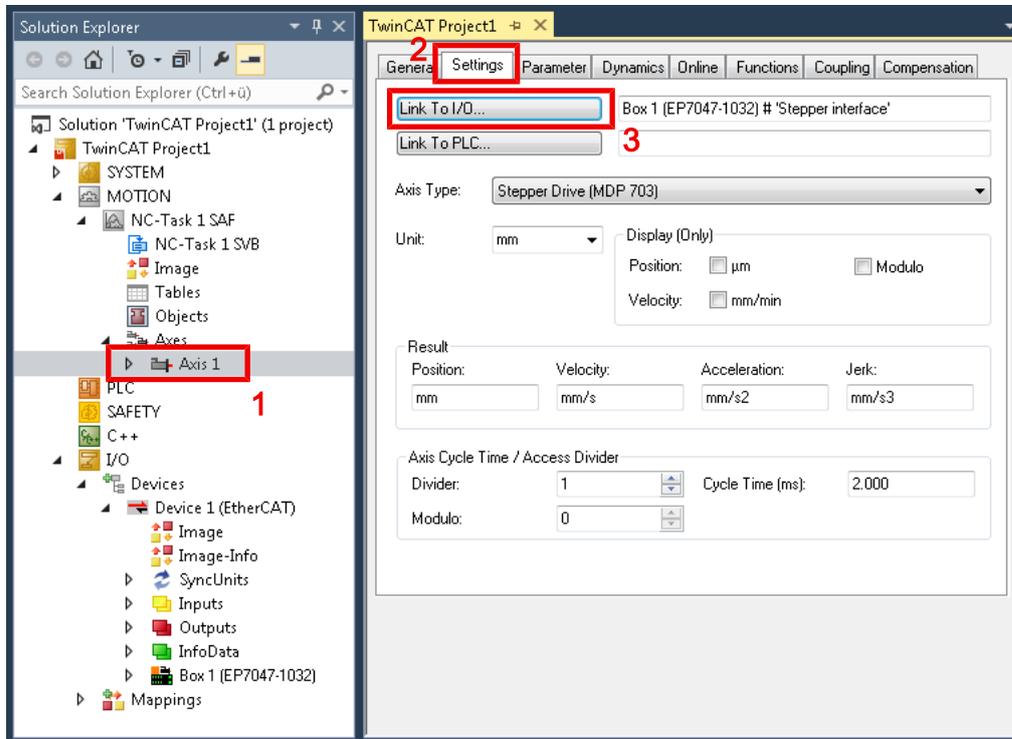


Abb. 41: Scope-Aufnahme eines Fahrauftrages mit dynamischer Änderung der Zielposition, mit Überfahren der endgültigen Zielposition
(Die Achsen-Skalierung bezieht sich nur auf die Positionen, nicht auf die Geschwindigkeit und die Status-Bits)

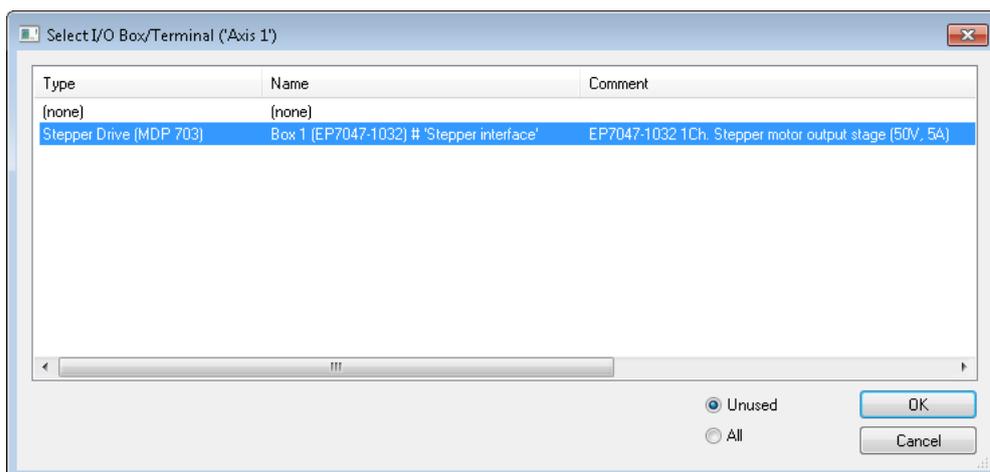
4.6.2 Eine NC-Achse mit EP7047 verknüpfen

i **Dieser Schritt kann in der Regel übersprungen werden**

Wenn Sie die Inbetriebnahme gemäß der vorliegenden Dokumentation durchgeführt haben, wurde bereits eine NC-Achse mit EP7047-1032 verknüpft. Siehe Kapitel [EP7047 in ein TwinCAT-Projekt einbinden \[▶ 40\]](#).



1. Im Solution Explorer: Doppelklicken Sie auf die Achse "Axis n".
 2. Klicken Sie auf den Karteireiter „Settings“.
 3. Klicken Sie auf „Link to I/O“.
- ⇒ Ein Dialogfenster öffnet sich.



4. Wählen Sie EP7047 aus und klicken Sie auf „OK“.
- Hinweis: Falls EP7047 hier nicht zur Auswahl steht, prüfen Sie:
- Ist EP7047 im Abschnitt „I/O“ eingebunden?
 - Ist ein vordefiniertes Prozessabbild „Positioning interface ...“ gewählt?
- ⇒ Die Prozessdaten von EP7047 werden mit der Achse verknüpft.

4.6.3 Die Spannungskonstante eines Motors experimentell ermitteln

Wenn die Spannungskonstante k_e nicht im Datenblatt des Motors angegeben ist, können Sie sie experimentell ermitteln.

Die Spannungskonstante k_e wird nur benötigt, wenn Sie keinen Encoder einsetzen, aber eine der folgenden Funktionen nutzen wollen:

- Lastwinkel-Erkennung
- Schrittverlust-Erkennung

Die Vorgehensweise finden Sie im Abschnitt ["Induzierte Gegenspannung" \[► 21\]](#).

4.6.4 Wiederherstellen des Auslieferungszustandes

Um den Auslieferungszustand der Backup-Objekte bei den ELxxx-Klemmen / EPxxx- und EPPxxx-Boxen wiederherzustellen, kann im TwinCAT System Manger (Config-Modus) das CoE-Objekt *Restore default parameters, Subindex 001* angewählt werden).

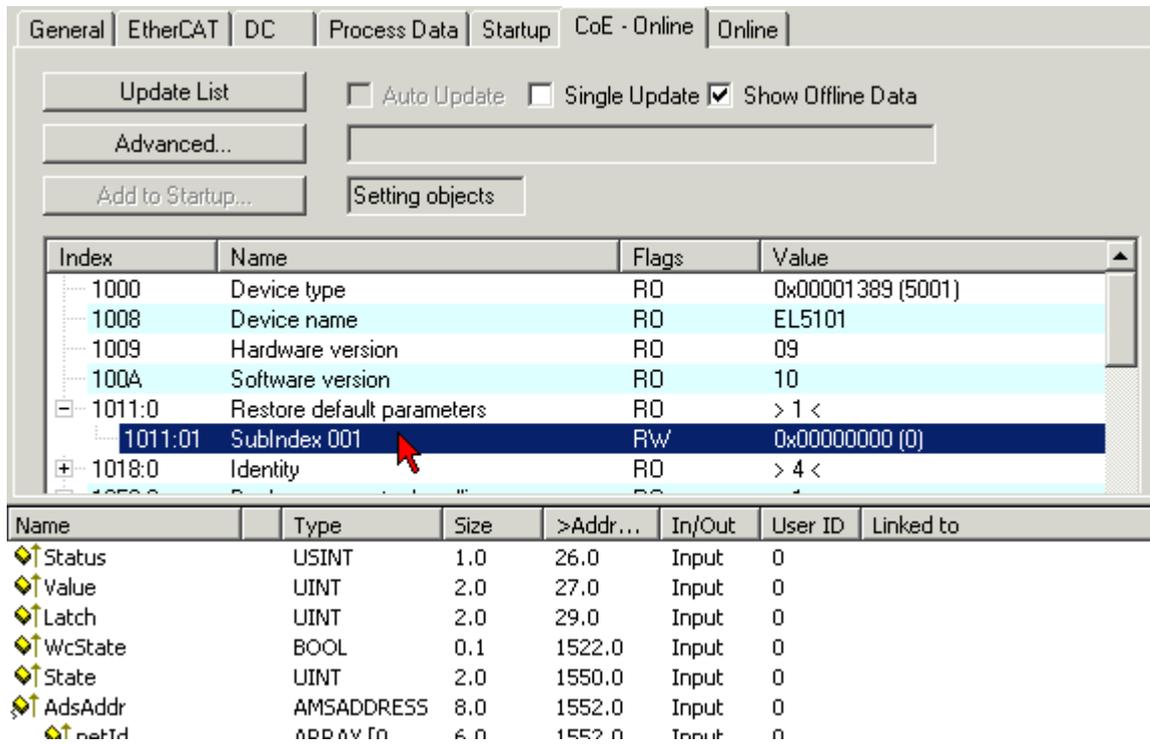


Abb. 42: Auswahl des PDO Restore default parameters

Durch Doppelklick auf *SubIndex 001* gelangen Sie in den Set Value -Dialog. Tragen Sie im Feld *Dec* den Wert **1684107116** oder alternativ im Feld *Hex* den Wert **0x64616F6C** ein und bestätigen Sie mit OK.

