

Antriebsfunktionen

Motion Controller

MC 5010	MC 3001
MC 5005	MC 3603
MC 5004	IMC
MC 5004 P STO	MC 3602 B
MCS	MC 3606 B



Impressum

Version:
6. Auflage, 05.05.2025

Copyright
by Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG
Faulhaberstraße 1 · 71101 Schönaich

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, vorbehalten.
Ohne vorherige ausdrückliche schriftliche Genehmigung
der Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG darf kein Teil
dieser Beschreibung vervielfältigt, reproduziert, in einem
Informationssystem gespeichert oder verarbeitet oder in
anderer Form weiter übertragen werden.

Dieses Dokument wurde mit Sorgfalt erstellt.
Die Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG übernimmt jedoch
für eventuelle Irrtümer in diesem Dokument und
deren Folgen keine Haftung. Ebenso wird keine Haftung
für direkte Schäden oder Folgeschäden übernommen,
die sich aus einem unsachgemäßen Gebrauch der Geräte
ergeben.

Bei der Anwendung der Geräte sind die einschlägigen
Vorschriften bezüglich Sicherheitstechnik und Funkentstörung
sowie die Vorgaben dieses Dokuments zu beachten.

Änderungen vorbehalten.

Die jeweils aktuelle Version dieses Dokuments
finden Sie auf der Internetseite von FAULHABER:
www.faulhaber.com

Inhalt

1	Zu diesem Dokument	8
1.1	Gültigkeit dieses Dokuments	8
1.2	Durchgeführte Änderungen	8
1.3	Mitgeltende Dokumente	8
1.4	Umgang mit diesem Dokument	9
1.5	Abkürzungsverzeichnis	9
1.6	Symbole und Kennzeichnungen	10
2	Motion Controller im Überblick	11
2.1	Komponenten des Motion Controllers	13
2.2	Antrieb konfigurieren - Allgemeine Vorgehensweise	15
3	Aufbau der Gerätesteuerung	16
3.1	Zustandsmaschine des Antriebs	16
3.2	Controlword	18
3.2.1	Beispiele von Befehlsfolgen	19
3.2.1.1	Enable Operation.....	19
3.2.1.2	Reset des Fehlerzustands.....	19
3.2.2	Ansteuerung einer Haltebremse.....	19
3.3	Statusword	20
3.4	Stopp des Antriebs durch einen Zustandswechsel	22
3.4.1	Antrieb anhalten und Fahrbefehle löschen	22
3.4.2	Fahraufträge unterbrechen.....	22
3.4.3	Antrieb über digitalen Schnellstopp-Eingang anhalten.....	23
3.5	Verhalten an den Grenzen des Bewegungsbereichs	23
3.5.1	Endschalter.....	23
3.5.2	Software Position Limits.....	24
4	Antrieb konfigurieren und starten	25
4.1	Verbindung herstellen	25
4.2	Motortyp einstellen	26
4.3	Synchronbetrieb	27
4.4	Anpassung der Reglerparameter und Strombegrenzungswerte	28
4.4.1	Reglerkaskade.....	29
4.4.2	Unterstützte Motoren	30
4.4.3	Momentenregler.....	31
4.4.3.1	Konfiguration	31
4.4.4	Geschwindigkeitsregler	34
4.4.4.1	Konfiguration	35
4.4.4.2	Filtereinstellungen.....	38
4.4.4.3	Überwachung.....	39
4.4.5	Positionsregler.....	40
4.4.5.1	Konfiguration	41
4.4.5.2	Sollwerte	41
4.4.5.3	Istwerte.....	41
4.5	Konfiguration des Profilgenerators	46
4.6	Spannungsausgabe	50

Inhalt

4.7	Einstellung der Sensoreingänge	52
4.7.1	Motorencoder einstellen	53
4.7.2	Zusatzencoder einstellen	55
4.7.3	Hallsensoren als Positionssensoren einstellen und abgleichen	57
4.7.3.1	Beispiel: Dynamische Hallsensoradaption	58
4.7.3.2	Beispiel: Statische Hallsensoradaption	59
4.7.4	PWM-Eingang einstellen	59
4.8	Signalwege	60
4.8.1	Auswahl der Istwerte	60
4.8.1.1	Beispiele zur Auswahl der Istwerte	63
4.8.2	Auswahl diskreter Sollwerte	64
4.8.2.1	Beispiele zur Auswahl diskreter Sollwerte	64
4.9	Factor Group	68
4.9.1	Position Encoder Resolution	70
4.9.2	Velocity Encoder Resolution	71
4.9.3	Velocity Factor	71
4.9.4	Gear Ratio	72
4.9.5	Feed Constant	73
4.9.6	Polarity	73
4.9.7	Beispiele zur Factor Group	74
4.9.7.1	Allgemein - Umrechnung einer Position	74
4.9.7.2	Allgemein - Umrechnung einer Geschwindigkeit	74
4.9.7.3	DC-Motor mit Inkrementalencoder ohne Getriebe in einem Spindelsystem einstellen	75
4.9.7.4	DC-Motor mit Inkrementalencoder und Getriebe in einem Spindelsystem einstellen	76
4.9.7.5	Linearmotor mit analogen Hallsensoren einstellen	77
4.10	Konfiguration der digitalen Ein- und Ausgänge	78
4.10.1	Einstellung der Digitaleingänge	79
4.10.1.1	End- und Referenzschalter einstellen	79
4.10.1.2	Allgemeine Einstellungen der Digitaleingänge	80
4.10.1.3	Digitaler Eingang DigIn1 - DigIn3 als Anschluss für einen Zusatzencoder einstellen	81
4.10.2	Pegel der Digitaleingänge und Ausgänge direkt auslesen bzw. die Digitalausgänge direkt schreiben	82
4.10.3	Einstellung der Digitalausgänge	83
4.10.3.1	Faultausgang einstellen	83
4.10.3.2	Digitalen Ausgang als Bremsansteuerung einstellen	83
4.10.3.3	Digitalen Ausgang als Diagnoseausgabe einstellen	83
4.10.3.4	Polarität der Digitalausgänge einstellen	83
4.10.4	Digitaler Eingang als Touch Probe einstellen	84
4.11	Konfiguration der analogen Eingänge	86
4.11.1	Analoge Eingangswerte simulieren	88
4.11.2	Analogeingänge als Digitaleingänge nutzen	89
4.12	Betrieb mit Sicherheitsfunktion	90
4.13	Datensatzverwaltung	92
4.13.1	Parameter über den Motion Manager speichern und wiederherstellen	92
4.13.2	Parametersatz im Antrieb speichern	92
4.13.3	Werkseinstellung wiederherstellen	93
4.13.4	Zwischen verschiedenen Anwendungsparametersätzen wechseln ...	93

Inhalt

5	Betriebsart wählen	95
5.1	Start und Wechsel von Betriebsarten	97
5.2	Profile Position Mode (PP)	100
5.2.1	Grundfunktion	100
5.2.2	Statusword/Controlword Profile Position Mode	102
5.2.3	Reglerstruktur für den Positionsregler	103
5.2.4	Synchronbetrieb	104
5.2.5	Zusammengesetzte Bewegungsprofile	105
5.2.5.1	Vorgabe eines einzelnen Positionssollwerts (Single Set Point)	106
5.2.5.2	Vorgabe mehrerer Sollwerte in Folge (Set of Set Points) ..	107
5.2.5.3	Vorgabe mehrerer Positionssollwerte mit direktem Übergang (Change on Set Point)	108
5.2.6	Beispiele	110
5.2.6.1	Beispiel: Vorgabe mehrerer Positionssollwerte	110
5.2.6.2	Beispiel: Positionierung mit absoluten Sollwerten und anschließender Reversierung	111
5.2.6.3	Beispiel: Positionierung mit relativen Sollwerten und anschließender Reversierung	112
5.2.6.4	Beispiel: Zusammengesetzte Bewegung	114
5.3	Profile Velocity Mode (PV)	116
5.3.1	Grundfunktion	116
5.3.2	Statusword/Controlword Profile Velocity Mode	117
5.3.3	Reglerstruktur für den Geschwindigkeitsregler	118
5.3.4	Synchronbetrieb	119
5.3.5	Beispiele	120
5.3.5.1	Beispiel 1 (Reversiervorgang mit ruckbegrenztem Profil) ..	120
5.3.5.2	Beispiel 2 (Beschleunigung aus einer laufenden Bewegung mit begrenzter Beschleunigungsrate)	121
5.4	Homing Mode	122
5.4.1	Homing Methoden	123
5.4.2	Statusword/Controlword Homing Mode	129
5.4.3	Einstellungen	130
5.4.4	Beispiel einer Homing-Referenzfahrt	131
5.5	Cyclic Synchronous Position Mode (CSP)	131
5.5.1	Grundfunktion	131
5.5.2	Statusword/Controlword Cyclic Synchronous Position Mode	133
5.5.3	Reglerstruktur im Cyclic Synchronous Position Mode	134
5.5.4	Synchronbetrieb	134
5.5.5	Sollwertinterpolation	136
5.5.6	Beispiel	137
5.5.7	Optionen für den Betrieb mit zyklischer Position	137
5.6	Cyclic Synchronous Velocity Mode (CSV)	139
5.6.1	Grundfunktion	139
5.6.2	Statusword/Controlword Cyclic Synchronous Velocity Mode	140
5.6.3	Reglerstruktur im Cyclic Synchronous Velocity Mode	140
5.6.4	Beispiel	141

Inhalt

5.7	Cyclic Synchronous Torque Mode (CST)	141
5.7.1	Grundfunktion	141
5.7.2	Statusword/Controlword CST	143
5.7.3	Reglerstruktur im Cyclic Synchronous Torque Mode	143
5.7.4	Beispiel	143
5.8	Voltage Mode	144
5.8.1	Grundfunktion	144
5.8.2	Statusword/Controlword Voltage Mode	145
5.8.3	Einstellungen	145
5.8.4	Beispiel	146
5.9	Analog Position Control Mode (APC)	147
5.9.1	Grundfunktion	147
5.9.2	Statusword/Controlword Analog Position Control Mode	148
5.9.3	Synchronbetrieb	148
5.9.4	Einstellungen	149
5.9.5	Beispiele	150
5.9.5.1	Vorgabe einer Zielposition für einen Servoantrieb über eine analoge Spannung	150
5.9.5.2	Vorgabe einer Position an einem Stellantrieb über ein Puls-Richtungs-Signal	150
5.10	Analog Velocity Control Mode (AVC)	151
5.10.1	Grundfunktion	151
5.10.2	Statusword/Controlword Analog Velocity Control Mode	152
5.10.3	Einstellungen	153
5.10.4	Beispiel	153
5.11	Analog Torque Control Mode (ATC)	154
5.11.1	Grundfunktion	154
5.11.2	Statusword/Controlword Analog Torque Control Mode	155
5.11.3	Einstellungen	155
5.11.4	Beispiel	156
6	Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen	157
6.1	Übertemperatursicherung	157
6.1.1	Überlastschutz für den Motor Controller	158
6.1.1.1	Prozessortemperatur	158
6.1.1.2	Endstufentemperatur	159
6.1.2	Überlastschutz für den Motor	159
6.1.2.1	Beobachter für die Wicklungstemperatur	159
6.1.2.2	I ² t Übertemperaturschutz	161
6.1.3	Temperaturmodell für FAULHABER Wicklungen an die Anwendung anpassen	162
6.1.3.1	R _{th,2} Reduktion anpassen	162
6.1.3.2	Umgebungstemperatur einstellen	162
6.1.3.3	Dauerstrom anpassen	162
6.1.4	I ² t Übertemperaturschutz an die Anwendung anpassen	163
6.1.4.1	Umgebungstemperatur einstellen	163
6.1.4.2	Dauerstrom anpassen	163
6.2	Kraft- oder Momentbegrenzung	163

Inhalt

6.3	Überprüfung der Versorgungsspannungen	164
6.3.1	Unterspannungsüberwachung.....	165
6.3.2	Überspannungsregelung	165
7	Diagnose	166
7.1	Geräteüberwachung	166
7.1.1	Gerätezustandswort 0x2324.01.....	167
7.1.2	Status-Port	168
7.1.3	Zusatz-Bits im Statusword 0x6041	168
7.1.4	Event Broker.....	169
7.2	Fehlerbehandlung	171
7.2.1	Fehlerbehandlung nach CiA 402 (Servodrive Profile)	172
7.2.2	Fehlerbehandlung mit dem FAULHABER Fehlerwort	173
7.2.2.1	Fehlerreaktion Antrieb abschalten	175
7.2.2.2	Fehlerreaktion Fault Pin setzen	176
7.2.3	Fehlerreaktion FAULHABER Fault Bit im Drive Status Word setzen	176
7.3	Versand von Fehlermeldungen	177
7.3.1	Fehlerregister 0x1001 und Fehlerspeicher 0x1003.....	178
7.3.2	Communication Settings	178
7.4	Anzeige des dynamischen Zustands über die Status-LED	179
8	Parameterbeschreibung	180
8.1	Herstellerspezifische Objekte	180
8.2	Objekte des Antriebsprofils CiA 402	200

Zu diesem Dokument

1 Zu diesem Dokument

1.1 Gültigkeit dieses Dokuments

Dieses Dokument beschreibt:

- Prinzip der Gerätesteuerung
- Inbetriebnahme und Konfiguration des Geräts
- Betriebsarten und Funktionen

Dieses Dokument richtet sich an Techniker und Ingenieure mit Erfahrung in der Applikation von geregelten elektrischen Antrieben sowie industriellen Kommunikationssystemen.

Alle Angaben in diesem Dokument beziehen sich auf Standardausführungen der Antriebe. Änderungen aufgrund kundenspezifischer Ausführungen dem entsprechenden Datenblatt entnehmen.

Alle Angaben in diesem Dokument beziehen sich auf die Firmware-Revision O.

1.2 Durchgeführte Änderungen

Folgende Änderungen wurden an diesem Dokument durchgeführt:

Version	Änderungen
6. Auflage, 2.12.2024	■ Aktualisierung auf Motion Manager 7 ■ Ergänzung Synchronbetrieb ■ Erweiterung um die Möglichkeit, auch Stepper zu betreiben ■ Ergänzung Event Broker ■ Übersichtlichere Beschreibung der Übertemperatursicherung

1.3 Mitgeltende Dokumente

Für bestimmte Handlungsschritte bei der Inbetriebnahme und Bedienung der FAULHABER Produkte sind zusätzliche Informationen aus folgenden Handbüchern hilfreich:

Handbuch	Beschreibung
Motion Manager 7	Bedienungsanleitung zur FAULHABER Motion Manager PC Software
Schnellstartanleitung	Beschreibung der ersten Schritte zur Inbetriebnahme und Bedienung des FAULHABER Motion Controllers
Kommunikationshandbuch	Beschreibung der Kommunikation mit dem Antrieb
Gerätehandbuch	Anleitung zur Installation und zum Gebrauch des FAULHABER Motion Controllers

Diese Handbücher können im PDF-Format von der Internetseite www.faulhaber.com heruntergeladen werden.

Weiter Informationen finden Sie unter www.faulhaber.com/de/support/technischer-support/steuerungen.

Zu diesem Dokument

1.4 Umgang mit diesem Dokument

- ▶ Dokument vor der Konfiguration aufmerksam lesen.
- ▶ Dokument während der Lebensdauer des Produkts aufbewahren.
- ▶ Dokument dem Bedienpersonal jederzeit zugänglich halten.
- ▶ Dokument an jeden nachfolgenden Besitzer oder Benutzer des Produkts weitergeben.

1.5 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ADC	Analog-to-Digital Converter
AES	Absolutencoder
AnIn	Analoger Eingang
APC	Analog Position Control
ATC	Analog Torque Control
Attr.	Attribut
AVC	Analog Velocity Control
BL	Bürstenlos
BLDC	Bürstenloser DC-Motor
CAN	Controller Area Network
CiA	CAN in Automation e.V.
const	Zugriffsrecht „read only“ auf konstanten Wert
CSP	Cyclic Synchronous Position
CST	Cyclic Synchronous Torque
CSV	Cyclic Synchronous Velocity
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DigIn	Digitaler Eingang
EMF	Rückinduzierte Generatorspannung
FOC	Feldorientierte Stromregelung
HW	Hardware
Ixx	Datentyp Integer (ganze Zahlen) mit Bitgröße xx
LM	Linearmotor
LSS	Layer Setting Service
PP	Profile Position
PV	Profile Velocity
ro	read only
rw	read-write
PWM	Pulse Width Modulation
SSI	Synchrone Serielle Schnittstelle für Positionencoders
STO	Safe Torque Off

Zu diesem Dokument

Abkürzung	Bedeutung
Sxx	Datentyp Signed (negative und positive Zahlen) mit Bitgröße xx
TTL	Transistor Transistor Logic
Uxx	Datentyp Unsigned (positive Zahlen) mit Bitgröße xx
VM	Voltage Mode
wo	write only
XDC	External Document Converter
XML	Extensible Markup Language

1.6 Symbole und Kennzeichnungen

WARNUNG

Gefahr mit einem mittleren Risikograd, die, wenn sie nicht vermieden wird, den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben kann.

- ▶ Maßnahme zur Vermeidung

VORSICHT

Gefahr mit einem niedrigen Risikograd, die, wenn sie nicht vermieden wird, eine geringfügige oder mäßige Verletzung zur Folge haben könnte.

- ▶ Maßnahme zur Vermeidung

HINWEIS

Gefahr von Sachschäden.

- ▶ Maßnahme zur Vermeidung

Hinweise zum Verständnis oder zum Optimieren der Arbeitsabläufe

- ✓ Voraussetzung zu einer Handlungsaufforderung
- 1. Erster Schritt einer Handlungsaufforderung
 - ↳ Resultat eines Schritts
- 2. Zweiter Schritt einer Handlungsaufforderung
 - ↳ Resultat einer Handlung
- ▶ Einschrittige Handlungsaufforderung

Motion Controller im Überblick

2 Motion Controller im Überblick

Der Motion Controller stellt eine flexible, integrierbare Ansteuerung für DC-, BL- und LM-Servomotoren dar. Mit den Produkten MC 3602 B und MC 3606 B können auch Schrittmotoren mit und ohne Encoder betrieben werden.

Anwendungsarten

Der Motion Controller kann als Stand-Alone-Controller oder im Verbund an einer Master-Steuerung oder SPS betrieben werden.

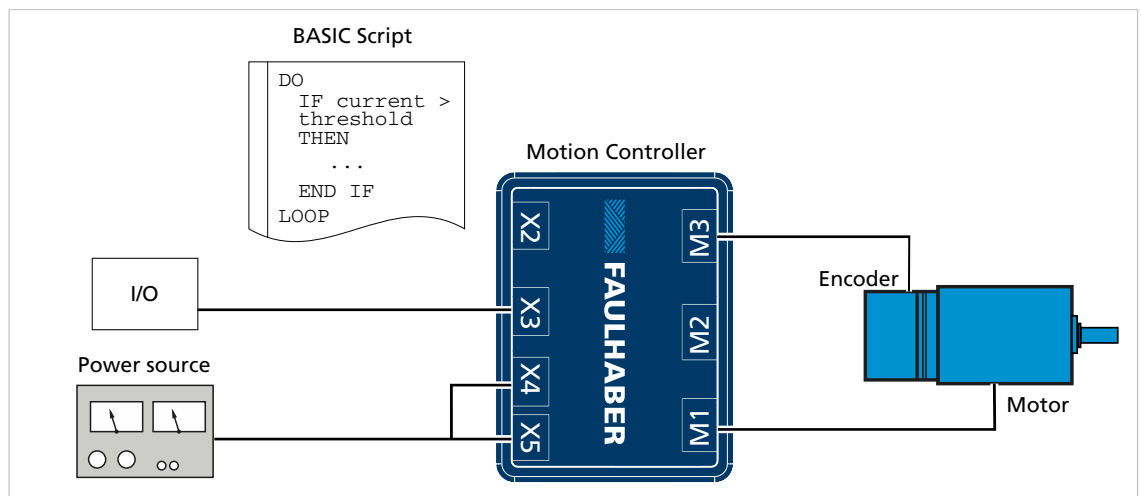


Abb. 1: Motion Controller als Stand-Alone-Controller

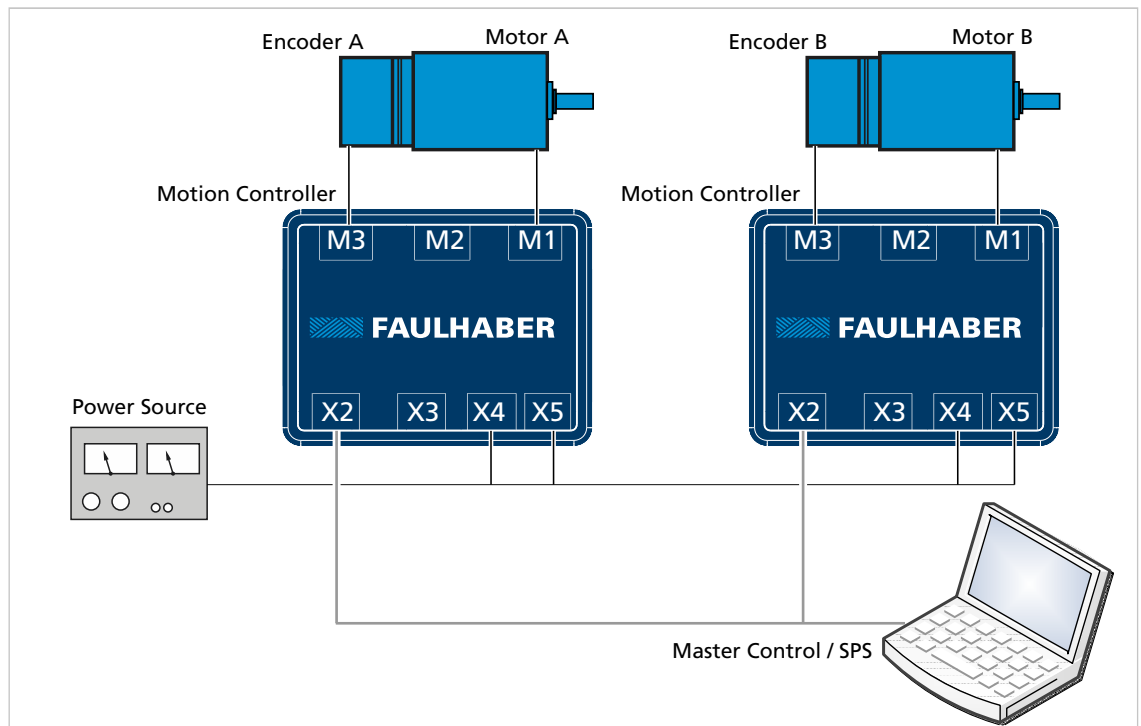


Abb. 2: Motion Controller im Verbund einer Master-Steuerung oder SPS

Motion Controller im Überblick

Motion Controller Teilfunktionen

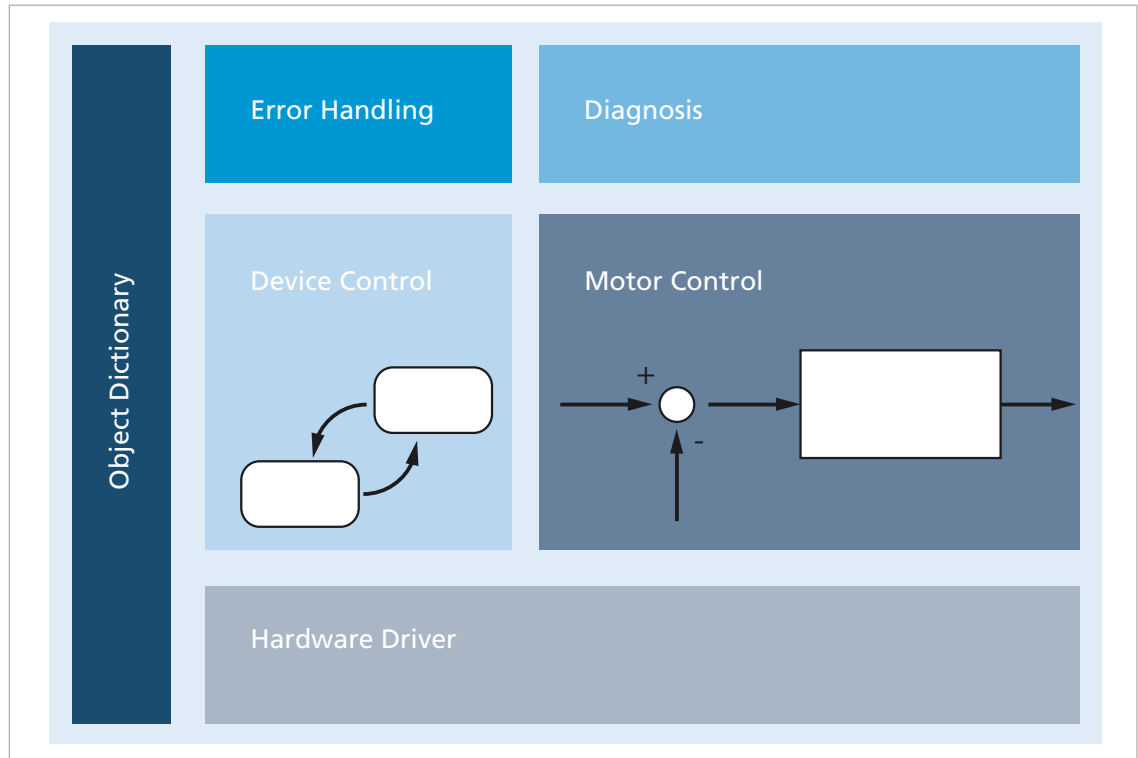


Abb. 3: Motion Controller Teilfunktionen

Der FAULHABER Motion Controller besitzt mehrere Teilfunktionen:

- **HW-Treiber:** Der HW-Treiber stellt Grundfunktionen zum Zugriff auf die angeschlossene Hardware bereit. Parameter sind z. B. der Typ des Motorencoders oder die Konfiguration der Digitaleingänge.
- **Gerätesteuerung:** Die Gerätesteuerung beinhaltet die Antriebszustandsmaschine, schaltet die Endstufe und wechselt die Betriebsarten. Wesentliche Parameter sind das Controlword und das Statusword des Antriebs sowie die Betriebsart.
- **Regler:** Der Regler ermittelt aus den eingestellten Soll- und Istwerten die Ansteuerung für den angeschlossenen Motor. Wesentliche Parameter sind die Einstellungen der Regler und des Profilgenerators.
- **Gerätediagnose:** Überwacht den Zustand des Geräts und des angeschlossenen Motors. Wesentliche Parameter sind die Daten des angeschlossenen Motors. Der Gerätezustand wird im Gerätezustandswort signalisiert.
- **Fehlerhandling:** Das Fehlerhandling reagiert einstellbar auf erkannte Fehler.
- **Objektverzeichnis:** Sammelt die Parameter sowie die Soll- und Istwerte der Anwendung für den Zugriff über das Kommunikationssystem oder die freien Abläufe innerhalb der eingebauten BASIC-Umgebung.