Alle Backup-Objekte werden so in den Auslieferungszustand zurückgesetzt.

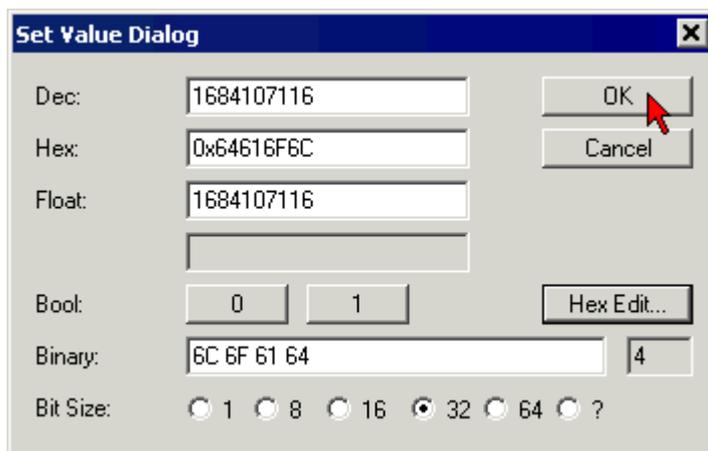


Abb. 43: Eingabe des Restore-Wertes im Set Value Dialog

● Alternativer Restore-Wert

i Bei einigen Modulen älterer Bauart lassen sich die Backup-Objekte mit einem alternativen Restore-Wert umstellen:

Dezimalwert: 1819238756

Hexadezimalwert: 0x6C6F6164

Eine falsche Eingabe des Restore-Wertes zeigt keine Wirkung!

4.7 Außerbetriebnahme

WARNUNG

Verletzungsgefahr durch Stromschlag!

Setzen Sie das Bus-System in einen sicheren, spannungslosen Zustand, bevor Sie mit der Demontage der Geräte beginnen!

Entsorgung

Zur Entsorgung muss das Gerät ausgebaut werden.

Gemäß der WEEE-Richtlinie 2012/19/EU nimmt Beckhoff Altgeräte und Zubehör in Deutschland zur fachgerechten Entsorgung zurück. Die Transportkosten werden vom Absender übernommen.

Senden Sie die Altgeräte mit dem Vermerk „zur Entsorgung“ an:

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG
Abteilung Service
Stahlstraße 31
D-33415 Verl

5 Diagnose

5.1 Diagnose - Grundlagen zu Diag Messages

Mit *DiagMessages* wird ein System der Nachrichtenübermittlung von einem EtherCAT-Gerät an den EtherCAT Master/TwinCAT bezeichnet. Die Nachrichten werden vom EtherCAT-Gerät im eigenen CoE unter 0x10F3 abgelegt und können von der Applikation oder dem System Manager ausgelesen werden. Für jedes im EtherCAT-Gerät hinterlegte Ereignis (Warnung, Fehler, Statusänderung) wird eine über einen Code referenzierte Fehlermeldung ausgegeben.

Definition

Das System *DiagMessages* ist in der ETG (EtherCAT Technology Group) in der Richtlinie ETG.1020, Kap. 13 "Diagnosis Handling" definiert. Es wird benutzt, damit vordefinierte oder flexible Diagnosemitteilungen von einem EtherCAT-Gerät an den Master übermittelt werden können. Das Verfahren kann also nach ETG herstellerübergreifend implementiert werden. Die Unterstützung ist optional. Die Firmware kann bis zu 250 *DiagMessages* im eigenen CoE ablegen.

Jede *DiagMessage* besteht aus

- Diag Code (4 Byte)
- Flags (2 Byte; Info, Warnung oder Fehler)
- Text-ID (2 Byte; Referenz zum erklärenden Text aus der ESI/XML)
- Zeitstempel (8 Byte, lokale Zeit im EtherCAT-Gerät oder 64-Bit Distributed-Clock-Zeit, wenn vorhanden)
- dynamische Parameter, die von der Firmware mitgegeben werden

In der zum EtherCAT-Gerät gehörigen ESI/XML-Datei werden die *DiagMessages* in Textform erklärt: Anhand der in der *DiagMessage* enthaltenen Text-ID kann die entsprechende Klartextmeldung in den Sprachen gefunden werden, die in der ESI/XML enthalten sind. Üblicherweise sind dies bei Beckhoff-Produkten deutsch und englisch.

Der Anwender erhält durch den Eintrag *NewMessagesAvailable* Information, dass neue Meldungen vorliegen.

DiagMessages können im EtherCAT-Gerät bestätigt werden: die letzte/neueste unbestätigte Meldung kann vom Anwender bestätigt werden.

Im CoE finden sich sowohl die Steuereinträge wie die History selbst im CoE-Objekt 0x10F3:

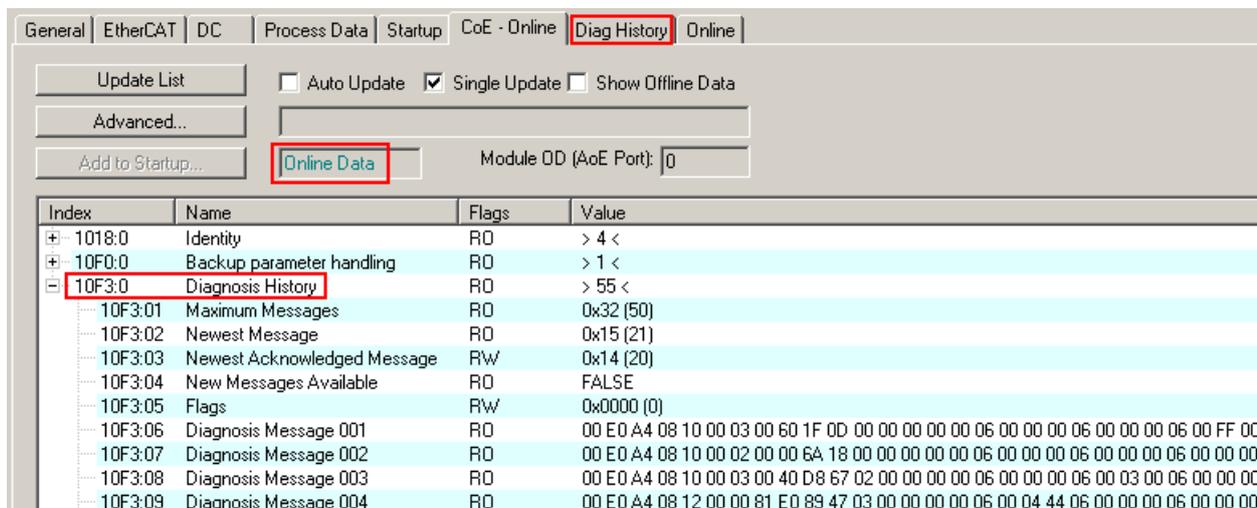


Abb. 44: *DiagMessages* im CoE

Unter 0x10F3:02 ist der Subindex der neuesten *DiagMessage* auslesbar.

i Unterstützung zur Inbetriebnahme

Das System der DiagMessages ist vor allem während der Anlageninbetriebnahme einzusetzen. Zur Online-Diagnose während des späteren Dauerbetriebs sind die Diagnosewerte z. B. im Status-Word des Gerätes (wenn verfügbar) hilfreich.

Implementierung TwinCAT System Manager

Ab TwinCAT 2.11 werden DiagMessages, wenn vorhanden, beim EtherCAT-Gerät in einer eigenen Oberfläche angezeigt. Auch die Bedienung (Abholung, Bestätigung) erfolgt darüber.