Der FAULHABER Motion Manager bietet eine komfortable Möglichkeit die Gerätekonfiguration über grafische Dialoge vorzunehmen.

Die Konfiguration kann aber auch über eigene Programmierung oder andere Konfigurations-Tools vorgenommen werden.

Motion Controller im Überblick

i Bei Motion Controllern müssen bei der Erstinbetriebnahme die Grundeinstellungen vorgenommen werden, um den Controller an den angeschlossenen Motor anzupassen.

Bei integrierten Antriebseinheiten (Motion Control Systems) wurden die Grundeinstellungen schon werkseitig vorgenommen. Anpassungen der Grundeinstellungen an die jeweilige Situation sind notwendig. Folgende Einstellungen müssen häufig an die Anwendungssituation angepasst werden:

- Betriebsart
- Strombegrenzungswerte
- Reglerparameter
- Funktion der digitalen Ein-/Ausgänge

2.1 Komponenten des Motion Controllers

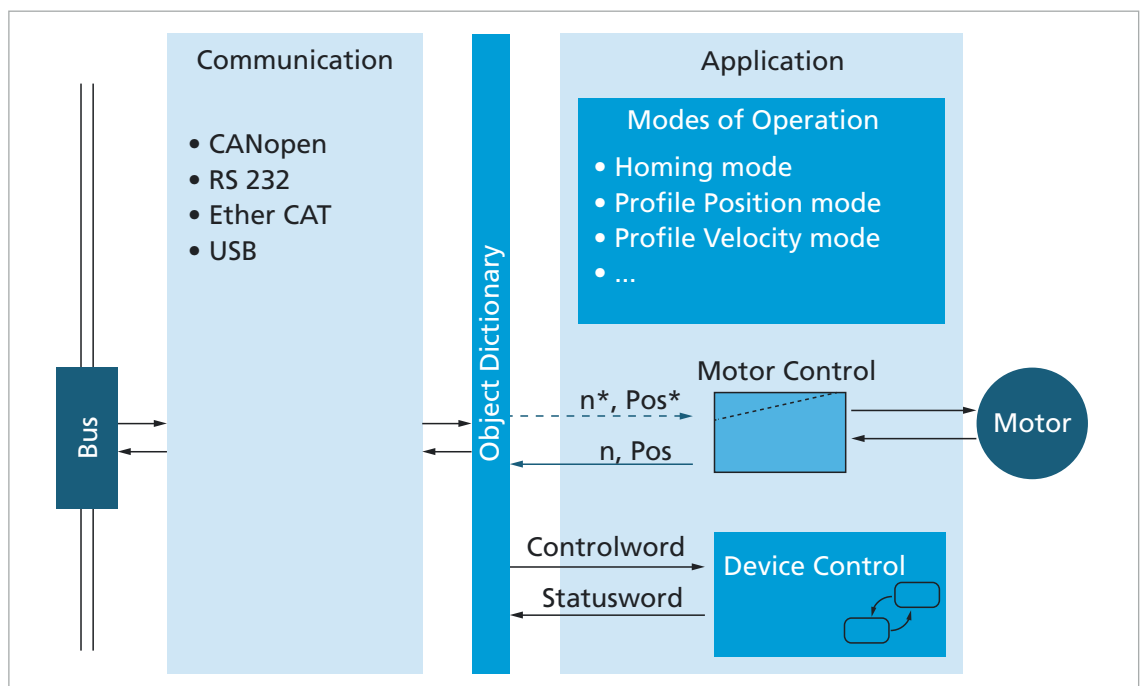


Abb. 4: Grundaufbau der Gerätesteuerung

Kommunikationsdienste

Der Master kommuniziert über das Bussystem und unter Verwendung der Kommunikationsdienste mit dem Objektverzeichnis (siehe Kommunikationshandbuch).

Motion Controller im Überblick

Objektverzeichnis

Das Objektverzeichnis enthält Parameter, Soll- und Istwerte eines Antriebs. Das Objektverzeichnis ist das Bindeglied zwischen der Anwendung (Antriebsfunktionen) und den Kommunikationsdiensten. Alle Objekte im Objektverzeichnis sind über eine 16-Bit-Indexnummer (0x1000 bis 0x6FFF) und einen 8-Bit-Subindex (0x00 bis 0xFF) ansprechbar.

Index	Zuordnung der Objekte
0x1000 bis 0x1FFF	Kommunikationsobjekte
0x2000 bis 0x5FFF	Herstellerspezifische Objekte
0x6000 bis 0x6FFF	Objekte des Antriebsprofils nach CiA 402

Die Werte der Parameter können von der Kommunikationsseite sowie von der Antriebsseite geändert werden.

Anwendungsteil

Der Anwendungsteil enthält Antriebsfunktionen gemäß dem CANopen Servodrive Profil nach CiA 402. Die Antriebsfunktionen lesen Parameter aus dem Objektverzeichnis, erhalten vom Objektverzeichnis Sollwerte und geben Istwerte zurück. Die Parameter aus dem Objektverzeichnis bestimmen das Antriebsverhalten.

Tab. 1: Anwendungsdienste nach CiA 402

Steuerungskomponente	Beschreibung
CiA 402 Drive Zustandsmaschine	Bildet das Antriebsverhalten ab (siehe Kap. 3.1, S. 16).
Controlword	Steuert das Antriebsverhalten (siehe Kap. 3.2, S. 18).
Statusword	Liest das Antriebsverhalten (siehe Kap. 3.3, S. 20).

Motion Controller im Überblick

2.2 Antrieb konfigurieren - Allgemeine Vorgehensweise

i Schritte 1, 2, 3 und 9 sind notwendig, um den Antrieb in Betrieb zu nehmen. Bei der Betriebsart PP und PV muss Schritt 4 angewendet werden, um die Profilgeneratoren einzustellen.

Der FAULHABER Motion Manager 7 bietet für die Schritte 1...4 komfortable Inbetriebnahme-Tools. Für die weiteren Schritte werden entsprechende grafische Konfigurationsdialoge bereitgestellt.

Mit den übrigen Schritten kann die Endanwendung angepasst werden.

Vorgehensweise bei Erstinbetriebnahme

- ✓ Geeignetes Tool vorhanden (z. B. FAULHABER Motion Manager oder andere Konfigurations-Tools).
- ✓ Kommunikationseinstellungen sind korrekt, siehe Kommunikationshandbuch.
- 1. Verbindung herstellen (siehe Kap. 4.1, S. 25).
- 2. Motortyp bzw. Motordaten einstellen (siehe Kap. 4.2, S. 26).
- 3. Reglerparameter und Strombegrenzungswerte an Motortyp und Anwendung anpassen (siehe Kap. 4.4, S. 28).
- 4. Profilgenerator einstellen (siehe Kap. 4.5, S. 46).
- 5. Error Handling einstellen (siehe Kap. 7, S. 166)
- 6. Digitale Ein- und Ausgänge einstellen (siehe Kap. 4.10, S. 78).
- 7. Einheiten umrechnen (siehe Kap. 4.9, S. 68).
- 8. Istwert-Quelle einstellen (siehe Kap. 4.8, S. 60).
- 9. Betriebsart einstellen (siehe Kap. 5, S. 95).

Aufbau der Gerätesteuerung

3 Aufbau der Gerätesteuerung

3.1 Zustandsmaschine des Antriebs

FAULHABER Motion Controller durchlaufen während des Ein- und Ausschaltvorgangs eine Zustandsmaschine mit mehreren Schritten. Die Abfolge entspricht dem in der CiA 402 für CANopen Antriebe definierten Verhalten.

Gesteuert werden die Übergänge durch das Controlword (Objekt 0x6040) des Antriebs.

Das Antriebsverhalten wird mit einer Zustandsmaschine abgebildet. Das Controlword steuert die Übergänge, das Statusword zeigt die Zustände an.

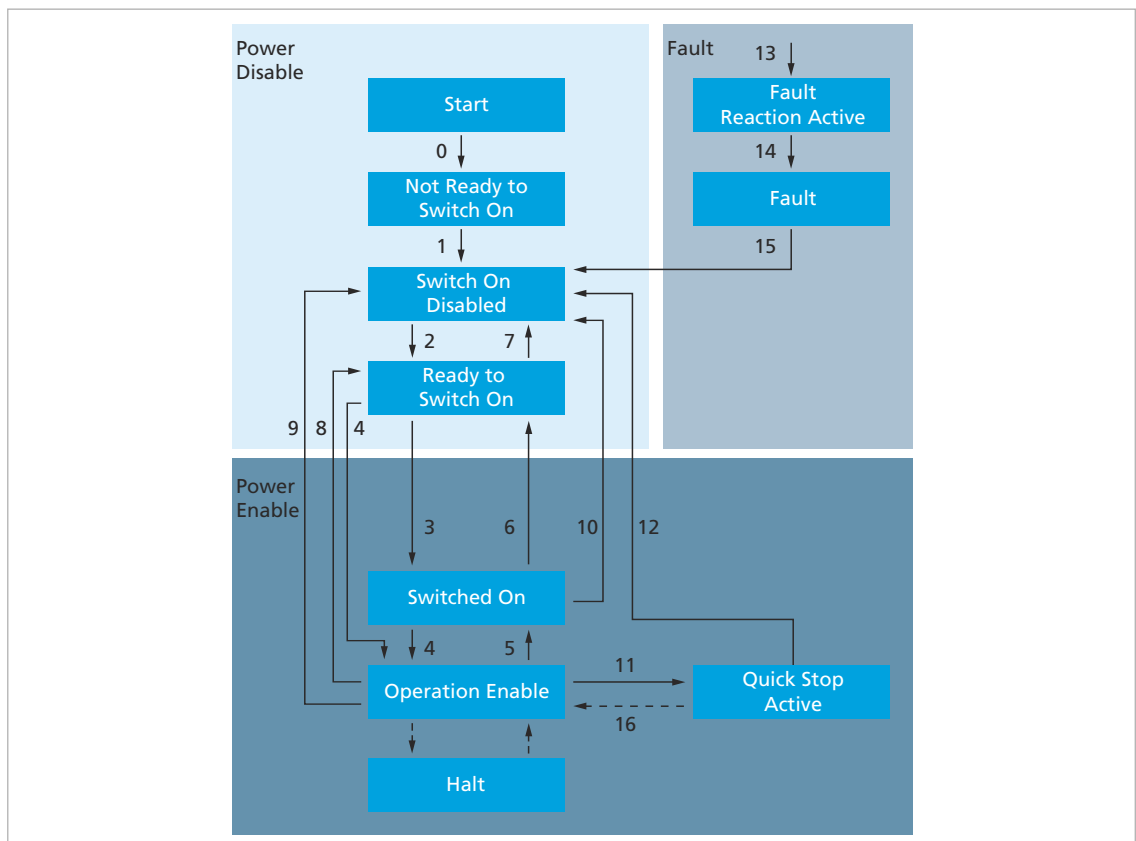


Abb. 5: Zustandsmaschine des Antriebs

Tab. 2: Kommandoübersicht

Kommando	Übergänge
Shut Down	2, 6, 8
Switch On	3
Disable Voltage	7, 9, 10, 12
Quick Stop	11
Disable Operation	5
Enable Operation	4, 16
Fault Reset	15

Aufbau der Gerätesteuerung

- Der Zustand *Not Ready to Switch On* wird automatisch durchlaufen. Der Motion Controller kann über das Objekt 0x2503 so konfiguriert werden, dass dabei automatisch die Offsets der Strommessung neu abgeglichen werden.
- Nach dem Einschalten befindet sich der Antrieb im Zustand *Switch On Disabled*. Die Status LED beginnt grün zu blinken.
- Das Kommando **Shut Down** bringt den Antrieb in den Zustand *Ready to Switch On*. Über den Option Code im Objekt 0x605B kann vorgegeben werden, ob der Antrieb zunächst kontrolliert stillgesetzt werden soll.
- Über das Kommando **Switch On** wechselt der Motion Controller in den Zustand *Switched On*. Der Zustand *Switched On* kann automatisch durchlaufen werden, wenn im Zustand *Ready to Switch On* direkt das Kommando **Enable Operation** gegeben wird.
- Das Kommando **Enable Operation** bringt den Antrieb in den Zustand *Operation Enabled*. Der Übergang erfolgt nur, wenn die Versorgungsspannung im zulässigen Bereich liegt. Falls ein digitaler Ausgang als Ansteuerung einer Haltebremse konfiguriert ist, wird diese zunächst freigegeben.
- Im Zustand *Operation Enabled* ist die Endstufe aktiviert. Die Status-LED leuchtet dauerhaft grün. Das Verhalten des Reglers hängt von der eingestellten Betriebsart ab.
- Das Kommando **Disable Operation** bringt den Antrieb zurück in den Zustand *Switched On*. Alle noch anstehenden Fahrbefehle werden dabei abgebrochen. Eine eventuell konfigurierte Haltebremse wird aktiviert, bevor die Endstufe abgeschaltet wird. Über den Option Code im Objekt 0x605C kann vorgegeben werden, ob der Antrieb zunächst kontrolliert stillgesetzt werden soll.
- Das Kommando **Disable Voltage** schaltet die Endstufe direkt ab. Der Motor wird nicht gebremst. Eine eventuell konfigurierte Haltebremse wird aktiviert, bevor die Endstufe abgeschaltet wird. Der Antrieb befindet sich danach im Zustand *Switch On Disabled*.
- Über das Kommando **Quick Stop** wechselt der Antrieb aus dem Zustand *Operation Enabled* in den Zustand *Quick Stop Active*. Über den Option-Code im Objekt 0x605A kann festgelegt werden, wie ein noch laufender Motor dabei gestoppt werden soll. Eventuell noch anstehende Fahrbefehle werden beim Wechsel in den Zustand *Quick Stop Active* verworfen. Die Bremse wird nicht aktiviert, wenn der Antrieb im Zustand *Quick Stop Active* verbleibt.
- Über das Halt-Bit im Controlword kann ein Antrieb während einer laufenden Bewegung angehalten werden. Der aktuelle und der folgende Fahrauftrag werden nicht verworfen, sondern lediglich unterbrochen, während das Halt-Bit gesetzt ist. Der Fahrauftrag wird wieder aufgenommen, sobald das Halt-Bit zurückgesetzt wird.
- Über ein erneutes Versenden des Kommandos **Enable Operation** kann der Antrieb aus dem Zustand *Quick Stop Active* wieder aktiviert werden. Der Sollwert wird dabei zurückgesetzt, bzw. die zuletzt erreichte Position gehalten.
- In Reaktion auf einen erkannten Fehler kann der Antrieb aus jedem Zustand in den Fehlerzustand wechseln. Über den Option Code im Objekt 0x605E kann vorgegeben werden, wie ein noch laufender Motor dabei zunächst stillgesetzt werden soll. Danach wird die Endstufe abgeschaltet und eine eventuell konfigurierte Haltebremse aktiviert.

Aufbau der Gerätesteuerung

3.2 Controlword

Die Kommandos zur Ausführung einer Zustandsänderung werden durch Kombinationen der Bits 0–3 im Controlword definiert. Das Controlword befindet sich im Objektverzeichnis unter Index 0x6040.

Controlword

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6040	0x00	Controlword	U16	rw	–	Antriebssteuerung

Tab. 3: Überblick der Bits des Controlwords und Kombinationsmöglichkeiten der Bits 0-3

Bit	Funktion	Kommandos für Device Control Zustandsmaschine						
		Shut Down	Switch On	Disable Voltage	Quick Stop	Disable Operation	Enable Operation	Fault Reset
0	Switch On	0	1	X	X	1	1	X
1	Enable Voltage	1	1	0	1	1	1	X
2	Quick Stop	1	1	X	0	1	1	X
3	Enable Operation	X	0	X	X	0	1	X
4	Operation Mode Specific							
5	Operation Mode Specific							
6	Operation Mode Specific							
7	Fault Reset							0 → 1
8	Halt							
9	Change on Set Point (nur bei Profile Position Mode)							
10	nicht verwendet							
11	nicht verwendet							
12	nicht verwendet							
13	nicht verwendet							
14	nicht verwendet							
15	nicht verwendet							

1 = Bit gesetzt

0 = Bit nicht gesetzt

0 → 1 = Steigende Flanke, Wechsel von 0 zu 1

X = Bit für dieses Kommando nicht verwendet (Zustand beliebig)

Tab. 4: Bedeutung der Bits im Controlword

Bit	Funktion	Beschreibung
0	Switch On	0: Keine Spannung anliegend 1: Spannungszuführung wird aktiviert
1	Enable Voltage	0: Antrieb ausgeschaltet 1: Antrieb einschaltbereit
2	Quick Stop	0: Schnellstopp aktiviert 1: Schnellstopp deaktiviert
3	Enable Operation	0: Betrieb deaktiviert 1: Betrieb aktiviert

Aufbau der Gerätesteuerung

Bit	Funktion	Beschreibung
7	Fault Reset	0 → 1: Fehler zurücksetzen
8	Halt	0: Bewegung kann ausgeführt werden 1: Antrieb stoppen

3.2.1 Beispiele von Befehlsfolgen

Die Befehlsfolgen zum Steuern der Zustandsmaschine werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

3.2.1.1 Enable Operation

Schrittfolge der Übergänge, um einen Antrieb in den Zustand *Operation Enabled* zu setzen.

- ✓ Antrieb befindet sich im Zustand *Switch On Disabled*.
- 1. Shut-Down-Befehl senden (Controlword = 0x00 06).
 - ➞ Antrieb wechselt in den Zustand *Ready to Switch On*.
- 2. Switch-On-Befehl senden (Controlword = 0x00 07).
 - ➞ Antrieb wechselt in den Zustand *Switched On*.
- 3. Enable-Operation-Befehl senden (Controlword = 0x00 0F).
 - ➞ Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*. In diesem Zustand kann über entsprechende Objekte die eingestellte Betriebsart bedient werden.

3.2.1.2 Reset des Fehlerzustands

Schrittfolge der Übergänge, um einen Antrieb aus dem Fehlerzustand zu holen.

- ✓ Der Antrieb befindet sich im Zustand *Fault*.
- 1. Fault-Reset-Befehl senden (Controlword = 0x00 80).
 - ➞ Antrieb wechselt in den Zustand *Switch On Disabled*.
- 2. Shut-Down-Befehl senden (Controlword = 0x00 06).
 - ➞ Antrieb wechselt in den Zustand *Ready to Switch On*.
- 3. Enable-Operation-Befehl senden (Controlword = 0x00 0F).
 - ➞ Der Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*. In diesem Zustand kann über entsprechende Objekte die eingestellte Betriebsart bedient werden.



Der aktuelle Zustand der Zustandsmaschine des Antriebs (siehe Abb. 5) kann aus den Bits 0 bis 6 des Statuswords abgelesen werden.

Nur die in aktuellen Zuständen definierten Übergänge können ausgeführt werden. Vor einem Zustandswechsel muss daher über die Auswertung des Statuswords geprüft werden, in welchem Zustand sich der Antrieb befindet.

3.2.2 Ansteuerung einer Haltebremse

Über das Objekt 0x2312.02 kann einer der Digitalausgänge als Steueranschluss einer Haltebremse definiert werden. Die Haltebremse wird beim Übergang in den Zustand *Operation Enabled* freigegeben und wieder aktiviert, bevor die Endstufe wieder abgeschaltet wird.

Die dabei einzuhaltende Verzögerungszeit wird über das Objekt 0x2312.03 eingestellt.

Aufbau der Gerätesteuerung

3.3 Statusword

Der aktuelle Zustand des Antriebs wird in den Bits 0–6 des Statuswords abgebildet. Das Statusword befindet sich im Objektverzeichnis unter Index 0x6041.

Statusword

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6041	0x00	Statusword	U 16	ro	–	Statusanzeige

Tab. 5: Überblick der Bits des Statuswords und Kombinationsmöglichkeiten der Bits 0-6

Bit	Funktion	Zustand der Device Control Zustandsmaschine							
		Not Ready to Switch On	Switch On Disabled	Ready to Switch On	Switched on	Operation Enabled	Quick Stop Active	Fault Reaction Active	Fault
0	Ready to Switch On	0	0	1	1	1	1	1	0
1	Switched On	0	0	0	1	1	1	1	0
2	Operation Enabled	0	0	0	0	1	1	1	0
3	Fault	0	0	0	0	0	0	1	1
4	*Voltage Enabled	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Quick Stop	X	X	1	1	1	0	X	X
6	Switch On Disabled	0	1	0	0	0	0	0	0
7	Warning								
8	FAULHABER Fehler-Bit (siehe Kap. 7.2.3, S. 178)								
9	Nicht verwendet								
10	Operation Mode Specific (siehe Kap. 5, S. 95)								
11	Internal Limit Active								
12	Operation Mode Specific (siehe Kap. 5, S. 95)								
13	Operation Mode Specific (siehe Kap. 5, S. 95)								
14	Configurable								
15	Configurable								

1 = Bit gesetzt

0 = Bit nicht gesetzt

X = Bit für dieses Kommando nicht verwendet (Zustand beliebig)

* = Optional verfügbar. FAULHABER Motion Controller weisen keinen Schalter für die Versorgungsspannung auf. Über Bit 7 in den Antriebsoptionen (0x233F.00) kann die Verwendung des Voltage Enabled Bits aktiviert werden.

Aufbau der Gerätesteuerung

Tab. 6: Bedeutung der Bits im Statusword

Bit	Funktion	Beschreibung
0	Ready to Switch On	0: Nicht bereit zum Einschalten 1: Bereit zum Einschalten
1	Switched On	0: Keine Spannung anliegend 1: Antrieb befindet sich im Zustand <i>Switched On</i>
2	Operation Enabled	0: Betrieb deaktiviert 1: Betrieb aktiviert
3	Fault	0: Kein Fehler vorhanden 1: Fehler vorhanden
4	Voltage Enabled ^{a)}	0: Spannungsversorgung deaktiviert 1: Spannungsversorgung aktiviert
5	Quick Stop	0: Schnellstopp deaktiviert 1: Schnellstopp aktiviert
6	Switch On Disabled	0: Einschalten möglich 1: Einschalten nicht möglich
7	Warning	0: Keine erhöhten Temperaturen 1: Eine der überwachten Temperaturen hat mindestens die Warnschwelle überschritten.
8	FAULHABER Fehler-Bit	0: Kein anzuzeigender Fehler liegt vor 1: Ein nach Kap. 7.2.3, S. 176 konfigurierter Fehler liegt aktuell vor
9	Remote	Nicht verwendet
10	Operation Mode Specific	Siehe jeweilige Betriebsart
11	Internal Limit Active	0: Interne Bereichsgrenze nicht erreicht 1: Interne Bereichsgrenze z. B. Endschalter erreicht
12	Operation Mode Specific	Siehe jeweilige Betriebsart
13	Operation Mode Specific	Siehe jeweilige Betriebsart
14	Configurable	Über das Objekt 0x233A.01 kann konfiguriert werden, welche Kombination an Zuständen aus Objekt 0x2324.01 (Device Status Word) angezeigt werden soll (siehe Kap. 7, S. 166).
15	Configurable	Über das Objekt 0x233A.02 kann konfiguriert werden, welche Kombination an Zuständen aus Objekt 0x2324.01 (Device Status Word) angezeigt werden soll (siehe Kap. 7, S. 166).

a) Über Bit 7 in den Antriebsoptionen (0x233F.00) kann die Verwendung des Voltage Enabled Bits aktiviert werden. FAULHABER Motion Controller werden direkt an der DC-Versorgung betrieben.

Aufbau der Gerätesteuerung

3.4 Stopp des Antriebs durch einen Zustandswechsel

3.4.1 Antrieb anhalten und Fahrbefehle löschen

Wenn der Antrieb den Zustand *Operation Enabled* verlässt, kann gefordert sein, ihn stillzusetzen bevor die Endstufe abgeschaltet wird. Mögliche Ursachen für den Zustandswechsel sind:

- Der Antrieb soll über den Befehl **Quick Stop** angehalten werden, die Regelung kann dabei aktiv bleiben.
- Der Antrieb wird über die Befehle **Shutdown**, **Disable Voltage** oder **Disable Operation** stillgesetzt.
- Der Antrieb wechselt in Folge eines erkannten Fehlers in den *Fault* Zustand.

Noch anstehende Fahrbefehle werden durch die Befehle **Quick Stop**, **Shut Down**, **Disable Voltage** und **Disable Operation**, sowie durch die Fehlerbehandlung gelöscht. Wenn der Antrieb danach reaktiviert wird, nimmt der Antrieb erst nach einem erneuten Sollwert die Bewegung wieder auf.

Tab. 7: Optionen zum Halt des Antriebs an Zustandswechseln

	Bremsvorgabe	Quick Stop (0x605A)	Shut Down (0x605B)	Disable Opera- tion (0x605C)	Fault (0x605E)
0	Direkt deaktivieren	x	x	x	x
1	Bremsrampe + abschalten	x	x	x	x
2	Quick Stop Rampe + abschalten	x	–	–	x
3	Halt mit maximalem Bremsstrom	x	–	–	x
4	Halt mit $U = 0$ + abschalten	x	–	–	x
5	Bremsrampe + Zustand halten	x	–	–	–
6	Quick Stop Rampe + Zustand halten	x	–	–	–
7	Halt mit maximalem Bremsstrom	x	–	–	–
8	Halt mit $U = 0$ + Zustand halten	x	–	–	–

 Wenn eine Haltebremse konfiguriert ist, wird diese aktiviert, bevor die Regelung deaktiviert wird.

3.4.2 Fahraufträge unterbrechen

Über das Halt-Bit im Controlword kann ein laufender Fahrauftrag unterbrochen werden. Wenn der Antrieb über das Halt-Bit stillgesetzt wurde, nimmt der Antrieb die zuletzt ausgeführte Bewegung unmittelbar wieder auf, sobald das Halt-Bit zurückgesetzt wird.

Die Reaktion des Antriebs auf ein Halt-Bit kann im Objekt 0x605D konfiguriert werden:

- 1: Bremsrampe + Zustand halten
- 2: Quick Stop Rampe + Zustand halten
- 3: Halt mit maximalem Bremsstrom
- 4: Halt mit $U = 0$ + Zustand halten

Aufbau der Gerätesteuerung

3.4.3 Antrieb über digitalen Schnellstopp-Eingang anhalten

Über einen als Schnellstopp-Eingang konfigurierten Digitaleingang kann der Antrieb stillgesetzt werden. Wenn der Schnellstopp-Eingang aktiviert wird, wechselt der Antrieb vom Zustand *Operation Enabled* in den Zustand *Quick Stop Active* und wird dabei abgebremst.

1. Digitaleingang als Schnellstopp-Eingang über 0x2310.06 konfigurieren (siehe Kap. 4.10.1.2, S. 80).

Der Schnellstopp-Eingang ist aktiv, wenn ein Low-Pegel am Eingang anliegt.

2. Schnellstopp-Eingang über einen High-Pegel freigeben.
3. Antrieb über das Controlword aktivieren und betreiben.
4. Schnellstopp über einen Low-Pegel am Schnellstopp-Eingang anfordern.

Der Antrieb wechselt in den Zustand *Quick Stop Active*.

Der Antrieb wird entsprechend der in 0x605A.00 eingestellten Option abgebremst (siehe Kap. 3.4.1, S. 22).

Abhängig von der in 0x605A.00 eingestellten Option wechselt der Antrieb in den Zustand *Switch On Disabled*.

5. Schnellstopp-Eingang wieder über einen High-Pegel freigeben.
6. Antrieb über das Controlword aktivieren und betreiben.

3.5 Verhalten an den Grenzen des Bewegungsbereichs

3.5.1 Endschalter

Die digitalen Eingänge des Motion Controllers können zur Auswertung von Endschaltern konfiguriert werden (siehe Kap. 4.10.1, S. 79).

Wenn im laufenden Betrieb ein Endschalter erreicht wird, wird der Antrieb stillgesetzt. Die Konfiguration erfolgt über das Objekt 0x2310.03.

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2310	0x03	Limit Switch Option Code	S16	rw	1	0: Antrieb kommt kraftlos zum Stillstand 1: Bremsrampe 2: Quick Stop 3: Halt mit max. Strom 4: Halt mit Spannung = 0



Der Antrieb wird stillgesetzt und danach auf Geschwindigkeit = 0 geregelt.

Aufbau der Gerätesteuerung

3.5.2 Software Position Limits

Über das Objekt 0x607D können die Grenzen des Bewegungsbereichs unabhängig von den Endschaltern konfiguriert werden.

Positionssollwerte über das Objekt 0x607A werden immer auf diesen Wertebereich begrenzt, auch über relative Positionierungen in der Betriebsart *Profile Position Mode (PP)* können keine Sollwerte außerhalb des so vorgegebenen Bewegungsbereichs erreicht werden.

 Endlose Positionierungen z. B. für getaktete Fördereinrichtungen sind in der Betriebsart *Profile Position Mode (PP)* möglich. Hierfür muss der Zahlenbereich für die Positionswerte über das Objekt Position Range Limit (0x607B) enger gewählt werden, als die Grenzen der Software Position Limits.

Im geschwindigkeitsgeregelten Betrieb können Software Position Limits wie Endschalter behandelt werden. Der Antrieb wird, wenn das obere oder untere Positionslimit überfahren wird, über die im Objekt 0x2310.03 definierte Rampe stillgesetzt.

Die Reaktion auf Software Position Limits kann über das Objekt 0x233F aktiviert werden.

- Bit 1 = 0: Software Position Limits haben keine Auswirkung außerhalb des Positionierbetriebs
- Bit 1 = 1: Software Position Limits werden außerhalb des Positionierbetriebs wie Endschalter ausgewertet.

Antrieb konfigurieren und starten

4 Antrieb konfigurieren und starten

HINWEIS

Bei Nichtbeachtung der Grundeinstellungen können Komponenten zerstört werden.

- ▶ Beschreibung der Grundeinstellungen beachten.



Die nachfolgend beschriebenen Schritte sind unter Verwendung des Motion Managers beschrieben.

4.1 Verbindung herstellen

1. Motor an den Motion Controller anschließen.
2. Spannungsversorgung für den Motion Controller herstellen.
3. Im Motion Manager ein neues Projekt anlegen:
 - a) Motion Controller an einer passenden Kommunikationsschnittstelle am PC anschließen.
 - CAN (CO-Geräte)
 - COM (RS-Geräte)
 - NET (ET-Geräte, die bereits an einer Beckhoff TwinCAT SPS angeschlossen sind und darüber konfiguriert werden sollen)
 - USB (für nicht im Motor integrierte Motion Controller)
 - b) Projekt passend benennen.
 - c) Die verwendete Kommunikationsschnittstelle auswählen.
 - ☞ Die an der gewählten Kommunikationsschnittstelle gefundenen Motion Controller werden angezeigt.



■ CANopen:

- Der Motion Manager sucht an der gewählten CAN-Schnittstelle automatisch nach FAULHABER Geräten. Die Baudrate wird automatisch identifiziert.
- Im Netzbetrieb müssen die verwendete Baudrate und der Suchbereich für die Knotennummern konfiguriert werden.
- Baudrate und Knotennummer des Motion Controllers können über das LSS-Protokoll geändert werden. Dazu kann der Motion Manager oder ein beliebiges CANopen-Konfigurationsprogramm verwendet werden (siehe CANopen Kommunikationshandbuch).

Antrieb konfigurieren und starten



- RS232:
 - Der Motion Manager sucht an der ausgewählten RS232-Schnittstelle automatisch nach FAULHABER Geräten. Die Baudrate wird automatisch identifiziert.
 - Im RS232-Netzwerkbetrieb müssen die verwendete Baudrate und der Suchbereich für die Knotennummern konfiguriert werden.
 - Baudrate und Knotennummer des Motion Controllers können mit dem Motion Manager über die Objekte 0x2400.02 (Baudrate) und 0x2400.03 (Knotennummer) eingestellt werden. Über das Objekt 0x2400.05 kann ein RS232-Netzwerkbetrieb aktiviert werden, bei dem mehrere Motion Controller an einer RS232-Schnittstelle betrieben werden können (siehe RS232-/USB-Kommunikationshandbuch).
- USB: Die Knotennummer des Motion Controllers kann über das Objekt 0x2400.03 eingestellt werden (siehe RS232-/USB-Kommunikationshandbuch).
- NET: Die Kennwerte für die NET-Verbindung zur TwinCAT SPS müssen entsprechend den Angaben im Motion Manager Handbuch eingestellt werden.
- V-USB: Wird für simulierte Geräte verwendet und dient nur zum Preview einer Konfiguration.

4.2 Motortyp einstellen



- Den Motion Manager in seiner aktuellsten Version verwenden.
 - FAULHABER Motion Controller können zum Betrieb von DC-Motoren, BLDC-Motoren und Linearen DC Servomotoren verwendet werden.
 - DC-Motoren, BLDC-Motoren und Linearen DC Servomotoren müssen über einen geeigneten Positionencoder verfügen (siehe Kap. 4.4, S. 28).
 - FAULHABER MC 3602 B oder MC 3606 B Motion Controller können auch zum Betrieb von Schrittmotoren mit oder ohne Inkrementalencoder verwendet werden.
1. Verbindung zum Motion Controller herstellen.
 2. Im Motion Manager den Motor und die verbauten Positionsgeber aus der Liste der Motoren auswählen (siehe Motion Manager Softwarehandbuch).
 - Nicht aufgeführte Motoren können manuell ergänzt werden.
 - Für Schrittmotoren kann ein Teil der Parameter während der Inbetriebnahme automatisch identifiziert werden.



- FAULHABER Motoren direkt aus der Liste der Motoren auswählen, da dann die Reglerparameter und der thermische Schutz passend voreingestellt werden.
- Manuell angelegte Motoren finden sich in der Auswahlliste unter dem Oberpunkt **Manuell eingestellt**.

Antrieb konfigurieren und starten

4.3 Synchronbetrieb

Die Elektromotoren können auf folgende Weisen angesteuert werden:

- geregelt (closed loop), z. B. auf Basis von angebauten Positionencodern
- gesteuert (open loop), d. h. ungeregt ohne Rückmeldesignale

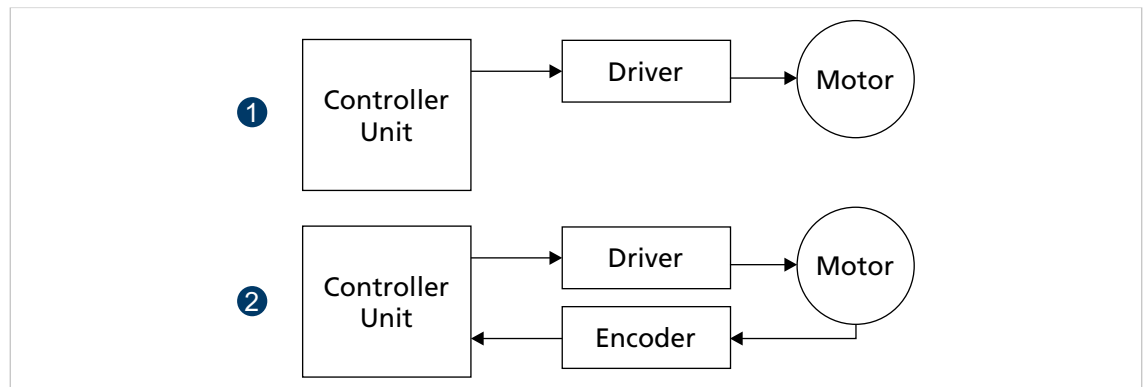


Abb. 6: Gesteuerter und geregelter Betrieb von Elektromotoren

1 Gesteuerter Betrieb (open loop)

2 Geregelter Betrieb (closed loop)

FAULHABER Motion Controller bieten die folgenden Betriebsarten an:

Motor	Variante	Beschreibung
DC	geregelt	Drehzahl oder Position wird über die Höhe der an den Motor abgegebenen Spannung dynamisch geregelt. Der Strom wird ggf. begrenzt, um den Motor gegen Überlast zu schützen.
BLDC / LM Stepper	geregelt	Drehzahl oder Position wird über die Höhe der an den Motor abgegebenen Spannung dynamisch geregelt. Abhängig von der Rotorposition wird die Spannung an die drei Motorwicklungen blockartig oder sinusartig verteilt (kommutiert). Der Strom wird ggf. begrenzt, um den Motor gegen Überlast zu schützen.
Stepper	gesteuert	Die Motoren werden entweder mit konstanter Spannungsamplitude oder mit geregelter Phasenstrom betrieben. Phasenlage und Drehgeschwindigkeit des so entstehenden Drehfelds werden vom Motion Controller vorgegeben. Ein Positionsenncoder wird nicht verwendet und nicht benötigt.

Eigenschaften des geregelten Betriebs

In allen Betriebsarten wird im Motor (DC, BL, LM, Stepper) nur genau der Strom eingepreßt, der für die geforderte Bewegung benötigt wird. Bei Überlast kann sich gegenüber einer Positions- oder Geschwindigkeitsvorgabe ein Schleppfehler oder Schlupf ausbilden, der ausgeglichen wird, sobald der Motor nicht mehr überlastet ist.

FAULHABER Motor Controller erlauben die Nutzung von transienten Spitzendrehmomenten bzw. Spitzenkräften, die über das Nennmoment bzw. die Nennkraft hinausgehen, sofern der Motor bzw. die Elektronik noch nicht an der thermischen Grenze betrieben wird.

- Für die Regelung wird mindestens ein Positionsenncoder benötigt.
- Die Regelgenauigkeit hängt von der Genauigkeit des verwendeten Positionencoders ab.
- Insbesondere Drehzahl- und Positionsregler müssen an die Lastsituation angepasst werden.

Antrieb konfigurieren und starten

Eigenschaften des gesteuerten Betriebs

Die Motoren werden mit fest vorgegebener Spannung oder fest vorgegebenem Strom betrieben. Der Signalwechsel in den Phasen (Kommütierung) erfolgt ebenfalls rein gesteuert anhand der vorgegebenen Sollposition bzw. den verwendeten Profilparametern für Beschleunigung und Geschwindigkeit.

Bei Überlast oder bei zu schnellen Positionsänderungen können die Rotoren dem Statorfeld ggf. nicht mehr folgen. Der Motor kommt außer Tritt und die Zielposition wird nicht mehr erreicht. Daher werden synchron betriebene Motoren typisch mit Spannungen oder Strömen beaufschlagt, die sicheres Folgen auch im Rahmen der zu erwartenden Störmomente erlaubt.

Für den gesteuerten Betrieb ist kein Positionsenncoder nötig.

Der Einlauf in die Zielposition erfolgt im gesteuerten Betrieb ohne Überspringen.

- Die Profilparameter für Beschleunigung und Geschwindigkeit sorgfältig wählen.
- Im Betrieb mit fest vorgegebenem Strom muss nur der Stromregler an den Motor angepasst werden.
- Der Stromregler wird durch den Motion Manager während der Inbetriebnahme auf Basis der eingestellten oder identifizierten Motordaten automatisch eingestellt.

 Im Synchronbetrieb ergibt sich die interne Positionsauflösung aus der Interpolationsrate für Schrittmotoren (0x2329.0x10) und der Polpaarzahl:

$$\text{Interne Positionsauflösung} = \frac{\text{Schritte pro Umdrehung}}{4} * \text{Interpolationsrate je Polpaar}$$

4.4 Anpassung der Reglerparameter und Strombegrenzungswerte

Die Motorregelung (Motor Control) stellt im geregelten Betrieb sicher, dass die geforderten Sollwerte eingehalten werden. Hierfür werden Soll- und Istwerte verglichen und ggf. nachgeregelt.

Über die Factor Group werden interne Positionswerte oder Geschwindigkeitswerte in benutzerdefinierte Einheiten umgerechnet.

Mögliche Istwertquellen sind:

- Analoge Hallsensoren
- Digitale Hallsensoren
- Inkrementalencoder
- Absolutencoder
- Analoge Eingänge, z. B. für Tachogeneratoren oder Positionspotentiometer

Mögliche Sollwertquellen sind:

- Sollwertobjekte im Objektverzeichnis
- Analoge Eingänge
- PWM-Eingang
- Sollposition als Quadratur- oder Puls-/Direction-Signal

Antrieb konfigurieren und starten

4.4.1 Reglerkaskade

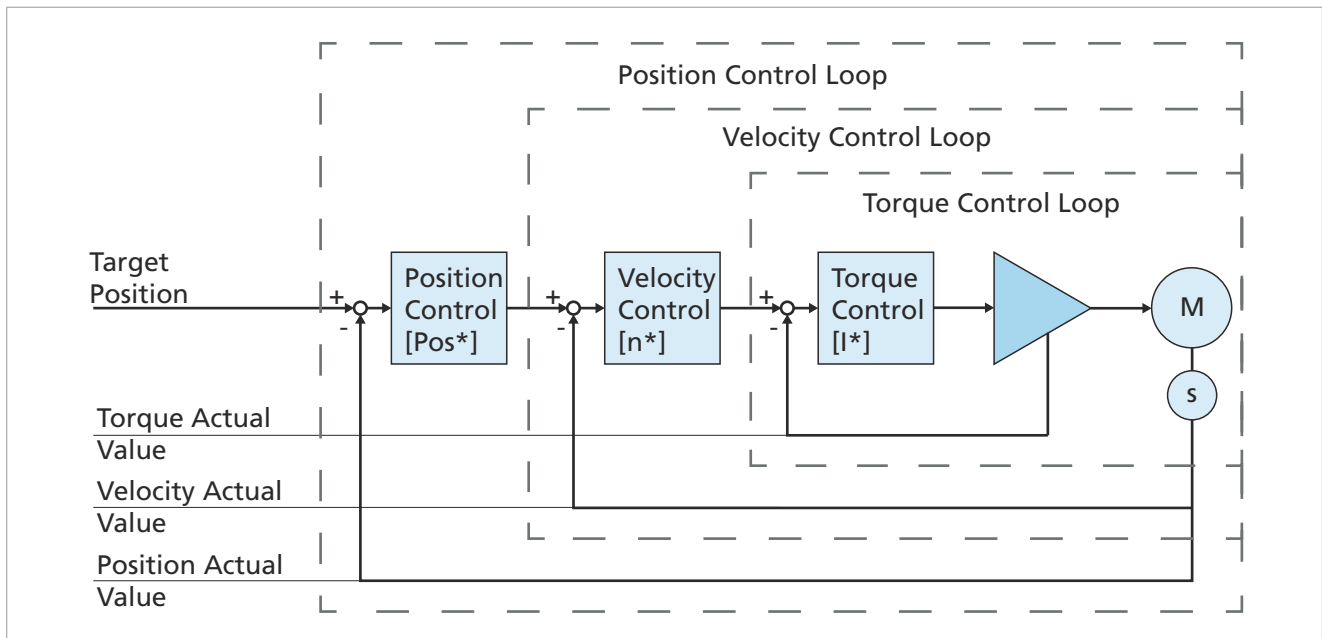


Abb. 7: Reglerkaskade

Folgende Regelschleifen sind im Motion Controller in einer Kaskadenstruktur aufgebaut (siehe Abb. 7):

- **Regelschleife zur Momentenregelung**
Die innerste Regelschleife regelt das Moment über den Motorstrom (Momentenregler).
- **Regelschleife zur Geschwindigkeitsregelung**
Die Geschwindigkeitsregelung ist die mittlere Regelschleife und fordert abhängig von der Regelabweichung der Geschwindigkeit ein Sollmoment an, das der unterlagerte Momentenregler einstellt.
- **Regelschleife zur Positionsregelung**
Die Positionsregelung ist die äußerste Regelschleife und fordert abhängig von der Regelabweichung der Position eine Sollgeschwindigkeit an, die der unterlagerte Geschwindigkeitsregler einstellt.

Vorteil der Kaskadenstruktur ist die getrennte Inbetriebnahme jeder Stufe. Innerhalb jeder Stufe können Sollwertbegrenzungen direkt vorgegeben werden.

i Für die Optimierung der Regelung müssen die Regelkreise beginnend vom innersten (Momentenregler) zum äußersten Regelkreis (Positionsregler) eingestellt werden. Je nach Ziel der Regelung sind unterschiedliche Optimierungen möglich.

Ziele der Regelung

- Konstantes Drehmoment bzw. konstante Kraft
- Hoher Gleichlauf (konstante Motordrehzahl)
- Ruhiger Motorlauf (geräuscharm)
- Hohe Dynamik bei Sollwertänderungen
- Hohe Dynamik in der Reaktion auf Störgrößen
- Hohe Positioniergenauigkeit
- Überschwingungsfreier Einlauf in die Zielposition

Antrieb konfigurieren und starten

i Nicht alle Ziele der Regelung können mit dem gleichen Satz an Reglereinstellungen erreicht werden. Hinweise zur Optimierung der Regler finden sich in den Folgekapiteln der jeweiligen Regler.

Motorregelung in den Betriebsarten CSP, CSV und CST

In den Betriebsarten CSP, CSV und CST werden die Sollwerte für Position, Geschwindigkeit und Moment von einer übergeordneten Steuerung zyklisch vorgegeben und direkt auf die Regelung aufgeschaltet. Die übergeordnete Steuerung ermittelt die ggf. nötigen Zwischenwerte (Interpolation) und koordiniert die Bewegung mit den anderen Antrieben des Systems.

Motorregelung in den Betriebsarten PP und PV

In den Betriebsarten PP und PV errechnet der Profilgenerator im Motion Controller aus den Zielwerten für die Position oder die Geschwindigkeit sowie den Grenzwerten für die Beschleunigungen und die Geschwindigkeit selbstständig einen Bewegungsverlauf, sowie die dazu nötigen zeitlichen Verläufe für Moment, Geschwindigkeit und Position. Dadurch wird folgendes direkt im Antrieb sichergestellt:

- Grenzen der Beschleunigung bzw. der Bremsverzögerung
- Die maximal zulässige Geschwindigkeit

Motorregelung in den Betriebsarten APC, AVC und ATC

In den Betriebsarten APC, AVC und ATC werden die Sollwerte für die Regelung über diskrete Eingänge wie z. B. einen analogen Eingang vorgegeben.

4.4.2 Unterstützte Motoren

Die in den FAULHABER Motion Controllern eingesetzten Regler sind für den Betrieb von FAULHABER DC-, BL-Servo- und Linearmotoren optimiert.

FAULHABER MC 3602 B oder MC 3606 B Motion Controller können auch zum Betrieb von Schrittmotoren mit oder ohne Inkrementalencoder verwendet werden. Mit verbautem Encoder kann die Motorposition auch in diesem Fall geregelt werden. Alternativ werden Positionsänderungen synchron vorgegeben.

i Alle unterstützten Motoren können im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers direkt ausgewählt werden.

Fremdmotoren können in folgenden Fällen ebenfalls mit dem Motion Controller betrieben werden:

- Der Motor hat ein geeignetes Drehzahl- und/oder Positionsgebersystem.
- Der Wertebereich der elektrischen Motorkenndaten ist vergleichbar zu Motoren aus dem FAULHABER Portfolio.

i Bei Betrieb eines Fremdmotors mit dem Motion Controller muss der Motor im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers angelegt werden (siehe Motion Manager Softwarehandbuch).

HINWEIS

Bei Betrieb eines Motors mit falsch eingestellten Reglern kann der Motor oder der Motion Controller beschädigt werden.

- ▶ Sicherstellen, dass die Reglereinstellungen korrekt sind.

Antrieb konfigurieren und starten

4.4.3 Momentenregler

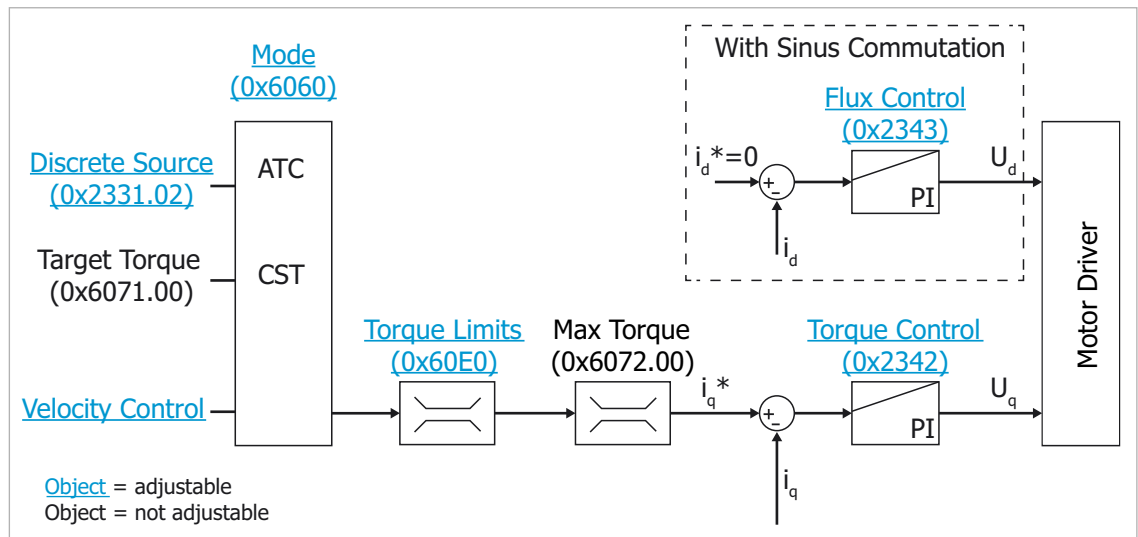


Abb. 8: Motion Manager 6 Ansicht der Momentenregelung

Der Momentenregler regelt beim DC-Motor den Motorstrom. Beim BL-Motor mit Sinuskommutierung werden der momentenbildende Stromanteil I_q in Phase mit der EMK des Motors und der feldbildende Stromanteil I_d in Phase mit dem magnetischen Feld des Rotors getrennt geregelt. Bei BL-Motoren mit Blockkommutierung wird die Amplitude des Motorstroms geregelt.

Beim DC-Motor und beim BL-Motor mit Blockkommutierung ist der Ausgabewert der Stromregelung der Betrag der Motorspannung. Beim BL-Motor mit Sinuskommutierung ist der Ausgabewert der Stromregelung die Motorspannung in Betrag und Phase. Bei Schrittmotoren wird im Synchronbetrieb mit konstantem Strom der Phasenstrom des Motors direkt geregelt.

4.4.3.1 Konfiguration

Momentenregler

Der Momentenregler ist als PI-Regler für den Motorstrom bzw. für die momentenbildende Motorstromkomponente I_q ausgeführt.

Die zugehörigen Parameter sind die Reglernachstellzeit $T_{N,I}$ im Objekt 0x2342.02 und die Reglerverstärkung $K_{p,I}$ im Objekt 0x2342.01.

Tab. 8: Torque Control Parameter Set

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2342	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain $K_{p,I}$	U32	rw	a)	Reglerverstärkung [mOhm]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	rw	a)	Reglernachstellzeit [μ s], Range: 150–2600 μ s

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Durch die Motorauswahl im Inbetriebnahmebereich des Motion Manager werden die Parameter des Momentenreglers aus den elektrischen Kennwerten des angeschlossenen Motors entsprechend des Betrags optimums eingestellt.

Antrieb konfigurieren und starten

Feldregler

Bei BL-Motoren und bei Schrittmotoren mit Encoder wird über die feldorientierte Stromregelung (FOC) der in Phase zum Magnetfeld des Rotors liegende Stromanteil I_d getrennt geregelt. Die Einstellungen des Reglers finden sich im Objekt 0x2343 und entsprechen in der Regel denen des Momentenreglers.