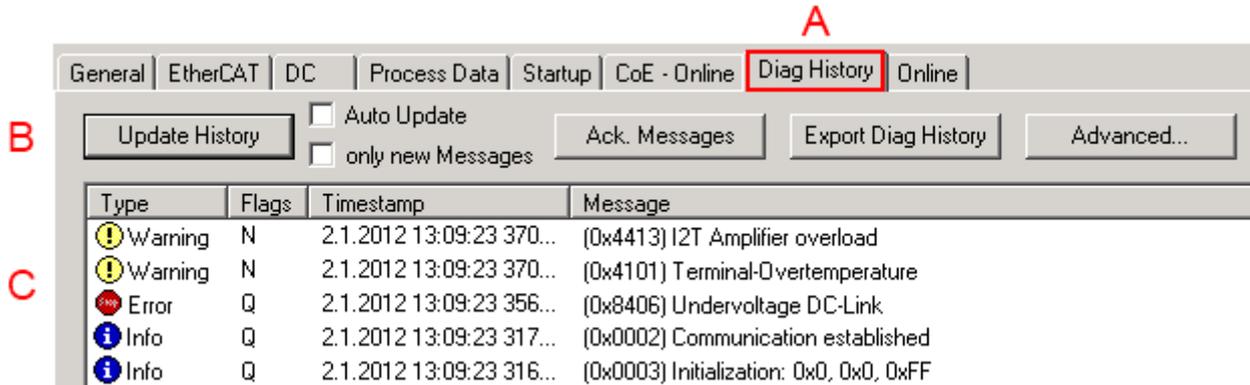


Abb. 45: Implementierung DiagMessage-System im TwinCAT System Manager

Im Reiter Diag History (A) sind die Betätigungsfelder (B) wie auch die ausgelesene History (C) zu sehen. Die Bestandteile der Message:

- Info/Warning/Error
- Acknowledge-Flag (N = unbestätigt, Q = bestätigt)
- Zeitstempel
- Text-ID
- Klartext-Meldung nach ESI/XML Angabe

Die Bedeutung der Buttons ist selbsterklärend.

DiagMessages im ADS Logger/Eventlogger

Ab TwinCAT 3.1 build 4022 werden von einem EtherCAT-Gerät abgesetzte DiagMessages auch im TwinCAT ADS Logger gezeigt. Da nun IO-übergreifend DiagMessages an einem Ort dargestellt werden, vereinfacht dies die Inbetriebnahme. Außerdem kann die Logger-Ausgabe in eine Datei gespeichert werden – somit stehen die DiagMessages auch langfristig für Analysen zur Verfügung.

DiagMessages liegen eigentlich nur lokal im CoE 0x10F3 im EtherCAT-Gerät vor und können bei Bedarf manuell z. B. über die oben genannte DiagHistory ausgelesen werden.

Bei Neuentwicklungen sind EtherCAT-Geräte standardmäßig so eingestellt, dass sie das Vorliegen einer DiagMessage über EtherCAT als Emergency melden; der Eventlogger kann die DiagMessage dann abholen. Die Funktion wird im EtherCAT-Gerät über 0x10F3:05 aktiviert, deshalb haben solche EtherCAT-Geräte folgenden Eintrag standardmäßig in der StartUp-Liste:

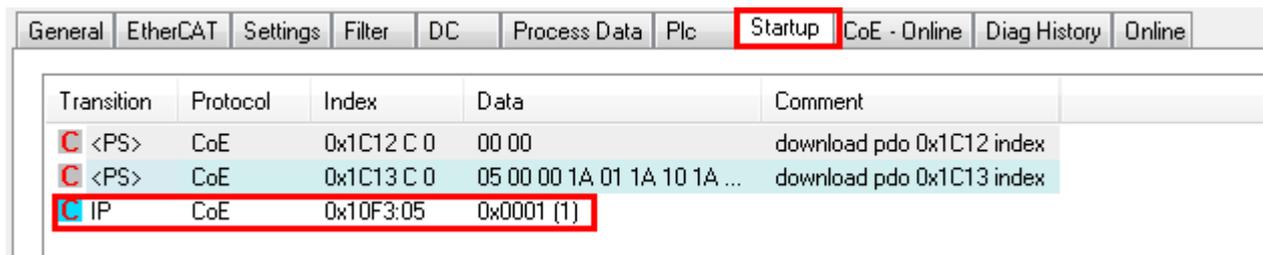


Abb. 46: StartUp-Liste

Soll die Funktion deaktiviert werden weil z. B. viele Meldungen kommen oder der EventLogger nicht genutzt wird, kann der StartUp-Eintrag gelöscht oder auf 0 gesetzt werden.

Nachrichten in die PLC einlesen

- In Vorbereitung -

Interpretation

Zeitstempel

Der Zeitstempel wird aus der lokalen Uhr des EtherCAT-Geräts zum Zeitpunkt des Ereignisses gewonnen. Die Zeit ist üblicherweise die Distributed-Clocks-Zeit (DC) aus Register x910.

Bitte beachten: die DC-Zeit wird in der Referenzuhr gleich der lokalen IPC/TwinCAT-Zeit gesetzt, wenn EtherCAT gestartet wird. Ab diesem Moment kann die DC-Zeit gegenüber der IPC-Zeit divergieren, da die IPC-Zeit nicht nachgeregelt wird. Es können sich so nach mehreren Wochen Betrieb ohne EtherCAT Neustart größere Zeitdifferenzen entwickeln. Als Abhilfe kann die sog. Externe Synchronisierung der DC-Zeit genutzt werden, oder es wird fallweise eine manuelle Korrekturrechnung vorgenommen: die aktuelle DC-Zeit kann über den EtherCAT Master oder durch Einsicht in das Register x901 eines DC-Slaves ermittelt werden.

Aufbau der Text-ID

Der Aufbau der MessageID unterliegt keiner Standardisierung und kann herstellerspezifisch definiert werden. Bei Beckhoff EtherCAT-Geräten (EL, EP) lautet er nach **xyzz** üblicherweise:

x	y	zz
0: Systeminfo	0: System	Fehlernummer
1: Info	1: General	
2: reserved	2: Communication	
4: Warning	3: Encoder	
8: Error	4: Drive	
	5: Inputs	
	6: I/O allgemein	
	7: reserved	

Beispiel: Meldung 0x4413 --> Drive Warning Nummer 0x13

Übersicht Text-IDs

Spezifische Text-IDs sind in der Gerätedokumentation aufgeführt.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x0001	Information	System	No error	Kein Fehler
0x0002	Information	System	Communication established	Verbindung aufgebaut
0x0003	Information	System	Initialisation: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Information, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x1000	Information	System	Information: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Information, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x1012	Information	System	EtherCAT state change Init - PreOp	
0x1021	Information	System	EtherCAT state change PreOp - Init	
0x1024	Information	System	EtherCAT state change PreOp - Safe-Op	
0x1042	Information	System	EtherCAT state change SafeOp - PreOp	
0x1048	Information	System	EtherCAT state change SafeOp - Op	
0x1084	Information	System	EtherCAT state change Op - SafeOp	
0x1100	Information	Allgemein	Detection of operation mode completed: 0x%X, %d	Erkennung der Betriebsart beendet
0x1135	Information	Allgemein	Cycle time o.k.: %d	Zykluszeit o.k.
0x1157	Information	Allgemein	Data manually saved (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten manuell gespeichert
0x1158	Information	Allgemein	Data automatically saved (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten automatisch gespeichert
0x1159	Information	Allgemein	Data deleted (Idx: 0x%X, SubIdx: 0x%X)	Daten gelöscht
0x117F	Information	Allgemein	Information: 0x%X, 0x%X, 0x%X	Information
0x1201	Information	Kommunikation	Communication re-established	Kommunikation zur Feldseite wiederhergestellt Die Meldung tritt auf, wenn z. B. im Betrieb die Spannung der Powerkontakte entfernt und wieder angelegt wurde.
0x1300	Information	Encoder	Position set: %d, %d	Position gesetzt - StartInputhandler
0x1303	Information	Encoder	Encoder Supply ok	Encoder Netzteil OK
0x1304	Information	Encoder	Encoder initialization successfully, channel: %X	Encoder Initialisierung erfolgreich abgeschlossen
0x1305	Information	Encoder	Sent command encoder reset, channel: %X	Sende Kommando Encoder Reset
0x1400	Information	Drive	Drive is calibrated: %d, %d	Antrieb ist kalibriert
0x1401	Information	Drive	Actual drive state: 0x%X, %d	Aktueller Status des Antriebs
0x1705	Information		CPU usage returns in normal range (< 85%)	Prozessorauslastung ist wieder im normalen Bereich
0x1706	Information		Channel is not in saturation anymore	Kanal ist nicht mehr in Sättigung
0x1707	Information		Channel is not in overload anymore	Kanal ist nicht mehr überlastet
0x170A	Information		No channel range error anymore	Es liegt kein Messbereichsfehler mehr vor
0x170C	Information		Calibration data saved	Abgleichdaten wurden gespeichert
0x170D	Information		Calibration data will be applied and saved after sending the command "0x5AFE"	Abgleichdaten werden erst nach dem Senden des Kommandos „0x5AFE“ übernommen und gespeichert