Tab. 9: Flux Control Parameter Set

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2343	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain $K_{p,I}$	U32	rw	a)	Reglerverstärkung [mOhm]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	rw	a)	Reglernachstellzeit [μ s], Range: 150–2600 μ s

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Sollwerte

- Die Sollwerte für den Momentenregler werden in der Betriebsart CST über das Kommunikationssystem (Objekt 0x6071) direkt vorgegeben. In der Betriebsart ATC erfolgt die Sollwertvorgabe über eine diskrete Quelle, wie z. B. einen analogen Eingang (siehe Kap. 4.10, S. 78 bzw. Kap. 4.8, S. 60).
- In Betriebsarten mit aktivem Geschwindigkeitsregler wird der Momentensollwert vom Geschwindigkeitsregler ermittelt.
- Die Regelung erfolgt über bezogene Größen. Ein Sollwert von 1000 entspricht dem Nennmoment des angeschlossenen Motors.
- Der Sollwert des feldbildenden Stromanteils liegt in der Regel bei 0, da bei Kleinmotoren mit Luftspaltwicklung kein Feldschwächbetrieb möglich ist.
- Ein Sollwert $\neq 0$ wird für den Feldregler angefordert, wenn die Spannung der Motorversorgung den eingestellten Grenzwert überschreitet. Damit können kurzfristige Energiespitzen ohne Einfluss auf die Motordynamik abgebaut werden.

Istwerte

Der Momentenregler regelt den Motorstrom durch den Vergleich des Sollwerts mit dem Istwert. Der Istwert wird als Motorstrom im Gerät gemessen.

-  Die besten Regelungsergebnisse werden erreicht, wenn der Motornennstrom größer als 30% des Gerätenennstroms ist (siehe Tab. 10).

Tab. 10: Beispielbetrieb eines 3564K024 B Motors mit 2,5 A Nennstrom

Motion Controller	Gerätedauerstrom	Eignung
MC 5010	10 A	Möglich
MC 5005	5 A	Empfohlen
MC 5004	4 A	Empfohlen

Antrieb konfigurieren und starten

Limits

Die Sollwerte des Momentenreglers können über die Objekte 0x60E0 (Positive Torque Limit Value) und 0x60E1 (Negative Torque Limit Value) begrenzt werden. Zusätzlich wird der Sollwert zunächst auf den eingestellten Spitzenstrom begrenzt. Bei höherer Auslastung des Motors und dadurch gesteigener Wicklungstemperatur wird der Sollwert auf den eingestellten Dauerstrom begrenzt.

Dauerstrom und Spitzenstrom des Motors werden vom Motion Manager während der Inbetriebnahme auf Basis der Datenblattwerte des Motors eingestellt. Je nach Anwendung können oder müssen diese Werte ggf. angepasst werden (siehe Kap. 6.1, S. 157).

Tab. 11: Positive Torque Limit Value

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60E0	0x00	Positive Torque Limit Value	U16	rw	6000	Betrag des oberen Begrenzungswerts in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Tab. 12: Negative Torque Limit Value

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60E1	0x00	Negative Torque Limit Value	U16	rw	6000	Betrag des unteren Begrenzungswerts in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Optimierung der Regelung

Über die Inbetriebnahme-Tools des Motion Managers ist der Stromregler bereits für gängige Aufgaben voreingestellt. Eine manuelle Optimierung ist mit den im Motion Manager verfügbaren Tools möglich.

i Zur manuellen Optimierung des Stromreglers den Stromregler mit Sollwertsprüngen bei festgebremstem Motor beaufschlagen und die beiden Reglerverstärkungen K_{PI} für Momenten- und Feldregler über die Objekte 0x2342.01 und 0x2343.01 gleichartig anpassen (siehe Abb. 9).

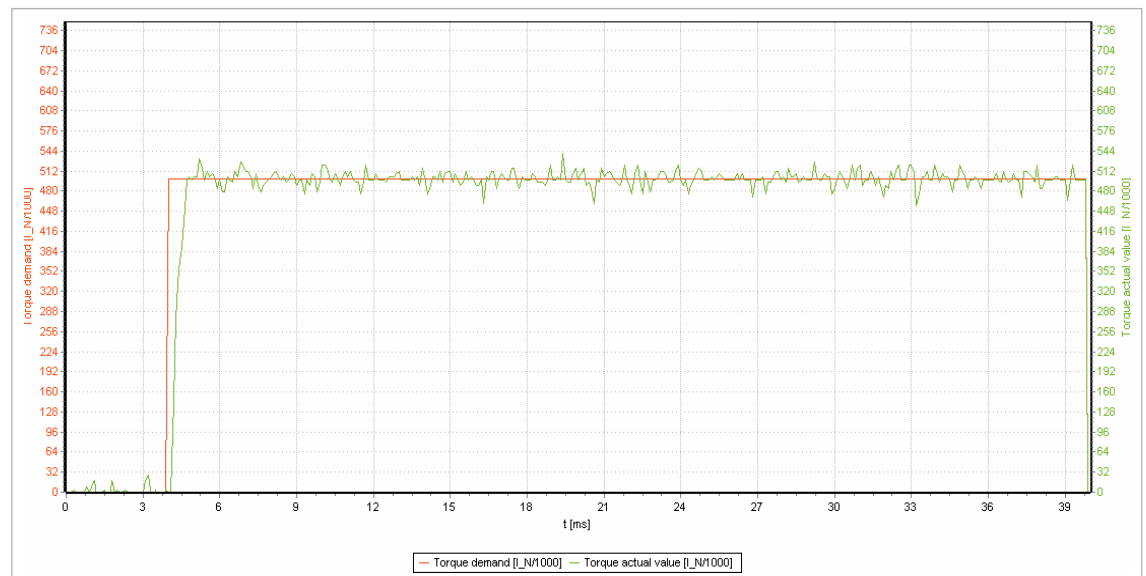


Abb. 9: Sollwertsprung bei Momentenregelung

Antrieb konfigurieren und starten

4.4.4 Geschwindigkeitsregler

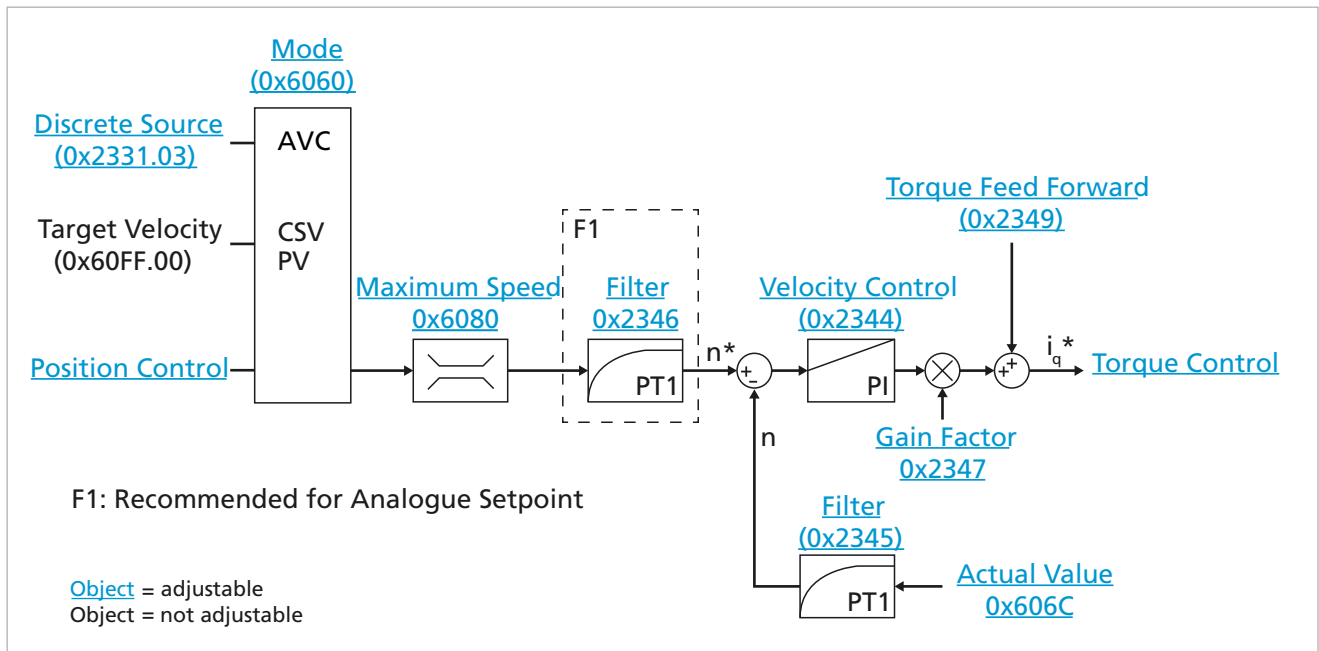


Abb. 10: Motion Manager Ansicht der Geschwindigkeitsregelung

Der Geschwindigkeitsregler nutzt den bereits eingestellten und ggf. optimierten Momentenregler. Aus dem zeitlichen Verlauf der Regelabweichung wird das für den Abgleich von Soll- und Istwert benötigte Moment ermittelt. Der unterlagerte Momentenregler stellt das geforderte Moment ein, sofern keine Begrenzungen aktiv sind.

Die Parameter des Geschwindigkeitsreglers hängen von der Last ab, die der Motor treiben muss:

- Massenträgheit bzw. die bewegte Masse der Last
- Massenträgheit des Motors
- Elastizität der Kopplung zwischen Motor und angetriebener Last

Der Geschwindigkeitsregler wird ausschließlich im geregelten Betrieb (closed loop) verwendet.

Antrieb konfigurieren und starten

4.4.4.1 Konfiguration

Geschwindigkeitsregler

Der Geschwindigkeitsregler im Motion Controller ist als PI-Regler ausgeführt. Parameter sind die Reglernachstellzeit $T_{N,n}$ im Objekt 0x2344.02 und die Reglerverstärkung $K_{p,n}$ im Objekt 0x2344.01.

Tab. 13: Velocity Control Parameter Set

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2344	0x00	Number of Entries	U8	ro	6	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain K_p	U32	rw	a)	Reglerverstärkung [As $1e^{-6}$]
	0x02	Integral Time T_N	U16	rw	a)	Reglernachstellzeit [100 μ s]
	0x03	Velocity Deviation Threshold	U16	rw	65535	Maximal zulässige Regelabweichung
	0x04	Velocity Deviation Time	U16	rw	100	Maximal zulässige Dauer einer Regelabweichung außerhalb des Korridors
	0x05	Velocity Warning Threshold	U32	rw	30000	Warnschwelle für die Geschwindigkeit in benutzerdefinierten Einheiten, siehe 0x2324.01 Bit 21
	0x06	Integral Part Option	U8	rw	0	Konfiguration des Geschwindigkeitsregelkreises: 0: Integralanteil aktiv 1: Gestoppter Integralanteil im Positionsfenster (im PP-Modus) 2: Integralanteil deaktiviert

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

i Bei Auswahl eines FAULHABER Motors im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers werden voreingestellte Reglereinstellungen für den Leerlaufbetrieb übernommen.

Im Inbetriebnahmebereich können die Regler zusätzlich an eine zu bewegende Last angepasst werden.

Sollwerte

- Die Sollwerte für den Geschwindigkeitsregler werden in den Betriebsarten CSV und PV über das Kommunikationssystem (Objekt 0x60FF) direkt vorgegeben. In der Betriebsart AVC erfolgt die Sollwertvorgabe über eine diskrete Quelle, wie z. B. einen analogen Eingang (siehe Kap. 4.10, S. 78 und Kap. 4.8, S. 60).
- In Betriebsarten mit aktivem Positionsregler wird der Sollwert der Geschwindigkeit vom Positionsregler ermittelt.

Istwerte

Der Geschwindigkeitsistwert kann über verschiedene Geber ermittelt werden (siehe Kap. 4.8, S. 60). Bei Verwendung von Hallsensoren oder eines Encoders wird der Istwert der Geschwindigkeit intern ermittelt. Wenn die Istdrehzahl über einen frei einstellbaren Eingang (z. B. einen analogen Eingang) ermittelt wird, muss die Umrechnung des Eingangswerts in eine Geschwindigkeit manuell eingestellt werden.

i Wenn in einem Antriebssystem neben dem motorseitigen Geber auch ein lastseitiger Geber (z. B. ein Inkrementalencoder) am Getriebeabgang verwendet wird, muss der Geschwindigkeitsistwert über den motorseitigen Geber ermittelt werden. Die Regelung der Position kann über den lastseitigen Zusatzgeber erfolgen.

Antrieb konfigurieren und starten

Limits

Die Sollwerte der Geschwindigkeit werden im Regler auf die im Objekt 0x6080 angegebene maximale Motorgeschwindigkeit begrenzt. Zusätzlich werden die Sollwerte in Betriebsarten mit aktivem Profilgenerator auf die maximale Profilgeschwindigkeit begrenzt (siehe Kap. 4.5, S. 46).

Tab. 14: Maximum Motor Speed

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6080	0x00	Maximum Motor Speed	U32	rw	32767	Maximalgeschwindigkeit des Motors in benutzerdefinierten Einheiten

Optimierung der Regelung

Im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers können die Parameter der Regler an die Regelungsaufgabe angepasst werden. Dazu kann entweder manuell der Trägheitsfaktor K_j angegeben oder die Parameter der Strecke über ein Identifikationsverfahren ermittelt werden.

$$K_j = \frac{J_M + J_L}{J_M}$$

Aus dem angegebenen Trägheitsfaktor K_j werden durch den Motion Manager die Reglerverstärkung und die Filterzeit für den Geschwindigkeitsistwert ermittelt. Es wird eine steife Ankopplung der Last angenommen. Bei elastischer Ankopplung oder Spiel (z. B. durch einen Riemen oder ein Getriebe) muss ggf. die Reglerverstärkung (0x2341.01) reduziert werden.



Dynamisch ausgelegte Regelungen sind bis zu einem Trägheitsfaktor von etwa 4 möglich. Bei Trägheitsfaktoren von $K_j > 4$ wird eine hoch dynamische Regelung durch die einsetzenden Stellbegrenzungen beeinträchtigt. Bei passend eingestelltem Regler ist trotzdem ein stabiler Betrieb gegeben.

Bei Trägheitsfaktoren $K_j > 10$ wird der Antrieb bei Verwendung der Standardreglerparameter hörbar lauter, da selbst kleine Störungen auf dem Geschwindigkeitsistwert zu einem deutlichen Regeleingriff führen.



VORSICHT

Gefahr durch heiße Oberfläche.

Bei Trägheitsfaktoren $K_j > 10$ steigt die Wärmeentwicklung des Antriebs in Folge der schärfer angezogenen Regelung.

- ▶ Antrieb ausreichend kühlen.
- ▶ Antrieb nur mit Wärmeschutz berühren.



Bei Trägheitsfaktoren $K_j > 10$ kann ggf. das Nennmoment des Antriebs nicht mehr erreicht werden. In Folge der Erwärmung greifen die Wärmeschutzmechanismen ein (siehe Kap. 6, S. 157).

Für einen sehr ruhigen Lauf des Motors, insbesondere bei höherem Trägheitsfaktor K_j , muss die Zeitkonstante des Istwertfilters (0x2345.01) ggf. erhöht werden. Proportional dazu muss auch die Reglernachstellzeit (0x2344.02) angehoben und ggf. die Reglerverstärkung (0x2344.01) reduziert werden.

Im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers ist der Geschwindigkeitsregler bereits vor-eingestellt. Zur Optimierung der Reglerparameter für einen dynamischen Betrieb steht im Motion Manager das Reglerparameter-Tool zur Verfügung.

Antrieb konfigurieren und starten

i Zur manuellen Optimierung des Geschwindigkeitsreglers den Regler mit Sollwertsprüngen beaufschlagen und die Reglerverstärkung anpassen (siehe Abb. 11 bzw. Abb. 12).

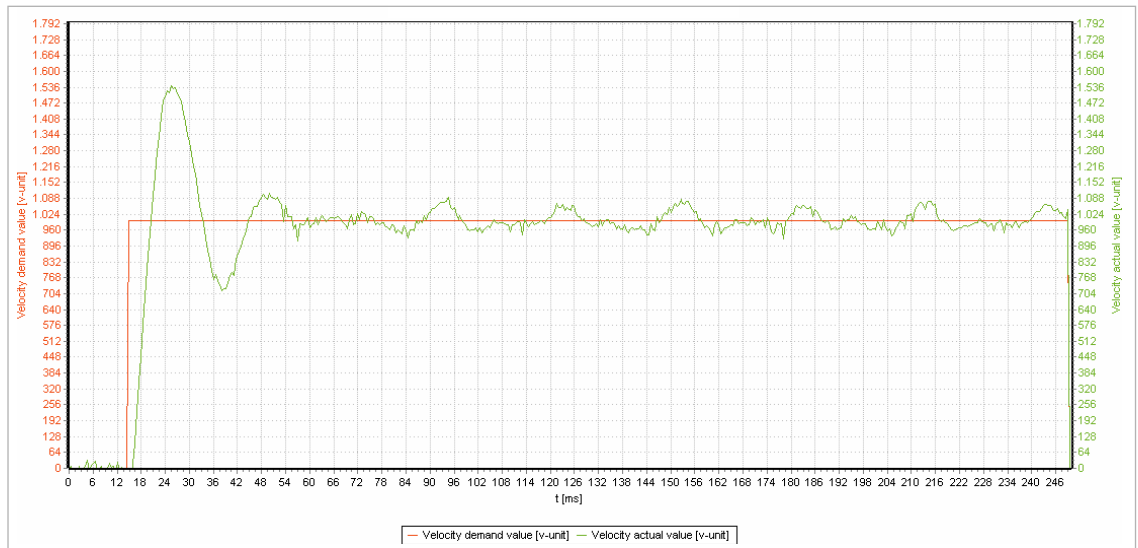


Abb. 11: Sollwertsprung bei Drehzahlregelung

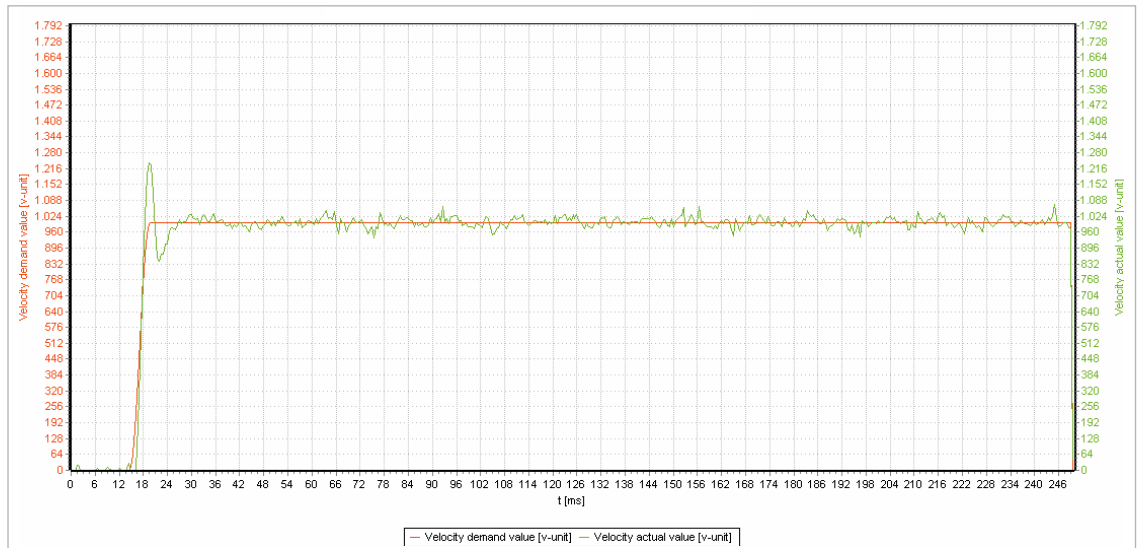


Abb. 12: Sollwertsprung bei optimierter Drehzahlregelung

Antrieb konfigurieren und starten

4.4.4.2 Filtereinstellungen

Istwertfilter (0x2345)

Der Drehzahlregler verwendet für die Istdrehzahl einen konfigurierbaren Istwertfilter. Die Filterzeit kann an die Anwendung angepasst werden:

- Die Filterzeit kann reduziert werden, wenn die Qualität und Auflösung des Gebersystems hoch ist.
- Die Filterzeit muss erhöht werden, wenn nur eine grob aufgelöste Geschwindigkeitsinformation vorhanden ist (z. B. bei der Verwendung von digitalen Hallsensoren oder Inkrementalgebern niedriger Auflösung).
- Die Filterzeit sollte erhöht werden, wenn große Massen oder Trägheiten geregelt werden sollen, da sonst bereits kleine Änderungen der Istdrehzahl große Aussteuerungen am Motor zur Folge haben.



Die Assistenten des Motion Managers stellen die Filterzeit entsprechend ein.

Tab. 15: Velocity Filter Parameter Set

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2345	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Actual Velocity Filter T_F	U16	rw	a)	Filterzeit T_F [100 μ s]
	0x02	Display Velocity Filter	U16	rw	20	Filterzeit für die Anzeige der Istdrehzahl [100 μ s]

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Sollwertfilter (0x2346)

Der Sollwertfilter dämpft sprunghafte Änderungen des Geschwindigkeitssollwerts. Die Überschwingweite des Drehzahlreglers kann damit reduziert werden. Dazu wird die Filterzeit des Sollwertfilters identisch zur Nachstellzeit des Geschwindigkeitsreglers eingestellt.

Die Verwendung des Sollwertfilters wird nur in den Betriebsarten APC und AVC bei Verwendung von sprungartigen Sollwertvorgaben empfohlen.

Tab. 16: Set Point Velocity Filter Parameter Set

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2346	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Setpoint Velocity Filter T_F	U16	rw	a)	Filterzeit T_F [100 μ s]
	0x02	Setpoint Filter Enable	U8	rw	0	0: inactive 1: active

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Antrieb konfigurieren und starten

4.4.4.3 Überwachung

Im Geschwindigkeitsregler sind vier Überwachungen für die Geschwindigkeit aktiv. Überwacht wird, ob der Antrieb steht ($n=0$) und ob im Profile Velocity Betrieb der Antrieb die Zielgeschwindigkeit erreicht hat.

Tab. 17: Überwachungen für die Geschwindigkeit

Name	Beschreibung	Parameter
Velocity Threshold	Überwacht, ob der Antrieb stillsteht	0x606F, 0x6070
Velocity Window	Überwacht, ob der Antrieb die Zielgeschwindigkeit erreicht hat	0x606D, 0x606E
Velocity Deviation Window	Überwacht, ob eine einstellbare Geschwindigkeitsabweichung überschritten wurde	0x2344.03, 0x2344.04
Velocity Warning Threshold	Überwacht, ob eine einstellbare Grenzgeschwindigkeit überschritten wurde	0x2344.05

Als Parameter für die Überwachung werden der Geschwindigkeitskorridor und die Mindestverweilzeit im Korridor eingestellt.

Velocity Window (0x606D)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606D	0x00	Velocity Window	U16	rw	32	Korridor um die Zieldrehzahl in benutzerdefinierten Einheiten

Velocity Window Time(0x606E)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606E	0x00	Velocity Window Time	U16	rw	48	Mindestverweildauer im Korridor in ms

Velocity Threshold (0x606F)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606F	0x00	Velocity Threshold	U16	rw	32	Korridor um $n = 0$ in benutzerdefinierten Einheiten

Velocity Threshold Time (0x6070)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6070	0x00	Velocity Threshold Time	U16	rw	48	Überwachungszeit [ms]. Verlässt die Geschwindigkeit länger als hier angegeben den Korridor, wird die Geschwindigkeit als ungleich 0 gemeldet.

Antrieb konfigurieren und starten

Zusätzlich zu den Standardüberwachungen wird die Reglerabweichung des Geschwindigkeitsreglers überwacht (Objekt 0x2344.03 und 0x2344.04).

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2344	0x00	Number of Entries	U8	ro	6	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain K_p	U32	rw	a)	Reglerverstärkung [As $1e^{-6}$]
	0x02	Integral Time TN	U16	rw	a)	Reglernachstellzeit [100 μ s]
	0x03	Velocity Deviation Threshold	U16	rw	65535	Maximal zulässige Regelabweichung
	0x04	Velocity Deviation Time	U16	rw	100	Maximal zulässige Dauer einer Regelabweichung außerhalb des Korridors
	0x05	Velocity Warning Threshold	U32	rw	30000	Warnschwelle für die Geschwindigkeit in benutzerdefinierten Einheiten, siehe 0x2324.01 Bit 21
	0x06	Integral Part Option	U8	rw	0	Konfiguration des Geschwindigkeitsregelkreises: 0: Integralanteil aktiv 1: Gestoppter Integralanteil im Positionsfenster (im PP-Modus) 2: Integralanteil deaktiviert

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

4.4.5 Positionsregler

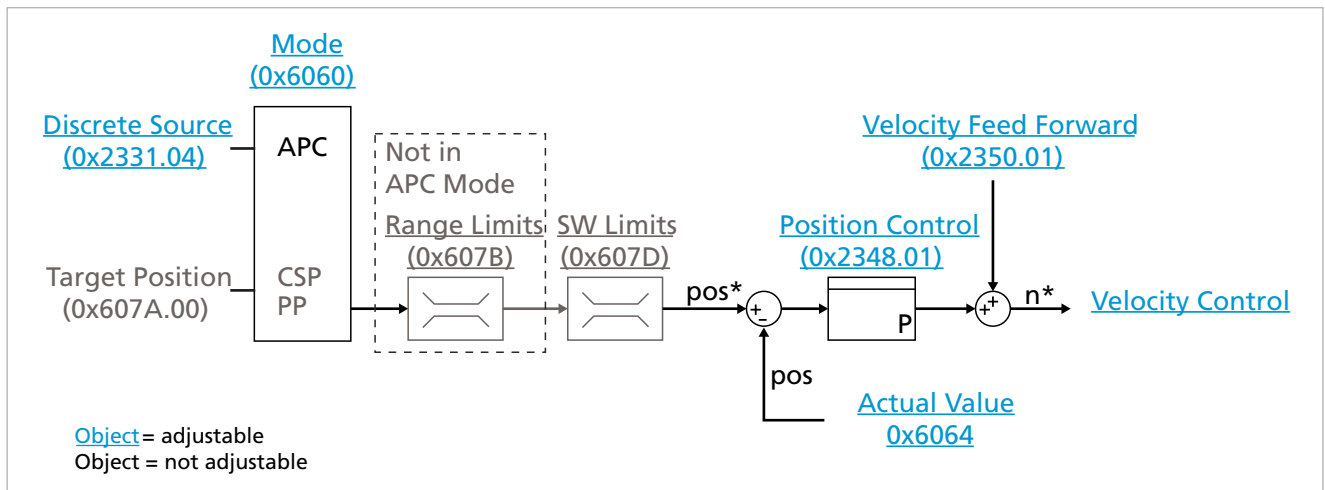


Abb. 13: Motion Manager Ansicht der Positionsregelung

Der Positionsregler stellt die äußerste Regelschleife im Motion Controller dar. Aus dem Vergleich von Positionssoll- und Istwerten wird der zu fahrende Weg errechnet und daraus die Geschwindigkeit vorgegeben.

Der Positionsregler wird ausschließlich im geregelten Betrieb (closed loop) verwendet.

Antrieb konfigurieren und starten

4.4.5.1 Konfiguration

Der Positionsregler ist als P-Regler ausgeführt. Einziger Parameter ist die Reglerverstärkung K_v in Objekt 0x2348.

Position Control Parameter Set (0x2348)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2348	0x00	Number of Entries	U8	ro	1	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain K_v	U8	rw	a)	Reglerverstärkung [1/s], Range: 1–255

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.



Bei Auswahl eines FAULHABER Motors im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers werden voreingestellte Reglereinstellungen für den Leerlaufbetrieb übernommen.

Im Inbetriebnahmebereich können die Regler zusätzlich an eine zu bewegendende Last angepasst werden.

4.4.5.2 Sollwerte

Die Sollwerte können in den Betriebsarten Profile Position Mode (PP) und Cyclic Synchronous Position Mode (CSP) über das Objekt 0x607A.00 des Kommunikationssystems vorgegeben werden.

In der Betriebsart Analog Position Control Mode (APC) wird die Sollposition direkt über eine diskrete Quelle vorgegeben (siehe Kap. 4.10, S. 78 und Kap. 4.8, S. 60).

4.4.5.3 Istwerte

Der Positionswert kann über verschiedene Gebersysteme ermittelt werden (siehe Kap. 4.8, S. 60). Folgende Gebersysteme werden häufig verwendet:

- Analoge Hallsignale für BL-Motoren und lineare BL-Servomotoren
- Inkrementalgeber oder protokollbasierte Absolutgeber (AES oder SSI) für BL-Motoren
- Inkrementalgeber für DC-Motoren
- Analoge Spannungen, z. B. über ein Positionspotentiometer



Intern wird die Position in Inkrementen direkt in der Auflösung des verwendeten Positionsgabers berechnet. Bei analogen Hallsignalen beträgt die Positionsauflösung 4096 Inkremente pro Umdrehung der Welle.

Über die Factor Group (siehe Kap. 4.9, S. 68) kann die interne Darstellung in eine anwendungsspezifische physikalische Darstellung z. B. in ° oder mm umgerechnet werden.

Limits

Der Positionssollwert im Objekt 0x607A wird vorab über die Position Range Limits und die Software Position Limits begrenzt.

Position Range Limits begrenzen den Wertebereich für den Positionswert und -sollwert. Werte außerhalb des definierten Bereichs werden ans jeweils gegenüberliegende Ende des Wertebereichs umgebrochen.

Antrieb konfigurieren und starten

Beispiel

Die Position Range Limits sind wie folgt eingestellt:

- Negative Limit (0x607B.01) = -2048
- Positive Limit (0x607B.02) = 2047

Bei positiver Fahrt im Geschwindigkeitsbetrieb erreicht die Istposition zunächst den Wert 2047 und bricht dann im nächsten Schritt auf die Position -2048 um.

Dadurch können keine absoluten Sollwerte außerhalb des durch den Range definierten Bereichs vorgegeben werden. In der Betriebsart PP können auch relative Sollwerte vorgegeben werden. Dadurch können beliebige Positionierungen in eine Richtung erreicht werden.

Für eine Fördereinrichtung soll z. B. ein Band über eine Welle verfahren werden. Dabei soll die Welle um je eine Umdrehung bewegt werden. Die Sollwertvorgabe erfolgt dazu in der Betriebsart Profile Position Mode (PP) relativ um je eine Umdrehung.

Software Position Limits stellen Grenzen für den Positionsbereich dar. Es werden keine Sollwerte außerhalb dieses Bereichs akzeptiert. Software Position Limits können auch nicht mit relativen Positionierungen überfahren werden.

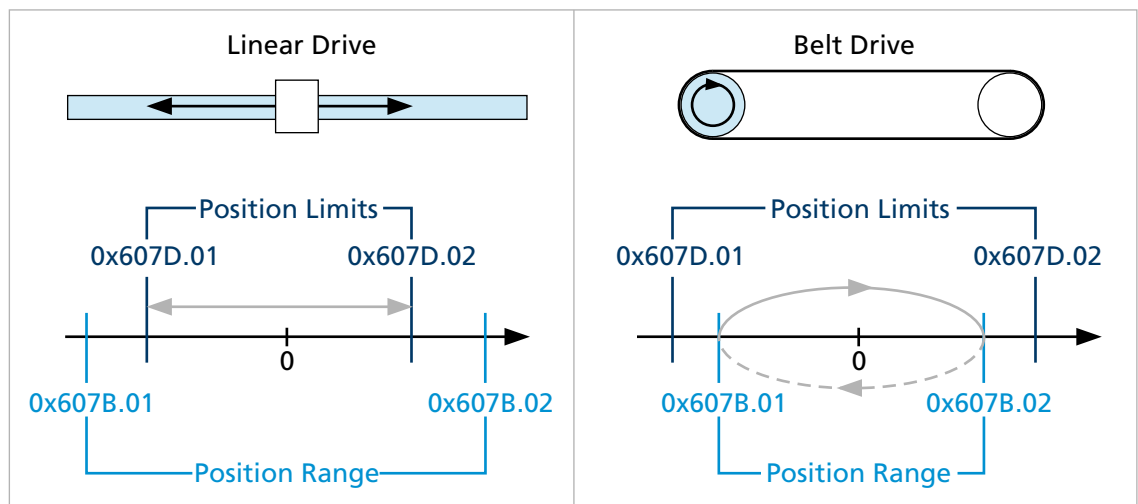


Abb. 14: Software Position Limits und Position Range Limits für Linearantriebssystem und Bandantriebssystem

Optimierung der Regelung

Die Dynamik der Positionsregelung hängt von der Dynamik des unterlagerten Geschwindigkeitsregelkreises ab. Hohe Verstärkungen im Positionsregler sind in der Regel nur möglich, wenn auch die unterlagerten Regler schnell eingestellt sind.

Im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers ist der Positionsregler bereits voreingestellt.

Für weitere Optimierungen der Reglerparameter steht im Inbetriebnahmebereich des Motion Manager das Regler-Tuning-Tool zur Verfügung.

Zur Optimierung des Positionsreglers den Positionsregler mit Sollwertsprüngen beaufschlagen und die Reglerverstärkung anpassen (siehe Abb. 15 bzw. Abb. 16).

Antrieb konfigurieren und starten

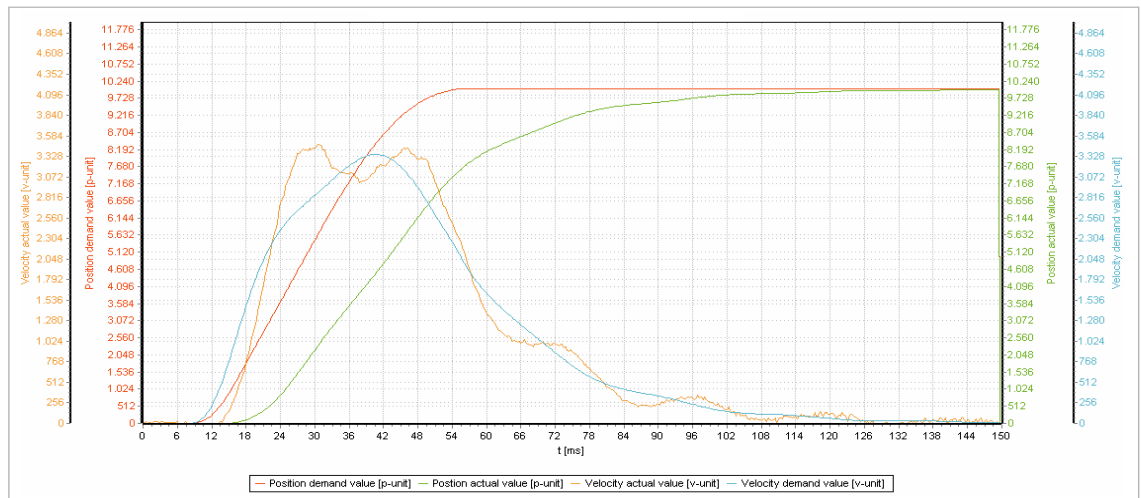


Abb. 15: Sollwertsprung bei Positionsregelung

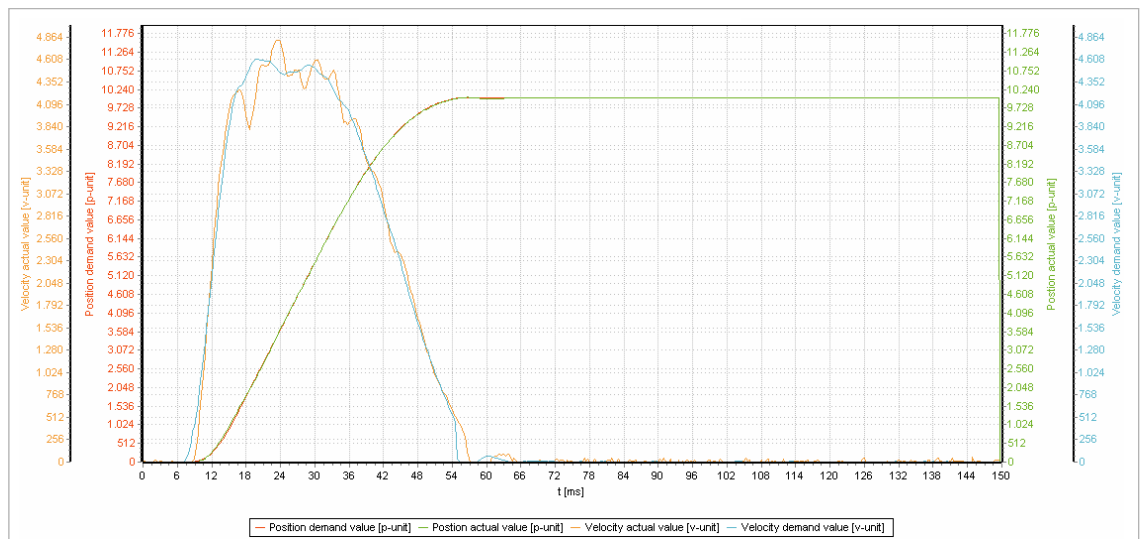


Abb. 16: Sollwertsprung bei optimierter Positionsregelung

Antrieb konfigurieren und starten

Gain Scheduling

Über den Parameter zum Gain Scheduling (0x2347) des Geschwindigkeitsreglers kann das Verhalten des Geschwindigkeitsreglers innerhalb des Zielkorridors für die Position angepasst werden.

K_{rel} definiert einen Faktor, um den die Verstärkung des Geschwindigkeitsreglers innerhalb des Positionskorridors angehoben oder abgesenkt wird. Der Faktor wirkt dabei proportional zur Positionsabweichung.

Die Reglerverstärkung des Geschwindigkeitsregler kann dabei maximal um $\pm 100\%$ verstellt werden.

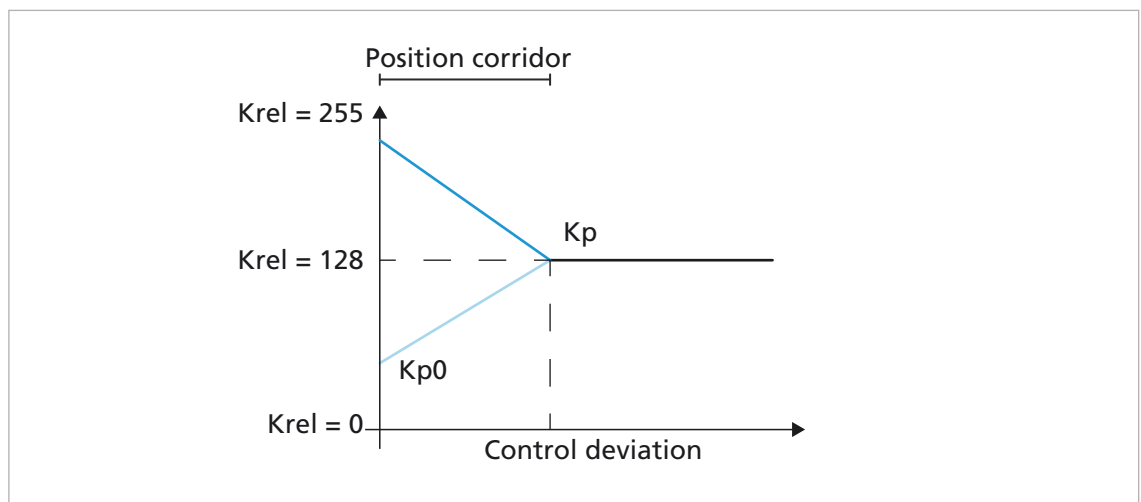


Abb. 17: Adaptive Verstärkung des Geschwindigkeitsreglers

- Werte von $K_{rel} < 128$ führen zu einer innerhalb des Positionskorridors abgesenkten Verstärkung für die Drehzahlregelung.
- Für $K_{rel} = 0$ wird die Verstärkung im Korridor bis auf 0 abgesenkt.
- Für $K_{rel} = 128$ wird die Verstärkung im Korridor nicht verändert.
- Für $K_{rel} > 128$ wird die Verstärkung der Geschwindigkeitsregelung im Korridor angehoben bis zum Faktor 2 bei $K_{rel} = 255$.

Gain Scheduling (0x2347)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2347	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain Factor K_p	U8	rw	128	Gain Faktor (wird bei der Geschwindigkeitsregelung im PP Mode auf K_p angewendet) 0: Absenkung der Verstärkung auf 0 im Ziel 128: Keine Variable Verstärkung 255: Verdoppelung der Verstärkung im Ziel
	0x02	Gain Factor K_v	U8	rw	128	Gain Faktor (wird im PP Mode auf K_v angewendet) 0: Absenkung der Verstärkung auf 0 im Ziel 128: Keine Variable Verstärkung 255: Verdoppelung der Verstärkung im Ziel

Antrieb konfigurieren und starten

Beispiel

Der Geschwindigkeitsregler soll innerhalb des Positionskorridors weicher eingestellt werden, um die erreichte Zielposition möglichst ruhig halten zu können. Der Zielkorridor wird dabei über das Objekt Position Window (0x6067) in Inkrementen oder benutzerspezifischen Einheiten vorgegeben. Der Faktor, um den die Verstärkung des Geschwindigkeitsreglers maximal abgesenkt wird, wird über das Objekt 0x2347.01 vorgegeben.

Geschwindigkeitssollwertfilter

Wird der Regler im APC Mode mit sprungartigen Sollwertvorgaben beaufschlagt, kann durch die Verwendung des Geschwindigkeitssollwertfilters (0x2346) die Positionierung optimiert werden. Die Filterzeit des Geschwindigkeitssollwertfilters bestimmt primär die Überschwingweite der Position über die vorgegebene Sollposition hinaus.

Weitere Einstellungen

Im Positionsregler greifen zwei Überwachungen für die Regelung. Im Profile Position Mode wird überwacht, ob der Antrieb die Zielposition erreicht hat. Zusätzlich wird die Reglerabweichung des Positionsreglers als Schleppfehler überwacht.

Tab. 18: Überwachungen für die Regelung

Name	Beschreibung	Parameter
Position Window	Überwacht, ob der Antrieb die Zielposition erreicht hat	0x6067, 0x6068
Following Error Window	Überwacht, ob der eingestellte Schleppfehler verlassen wurde	0x6065, 0x6066

Als Parameter für die Überwachung der Istposition werden der Positionskorridor und die Mindestverweilzeit im Korridor eingestellt. Die Position wird im Profile Position Mode als erreicht signalisiert, wenn die Istposition mindestens für die Position Window Time im Zielkorridor liegt.

Position Window (0x6067)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6067	0x00	Position Window	U32	rw	32	Korridor um die Zielposition in benutzerdefinierten Einheiten

Position Window Time (0x6068)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6068	0x00	Position Window Time	U16	rw	48	Mindestverweildauer im Korridor, bis die Zielposition in der Betriebsart PP als erreicht signalisiert wird.

FollowingError window (0x6065)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6065	0x00	FollowingError Window	U32	rw	32	Korridor für die Regelabweichung des Positionsreglers in benutzerdefinierten Einheiten

FollowingError time out (0x6066)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6066	0x00	FollowingError Time Out	U16	rw	48	Zeit, für die ein Schleppfehler mindestens außerhalb des definierten Korridors liegen muss, bevor der Fehler signalisiert wird

Antrieb konfigurieren und starten

4.5 Konfiguration des Profilgenerators

i Die Funktion des Profilgenerators steht nur in den Betriebsarten PP und PV zur Verfügung. In den Betriebsarten CSP, CSV und CST werden die Sollwerte direkt auf die Regelung aufgeschaltet.

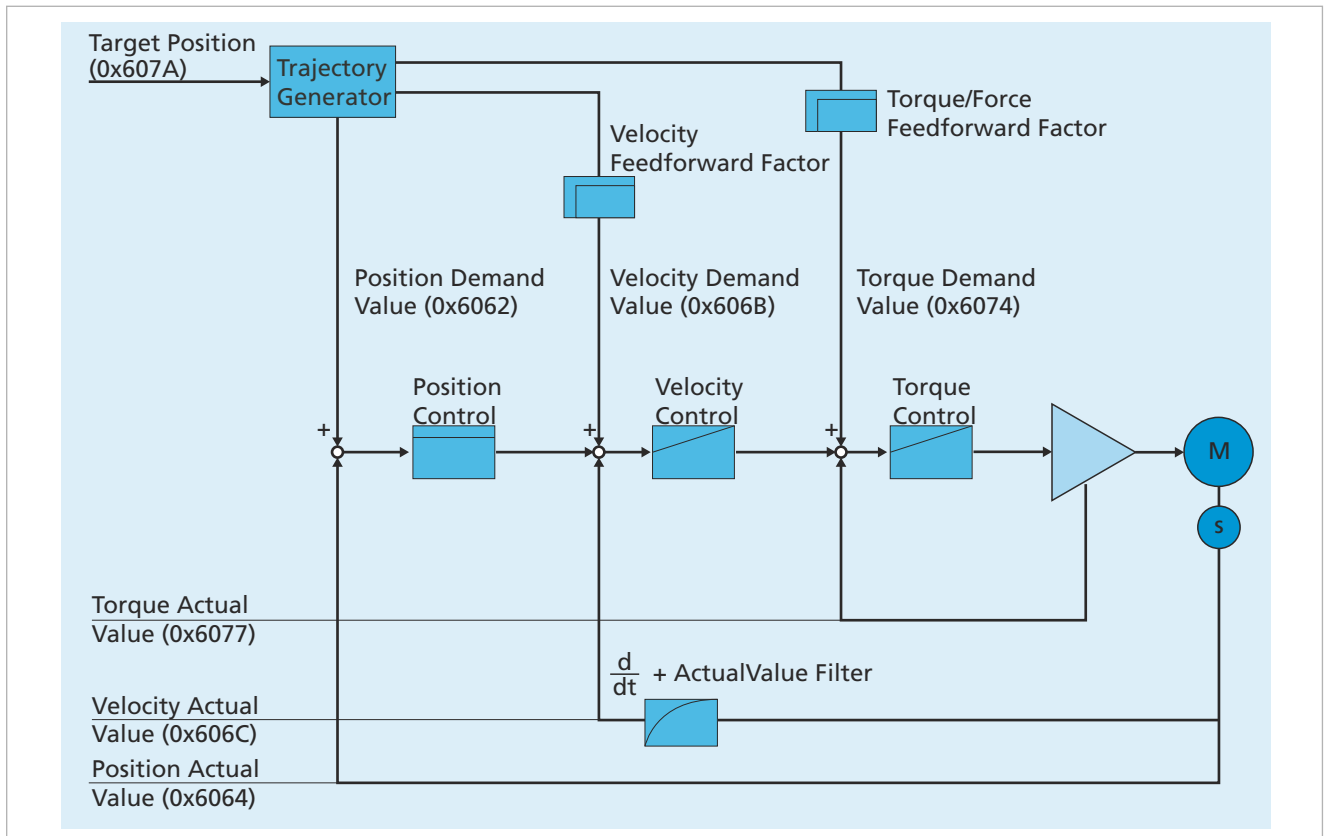


Abb. 18: Regelkreis mit vorgeschaltetem Profilgenerator

In den Betriebsarten Profile Position Mode (PP) und Profile Velocity Mode (PV) berechnet der Profilgenerator aus folgenden Werten ein Bewegungsprofil für die Position **Pos(t)**, die Geschwindigkeit **v(t)** und die Beschleunigung **a(t)**.

Antrieb konfigurieren und starten

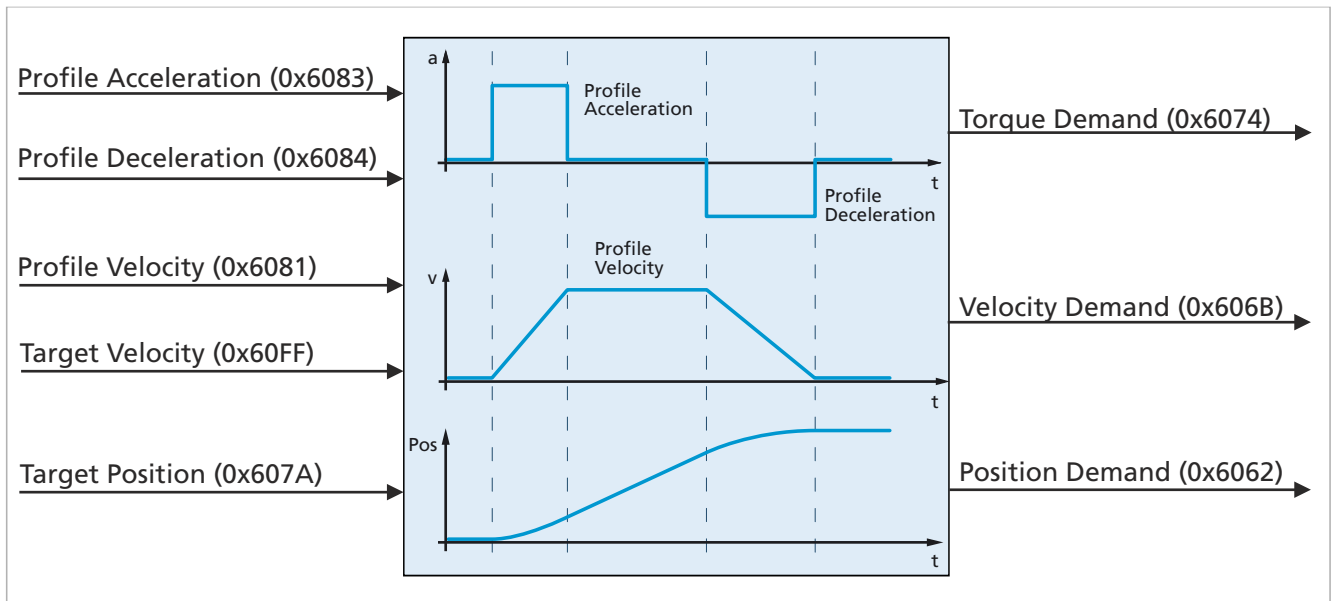


Abb. 19: Berechnung des Bewegungsprofils

Über das Objekt 0x6086 kann der Profiltyp ausgewählt werden.

Unterstützt werden:

- **Lineare Profile:** Beschleunigungen werden direkt aufgeschaltet. Die Bewegungen entsprechen einem Trapezprofil für die Geschwindigkeit. Dieser Profiltyp ist begrenzt bzgl. der aufgeschalteten Beschleunigung und unbegrenzt bzgl. des dabei entstehenden Rucks.
- **Sin²-Geschwindigkeit:** Die Beschleunigungen werden so aufgeschaltet, dass sich sin² Geschwindigkeitsverläufe ergeben. Dieser Profiltyp ist begrenzt bzgl. der aufgeschalteten Beschleunigung und des entstehenden Rucks.

i Lineare Profile eignen sich für steife Mechaniken. Die Zielposition oder die Zielgeschwindigkeit wird bei linearen Profilen am schnellsten erreicht. Sin²-Profile eignen sich für weiche Mechaniken. Die Zielposition wird theoretisch später erreicht. Da bei Sin² Profilen weniger Schwingungen angeregt werden, kann die Ausregelzeit insgesamt dennoch niedriger liegen als bei linearen Profilen.

Die Sollwerte für die Regelung werden in den Betriebsarten PP und PV immer über den Profilgenerator vorgegeben. Die zusätzlichen Vorsteuerwerte können auf die Regelung aufgeschaltet werden. Die Vorsteuerwerte für Geschwindigkeit und Drehmoment bzw. Kraft können über einen Parameter auch nur zum Teil aufgeschaltet werden. Zusätzlich können die Vorsteuerwerte über einen Filter verzögert werden.