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x2000	Information	System	%s: %s	
0x2001	Information	System	%s: Network link lost	Netzwerk Verbindung verloren
0x2002	Information	System	%s: Network link detected	Netzwerk Verbindung gefunden
0x2003	Information	System	%s: no valid IP Configuration - Dhcp client started	Ungültige IP Konfiguration
0x2004	Information	System	%s: valid IP Configuration (IP: %d.%d.%d.%d) assigned by Dhcp server %d.%d.%d.%d	Gültige, vom DHCP-Server zugewiesene IP-Konfiguration
0x2005	Information	System	%s: Dhcp client timed out	Zeitüberschreitung DHCP-Client
0x2006	Information	System	%s: Duplicate IP Address detected (%d.%d.%d.%d)	Doppelte IP-Adresse gefunden
0x2007	Information	System	%s: UDP handler initialized	UDP-Handler initialisiert
0x2008	Information	System	%s: TCP handler initialized	TCP-Handler initialisiert
0x2009	Information	System	%s: No more free TCP sockets available	Keine freien TCP Sockets verfügbar

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x4000	Warnung		Warning: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine Warnung, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x4001	Warnung	System	Warning: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x4002	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d API:%dms) from %d. %d.%d.%d successful	
0x4003	Warnung	System	%s: %s Connection Close (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d successful	
0x4004	Warnung	System	%s: %s Connection (IN:%d OUT:%d) with %d.%d.%d.%d timed out	
0x4005	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Error: %u)	
0x4006	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Input Data Size expected: %d Byte(s) received: %d Byte(s))	
0x4007	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (Output Data Size expected: %d Byte(s) received: %d Byte(s))	
0x4008	Warnung	System	%s: %s Connection Open (IN:%d OUT:%d) from %d.%d.%d.%d denied (RPI:%dms not supported -> API:%dms)	
0x4101	Warnung	Allgemein	Terminal-Overtemperature	Übertemperatur. Die Innentemperatur des EtherCAT-Geräts überschreitet die parametrisierte Warnschwelle.
0x4102	Warnung	Allgemein	Discrepancy in the PDO-Configuration	Die ausgewählten PDOs passen nicht zur eingestellten Betriebsart. Beispiel: Antrieb arbeitet im Velocity-Mode. Das Velocity-PDO ist jedoch nicht in die PDOs gemapped.
0x417F	Warnung	Allgemein	Warning: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x428D	Warnung	Allgemein	Challenge is not Random	
0x4300	Warnung	Encoder	Subincrements deactivated: %d, %d	Subinkremente deaktiviert (trotz aktivierter Konfiguration)
0x4301	Warnung	Encoder	Encoder-Warning	Allgemeiner Encoderfehler
0x4302	Warnung	Encoder	Maximum frequency of the input signal is nearly reached (channel %d)	Maximale Frequenz des Eingangssignals ist bald erreicht
0x4303	Warnung	Encoder	Limit counter value was reduced because of the PDO configuration (channel %d)	Limit-Zählergrenze wurde aufgrund der PDO-Konfiguration reduziert (Kanal %d)
0x4304	Warnung	Encoder	Reset counter value was reduced because of the PDO configuration (channel %d)	Reset-Zählergrenze wurde aufgrund der PDO-Konfiguration reduziert (Kanal %d)
0x4400	Warnung	Drive	Drive is not calibrated: %d, %d	Antrieb ist nicht kalibriert
0x4401	Warnung	Drive	Starttype not supported: 0x%X, %d	Starttyp wird nicht unterstützt
0x4402	Warnung	Drive	Command rejected: %d, %d	Kommando abgewiesen
0x4405	Warnung	Drive	Invalid modulo subtype: %d, %d	Modulo-Subtyp ungültig
0x4410	Warnung	Drive	Target overrun: %d, %d	Zielposition wird überfahren
0x4411	Warnung	Drive	DC-Link undervoltage (Warning)	Die Zwischenkreisspannung unterschreitet die parametrisierte Mindestspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x4412	Warnung	Drive	DC-Link overvoltage (Warning)	Die Zwischenkreisspannung überschreitet die parametrisierte Maximalspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x4413	Warnung	Drive	I2T-Model Amplifier overload (Warning)	<ul style="list-style-type: none"> Der Verstärker wird außerhalb der Spezifikation betrieben Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametrisiert
0x4414	Warnung	Drive	I2T-Model Motor overload (Warning)	<ul style="list-style-type: none"> Der Motor wird außerhalb der parametrisierten Nennwerte betrieben. Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametrisiert.

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x4415	Warnung	Drive	Speed limitation active	Die maximale Drehzahl wird durch die parametrisierten Objekte (z. B. velocity limitation, motor speed limitation) begrenzt. Die Warnung wird ausgegeben, wenn die Sollgeschwindigkeit größer ist, als eines der parametrisierten Begrenzungen.
0x4416	Warnung	Drive	Step lost detected at position: 0x%X%X	Schrittverlust erkannt
0x4417	Warnung	Drive	Motor-Overtemperature	Die Innentemperatur des Motors übersteigt die parametrisierte Warnschwelle.
0x4418	Warnung	Drive	Limit: Current	Limit: Strom wird limitiert
0x4419	Warnung	Drive	Limit: Amplifier I2T-model exceeds 100%	Die Schwellwerte für den maximalen Strom wurden überschritten.
0x441A	Warnung	Drive	Limit: Motor I2T-model exceeds 100%	Limit: Motor I2T-Modell übersteigt 100%
0x441B	Warnung	Drive	Limit: Velocity limitation	Die Schwellwerte für die maximale Drehzahl wurden überschritten.
0x441C	Warnung	Drive	STO while the axis was enabled	Es wurde versucht die Achse zu aktivieren, obwohl die Spannung am STO-Eingang nicht anliegt.
0x4600	Warnung	Allgemein IO	Wrong supply voltage range	Versorgungsspannung im falschen Bereich
0x4610	Warnung	Allgemein IO	Wrong output voltage range	Ausgangsspannung im falschen Bereich
0x4705	Warnung		Processor usage at %d %	Prozessorauslastung bei %d %
0x470A	Warnung		EtherCAT Frame missed (change Settings or DC Operation Mode or Sync0 Shift Time)	EtherCAT Frame verpasst (Einstellungen, DC Operation Mode oder Sync0 Shift Time ändern)