Tab. 19: Sollwertvorgaben bei PP bzw. PV

Betriebsart	Sollposition	Sollgeschwindigkeit	Solldrehmoment
PP	Aus dem Profilgenerator	Als Vorsteuerwert aufschaltbar	Als Vorsteuerwert aufschaltbar
PV	-	Aus dem Profilgenerator	Als Vorsteuerwert aufschaltbar

Antrieb konfigurieren und starten

Velocity Feedforward Parameters (0x234A)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x234A	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Velocity Feed-forward Factor	U8	rw	0	Faktor der Drehmoment- bzw. Kraftvorsteuerung 0: 0% Vorsteuerung 128: 100% Vorsteuerung
	0x02	Velocity Feed-Forward Delay	U16	rw	0	Sollwertverzögerung: 0: unverzögerte Aufschaltung 1: Aufschaltung um eine Abtastung verzögert

Torque/Force Feedforward Parameters (0x2349)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2349	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Current Feed-Forward Factor	U8	rw	0	Faktor der Drehmoment- bzw. Kraftvorsteuerung 0: 0% Aufschaltung der Vorsteuerung 128: 100% Vorsteuerung
	0x02	Current Feed-Forward Delay	U16	rw	0	Sollwertverzögerung: 0: unverzögerte Aufschaltung 1: Aufschaltung um eine Abtastung verzögert

Antrieb konfigurieren und starten

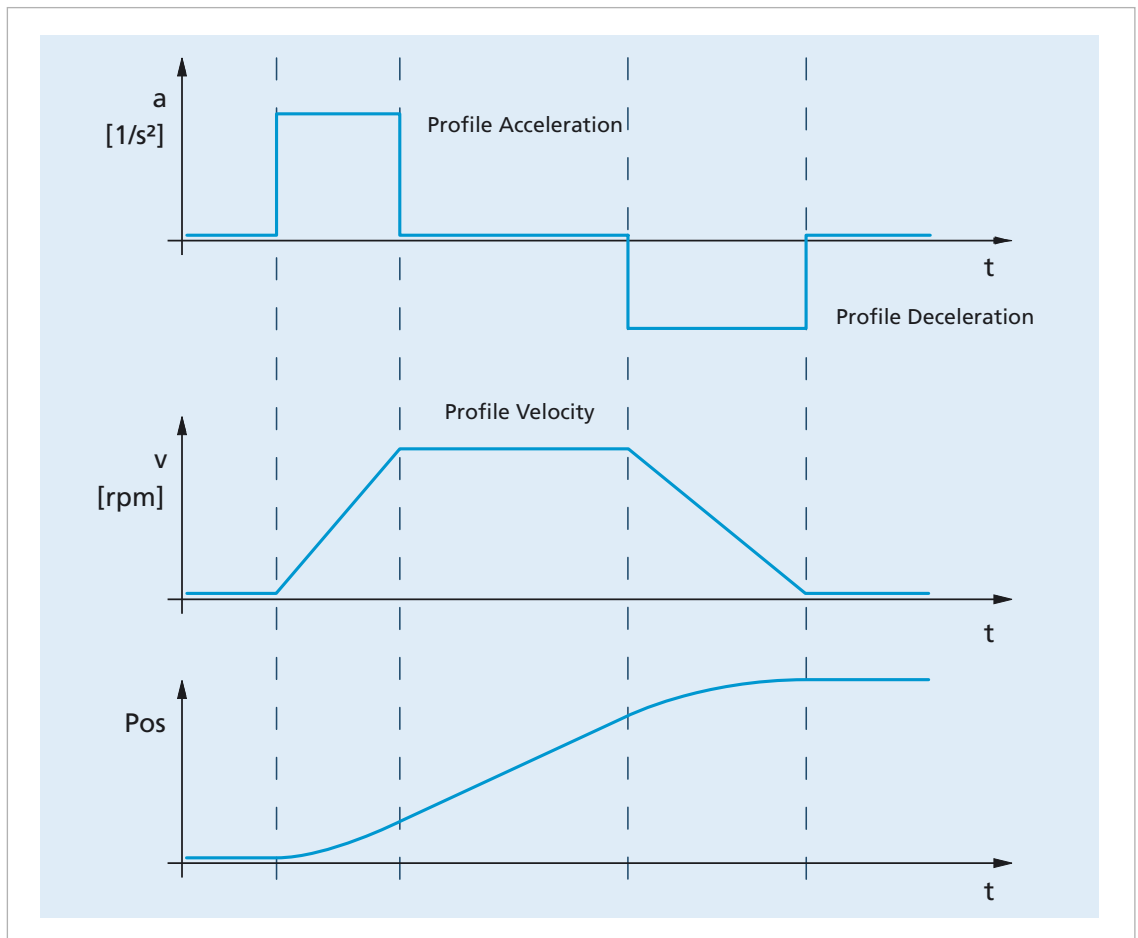


Abb. 20: Sollwerte für Position und Geschwindigkeit bei Verwendung von Linearen Profilen

i Um die Profilplanung nutzen zu können, müssen die geforderten Profilparameter für den Antrieb physikalisch umsetzbar sein.

Typische Beschleunigungswerte für DC- und BLDC-Servomotoren liegen bei bis zu 7500 1/s^2 . Linearmotoren erreichen auch Beschleunigungen bis 30000 1/s^2 und mehr.

i Informationen zur Nutzung des Profilgenerators bei zusammengesetzten Bewegungsprofilen sind in der Beschreibung der Betriebsart Profile Position Mode (PP) enthalten (siehe Kap. 5.2.5, S. 105).

i Der Motion Manager stellt im Inbetriebnahmebereich auf Motor und Last abgestimmte Profilparameter ein.

Antrieb konfigurieren und starten

4.6 Spannungsausgabe

Über das Objekt 0x2340.01 wird die Art der Spannungsausgabe festgelegt. Als Varianten der Spannungsausgabe können eingestellt werden:

Wert	Spannungsausgabe
0	nicht aktiv
1	DC-Motor
2	BL-Motor mit Blockkommutierung
3	BL- oder Linearmotor mit Sinuskommutierung ^{a)}
Ab Firmwarevariante O werden für MC 3602 B und für MC 3606 B zusätzlich unterstützt:	
4	Synchrone Ansteuerung von 2-phasigen Schrittmotoren ohne Positionsgeber - mit konstanter gehaltener Nennspannung ^{b)}
5	Synchrone Ansteuerung von 2-phasigen Schrittmotoren ohne Positionsgeber - mit konstant geregelterm Dauerstrom ^{b)}
6	Geregelter Betrieb von Schrittmotoren mit Inkrementalgeber

a) Für Motoren mit integriertem Motor Controller (Serien MCS oder IMC) voreingestellt.

b) Siehe Kap. 4.3, S. 27.

Über die weiteren Subindizes des Objekts 0x2340 können die an den Motor ausgegebenen Spannungen zurückgelesen werden. Die Skalierung beträgt je 10 mV pro Digit.



Die Auswahl der Motorvariante ist nur im Zustand *Switch On Disabled* schaltbar.

BL-Motor mit Blockkommutierung wird nur für BL-Motoren mit digitalen Hallsignalen unterstützt.

Tab. 20: Kombinationen von Motorarten und Gebern für verschiedene Ansteuerungen

Motor	DC	Blockkommutierung	Sinuskommutierung (FOC)	Synchronbetrieb
DC	Encoder	–	–	–
BLDC LM Step- per	–	Digitale Hallsignale ^{a)}	Digitale Hallsignale + Encoder oder Encoder ohne Hallsignale ^{b)} oder 3 x analoge Hallsignale oder Sin/Cos oder AES- oder SSI-Absolutwertgeber	–
Step- per	–	–	–	Ohne Sensor ^{c)}

a) Blockkommutierung benötigt digitale Hallsignale für die Kommutierung. Geschwindigkeit und Position sollten über einen zusätzlichen Encoder geregelt werden.

b) BLDC Motoren mit Encoder können auch ohne Hallsignale angesteuert werden. Dabei findet initial ein Ausrichtvorgang statt, bei dem sich der Motor innerhalb eines Wicklungssegments bewegt.

c) Siehe Kap. 4.3, S. 27

Antrieb konfigurieren und starten

General Parameters (0x2340)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2340	0x00	Number of Entries	U8	ro	8	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Commutation Type	U8	rw	3	Kommutierungstyp 0: Abgeschaltet 1: DC-Motor 2: BL-Motor mit Blockkommutierung 3: BL-Motor mit Sinuskommutierung 4: Synchrone Ansteuerung von 2-phasigen Schrittmotoren ohne Positiongeber - mit konstanter gehaltener Nennspannung ^{b)} 5: Synchrone Ansteuerung von 2-phasigen Schrittmotoren ohne Positiongeber - mit konstant geregelter Dauerstrom ^{b)} 6: Geregelter Betrieb von Schrittmotoren mit Inkrementalgeber ^{b)}
	0x02	Motor Output Voltage DC	S16	rw	-	Motor Ausgangsspannung DC ^{a)}
	0x03	Motor Output Voltage BL Block	S16	rw	-	Motor Ausgangs-Spannung BL Block ^{a)}
	0x04	Motor Output Voltage X_d	S16	rw	-	Motor Ausgangs-Spannung X_d ^{a)}
	0x05	Motor Output Voltage X_q	S16	rw	-	Motor Ausgangs-Spannung X_q ^{a)}
	0x06	Sinus Output Voltage U_a	U16	ro	-	Phasenspannung U_a ^{a)}
	0x07	Sinus Output Voltage U_b	U16	ro	-	Phasenspannung U_b ^{a)}
	0x08	Sinus Output Voltage U_c	U16	ro	-	Phasenspannung U_c ^{a)}
	0x09	Sinus Output Voltage U_d	U16	ro	-	Phasenspannung U_d ^{b)}

a) Alle Spannungen in Vielfachen von 10 mV

b) Nur für MC 3602 B und MC 3606 B



Bei Auswahl eines Motors im Inbetriebnahmebereich des Motion Managers ist die Kommutierungsart bereits entsprechend des Motortyps gesetzt.

Antrieb konfigurieren und starten

4.7 Einstellung der Sensoreingänge

Folgende Funktionen der Sensoranschlüsse werden unterstützt:

- **Sensoranschluss:**
 - Anschluss von drei analogen Hallsensoren als Motorpositionsgeber für Positions- und Geschwindigkeitsregelung sowie zur Kommutierung
 - Anschluss von drei digitalen Hallsensoren als Motorpositionsgeber für Geschwindigkeitsregelung und zur Kommutierung
 - Anschluss von zwei analogen Hallsensoren (Sin/Cos) als Motorpositionsgeber für Positions- und Geschwindigkeitsregelung sowie zur Kommutierung
- **Encoderanschluss:**
 - Anschluss eines Inkrementalencoders mit zwei oder drei Kanälen
 - Anschluss eines FAULHABER 12-Bit AES-Encoders (single-turn)
 - Anschluss eines BiSS-C-Encoders mit max. 30 Bit-Auflösung (single-turn/multi-turn)
 - Anschluss eines SSI-Encoders mit max. 30 Bit-Auflösung (single-turn/multi-turn)

Als Istwert der Position und Geschwindigkeit des geregelten Motors oder als Sollwert für Position und Geschwindigkeit.
- **Analoge Eingänge (AnIn1/AnIn2):**
 - Anschluss von analogen Quellen mit einem Spannungsbereich von ± 10 V (0...10 V für IMC) als Sollwerte für Position, Geschwindigkeit oder Moment
 - Anschluss von analogen Quellen mit einem Spannungsbereich von ± 10 V (0...10 V für IMC) als Istwerte für Position oder Geschwindigkeit
- **PWM-Eingang (DigIn1 oder DigIn2):**
 - Anschluss eines PWM-Signals als Positions-, Geschwindigkeits- oder Momentensollwert
 - Anschluss eines PWM-Signals als Istwert für Position oder Geschwindigkeit
- **Zusatz-Encoder (DigIn1 - DigIn3)**
 - Anschluss eines Inkrementalencoders mit zwei oder drei Kanälen.
 - Anschluss eines Puls-/Directionsignals an DigIn1 und DigIn2 als Sollwert oder Istwert für die Position des Antriebs.



Bei Motion Controllern der MCS-Produktreihe sind die Sensoren bereits integriert. Motion Controller der MCS-Produktreihe haben daher keine Sensoranschlüsse.

Tab. 21: Sonderfunktionen der digitalen Eingänge

	2-Kanal-Encoder	3-Kanal-Encoder	Sollwert Step/Dir	Sollwert Quadratur	Touch Probe	PWM
DigIn1	A	A	Step	A	–	Ch1
DigIn2	B	B	Dir	B	TP1	Ch2
DigIn3	–	Index	–	–	TP2	–
DigIn4...8	–	–	–	–	–	–

Antrieb konfigurieren und starten

4.7.1 Motorencoder einstellen

Am Encoderanschluss kann entweder ein Inkrementalencoder oder ein protokollbasierender AES- oder SSI-Encoder angeschlossen werden. Die Encoder können mit oder ohne differentielle Signale angeschlossen werden. Für Details zu den unterstützten Encoder-Typen siehe Product Application Note 158.

Über die Einträge im Objekt 0x2315 wird der Motorencoder eingestellt.

Tab. 22: Motor Encoder Settings

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2315	0x00	Number of Entries	U8	ro	9	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Operation Mode	U16	rw	0	Auswahl des Encodertyps
	0x02	IE Resolution	U32	rw	0x0800	Auflösung als Inkrementalencoder
	0x03	Motor Encoder Position (unscaled)	S32	ro		Istwert der Position ohne Umrechnung
	0x04	Gain	S32	ro	0x40004000	Skalierung als Bruch Zähler/Nenner
	0x05	Motor Encoder Position (scaled)	S32	rw		Position nach Umrechnung
	0x06	Absolute Encoder Bits	U32	rw	0x000C	Auflösung des Absolutencoders, angegeben als Preceding-, Multiturn- und Singleturn-Bits
	0x07	Encoder Status	U8	ro	0	Status-Bits und CRC eines BiSS-C-basierten Encoders
	0x08	Motor Encoder Act Speed	S32	ro		Geschwindigkeit auf Basis des Encoders in 1/min
	0x09	Speed Filter	U16	rw	10	Filterzeit für 0x08 in 100 µs
	0x0A	Single Turn Position	U16	ro		Motorposition innerhalb einer Umdrehung, skaliert auf 0...65535

Tab. 23: Konfiguration des Encodertyps in Objekt 0x2315.01

Bit	Bedeutung
0	Inkrementalencoder angeschlossen (single-ended oder differentiell)
1	Indexsignal vorhanden
2	Indexsignalauswertung an der steigenden Flanke
3–7	Reserviert
8	Absolutencoder mit BiSS-C Schnittstelle angeschlossen (single-ended oder differentiell)
9	SSI-Encoder angeschlossen (single-ended oder differentiell)
10	Position liegt im Gray-Code vor
11	Reserviert
12	Multiturn-Encoder
13–14	Reserviert
15	Aktiviert die Kompensation des Absolutencoders über die im Objekt 0x2506 abgelegten Korrekturwerte

Antrieb konfigurieren und starten

Für Absolutencoders können über den FAULHABER Motion Manager Korrekturwerte zur Verbesserung der Genauigkeit in einem Referenzlauf angelernt werden. Die Ablage der 64 Korrekturstützwerte erfolgt in Objekt 0x2506.

Die Kompensation kann über Bit 15 der Encoderkonfiguration (Tab. 23) aktiviert oder deaktiviert werden.

Beispiel: 3-Kanal Inkrementalencoder mit positivem Indexpuls einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2315.01 den Wert **0x00 07** setzen.
 3-Kanal Inkrementalencoder mit positivem Indexpuls ist eingestellt.

Beispiel: 12-Bit AES-Encoder einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2315.01 den Wert **0x01 00** setzen.
 12-Bit AES-Encoder ist eingestellt.
- ▶ Im Objekt 0x2315.06 den Wert **0x000C** = dezimal 12 als Auflösung einstellen.

Beispiel: Inkrementalencoder mit 512 Impulsen pro Umdrehung einstellen

 Für Inkrementalencoder muss die Encoderauflösung in Inkrementen pro Umdrehung explizit angegeben werden. Die Auflösung entspricht durch die Quadraturmethode der 4-fachen Strichzahl des Encoders.

- ▶ Auflösung des Inkrementalencoders als Quadratursignal berechnen:
 Auflösung des Encoders = $4 \times 512 = 2048$
- ▶ Im Objekt 0x2315.01 den Encodertyp auf den Wert **0x00 07** setzen.
- ▶ Im Objekt 0x2315.02 die Encoderauflösung auf den Wert **2048** setzen.
 Inkrementalencoder mit 512 Strichen pro Umdrehung ist eingestellt.

Beispiel: Multiturn BiSS-C Absolutencoder mit 12-Bit-Umdrehungszähler und 13-Bit-Auflösung je Umdrehung

- Der Motor ist an den Motion Controller angeschlossen und über den Motion Manager konfiguriert.
- Als Geber wurde zunächst AES ausgewählt.
- ▶ Im Encodertyp im 0x2315.01 auswählen:
 - Bit 8 (BiSS-C)
 - Bit 12 (Multiturn)
- ▶ Im Objekt 0x2315.06 die Encoderauflösung **0x0C0D** einstellen.
- ▶ Konfiguration speichern.
- ▶ Reset des Controllers durchführen, um die neuen Einstellungen zu übernehmen.

 Nach Änderungen an der Auflösung des Positionencoders sollte die Standardeinstellung der Factor-Group überprüft werden.

In der Regel sollte der Feed im Objekt 0x6092.01 der Auflösung des Encoders in einer Umdrehung entsprechen.

Antrieb konfigurieren und starten

4.7.2 Zusatzencoder einstellen

An den Digitaleingängen kann entweder ein Inkrementalencoder mit oder ohne Indexsignal oder ein Puls-Directionssignal angeschlossen werden. Die für die Digitaleingänge im Objekt 0x2310.08 eingestellten Schaltschwellen sind wirksam.

Über die Einträge im Objekt 0x2316 wird der Zusatzencoder eingestellt.

Tab. 24: Reference Encoder Settings

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2316	0x00	Number of Entries	U8	ro	9	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Operation Mode	U16	rw	0	Auswahl des Encodertyps
	0x02	IE Resolution	U32	rw	2048	Auflösung als Inkrementalencoder
	0x03	Reference Encoder Position (unscaled)	S32	ro	0	Istwert der Position ohne Umrechnung
	0x04	Gain	S32	rw	0x40004000	Skalierung als Bruch Zähler/Nenner
	0x05	Reference Encoder Position (scaled)	S32	rw	0	Position nach Umrechnung.
	0x08	Reference Encoder Act Speed	S32	ro	–	Aus dem Encodersignal errechnete Geschwindigkeit in 1/min
	0x09	Speed Filter	U16	rw	0	Filterzeit für die Berechnung der aktuellen Geschwindigkeit

i Über das Objekt 0x2316.04 kann die am Referenzgeber angelegte Schrittzahl in eine für die interne Positionsauflösung geeignete Skalierung umgerechnet werden.

Tab. 25: Mögliche Auswahl der Encodertypen im Objekt 0x2316.01

Bit	Bedeutung
0	Inkrementalencoder
1	Indexsignal vorhanden
2	Indexsignalauswertung an der steigenden Flanke
3–7	Reserviert
8	Positionsvorgabe über Puls-/Directionssignal
9–15	Reserviert

Beispiel: 3-Kanal Inkrementalencoder mit positivem Indexpuls einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2316.01 den Wert **0x00 07** setzen.
- ➡ 3-Kanal Inkrementalencoder mit positivem Indexpuls ist eingestellt.

i Wenn ein Referenzencoder an den Digitaleingängen angeschlossen wird, gilt folgende Belegung:

- DigIn 1: Encoder Spur A
- DigIn 2: Encoder Spur B
- DigIn 3: Encoder Index

Antrieb konfigurieren und starten

Beispiel: Positionsvorgabe über Puls-/Directionsignal

- ▶ Im Objekt 0x2316.01 den Wert **0x0100** setzen.
 - ✚ Positionsvorgabe über Puls-/Directionsignal ist eingestellt.



Bei der Positionsvorgabe über Puls-/Directionsignal gilt folgende Belegung:

- DigIn 1: Puls
- DigIn 2: Direction
 - 0: Negative Bewegungsrichtung
 - 1: Positive Bewegungsrichtung

Beispiel: Positionssollwert über einen externen Referenzencoder vorgeben

Ein BL-Motor mit analogen Hallsignalen soll für jede Umdrehung des Referenzsignals eine Umdrehung verfahren. Das Referenzsignal hat eine Auflösung von 16384 Inkrementen pro Umdrehung. Durch die analogen Hallsignale hat die interne Positionsauflösung 4096 Inkremente pro Motorumdrehung.

- ▶ Positionssollwert berechnen:
 - $\text{Interner Sollwert} = 4096 \times (\text{Referenzwert} / 16384)$
- ▶ Skalierungsfaktor für den internen Sollwert setzen:
 - Im Objekt 0x2316.04 den Wert **0x10 00 40 00** setzen.
- ✚ Die Skalierung des Positionssollwertes eines externen Referenzencoders ist auf 1/4 eingestellt



Wenn der Zusatzencoder auch als Istwert für die Geschwindigkeit verwendet werden soll, muss mit Objekt 0x2316.02 die Auflösung des Encoders in Inkrementen pro Umdrehung angegeben werden.

Beispiel: IE3-256:

- 256 Impulse pro Umdrehung
- 1024 Inkremente pro Umdrehung für die Auflösung

Antrieb konfigurieren und starten

4.7.3 Hallsensoren als Positionssensoren einstellen und abgleichen

Motoren mit analogen Hallsensoren sollten vor der Reglereinstellung abgeglichen werden. Dadurch wird ein ruhigerer Motorlauf und eine höhere Positionsgenauigkeit erreicht. Der Abgleich muss nur einmalig erfolgen.

Folgende Motoren werden unterstützt:

- Motoren mit 3 digitalen Hallsensoren. Die Polarität und Phasenfolge ist einstellbar.
- Motoren mit 3 analogen Hallsensoren.
- Motoren mit 2 analogen Hallsignalen in Sin/Cos-Konfiguration. Hier kann ein im Motor verbauter Temperatursensor zusätzlich ausgewertet werden.

i Bei Verwendung des Motion Managers können die Hallsensoren über den Motion Manager bei der Inbetriebnahme abgeglichen werden. Alternativ kann der Abgleich auch von einer übergeordneten Steuerung erfolgen (siehe Beispiel: Dynamische Hallsensoradaption).

Bei externen Motion Controllern werden Hallsensoren an den Stecker M2 angeschlossen (siehe zugehöriges Gerätehandbuch). Bei Motoren mit integriertem Motion Controller (Serien MCS oder IMC) sind die Hallsensoren fest intern verbaut.

Die Auswahl, ob die Signale an M2 als analoge Signale oder als digitale Signale ausgewertet werden sollen, erfolgt automatisch entsprechend der Einstellung des für die Kommutierung zu verwendenden Gebers in 0x2330.01.

Die Auswahl des Sensortyps und des Abgleichverfahrens erfolgt über das Objekt 0x2318.

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2318	0x00	Number of Entries	U8	ro	5	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Hall Sensor Type	U8	rw	0	Bitkodierte Auswahl des Sensortyps (siehe unten)
	0x02	Enable Adaption	U8	rw	0	0: Adaption abgeschaltet 1: Adaption aktiv
	0x03	Adaption Threshold Speed	U32	rw	1000	Mindestgeschwindigkeit in $[\text{min}^{-1}]$, ab der die Hallsignale adaptiert werden.
	0x04	Digital Hall Settings of Non-FAULHABER Motors	U8	rw	0	Bit 0: ■ 0x00: Hall-Folge A–C–B (FAULHABER) ■ 0x01: Hall-Folge A–B–C Bit 7: ■ 0x00: Hall-Signale werden direkt ausgewertet ■ 0x80: Hall-Signale werden invertiert Siehe FAULHABER Product AppNote 155.
	0x05	Hall Filter Configuration	U8	rw	0	■ Bit 0 = 0: Filter auf den Hallsignalen automatisch je nach Hall-Typ ■ Bit 0 = 1: Filter kann über Bit 1 explizit aktiviert oder deaktiviert werden ■ Bit 1 = 0: Filter ist deaktiviert ■ Bit 1 = 1: Filter ist aktiviert

Die Hallsensoren können entweder statisch durch eine Referenzfahrt über mindestens eine elektrische Polweite oder dynamisch während des Betriebs abgeglichen werden.

i Bei Motoren mit 2 Polpaaren einen einmaligen Abgleich der Sensorsignale in beiden magnetischen Polen durchführen.

Antrieb konfigurieren und starten

i Beim dynamischen Abgleich bzw. dem speziellen Abgleich von BX4- und BP4-Motoren den Motor zunächst mit niedriger, konstanter Geschwindigkeit betreiben und anschließend den Abgleich starten.

Zusätzlich zum einmaligen Abgleich können die Hallsignale auch laufend nachgeführt werden, um z. B. Schwankungen durch Temperaturänderungen auszugleichen. Dazu kann über das Objekt 0x2318.03 eine Mindestschwelle für die Geschwindigkeit gesetzt werden. Die Hallsensoren werden abgeglichen, wenn der Betrag der Geschwindigkeit oberhalb des vorgegebenen Werts liegt.

1. Im Objekt 0x2318.01 Sensortyp und Abgleichverfahren einstellen:
 - Bit 0: Abgleichverfahren
 - 0: Dynamischer Abgleich: Die Amplituden der Hallsignale werden im laufenden Betrieb fortlaufend abgeglichen. Sollte nicht für Linearmotoren verwendet werden.
 - 1: Statischer Abgleich: Die Amplituden der Hallsensoren werden nur nach einem explizit gestarteten Abgleichlauf auf die passenden Pegel skaliert.
 - Bit 1: Sensortyp
 - 0: Es werden drei um 120° versetzte Sensorsignale ausgewertet
 - 1: Zwei um 90° versetzte Sensorsignale werden ausgewertet.
 - Bit 2-6: Reserviert
 - Bit 7: Motortyp
 - 0: rotatorischer Motor
 - 1: Linearmotor LMxxxx
2. Adaption durchführen (siehe folgende Beispiele).

4.7.3.1 Beispiel: Dynamische Hallsensoradaption

Die dynamische Adaption adaptiert die Hallsignale laufend im Betrieb.