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8000	Fehler	System	%s: %s	
0x8001	Fehler	System	Error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeiner Fehler, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x8002	Fehler	System	Communication aborted	Kommunikation abgebrochen
0x8003	Fehler	System	Configuration error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	allgemeine, Parameter je nach Ereignis. Interpretation siehe Gerätedokumentation.
0x8004	Fehler	System	%s: Unsuccessful FwdOpen-Response received from %d.%d.%d.%d (%s) (Error: %u)	
0x8005	Fehler	System	%s: FwdClose-Request sent to %d.%d.%d.%d (%s)	
0x8006	Fehler	System	%s: Unsuccessful FwdClose-Response received from %d.%d.%d.%d (%s) (Error: %u)	
0x8007	Fehler	System	%s: Connection with %d.%d.%d.%d (%s) closed	
0x8100	Fehler	Allgemein	Status word set: 0x%X, %d	Fehlerbit im Statuswort gesetzt
0x8101	Fehler	Allgemein	Operation mode incompatible to PDO interface: 0x%X, %d	Betriebsart inkompatibel zum PDO-Interface
0x8102	Fehler	Allgemein	Invalid combination of Inputs and Outputs PDOs	Ungültige Kombination von In- und Output PDOs
0x8103	Fehler	Allgemein	No variable linkage	Keine Variablen verknüpft
0x8104	Fehler	Allgemein	Terminal-Overtemperature	Die Innentemperatur des EtherCAT-Geräts überschreitet die parametrisierte Fehlerschwelle. Das Aktivieren des EtherCAT-Geräts wird unterbunden.
0x8105	Fehler	Allgemein	PD-Watchdog	Die Kommunikation zwischen Feldbus und Endstufe wird durch einen Watchdog abgesichert. Sollte die Feldbuskommunikation abbrechen, wird die Achse automatisch gestoppt. <ul style="list-style-type: none"> Die EtherCAT-Verbindung wurde im Betrieb unterbrochen Der Master wurde im Betrieb in den Config-Mode geschaltet
0x8135	Fehler	Allgemein	Cycletime has to be a multiple of 125 µs	Die IO- oder NC-Zykluszeit ist nicht ganzzahlig durch 125µs teilbar.
0x8136	Fehler	Allgemein	Configuration error: invalid sampling rate	Konfigurationsfehler: Ungültige Samplingrate
0x8137	Fehler	Allgemein	Elektronisches Typenschild: CRC-Fehler	Inhalt des Speicher des externen Typenschildes nicht gültig.
0x8140	Fehler	Allgemein	Sync Error	Echtzeitverletzung
0x8141	Fehler	Allgemein	Sync%X Interrupt lost	Sync%X Interrupt fehlt
0x8142	Fehler	Allgemein	Sync Interrupt asynchronous	Sync Interrupt asynchron
0x8143	Fehler	Allgemein	Jitter too big	Jitter Grenzwertüberschreitung
0x817F	Fehler	Allgemein	Error: 0x%X, 0x%X, 0x%X	
0x8200	Fehler	Kommunikation	Write access error: %d, %d	Fehler beim Schreiben
0x8201	Fehler	Kommunikation	No communication to field-side (Auxiliary voltage missing)	<ul style="list-style-type: none"> Es ist keine Spannung an den Powerkontakten angelegt Ein Firmware Update ist fehlgeschlagen
0x8281	Fehler	Kommunikation	Ownership failed: %X	
0x8282	Fehler	Kommunikation	To many Keys founded	
0x8283	Fehler	Kommunikation	Key Creation failed: %X	
0x8284	Fehler	Kommunikation	Key loading failed	
0x8285	Fehler	Kommunikation	Reading Public Key failed: %X	
0x8286	Fehler	Kommunikation	Reading Public EK failed: %X	
0x8287	Fehler	Kommunikation	Reading PCR Value failed: %X	
0x8288	Fehler	Kommunikation	Reading Certificate EK failed: %X	
0x8289	Fehler	Kommunikation	Challenge could not be hashed: %X	
0x828A	Fehler	Kommunikation	Tickstamp Process failed	
0x828B	Fehler	Kommunikation	PCR Process failed: %X	
0x828C	Fehler	Kommunikation	Quote Process failed: %X	
0x82FF	Fehler	Kommunikation	Bootmode not activated	Bootmode nicht aktiviert
0x8300	Fehler	Encoder	Set position error: 0x%X, %d	Fehler beim Setzen der Position

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8301	Fehler	Encoder	Encoder increments not configured: 0x%X, %d	Enkoderinkremente nicht konfiguriert
0x8302	Fehler	Encoder	Encoder-Error	Die Amplitude des Resolvers ist zu klein.
0x8303	Fehler	Encoder	Encoder power missing (channel %d)	Encoderspannung nicht vorhanden (Kanal %d)
0x8304	Fehler	Encoder	Encoder communication error, channel: %X	Encoder Kommunikationsfehler
0x8305	Fehler	Encoder	EnDat2.2 is not supported, channel: %X	EnDat2.2 wird nicht unterstützt
0x8306	Fehler	Encoder	Delay time, tolerance limit exceeded, 0x%X, channel: %X	Laufzeitmessung, Toleranz überschritten
0x8307	Fehler	Encoder	Delay time, maximum value exceeded, 0x%X, channel: %X	Laufzeitmessung, Maximalwert überschritten
0x8308	Fehler	Encoder	Unsupported ordering designation, 0x%X, channel: %X (only 02 and 22 is supported)	Falsche EnDat Bestellbezeichnung
0x8309	Fehler	Encoder	Encoder CRC error, channel: %X	Encoder CRC Fehler
0x830A	Fehler	Encoder	Temperature %X could not be read, channel: %X	Temperatur kann nicht gelesen werden
0x830C	Fehler	Encoder	Encoder Single-Cycle-Data Error, channel: %X	CRC Fehler festgestellt. Überprüfen Sie den Übertragungsweg und das CRC Polynom
0x830D	Fehler	Encoder	Encoder Watchdog Error, channel: %X	Der Sensor hat nicht innerhalb einer vordefinierten Zeitspanne geantwortet
0x8310	Fehler	Encoder	Initialisation error	Initialisierungsfehler
0x8311	Fehler	Encoder	Maximum frequency of the input signal is exceeded (channel %d)	Maximale Frequenz des Eingangssignals ist überschritten (Kanal %d)
0x8312	Fehler	Encoder	Encoder plausibility error (channel %d)	Encoder Plausibilitätsfehler (Kanal %d)
0x8313	Fehler	Encoder	Configuration error (channel %d)	Konfigurationsfehler (Kanal %d)
0x8314	Fehler	Encoder	Synchronisation error	Synchronisierungsfehler
0x8315	Fehler	Encoder	Error status input (channel %d)	Fehler Status-Eingang (Kanal %d)
0x8400	Fehler	Drive	Incorrect drive configuration: 0x %X, %d	Antrieb fehlerhaft konfiguriert
0x8401	Fehler	Drive	Limiting of calibration velocity: %d, %d	Begrenzung der Kalibrier-Geschwindigkeit
0x8402	Fehler	Drive	Emergency stop activated: 0x%X, %d	Emergency-Stop aktiviert
0x8403	Fehler	Drive	ADC Error	Fehler bei Strommessung im ADC
0x8404	Fehler	Drive	Overcurrent	Überstrom Phase U, V, oder W
0x8405	Fehler	Drive	Invalid modulo position: %d	Modulo-Position ungültig
0x8406	Fehler	Drive	DC-Link undervoltage (Error)	Die Zwischenkreisspannung unterschreitet die parametrisierte Mindestspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8407	Fehler	Drive	DC-Link overvoltage (Error)	Die Zwischenkreisspannung überschreitet die parametrisierte Maximalspannung. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8408	Fehler	Drive	I2T-Model Amplifier overload (Error)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Verstärker wird außerhalb der Spezifikation betrieben • Das I2T-Modell des Verstärkers ist falsch parametrisiert
0x8409	Fehler	Drive	I2T-Model motor overload (Error)	<ul style="list-style-type: none"> • Der Motor wird außerhalb der parametrisierten Nennwerte betrieben. • Das I2T-Modell des Motors ist falsch parametrisiert.
0x840A	Fehler	Drive	Overall current threshold exceeded	Summenstrom überschritten
0x8415	Fehler	Drive	Invalid modulo factor: %d	Modulo-Faktor ungültig
0x8416	Fehler	Drive	Motor-Overtemperature	Die Innentemperatur des Motors übersteigt die parametrisierte Fehlerschwelle. Der Motor bleibt sofort stehen. Das Aktivieren der Endstufe wird unterbunden.
0x8417	Fehler	Drive	Maximum rotating field velocity exceeded	Drehfeldgeschwindigkeit übersteigt den von Dual Use (EU 1382/2014) vorgeschriebenen Wert.
0x841C	Fehler	Drive	STO while the axis was enabled	Es wurde versucht die Achse zu aktivieren, obwohl die Spannung am STO-Eingang nicht anliegt.
0x8550	Fehler	Inputs	Zero crossing phase %X missing	Nulldurchgang Phase %X fehlt

Text-ID	Typ	Ort	Text Message	Zusätzlicher Kommentar
0x8551	Fehler	Inputs	Phase sequence Error	Drehrichtung Falsch
0x8552	Fehler	Inputs	Overcurrent phase %X	Überstrom Phase %X
0x8553	Fehler	Inputs	Overcurrent neutral wire	Überstrom Neutralleiter
0x8581	Fehler	Inputs	Wire broken Ch %D	Leitungsbruch Ch %d
0x8600	Fehler	Allgemein IO	Wrong supply voltage range	Versorgungsspannung im falschen Bereich
0x8601	Fehler	Allgemein IO	Supply voltage to low	Versorgungsspannung zu klein
0x8602	Fehler	Allgemein IO	Supply voltage to high	Versorgungsspannung zu groß
0x8603	Fehler	Allgemein IO	Over current of supply voltage	Überstrom der Versorgungsspannung
0x8610	Fehler	Allgemein IO	Wrong output voltage range	Ausgangsspannung im falschen Bereich
0x8611	Fehler	Allgemein IO	Output voltage to low	Ausgangsspannung zu klein
0x8612	Fehler	Allgemein IO	Output voltage to high	Ausgangsspannung zu groß
0x8613	Fehler	Allgemein IO	Over current of output voltage	Überstrom der Ausgangsspannung
0x8700	Fehler		Channel/Interface not calibrated	Kanal/Interface nicht abgeglichen
0x8701	Fehler		Operating time was manipulated	Betriebslaufzeit wurde manipuliert
0x8702	Fehler		Oversampling setting is not possible	Oversampling Einstellung nicht möglich
0x8703	Fehler		No slave controller found	Kein Slave Controller gefunden
0x8704	Fehler		Slave controller is not in Bootstrap	Slave Controller ist nicht im Bootstrap
0x8705	Fehler		Processor usage to high (>= 100%)	Prozessorauslastung zu hoch (>= 100%)
0x8706	Fehler		Channel in saturation	Kanal in Sättigung
0x8707	Fehler		Channel overload	Kanalüberlastung
0x8708	Fehler		Overloadtime was manipulated	Überlastzeit wurde manipuliert
0x8709	Fehler		Saturationtime was manipulated	Sättigungszeit wurde manipuliert
0x870A	Fehler		Channel range error	Messbereichsfehler des Kanals
0x870B	Fehler		no ADC clock	Kein ADC Takt vorhanden
0xFFFF	Information		Debug: 0x%X, 0x%X, 0x%X	Debug: 0x%X, 0x%X, 0x%X