- ✓ Sensortyp und Adaptionsverfahren sind eingestellt.
1. Den Motor bei einer niedrigen konstanten Geschwindigkeit betreiben.
 2. Zum Starten des Abgleichs im Objekt 0x2318.02 einen Wert > 0 setzen.
 3. Den Motor wenige Sekunden weiterlaufen lassen.
 4. Zum Stoppen des Abgleichs im Objekt 0x2318.02 den Wert 0 setzen.
 5. Den Motor deutlich über der in 0x2318.03 eingestellten Grenzggeschwindigkeit betreiben.
 6. Den Motor wenige Sekunden weiterlaufen lassen.
-  Die Adaption ist abgeschlossen. Der Motor kann angehalten und die Parameter können abgespeichert werden.

Antrieb konfigurieren und starten

4.7.3.2 Beispiel: Statische Hallsensoradaption

Die statische Adaption eignet sich insbesondere für Motoren, die nicht laufend über längere Strecken verfahren werden, wie z. B. lineare BLDC-Servomotoren.

✓ Sensortyp und Adaptionsverfahren sind eingestellt.

1. Zum Starten des Abgleichs im Objekt 0x2318.02 einen Wert > 0 setzen.
2. Den Antrieb über die maximal mögliche Länge verfahren.
3. Zum Stoppen des Abgleichs im Objekt 0x2318.02 den Wert 0 setzen.

i Die Adaption ist nur erfolgreich, wenn mindestens eine komplette magnetische Periode des Motors (z. B. magnetische Polweite des linearen BLDC-Servomotors) durchlaufen wird.

i Für einen möglichst kurzen Verfahrensweg während des statischen Abgleichs der Hallsensoren den Abgleich vor dem Motorstart aktivieren.

4.7.4 PWM-Eingang einstellen

Über DigIn1 oder DigIn2 kann ein PWM-Signal als Soll- oder Istwert für die Regelung eingelesen werden. Im Objekt 0x2317 werden die Einstellungen der Digitaleingänge durchgeführt.

Tab. 26: PWM Input

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2317	0x00	Number of Entries	U8	ro	7	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Digital Input Pin	U8	rw	0	PWM Input: 1: DigIn1 = PWM Input 2: DigIn2 = PWM Input
	0x02	PWM Input Frequency	U32	ro		Frequenz des PWM Signals
	0x03	Duty Cycle Raw Value	S16	ro		Duty Cycle des PWM Signals (unskaliert)
	0x04	Duty Cycle Gain (Numerator / Divisor)	U32	rw	0x7FFF8000	PWM In Gain (Zähler / Nenner)
	0x05	Duty Cycle Offset	S16	rw	0	PWM In Offset
	0x06	Duty Cycle Scaled Value	S32	ro		Skalierte Pulsbreite
	0x07	Resolution As Encoder	S16	rw	1000	Auflösung in Inkrementen pro Umdrehung, falls durch den PWM Input ein Positionswert emuliert wird.

i Der Rohwert des Duty Cycle kann Werte von 0 = 0% bis 32767 = 100% annehmen. Durch die Parameter für Gain und Offset kann der gemessene Duty Cycle in eine interne Größe umgerechnet werden.

i Beispiele zur Verwendung von Analogeingängen als Sollwert für die Regelung siehe Kap. 4.8, S. 60.

Antrieb konfigurieren und starten

4.8 Signalwege

4.8.1 Auswahl der Istwerte

Die Werte für die Motorposition und die Geschwindigkeit können aus verschiedenen Quellen entnommen werden. Bei BLDC-Motoren und LM-Motoren kann zusätzlich der Kommutierungswinkel aus verschiedenen Quellen entnommen werden.

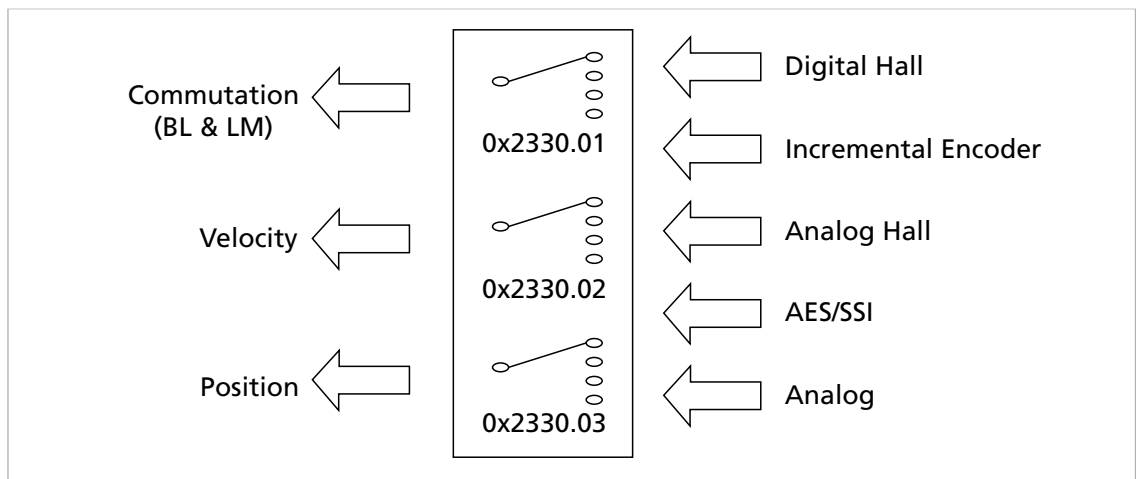


Abb. 21: Mögliche Quellen für die Auswahl der Istwerte

Wenn BL-Motoren in Kombination mit analogen Hallsensoren oder AES-Encodern verwendet werden, können Motorposition, Geschwindigkeit und Kommutierungswinkel vom selben Sensor erfasst werden.

i Digitale Hallsensoren können für die Kommutierung verwendet werden.

- Bei Verwendung von digitalen Hallsensoren für die Geschwindigkeitsinformation wird ein zusätzlicher Inkrementalencoder empfohlen.
- Für die Positionsregelung ist zwingend ein höher auflösender Positionswert, z. B. über einen Inkrementalencoder, erforderlich.

Der Kommutierungswinkel, die Geschwindigkeit und die Position können über einen direkt am Motor angebauten Encoder erfasst werden. Die Position kann über einen lastseitig verbauten Encoder erfasst werden.

Antrieb konfigurieren und starten

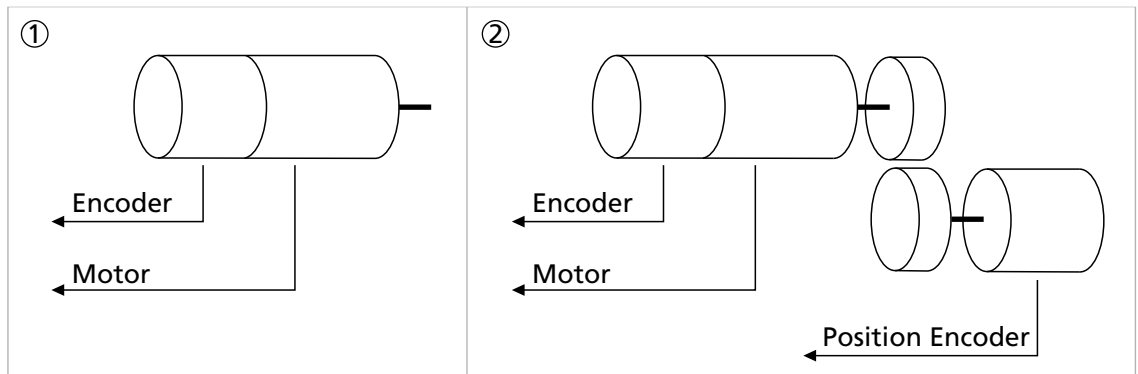


Abb. 22: Encoderverwendung für Positions- und Geschwindigkeitserfassung

- 1 Einzel-Regelschleife für Position 2 Doppel-Regelschleife mit separaten Encodern für Geschwindigkeit und Position

Bei DC-Motoren werden zur Positions- und Geschwindigkeitserfassung meistens Inkrementalencoder verwendet. Die Motorgeschwindigkeit und die Position können über einen direkt am Motor verbauten Encoder erfasst werden. Wie bei BL-Motoren, kann die Position optional auch über einen lastseitig verbauten Encoder erfasst werden.

i Wenn der Positionsensor nach einem Getriebe oder einer Übersetzung montiert ist, muss der Übersetzungsfaktor im Objekt 0x2319 angegeben werden. Andernfalls kann der Zusammenhang zwischen Motorgeschwindigkeit und Motorposition nicht mehr korrekt berechnet werden.

Reduction Ratio, external position encoder

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2319	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Numerator	U32	rw	1	Zähler der Untersetzung, z. B. 3696
	0x02	Divisor	U32	rw	1	Nenner der Untersetzung, z. B. 289

Die Auswahl der zu verwendenden Gebersysteme erfolgt über die Einträge im Objekt 0x2330.

i Wenn der Motor und das Gebersystem über den Motorauswahlassistanten des Motion Managers eingestellt wurden, sind hier bereits alle Einstellungen korrekt.

Antrieb konfigurieren und starten

Tab. 27: Schalterstellungen des Istwertschalters in Objekt 0x2330

Wert	Kommutierungswinkel (0x2330.01) ^{a)}	Geschwindigkeit (0x2330.02)	Position (0x2330.03)
00	Nicht ausgewählt		
01	Analoge Hallsensoren ^{a)}		
02	Digitale Hallsensoren ^{b)}		
03	Digitale Hallsensoren + Motor-Encoder	Inkrementalencoder (Encoder-Anschluss)	
04	AES/SSI-Encoder (Encoder-Anschluss)		
05	Inkrementalencoder (Encoder-Anschluss) ^{c)}		
06	Nicht unterstützt	Zusatzencoder am I/O-Anschluss	
07	Nicht unterstützt	AnIn1 ^{d)}	
08	Nicht unterstützt	AnIn2 ^{d)}	
09–12	Nicht unterstützt	Reserviert	
13	Nicht unterstützt	PwmIn ^{d)}	
15	Synchroner Betrieb		

a) Nur bei BL- und Linearmotoren.

b) Bei Verwendung von digitalen Hallsensoren ohne Inkrementalencoder ist nur die Kommutierungsart Blockkommutierung möglich.

c) Bei ausschließlicher Verwendung eines Inkrementalencoders auch zur Kommutierung von BL-Motoren oder von Schrittmotoren richtet sich der Motor bei der ersten Aktivierung am Wicklungssystem einmalig über eine unregelte Bewegung aus.

d) Analoge Eingänge und der PWM-Eingang müssen über die Benutzerskalierungen in einen geeigneten Istwert umgerechnet werden.

Tab. 28: Konfiguration der Gebersysteme

Positionsgeber	Objekt	Beschreibung
Digital Hall	0x2318	Kap. 4.7.3, S. 57
Analog Hall	0x2318	Kap. 4.7.3, S. 57
Motorencoder	0x2315	Kap. 4.7.1, S. 53
Zusatzencoder	0x2316	Kap. 4.7.2, S. 55
PWM	0x2317	Kap. 4.7.4, S. 59
Analogeingang	0x2313	Kap. 4.11, S. 86

Antrieb konfigurieren und starten

4.8.1.1 Beispiele zur Auswahl der Istwerte

AES-Encoder als Quelle für den Kommutierungswinkel und Istwert der Geschwindigkeit einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2330.01 den Wert **04** setzen.
- ▶ Im Objekt 0x2330.02 den Wert **04** setzen.
- ↗ AES-Encoder ist als Quelle für den Kommutierungswinkel und Istwert der Geschwindigkeit eingestellt.

Tachogeber als Quelle der Istgeschwindigkeit einstellen

Ein Tachogeber soll als Quelle für die Istgeschwindigkeit eingestellt werden. Der Tachogeber liefert bei 5000 min^{-1} eine Spannung von 10 V. Bei der Standardeinstellung werden am AnIn 10 V angelegte Spannung in einen Zahlenwert von 10000 gewandelt.

-  Der Analogwert muss in einen für die Drehzahlregelung passenden Zahlenwert umgerechnet werden. Die interne Skalierung für analoge Drehzahlsollwerte ist $n [\text{min}^{-1}]$.
- ✓ Tachogeber ist an AnIn1 oder AnIn2 angeschlossen.
- ▶ Skalierungsfaktor für den analogen Eingang berechnen:
 - Rohwert des analogen Eingangs / interner Zahlenwert für die Spannung bei 10 V = $5000 / 10000 = 1/2$
- ▶ In Objekt 0x2313 den Skalierungsfaktor für den verwendeten analogen Eingang einstellen:
 - Je nach verwendetem analogen Eingang im Objekt 0x2313.01 oder 0x2313.11 den Wert **0x00 01 00 02** für den Skalierungsfaktor 1/2 setzen
 - Sicherstellen, dass je nach verwendetem analogen Eingang im Objekt 0x2313.02 oder 0x2313.12 der Wert **0x00** für den Offset gesetzt ist.
 - Im Objekt 0x2330.02 den Wert **7 oder 8** für den verwendeten analogen Eingang als Quelle für die Istgeschwindigkeit einstellen.
- ↗ Tachogeber ist als Quelle für die Istgeschwindigkeit eingestellt.

Antrieb konfigurieren und starten

4.8.2 Auswahl diskreter Sollwerte

In den Betriebsarten ATC, AVC, APC und Volt Mode kann eine diskrete Quelle wie ein analoger Eingang als Sollwert gewählt werden.

Die zu verwendende Quelle muss über die Einträge im Objekt 0x2331 vorab selektiert werden.

Tab. 29: Auswahl von diskreten Quellen in Objekt 0x2331 (Discrete References)

Wert	Spannung (0x2331.01)	Moment (0x2331.02)	Geschwindigkeit (0x2331.03)	Position (0x2331.04)
00	Keine Quelle ausgewählt			
01	AnIn1 ^{a)}			
02	AnIn2 ^{a)}			
03-06	Reserviert			
07	Pwmln ^{a)}			
08	Nicht unterstützt	Nicht unterstützt	Motorencoder	
09	Nicht unterstützt	Nicht unterstützt	Zusatzencoder ^{b)}	
10	Reserviert			

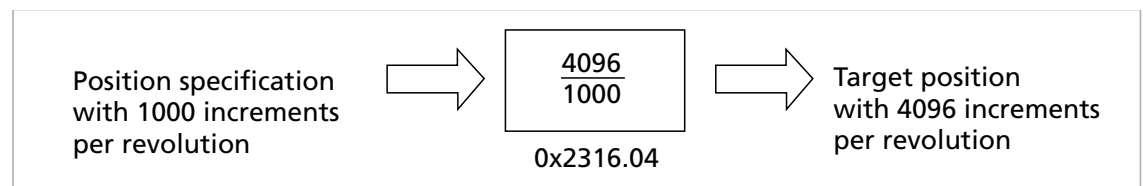
a) Analoge Eingänge und der PWM-Eingang müssen über die Benutzerskalierungen in einen geeigneten Sollwert umgerechnet werden.

b) Die Position des Zusatzencoders kann über die Benutzerskalierung im Objekt 0x2316.04 in einen zum Positionswert passenden Wert umgerechnet werden.

4.8.2.1 Beispiele zur Auswahl diskreter Sollwerte

Zusatzencoder mit Inkrementalencoder als Sollwertquelle der Position einstellen (Gearing-Mode)

Analoge Hallsensoren mit einer Auflösung von 4096 Inkrementen pro Motorumdrehungen werden als Istwertgeber verwendet. Der Positionssollwert soll über ein Quadratursignal eines Masterencoders vorgegeben werden. Der angeschlossene Motor soll bei 1000 Inkrementen des externen Encoders eine Umdrehung verfahren. Dies entspricht 4096 Inkrementen des analogen Hallsensors.



- ✓ Zusatzencoder ist über das Objekt 0x2316 als Inkrementalencoder eingestellt (siehe Kap. 4.7, S. 52).
- ✓ Zusatzencoder ist an EncA = DigIn1 und EncB = DigIn2 angeschlossen und die Schaltschwelle ist passend eingestellt.
- ▶ Skalierung des Sollwerts anpassen (Zähler = 4096, Nenner = 1000):
 - Im Objekt 0x2316.04 den Wert **0x10 00 03 E8** setzen.
- ▶ Betriebsart APC einstellen:
 - Im Objekt 0x6060.00 den Wert **-2** setzen.

Antrieb konfigurieren und starten

- ▶ Zusatzencoder als Sollwertquelle für die Position wählen:
 - Im Objekt 0x2331.04 den Wert **09** setzen.
- ↪ Zusatzencoder mit Inkrementalencoder ist als Sollwertquelle der Position eingestellt.
- i** Die Zählrichtung für den Zusatzencoder kann mit einem negativen Vorzeichen im Zähler der Skalierung (0x2316.04) angepasst werden.

Als Zusatzencoder angeschlossenen Pulsgenerator als Sollwertquelle der Position einstellen (Stepper-Mode)

Analoge Hallsensoren mit einer Auflösung von 4096 Inkrementen pro Motorumdrehungen werden als Istwertgeber verwendet. Der angeschlossene Motor soll bei 1000 Inkrementen des externen Encoders eine Umdrehung verfahren. Dies entspricht 4096 Inkrementen des analogen Hallsensors.

- ✓ Zusatzencoder ist über das Objekt 0x2316 als Pulszähler eingestellt (siehe Kap. 4.7, S. 52).
- ✓ Pulsgenerator ist an DigIn1 angeschlossen.
- ✓ Drehrichtungseingang ist an DigIn2 angeschlossen.
- ✓ Schaltschwellen sind passend eingestellt.
- ▶ Skalierung des Sollwerts anpassen (Zähler = 4096, Nenner = 1000):
 - Im Objekt 0x2316.04 den Wert **0x10 00 03 E8** setzen.
- ▶ Betriebsart APC einstellen:
 - Im Objekt 0x6060.00 den Wert **-2** setzen.
- ▶ Zusatzencoder als Sollwertquelle für die Position wählen:
 - Im Objekt 0x2331.04 den Wert **09** setzen.
- ↪ Zusatzencoder mit angeschlossenen Pulsgenerator ist als Sollwertquelle der Position eingestellt.

Analoger Sollwert

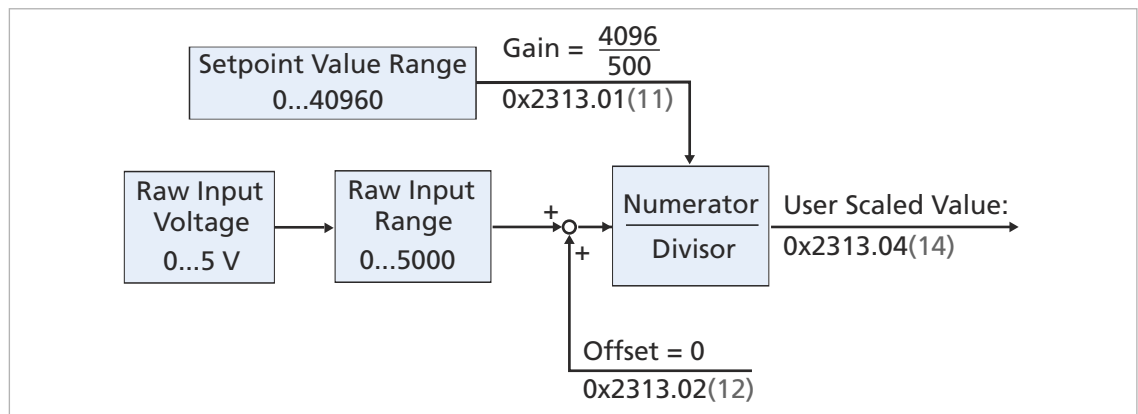


Abb. 23: Einstellung eines analogen Eingangs für diskrete Sollwerte

Eine über ein Potentiometer eingestellte Spannung soll als Sollwert für die Position verwendet werden. Die minimale Spannung beträgt 0 V, die maximale Spannung 5 V. Ohne Anwenderskalierung entspricht das einem Zahlenbereich von 0...5000. Die Motorposition

Antrieb konfigurieren und starten

wird über den Motorencoder mit 4096 Inkrementen pro Umdrehung aufgelöst. Es soll ein Stellbereich von 10 Umdrehungen abgedeckt werden können. Der Sollwert muss daher von 0...40960 eingestellt werden.

- ▶ Anwenderskalierung einstellen.
 - Je nach analogem Eingang im Objekt 0x2313.02 oder 0x2313.12 einen Offset von 0 einstellen.
 - Im Objekt 0x2313.01 bzw. 0x2313.11 den Gain einstellen:

$$\text{Gain} = \text{Max Sollposition} / \text{Max Rohzahlenwert} = 40960/5000$$
 muss gekürzt werden: 4096/500
- ▶ Im Objekt 0x6060.00 den Wert -2 setzen.
- ↳ Betriebsart APC ist ausgewählt.
- ▶ Diskrete Sollwertquelle für die Position einstellen:
 - Für AnIn1 im Objekt 0x2331.04 den Wert 01 setzen.
 - Für AnIn2 im Objekt 0x2331.04 den Wert 02 setzen.
- ↳ Analoger Eingang ist als Eingang für diskrete Sollwerte eingestellt.

 Über 0x2313.x8 kann jedem analogen Eingang ein Richtungseingang zugeordnet werden. Mit einem Low-Pegel am Drehrichtungseingang wird der Rohwert des Eingangs invertiert.

Analoge Sollwertvorgabe für die Geschwindigkeit

Aus einer Spannung 0...5 V soll ein Geschwindigkeitssollwert von $\pm 3000 \text{ min}^{-1}$ errechnet werden.

- ▶ Offset **-2500** im Objekt 0x2313.02 eintragen.
 Der Rohwertbereich beträgt 0...5000. Bei einem Rohwert von 2500 (2,5 V) soll der Ausgang 0 min^{-1} betragen. Der Rohwertbereich muss also um 2500 in negativer Richtung verschoben werden.
- ▶ Im Objekt 0x2313.01 den Wert **6000/5000** für den Gain als Kombination aus Zähler und Nenner eintragen.
 Der Wert für den Gain ergibt sich aus dem Quotient von Ausgangs- und Eingangswertebereich:
 - Ausgangswertebereich: $-3000 \text{ min}^{-1} \dots +3000 \text{ min}^{-1} \rightarrow \text{Zähler} = 6000$
 - Eingangswertebereich: $0 \dots 5000 \rightarrow \text{Nenner} = 5000$
- ▶ 0x6060.00 = **-3** setzen, um die analoge Geschwindigkeitsregelung als Betriebsart zu wählen.
- ▶ 0x2331.03 = **1** setzen, um AnIn 1 als Sollwertquelle für die Geschwindigkeit zu wählen.

Antrieb konfigurieren und starten

Analoge Sollwertvorgabe für die Position

Aus einer Spannung 0...5 V soll ein Positionssollwert von -2048...+2047 (1 Umdrehung bei Analog Hall) errechnet werden.

- ▶ Offset **-2500** im Objekt 0x2313.02 eintragen.

Der Rohwertbereich beträgt 0...5000. Bei einem Rohwert von 2500 (2,5 V) soll der Ausgang 0 min^{-1} betragen. Der Rohwertbereich muss also um 2500 in negativer Richtung verschoben werden.

- ▶ Im Objekt 0x2313.01 den Wert **4096/5000** für den Gain als Kombination aus Zähler und Nenner eintragen.

Der Wert für den Gain ergibt sich aus dem Quotient von Ausgangs- und Eingangswertebereich:

- Ausgangswertebereich: -2048...+2047 Inc → Zähler = 4096
- Eingangswertebereich: 0...5000 → Nenner = 5000

- ▶ 0x6060.00 = **-2** setzen, um die analoge Positionsregelung als Betriebsart zu wählen.
- ▶ 0x2331.04 = **1** setzen, um AnIn 1 als Sollwertquelle für die Position zu wählen.

Sollwertvorgabe für die Geschwindigkeit über einen PWM-Wert

Aus einer PWM am DigIn1 mit 10...90 % soll ein Geschwindigkeitssollwert von $\pm 5000 \text{ min}^{-1}$ errechnet werden.

- ▶ Offset **-16384** im Objekt 0x2317.05 eintragen.

Der Rohwertbereich beträgt 0...32767 (0...100 %). Bei einem Rohwert von 16384 (50 %) soll der Ausgang 0 min^{-1} betragen. Der Rohwertbereich muss also um 16384 in negativer Richtung verschoben werden.

- ▶ Im Objekt 0x2317.04 den Wert **10000/26214** für den Gain als Kombination aus Zähler und Nenner eintragen.

Der Wert für den Gain ergibt sich aus dem Quotient von Ausgangs- und Eingangswertebereich:

- Ausgangswertebereich: $-5000 \text{ min}^{-1} \dots +5000 \text{ min}^{-1}$ → Zähler = 10000
- Eingangswertebereich: 80 % von 32767 → Nenner = 26214

- ▶ 0x6060.00 = **-3** setzen, um die analoge Geschwindigkeitsregelung als Betriebsart zu wählen.
- ▶ 0x2331.03 = **7** setzen, um PWM als Sollwertquelle für die Geschwindigkeit zu wählen.
- ▶ 0x2317.01 = **1** setzen, um DigIn 1 als Quelle für PWM zu wählen.

Antrieb konfigurieren und starten

4.9 Factor Group

Über die Objekte der Factor Group können die internen Positions- bzw. Geschwindigkeitswerte in benutzerdefinierte Einheiten umgerechnet werden.