5.2 Diag Messages von EtherCAT-Geräten für die Antriebstechnik



„Ack. Message“ Button

Der „Ack. Message“ Button wirkt sich nicht auf die Drive State-Machine aus, eine Betätigung führt zu keinem Achs-Reset.

Die Drive State-Machine hat keinen Einfluss auf die Fehlerliste, auch mit einem Achsreset können keine Fehler aus der Liste entfernt werden, Fehler können jedoch durch die Betätigung des „Ack. Message“ Buttons gelöscht werden.

6 CoE-Parameter

6.1 Objekt-Verzeichnis

CoE-Parameter sind zu logischen Gruppen zusammengefasst, die als „Objekte“ bezeichnet werden.

Objekt-Index (hex)	Name
1000	Device type [▶ 97]
1008	Device name [▶ 97]
1009	Hardware version [▶ 97]
100A	Software version [▶ 97]
1011	Restore default parameters [▶ 97]
1018	Identity [▶ 98]
10F0	Backup parameter handling
10F3	Diagnosis History
10F8	Actual Time Stamp
1400	ENC RxPDO-Par Control compact
1401	ENC RxPDO-Par Control
1403	STM RxPDO-Par Position
1404	STM RxPDO-Par Velocity
1405	POS RxPDO-Par Control compact
1406	POS RxPDO-Par Control
1407	POS RxPDO-Par Control 2
1600	ENC RxPDO-Map Control compact
1601	ENC RxPDO-Map Control
1602	STM RxPDO-Map Control
1603	STM RxPDO-Map Position
1604	STM RxPDO-Map Velocity
1605	POS RxPDO-Map Control compact
1606	POS RxPDO-Map Control
1607	POS RxPDO-Map Control 2
1800	ENC TxPDO-Par Status compact
1801	ENC TxPDO-Par Status
1806	POS TxPDO-Par Status compact
1807	POS TxPDO-Par Status
1A00	ENC TxPDO-Map Status compact
1A01	ENC TxPDO-Map Status
1A02	ENC TxPDO-Map Timest. compact
1A03	STM TxPDO-Map Status
1A04	STM TxPDO-Map Synchron info data
1A05	STM TxPDO-Map Motor load
1A06	POS TxPDO-Map Status compact
1A07	POS TxPDO-Map Status
1A08	STM TxPDO-Map Internal position
1A09	STM TxPDO-Map External position
1A0A	POS TxPDO-Map Actual position lag

Index (hex)	Name
1C00	Sync manager type
1C12	RxPDO assign
1C13	TxPDO assign
1C32	SM output parameter
1C33	SM input parameter
6000	ENC Inputs Ch.1
6010	STM Inputs Ch.1
6020	POS Inputs Ch.1
7000	ENC Outputs Ch.1
7010	STM Outputs Ch.1
7020	POS Outputs Ch.1
7021	POS Outputs 2 Ch.1
8000	ENC Settings Ch.1 [▶ 92]
8010	STM Motor Settings Ch.1 [▶ 93]
8011	STM Controller Settings Ch.1 [▶ 93]
8012	STM Features Ch.1 [▶ 94]
8014	STM Controller Settings 3 Ch.1 [▶ 95]
8020	POS Settings Ch.1 [▶ 95]
8021	POS Features Ch.1 [▶ 95]
9010	STM Info data Ch.1
9020	POS Info data Ch.1
A010	STM Diag data Ch.1
A020	POS Diag data Ch.1
F000	Modular device profile
F008	Code word
F010	Module list
F081	Download revision
F083	BTN
F80F	STM Vendor data
F900	STM Info data
FB00	STM Command
FB40	Memory interface

6.2 Datenformat von CoE-Parametern

CoE-Parameter haben unterschiedliche Datenformate.

Im Kapitel [Objektbeschreibung \[► 92\]](#) wird das Datenformat der CoE-Parameter durch Datentyp-Bezeichner spezifiziert:

Datentyp-Bezeichner	Format	Größe
BOOL	True / false	8 bit
SINT	Short integer	8 bit
USINT	Unsigned short integer	8 bit
INT	Integer	16 bit
UINT	Unsigned integer	16 bit
DINT	Double integer	32 bit
UDINT	Unsigned double integer	32 bit
STRING	Zeichenkette	max. 255 Zeichen, 1 Byte pro Zeichen

Die Datentyp-Bezeichner entsprechen den [Datentypen](#), die auch in TwinCAT in einem SPS-Programm verwendet werden können.

6.3 Objektbeschreibung

6.3.1 Objekte zur Parametrierung

Index 8000: ENC Settings Ch.1

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8000:08	Disable Filter	Deaktiviert das EingangsfILTER.	-	BOOL	FALSE
8000:0A	Enable micro increments	Aktiviert die Extrapolation des Zählerwerts „Counter value“. Die unteren 8 Bit des Zählerwerts werden extrapoliert.	-	BOOL	FALSE
8000:0E	Reversion of rotation	Invertiert die Zählrichtung des Encoders.	-	BOOL	FALSE

Index 8010: STM Motor Settings Ch.1

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8010:01	Maximal current	Der maximale Strom, den der Stromregler pro Motorwicklung ausgibt. Tragen Sie hier höchstens den Nennstrom des Motors ein.	mA	UINT	1000 _{dez}
8010:02	Reduced current	Sollwert für den <u>Wicklungsstrom bei Stillstand des Motors</u> . [► 42]	mA	UINT	1000 _{dez}
8010:03	Nominal voltage	Die Zwischenkreisspannung U_p	10 mV	UINT	5000 _{dez}
8010:04	Motor coil resistance	Der Wicklungswiderstand des Motors.	0,01 Ω	UINT	100 _{dez}
8010:05	Motor EMF	Die Spannungskonstante k_e für die Berechnung der Back Electromotive Force (BEMF) Die Spannungskonstante finden Sie im Datenblatt des Motors. Alternativ können Sie sie experimentell ermitteln [► 76].	mV/(rad/s)	UINT	0
8010:06	Motor fullsteps	Anzahl der Vollschritte pro Umdrehung des Motors.	-	UINT	200 _{dez}
8010:07	Encoder increments (4-fold)	Anzahl der Encoder-Inkmente pro Umdrehung bei 4-fach Auswertung. In der Regel ist das die Auflösung (ppr) des Encoders multipliziert mit 4.	-	UINT	4096 _{dez}
8010:09	Start velocity	Dieser Wert ist ein Schwellwert. Solange die Drehzahl-Vorgabe „velocity“ kleiner ist als dieser Wert, hält EP7047 den Motor im Stillstand. Er ist angegeben in 0,01 % des Parameters 8012:05 „Speed Range“ [► 94].	0,01 %	UINT	0
8010:0A	Motor coil inductance	Die Wicklungsinduktivität des Motors.	0,01 mH	UINT	0
8010:10	Drive on delay time	Die Verzögerung zwischen der Freigabe der Treiberstufe (Variable "Enable") und dem Setzen des Status-Bits „Ready“ auf 1.	ms	UINT	100 _{dez}
8010:11	Drive off delay time	Die Verzögerung zwischen dem Setzen des Status-Bits „Ready“ auf 0 und der Deaktivierung der Treiberstufe.	ms	UINT	150 _{dez}

Index 8011: STM Controller Settings Ch.1

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8011:01	Kp factor (curr.)	Proportional-Anteil des Stromreglers		UINT	150 _{dez}
8011:02	Ki factor (curr.)	Integral-Anteil des Stromreglers		UINT	10 _{dez}

Index 8012: STM Features Ch.1

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
01	Operation mode	Betriebsart [► 45] 0 _{dez} : Automatic 1 _{dez} : Velocity direct 2 _{dez} : Position controller 3 _{dez} : Ext. Velocity mode 4 _{dez} : Ext. Position mode 5 _{dez} : Velocity sensorless (nicht empfohlen)	-	USINT	0 _{dez}
05	Speed range	Die maximale Schrittfrequenz [► 44], die EP7047-1032 ausgibt.	Vollschritte / s	USINT	1 _{dez}
08	Feedback type	Mögliche Werte: 0: "Encoder" 1: "Internal counter"	-	USINT	1 _{dez}
09	Invert motor polarity	Die Drehrichtung des Motors umkehren.	-	BOOL	FALSE
0A	Error on step lost	Aktiviert die Fehlermeldung bei Schrittverlust: Wenn dieser Parameter TRUE ist und ein Schrittverlust erkannt wird: <ul style="list-style-type: none"> Die Endstufe wird abgeschaltet Die Variable „Error“ im Prozessdatenobjekt „STM Status“ [► 15] wird auf TRUE gesetzt. 	-	BOOL	FALSE
11	Select info data 1	Dieser Wert legt den Inhalt der Variablen „Info data 1“ im Prozessdatenobjekt „STM Synchron info data“ [► 15] fest. Mögliche Werte: 0 _{dez} : Status word 7 _{dez} : Motor velocity 11 _{dez} : Motor load 13 _{dez} : Motor dc current 101 _{dez} : Internal temperature 103 _{dez} : control voltage 104 _{dez} : Motor supply voltage 150 _{dez} : Drive – Status word 151 _{dez} : Drive – State 152 _{dez} : Drive – Position lag (low word) 153 _{dez} : Drive – Position lag (high word)	-	USINT	11 _{hex}
19	Select info data 2	Dieser Wert legt den Inhalt der Variablen „Info data 2“ im Prozessdatenobjekt „STM Synchron info data“ [► 15] fest. Mögliche Werte: siehe Subindex 11 „Select info data 1“	-	USINT	13 _{dez}

Index 8014: STM Controller Settings 3 Ch.1

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Index (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
8014:01	Feed forward (pos.)	Vorsteuerung des Lagereglers.		UDINT	100000 _d
8014:02	Kp factor (pos.)	Proportional-Anteil des Lagereglers.		UINT	500 _{dez}
8014:03	Kp factor (velo.)	Proportional-Anteil des Drehzahlreglers.	0,1 mA / (rad/s)	UDINT	50 _{dez}
8014:04	Tn (velo.)	Zeitkonstante Tn des Drehzahlreglers.	0,01 ms	UINT	50000 _{dez}

Index 8020: POS Settings Ch.1

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Siehe [Positioning Interface \[▶ 60\]](#).

Index 8021: POS Features Ch.1

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Siehe [Positioning Interface \[▶ 60\]](#).

6.3.2 Status-Objekte

Index 9010: STM Info data Ch.1

Zugriffsrechte: nur Lesen

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Default Wert
0B	Motor load	Aktueller Lastwinkel / Polradwinkel (siehe Kapitel Standard Betrieb [▶ 23].)	0,01 ms	UINT	0
0E	Tn (curr.)	Intern berechnete Zeitkonstante des Stromreglers. Reglerstruktur [▶ 23]	0,01 ms	UINT	0

6.3.3 Standard-Objekte

Index 1000 Device type

Zugriffsrechte: nur Lesen

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Wert
-	Device type	Bit 0 .. 15: Geräteprofil-Nummer Bit 16 .. 31: Moduleprofil-Nummer (Geräteprofil-Nummer 5001: Modular Device Profile MDP)	-	UDINT	5001 _{dez}

Index 1008 Device name

Zugriffsrechte: nur Lesen

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Wert
-	Device name	Name des EtherCAT-Geräts	-	STRING	EP7047-1032

Index 1009 Hardware version

Zugriffsrechte: nur Lesen

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Wert
-	Hardware version	Hardware-Version des EtherCAT-Geräts	-	STRING	¹⁾

¹⁾ Siehe [Firm- und Hardware-Stände](#) [► 7].

Index 100A Software version

Zugriffsrechte: nur Lesen

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Einheit	Datentyp	Wert
-	Software version	Firmware-Version des EtherCAT-Geräts	-	STRING	¹⁾

¹⁾ Siehe [Firm- und Hardware-Stände](#) [► 7].

Index 1011 Restore default parameters

Zugriffsrechte: Lesen und Schreiben

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Datentyp	Default
1	Subindex 001	Setzt die CoE-Parameter auf die Werkseinstellungen zurück. Schreiben Sie dazu den Wert 0x64616F6C in diesen Parameter.	UDINT	0

Index 1018 Identity

Zugriffsrechte: nur Lesen

Subindex (hex)	Name	Beschreibung	Datentyp	Wert
01	Vendor ID	Hersteller-Kennung (2: Beckhoff Automation)	UDINT	2 _{dez}
02	Product code	Produkt-Code	UDINT	1B874052 _{hex}
03	Revision	Bit 0...15: Kennzahl der Produkt-Variante Bit 16...31: Revision der Gerätebeschreibung (ESI)	UDINT	Bit 0...15: 1032 _{dez}
04	Serial number	Reeserviert	UDINT	0

7 Anhang

7.1 Allgemeine Betriebsbedingungen

Schutzarten nach IP-Code

In der Norm IEC 60529 (DIN EN 60529) sind die Schutzgrade festgelegt und nach verschiedenen Klassen eingeteilt. Die Bezeichnung erfolgt in nachstehender Weise.

1. Ziffer: Staub- und Berührungsschutz	Bedeutung
0	Nicht geschützt
1	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit dem Handrücken. Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 50 mm
2	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Finger. Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 12,5 mm
3	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Werkzeug. Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 2,5 mm
4	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Draht. Geschützt gegen feste Fremdkörper Ø 1 mm
5	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Draht. Staubgeschützt. Eindringen von Staub ist nicht vollständig verhindert, aber der Staub darf nicht in einer solchen Menge eindringen, dass das zufriedenstellende Arbeiten des Gerätes oder die Sicherheit beeinträchtigt wird
6	Geschützt gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen mit einem Draht. Staubsicht. Kein Eindringen von Staub

2. Ziffer: Wasserschutz*	Bedeutung
0	Nicht geschützt
1	Geschützt gegen Tropfwasser
2	Geschützt gegen Tropfwasser, wenn das Gehäuse bis zu 15° geneigt ist
3	Geschützt gegen Sprühwasser. Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beiderseits der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädliche Wirkung haben
4	Geschützt gegen Spritzwasser. Wasser, das aus jeder Richtung gegen das Gehäuse spritzt, darf keine schädlichen Wirkungen haben
5	Geschützt gegen Strahlwasser.
6	Geschützt gegen starkes Strahlwasser.
7	Geschützt gegen die Wirkungen beim zeitweiligen Untertauchen in Wasser. Wasser darf nicht in einer Menge eintreten, die schädliche Wirkungen verursacht, wenn das Gehäuse für 30 Minuten in 1 m Tiefe in Wasser untergetaucht ist

*) In diesen Schutzklassen wird nur der Schutz gegen Wasser definiert.

Chemische Beständigkeit

Die Beständigkeit bezieht sich auf das Gehäuse der IP-67-Module und die verwendeten Metallteile. In der nachfolgenden Tabelle finden Sie einige typische Beständigkeiten.

Art	Beständigkeit
Wasserdampf	bei Temperaturen >100°C nicht beständig
Natriumlauge (ph-Wert > 12)	bei Raumtemperatur beständig > 40°C unbeständig
Essigsäure	unbeständig
Argon (technisch rein)	beständig

Legende

- beständig: Lebensdauer mehrere Monate
- bedingt beständig: Lebensdauer mehrere Wochen
- unbeständig: Lebensdauer mehrere Stunden bzw. baldige Zersetzung

7.2 Zubehör

Schutzkappen für Steckverbinder

Bestellangabe	Beschreibung
ZS5000-0010	Schutzkappe für M8-Buchsen, IP67 (50 Stück)
ZS5000-0020	Schutzkappe M12, IP67 (50 Stück)

Beschriftungsmaterial

Bestellangabe	Beschreibung
ZS5100-0000	Beschriftungsschilder nicht bedruckt, 4 Streifen à 10 Stück
ZS5000-xxxx	Beschriftungsschilder bedruckt, auf Anfrage

Leitungen

Eine vollständige Übersicht von vorkonfektionierten Leitungen für IO-Komponenten finden sie [hier](#).

Bestellangabe	Beschreibung	Link
ZK1090-3xxx-xxxx	EtherCAT-Leitung M8, grün	Website
ZK2000-6xxx-xxxx	Sensorleitung M12 4-polig	Website
ZK2000-5xxx-xxxx ZK2000-71xx-xxxx	Sensorleitung M12 5-polig	Website
ZK203x-xxxx-xxxx	Powerleitung 7/8 ", 5-polig	Website
ZK4000-5151-0xxx	Encoderleitung, geschirmt	Website
ZK4000-6768-0xxx	Motorleitung, geschirmt	Website

Werkzeug

Bestellangabe	Beschreibung
ZB8801-0000	Drehmoment-Schraubwerkzeug für Stecker, 0,4...1,0 Nm
ZB8801-0001	Wechselklinge für M8 / SW9 für ZB8801-0000
ZB8801-0002	Wechselklinge für M12 / SW13 für ZB8801-0000



Weiteres Zubehör

Weiteres Zubehör finden Sie in der Preisliste für Feldbuskomponenten von Beckhoff und im Internet auf <https://www.beckhoff.de>.

7.3 Versionsidentifikation von EtherCAT-Geräten

Bezeichnung

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

- Familienschlüssel
- Typ
- Version
- Revision

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

Hinweise

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

Identifizierungsnummer

Beckhoff EtherCAT Geräte der verschiedenen Linien verfügen über verschiedene Arten von Identifizierungsnummern:

Produktionslos/Chargennummer/Batch-Nummer/Seriennummer/Date Code/D-Nummer

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

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

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

Beispiel mit

Ser. Nr.: 12063A02: 12 - Produktionswoche 12 06 - Produktionsjahr 2006 3A - Firmware-Stand 3A 02 - Hardware-Stand 02

Ausnahmen können im **IP67-Bereich** auftreten, dort kann folgende Syntax verwendet werden (siehe jeweilige Gerätedokumentation):

Syntax: D ww yy x y z u

D - Vorsatzbezeichnung

ww - Kalenderwoche

yy - Jahr

x - Firmware-Stand der Busplatine

y - Hardware-Stand der Busplatine

z - Firmware-Stand der E/A-Platine

u - Hardware-Stand der E/A-Platine

Beispiel: D.22081501 Kalenderwoche 22 des Jahres 2008 Firmware-Stand Busplatine: 1 Hardware Stand Busplatine: 5 Firmware-Stand E/A-Platine: 0 (keine Firmware für diese Platine notwendig) Hardware-Stand E/A-Platine: 1

Eindeutige Seriennummer/ID, ID-Nummer

Darüber hinaus verfügt in einigen Serien jedes einzelne Modul über eine eindeutige Seriennummer.

Siehe dazu auch weiterführende Dokumentation im Bereich

- IP67: [EtherCAT Box](#)
- Safety: [TwinSafe](#)
- Klemmen mit Werkskalibrierzertifikat und andere Messtechnische Klemmen

Beispiele für Kennzeichnungen



Abb. 47: EL5021 EL-Klemme, Standard IP20-IO-Gerät mit Seriennummer/ Chargennummer und Revisionskennzeichnung (seit 2014/01)



Abb. 48: EK1100 EtherCAT Koppler, Standard IP20-IO-Gerät mit Seriennummer/ Chargennummer



Abb. 49: CU2016 Switch mit Seriennummer/ Chargennummer



Abb. 50: EL3202-0020 mit Seriennummer/ Chargennummer 26131006 und eindeutiger ID-Nummer 204418



Abb. 51: EP1258-00001 IP67 EtherCAT Box mit Chargennummer/ DateCode 22090101 und eindeutiger Seriennummer 158102



Abb. 52: EP1908-0002 IP67 EtherCAT Safety Box mit Chargennummer/ DateCode 071201FF und eindeutiger Seriennummer 00346070



Abb. 53: EL2904 IP20 Safety Klemme mit Chargennummer/ DateCode 50110302 und eindeutiger Seriennummer 00331701



Abb. 54: ELM3604-0002 Klemme mit eindeutiger ID-Nummer (QR Code) 100001051 und Seriennummer/ Chargennummer 44160201

7.3.1 Beckhoff Identification Code (BIC)

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

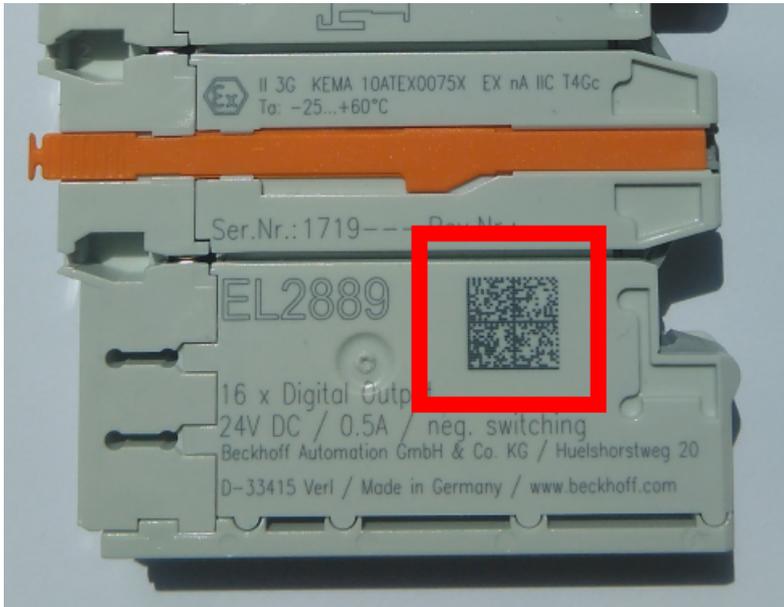


Abb. 55: BIC als Data Matrix Code (DMC, Code-Schema ECC200)

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

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

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

Jede Information ist anhand des so genannten Datenidentifikators (ANSI MH10.8.2-2016) eindeutig identifizierbar. Dem Datenidentifikator folgt eine Zeichenkette. Beide zusammen haben eine maximale Länge gemäß nachstehender Tabelle. Sind die Informationen kürzer, werden sie um Leerzeichen ergänzt. Die Daten unter den Positionen 1 bis 4 sind immer vorhanden.

Folgende Informationen sind enthalten:

Pos-Nr.	Art der Information	Erklärung	Datenidentifikator	Anzahl Stellen inkl. Datenidentifikator	Beispiel
1	Beckhoff-Artikelnummer	Beckhoff - Artikelnummer	1P	8	1P 072222
2	Beckhoff Traceability Number (BTN)	Eindeutige Seriennummer, Hinweis s. u.	S	12	S BTNk4p562d7
3	Artikelbezeichnung	Beckhoff Artikelbezeichnung, z. B. EL1008	1K	32	1K EL1809
4	Menge	Menge in Verpackungseinheit, z. B. 1, 10...	Q	6	Q 1
5	Chargennummer	Optional: Produktionsjahr und -woche	2P	14	2P 401503180016
6	ID-/Seriennummer	Optional: vorheriges Seriennummer-System, z. B. bei Safety-Produkten oder kalibrierten Klemmen	51S	12	51S 678294104
7	Variante	Optional: Produktvarianten-Nummer auf Basis von Standardprodukten	30P	32	30P F971, 2*K183
...					

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

Aufbau des BIC

Beispiel einer zusammengesetzten Information aus den Positionen 1 bis 4 und 6. Die Datenidentifikatoren sind zur besseren Darstellung jeweils rot markiert:

BTN

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

HINWEIS

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

7.4 Support und Service

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

Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen

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

Die Adressen der weltweiten Beckhoff Niederlassungen und Vertretungen entnehmen Sie bitte unseren Internetseiten: <https://www.beckhoff.de>

Dort finden Sie auch weitere Dokumentationen zu Beckhoff Komponenten.

Beckhoff Support

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

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

Hotline: +49(0)5246 963 157
Fax: +49(0)5246 963 9157
E-Mail: support@beckhoff.com

Beckhoff Service

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

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

Hotline: +49(0)5246 963 460
Fax: +49(0)5246 963 479
E-Mail: service@beckhoff.com

Beckhoff Firmenzentrale

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

Telefon: +49(0)5246 963 0
Fax: +49(0)5246 963 198
E-Mail: info@beckhoff.com
Internet: <https://www.beckhoff.de>

Mehr Informationen:
www.beckhoff.de/ep7047-1032/

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