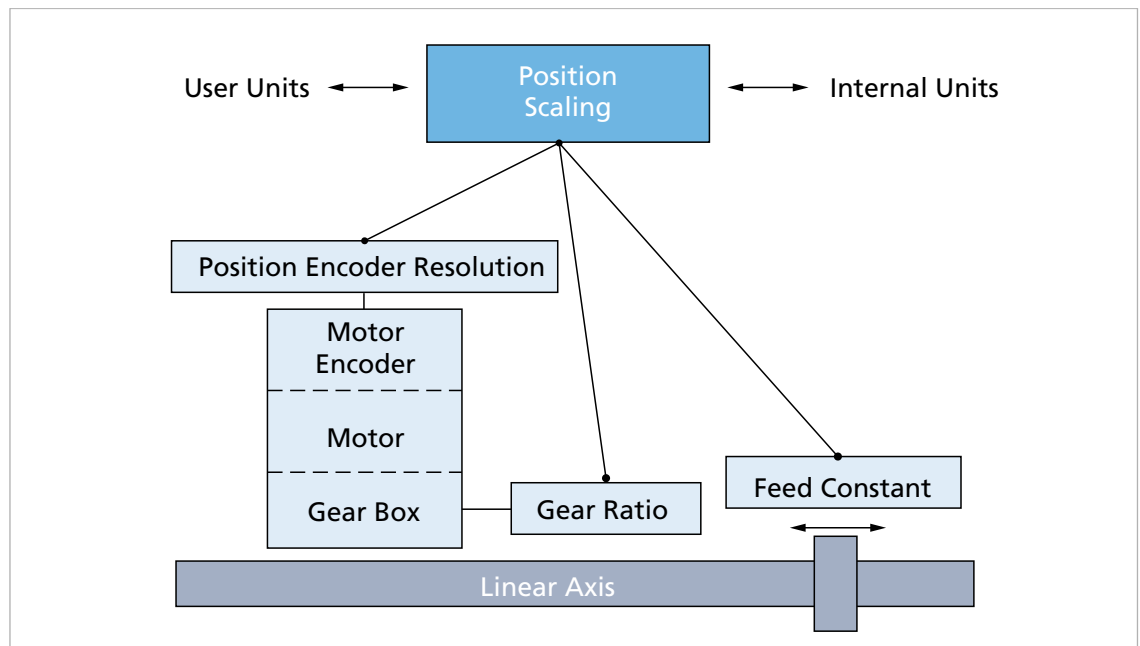
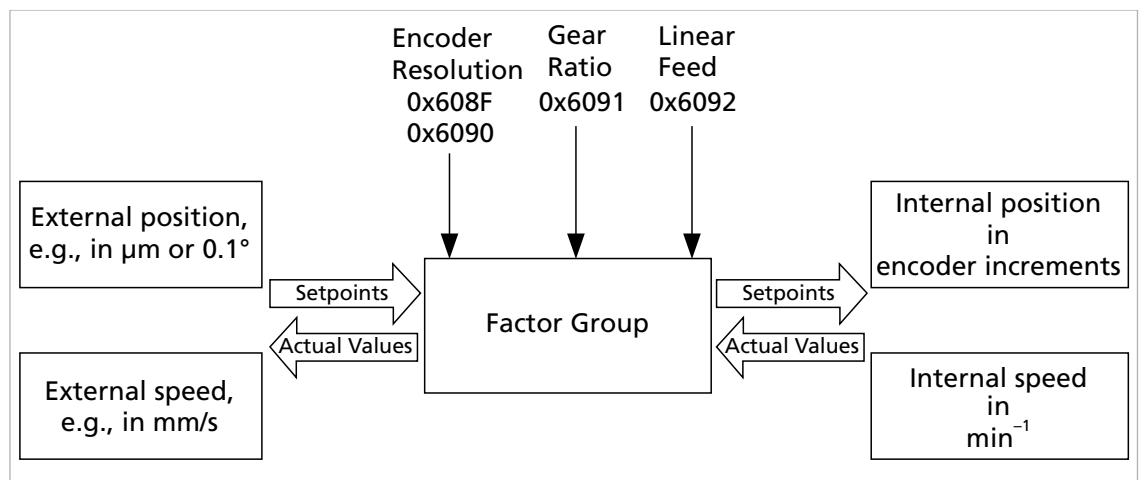


Abb. 24: Berechnung der Factor Group

Die Factor Group berücksichtigt dabei automatisch die eingestellte Auflösung des Positionencoders.



Antrieb konfigurieren und starten

Tab. 30: Typische Einstellungen für die externe Position

Skalierung	Beschreibung	Konfiguration
Auslieferungszustand	Ohne weitere Einstellungen wird die interne Auflösung direkt auch extern verwendet	Feed (0x6092): Auflösung des internen Encoders. Getriebeübersetzung (0x6091): 1:1
µm	Für lineare Bewegungen	Feed (0x6092): Steigung des Linearvorschubs, z. B. 1500 bei 1,5 mm Steigung je Spindelumdrehung.
0,1°	Für Drehbewegungen	Feed (0x6092): 3600 entsprechend 3600 x 0,1° pro Umdrehung

i Neben den Soll- und Istwerten der Position werden auch folgende Werte in den externen Skalierungen vorgegeben:

- Positionsüberwachungen (Position Window) und Schleppfehler
- Positionsgrenzen und Positionsbereiche
- Homing Offset
- Touch Probe Position (ab Firmware-Version K1)

Tab. 31: Typische Einstellungen für die externe Geschwindigkeit

Skalierung	Beschreibung	Konfiguration
Auslieferungszustand	Ohne weitere Einstellungen wird die Geschwindigkeit in min ⁻¹ ausgewertet	Velocity Factor (0x6096): Kehrwert der Encoderauflösung Velocity Factor = (Encoder Resolution) ⁻¹
mm/s	Für lineare Bewegungen	Velocity Factor (0x6096): Siehe Tab. 32 Velocity Factor = (60 x 1000) ⁻¹

i Neben den Soll- und Istwerten der Geschwindigkeit werden auch die Geschwindigkeitsüberwachungen (Velocity Window, Velocity Threshold, Velocity Deviation Window) in den externen Skalierungen vorgegeben.

Der Zusammenhang von benutzerdefinierten Einheiten und internen Positionswerten wird mit folgender Formel beschrieben (blau dargestellte Parameter sind konfigurierbar):

$$\text{Position Value} = \text{Position Internal Value} * \frac{\text{Feed Constant}}{\text{Position Encoder Resolution} * \text{Gear Ratio}}$$

Der Zusammenhang von benutzerdefinierten Einheiten und internen Geschwindigkeitswerten wird mit folgender Formel beschrieben:

$$\text{Velocity Value} = \text{Velocity Internal Value} * \frac{\text{Feed Constant}}{\text{Gear Ratio}} * \text{Velocity Factor}$$

Die Bedeutung der Parameter sind wie folgt:

- Velocity Internal Value: Geschwindigkeit des Motors in min⁻¹.
- Position Encoder Resolution: Auflösung des für die Positionsregelung verwendeten Encoders in Inkrementen pro Motorumdrehung.
- Gear Ratio: Übersetzungsverhältnis eines an den Motor angebaute Getriebes.
- Feed Constant: Vorschub der Achse in benutzerdefinierten Einheiten pro Umdrehung der Getriebeausgangswelle.
- Velocity Factor: Skalierungsfaktor für die Geschwindigkeit, der eine von der Positionsdarstellung unabhängige Skalierung der Geschwindigkeit erlaubt.

Antrieb konfigurieren und starten

i Wenn kein Getriebe verbaut ist, muss eine Übersetzung von 1:1 eingestellt werden (Defaultwert).

i Wenn durch die Factor Group eine von der internen Auflösung abweichende Positionsauflösung eingestellt wird, müssen die Positionslimits ggf. angepasst werden, da diese nicht mehr realisierbar sein können.

Beispiel: Von der internen Auflösung abweichende Positionsauflösung

Die interne Position kann maximal S32-Werte (± 2147483647) erreichen.

Mit einer Getriebeübersetzung von 14:1 müssen für eine Umdrehung am Abtrieb 14 Motorumdrehungen gefahren werden.

- ✓ Encoderauflösung ist eingestellt (z. B. 2048 Inkremente pro Umdrehung).
- ✓ Getriebeübersetzung 14:1 ist in der Factor Group eingestellt.
- ▶ Neuen Sollwert von 1000 Inkrementen vorgeben.
 - ↪ Intern wird der Motor um 14.000 Inkremente verfahren, da der Positionssollwert immer als Vorgabe in Einheiten am Abtrieb interpretiert wird.
 - Die interne Position müsste um 14 x S32 verfahren werden können. Damit wird der mögliche Wertebereich überschritten.
- ▶ Software Position Limits anpassen.

4.9.1 Position Encoder Resolution

$$\text{Position Encoder Resolution} = \frac{\text{Encoder Increments}}{\text{Motor Revolutions}}$$

i Alle Einheiten sind dimensionslos.

Position Encoder Resolution

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x608F	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Encoder Increments	U32	ro	4096	Encoderinkremente
	0x02	Motor Revolutions	U32	ro	1	Motorumdrehungen

i Die Auflösung der Encoder wird in den Objekten zur Konfiguration der angeschlossenen Positionsenncoder eingestellt (siehe Kap. 4.7, S. 52). Der für die Positionsregelung verwendete Encoder wird über das Objekt 0x2330.03 eingestellt (siehe Kap. 4.8, S. 60).

Antrieb konfigurieren und starten

4.9.2 Velocity Encoder Resolution

Das Objekt Velocity Encoder Resolution (0x6090) gibt das Verhältnis der Encoder Inkremente zur Anzahl der Motorumdrehungen an.

$$\text{Velocity Encoder Resolution} = \frac{\text{Encoder} * \frac{\text{Increments}}{\text{Sec}}}{\text{Motor} * \frac{\text{Revolutions}}{\text{Sec}}}$$

i Alle Einheiten sind dimensionslos.

Velocity Encoder Resolution

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6090	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Encoder Increments	U32	ro	4096	Positionsauflösung des eingestellten Sensors
	0x02	Motor Revolutions	U32	ro	1	Anzahl der Motorumdrehungen bei der in Subindex 1 genannten Impulszahl

i Die Auflösung der Encoder wird in den Objekten zur Konfiguration der angeschlossenen Positionencoder eingestellt (siehe Kap. 4.7, S. 52). Der für die Geschwindigkeitsregelung verwendete Encoder wird über das Objekt 0x2330.02 eingestellt (siehe Kap. 4.8, S. 60).

4.9.3 Velocity Factor

Mit dem Velocity Factor werden die internen Einheiten an die benutzerdefinierten Einheiten angepasst. Der Velocity Factor wird wie folgt berechnet:

$$\text{Velocity Factor} = \frac{\text{Feed Velocity Units}}{\text{Feed Pos. Units}} * \frac{\text{Minutes}}{\text{User Time Units}}$$

Der Velocity Factor besteht dabei aus zwei Teilen:

$\frac{\text{Feed Speed Units}}{\text{Feed Pos. Units}}$ Rechnet die unterschiedlichen Bezugsweiten für die Position und die Geschwindigkeit um (siehe Kap. 4.9.7, S. 74).

$\frac{\text{Minutes}}{\text{User Time Units}}$ Rechnet die intern in min^{-1} dargestellte Geschwindigkeit in die gewünschte zeitliche Auflösung um.

Antrieb konfigurieren und starten

i Wenn der Motor über den Motorassistenten des Motion Managers eingestellt wurde, werden Velocity Factor und Vorschubkonstante voreingestellt zu:

$$\text{Feed Constant} = \frac{\text{Position Encoder Resolution}}{1}$$

$$\text{Velocity Factor} = \frac{1}{\text{Position Encoder Resolution}}$$

Dadurch liegt die Position zunächst in Inkrementen des Motorencoders, die Geschwindigkeit in min^{-1} vor.

Velocity Factor

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6096	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Numerator	U32	rw	1	Zähler
	0x02	Divisor	U32	rw	4096	Nenner

Tab. 32: Typische Belegung des Velocity Factors

Antriebstyp	Feed	Feed Speed Units/ Feed Pos Units	Minutes/User Time Units	Velocity Factor
Rotatorisch	Encoder Resolution (z. B. 4096)	1/4096	1	1/4096
Linearmotor (z. B. LM 1247)	Magnetische Pol- weite in μm (z. B. 18000)	1/1000	1/60	1/(1000*60)
Spindel (z. B. BS 22 1.5)	Steigung in μm (z. B. 1500)	1/1000	1/60	1/(1000*60)

4.9.4 Gear Ratio

Das Objekt Gear Ratio (0x6091) gibt das Verhältnis der Umdrehungen des Motors zur Anzahl der Umdrehungen des Abtriebs an:

$$\text{gear ratio} = \frac{\text{motor shaft revolutions}}{\text{driving shaft revolutions}}$$

i Alle Einheiten sind dimensionslos.

Gear Ratio

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6091	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Motor Shaft Revolutions	U32	ro	1	Umdrehungen der Getriebeeingangswelle
	0x02	Driving Shaft Revolutions	U32	rw	1	Umdrehungen der Getriebeausgangswelle

Antrieb konfigurieren und starten

4.9.5 Feed Constant

Das Objekt Feed Constant (0x6092) gibt das Verhältnis von Vorschub zur Anzahl der Umdrehungen des Abtriebs an:

$$\text{feed constant} = \frac{\text{feed}}{\text{driving shaft revolutions}}$$

i Der Vorschub wird in benutzerdefinierten Einheiten angegeben. Die Umdrehungen des Abtriebs sind dimensionslos.

Feed Constant

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6092	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Feed	U32	rw	4096	Vorschub
	0x02	Shaft Revolutions	U32	rw	1	Umdrehungen

4.9.6 Polarity

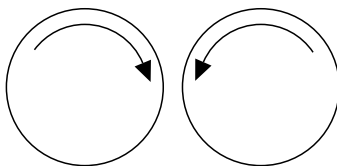
Das Objekt Polarity (0x607E) multipliziert den Sollwert mit 1 bzw. –1 und ist bitcodiert. 0x80 invertiert Positionswerte, 0x40 invertiert Geschwindigkeitswerte.

i Das Objekt Polarity wirkt sich in den Betriebsarten PP, PV, CSP und CSV auf die Soll- und Istwerte für Geschwindigkeit und Position aus.

Polarity (0x607E)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x607E	0x00	Polarity	U8	rw	0	Bit-codiert

Beispiel



Wenn in einer Anwendung zwei Achsen genau gegenläufig betrieben werden sollen, können beide Achsen vom Master mit demselben Sollwert beschrieben werden. Die Drehrichtung wird für eine der Achsen über das Polarity Objekt invertiert.

i Das Objekt Polarity wirkt sich nicht auf die Bewegungsrichtung während einer Referenzfahrt aus.

Antrieb konfigurieren und starten

4.9.7 Beispiele zur Factor Group

4.9.7.1 Allgemein - Umrechnung einer Position

Intern liegt die Position des Antriebs in Inkrementen des verwendeten Positionencoders vor. Gezählt werden die Umdrehungen der Motorwelle in Encoderinkrementen pro Motorumdrehung.

Über die Factor Group können die intern verwendeten Einheiten in eine anwendungsspezifische Darstellung, z. B. in die Weg-Einheit μm , umgerechnet werden.

In rotativen Systemen kann über die Factor Group die Position unabhängig von der Auflösung des Positionencoders einheitlich für eine ganze Gruppe von Antrieben vorgegeben werden, z. B. in $0,1^\circ$ der Abtriebswelle, auch bei zusätzlich verbautem Getriebe.

Über folgende Berechnungsvorschrift wird eine interne Position in eine anwendungsorientierte Position umgerechnet:

$$Position_{User} = Polarity * \frac{Feed}{Shaft Rev.} * \frac{Gear Shaft Rev.}{Motor Rev.} * \frac{Motor Rev.}{Encoder Increments} * Pos_{int}$$

Parameter sind:

- Der Vorschub pro Umdrehungen des Getriebeabgangs:

$$Feed = \frac{Feed}{Shaft Rev.}$$

- Die Getriebeübersetzung:

$$Gear Ratio = \frac{Gear Shaft Rev.}{Motor Rev.}$$

- Die Auflösung des Positionencoders:

$$Position Encoder Resolution = \frac{Encoder Increments}{Motor Revolutions}$$

Dadurch wird die interne Position in Inkrementen zunächst in Motorumdrehungen umgerechnet. Über die Getriebeübersetzung wird anschließend die Umdrehungszahl am Getriebeabgang ermittelt. Über die Vorschubkonstante wird der gefahrene Weg ermittelt.

4.9.7.2 Allgemein - Umrechnung einer Geschwindigkeit

FAULHABER Motion Controller berechnen die Geschwindigkeit des Motors intern in min^{-1} .

Zusätzlich kann auch die Geschwindigkeit in eine vom Antrieb unabhängige Darstellung umgerechnet werden. Die Umrechnung nutzt dabei Informationen, die bereits für die Umrechnung der Position verwendet wurden (siehe Kap. 4.9.7.1, S. 74):

$$Velocity_{User} = Polarity * \frac{Feed}{Shaft Rev.} * \frac{Gear Shaft Rev.}{Motor Rev.} * Velocity Factor * Velocity_{int}$$

Ergänzend wird hier der Velocity Factor verwendet (siehe Kap. 4.9.3, S. 71).

Antrieb konfigurieren und starten

4.9.7.3 DC-Motor mit Inkrementalencoder ohne Getriebe in einem Spindelsystem einstellen

Folgendes System liegt vor:

- In einem Spindelsystem soll die Position in μm vorgeben werden. Die Geschwindigkeit in mm/s .
- Es wird ein DC-Motor mit Inkrementalencoder verwendet.
- Der Inkrementalencoder hat eine Auflösung von 512 Impulsen.
- Es ist kein Getriebe angeschlossen.
- Die Spindel hat eine Steigung von 1,5 mm pro Umdrehung.
- ✓ Motortyp im Objekt 0x2329 bzw. im Motion Manager eingestellt.
- ✓ Inkrementalencoder im Objekt 0x2315 mit einer Auflösung von 2048 Inkrementen pro Umdrehung eingestellt (siehe Kap. 4.7, S. 52)
- ✓ Inkrementalencoder als Positions- und Geschwindigkeitsgeber im Objekt 0x2330 eingestellt.

 Wenn der Motor und das Gebersystem über den Motorauswahlassistenten des Motion Managers eingestellt wurden, sind hier bereits alle Einstellungen korrekt.

 Die Auflösung des Gebers kann aus den Objekten der Factor Group ausgelesen werden.

- Positionsensor:
 - 0x608F.01=2048
 - 0x608F.02 = 1
- Geschwindigkeitsencoder:
 - 0x6090.01 = 2048
 - 0x6090.02 = 1

 Die Auflösung der Encoder entspricht durch das Quadratursignal der 4-fachen Strichzahl des Encoders.

- ▶ Im Objekt 0x6092 den Vorschub einstellen:
 - Im Objekt 0x6092.01 den Wert **0x05DC (1500)** für die Steigung der Spindel setzen.
 - Im Objekt 0x6092.02 den Wert **0x0001 (1)** für die Spindelumdrehung setzen.
- ▶ Im Objekt 0x6096 den Velocity Factor einstellen:
 - Feed Pos Units = 1000 (μm)
 - Feed Velocity Units = 1 (mm)
 - User Time Units = 60 (s/min)
- ↩ Factor Group ist entsprechend der Anwendung eingestellt.

Antrieb konfigurieren und starten

4.9.7.4 DC-Motor mit Inkrementalencoder und Getriebe in einem Spindelsystem einstellen

Folgendes System liegt vor:

- In einem Spindelsystem soll die Position in μm vorgeben werden. Die Geschwindigkeit in mm/s .
- Es wird ein DC-Motor mit Inkrementalencoder verwendet.
- Der Inkrementalencoder hat eine Auflösung von 512 Strichen.
- Es ist ein Getriebe mit einer Übersetzung von 14:1 vorhanden.
- Die Spindel hat eine Steigung von 1,5 mm pro Umdrehung.
- ✓ Motortyp im Objekt 0x2329 bzw. im Motion Manager eingestellt.
- ✓ Inkrementalencoder im Objekt 0x2315 mit einer Auflösung von 2048 Inkrementen pro Umdrehung eingestellt (siehe Kap. 4.7, S. 52)
- ✓ Inkrementalencoder als Positions- und Geschwindigkeitsgeber im Objekt 0x2330 eingestellt.



Wenn der Motor und das Gebersystem über den Motorauswahlassistenten des Motion Managers eingestellt wurden, sind hier bereits alle Einstellungen korrekt.



Die Auflösung des Gebers kann aus den Objekten der Factor Group ausgelesen werden.

- Positionsenncoder:
 - 0x608F.01=2048
 - 0x608F.02 = 1
- Geschwindigkeitsencoder:
 - 0x6090.01 = 2048
 - 0x6090.02 = 1



Die Auflösung der Encoder entspricht durch das Quadratursignal der 4-fachen Strichzahl des Encoders.

- ▶ Im Objekt 0x6091 die Getriebeübersetzung einstellen:
 - Im Objekt 0x6091.01 den Wert **0x000E (14)** für die Anzahl der Motorumdrehungen zur Abtriebsumdrehung setzen.
 - Im Objekt 0x6091.02 den Wert **0x0001 (1)** für die Anzahl der Abtriebsumdrehungen setzen.
- ▶ Im Objekt 0x6092 den Vorschub einstellen:
 - Im Objekt 0x6092.01 den Wert **0x05DC (1500)** für die Steigung der Spindel setzen.
 - Im Objekt 0x6092.02 den Wert **0x0001 (1)** für die Spindelumdrehung setzen.

Antrieb konfigurieren und starten

- ▶ Im Objekt 0x6096 den Velocity Factor einstellen:

- Feed Pos Units = 1000 (µm)
- Feed Velocity Units = 1 (mm)
- User Time Units = 60 (s/min)

- ↪ Factor Group ist entsprechend der Anwendung eingestellt.

4.9.7.5 Linearmotor mit analogen Hallsensoren einstellen

Folgendes System liegt vor:

- In einem Linearantriebssystem soll die Position in µm vorgeben werden. Die Geschwindigkeit in mm/s.
- Es wird ein Linearmotor LM1247 mit einer magnetischen Polweite von 18 mm verwendet.
- Es werden Hallsensoren für die Istwertwiedergabe folgender Werte verwendet:
 - Kommutierungswinkel
 - Geschwindigkeit
 - Position

- ✓ Motortyp im Objekt 0x2329 bzw. im Motion Manager eingestellt.

- ✓ Analoge Hallsensoren als Istwertgeber eingestellt.



Wenn der Motor und das Gebersystem über den Motorauswahlassistanten des Motion Managers eingestellt wurden, sind hier bereits alle Einstellungen korrekt.



Die Auflösung des Gebers kann aus den Objekten der Factor Group ausgelesen werden.

- Positionsenncoder:
 - 0x608F.01 = 4096
 - 0x608F.02 = 1
- Geschwindigkeitsencoder:
 - 0x6090.01 = 4096
 - 0x6090.02 = 1
- ▶ Im Objekt 0x6092 den Vorschub einstellen:
 - Im Objekt 0x6092.01 den Wert **0x4650 (18000)** für den Vorschub setzen.
 - Im Objekt 0x6092.02 den Wert **0x0001 (1)** für die Bezugsgröße setzen.
- ▶ Im Objekt 0x6096 den Velocity Factor einstellen:
 - Feed Pos Units = 1000 (µm)
 - Feed Velocity Units = 1 (mm)
 - User Time Units = 60 (s/min)

- ↪ Factor Group ist entsprechend der Anwendung eingestellt.

Antrieb konfigurieren und starten

4.10 Konfiguration der digitalen Ein- und Ausgänge

Die digitalen Ein- und Ausgänge der FAULHABER Motion Controller können flexibel verwendet werden.

Folgende Funktionen der Digitaleingänge werden unterstützt:

- Anschluss von Endschaltern
- Direkte Referenzierung der Antriebe mit einem Referenzschalter
- Anschluss eines Sollwerts oder Istwerts mit einem PWM-Signal an DigIn1 oder DigIn2
- Anschluss eines zusätzlichen 2- oder 3-Kanal-Quadraturencoders an DigIn1 - DigIn3
- Sollwertvorgabe für die Positionsregelung über ein Puls-Richtungssignal an DigIn1 und DigIn2
- Erfassung der aktuellen Position in Reaktion auf eine Flanke am Eingang (Touch Probe)
- Freie Eingänge für auf dem Controller programmierte Abläufe
- Vorgabe der Polarität für einen analogen Eingang (z. B. als Drehrichtungseingang)
- Ansteuerung des Schnellstopp-Zustands bzw. Freigabe für den geregelten Betrieb

Folgende Funktionen der Digitalausgänge werden unterstützt:

- Ausgabe eines Fehlersignals
- Direkte Ansteuerung einer Haltebremse
- Ausgabe eines frei einstellbaren Diagnosesignals z. B. für folgende Anwendungen:
 - Reglerbegrenzungen
 - Temperaturwarnungen
 - Anzeige bei Stillstand ($n = 0$)
 - Erreichen der Zielposition
- Freie Ausgänge für auf dem Controller programmierte Abläufe

Antrieb konfigurieren und starten

4.10.1 Einstellung der Digitaleingänge

4.10.1.1 End- und Referenzschalter einstellen

- ▶ Digitaler Eingang für den unteren Endschalter über eine Bitmaske im Objekt 0x2310.01 einstellen.

Tab. 33: Bitmaske des Objekts 0x2310.01 (unterer Endschalter)

0x2310.01	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ▶ Digitalen Eingang für den oberen Endschalter über eine Bitmaske im Objekt 0x2310.02 einstellen.

Tab. 34: Bitmaske des Objekts 0x2310.02 (oberer Endschalter)

0x2310.02	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- ▶ Verhalten beim Erreichen des Endschalters Im Objekt 0x2310.03 einstellen.

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2310	0x03	Limit Switch Option Code	S16	rw	1	0: Antrieb kommt kraftlos zum Stillstand 1: Bremsrampe 2: Quick Stop 3: Halt mit max. Strom 4: Halt mit Spannung = 0

- ▶ Digitalen Eingang für den Referenzschalter über den Eintrag der Eingangsnummer im Objekt 0x2310.04 einstellen.

↪ End- und Referenzschalter sind eingestellt.

i Wenn mehrere Eingänge für den unteren bzw. oberen Endschalter gleichzeitig eingestellt sind, wird die Funktion aktiv, wenn einer der Schalter schaltet.

i Die Anzahl der verfügbaren Digitaleingänge hängt vom verwendeten Motion Controller ab.

i Nur ein Referenzschalter kann ausgewählt werden.

Antrieb konfigurieren und starten

4.10.1.2 Allgemeine Einstellungen der Digitaleingänge

Digitaleingänge auswählen

Je nach Produkt können die Digitaleingänge auch alternative Funktionen wie den Anschluss eines Zusatzencoders und/oder die Nutzung als Analogeingang ermöglichen.

Nicht als Digitaleingang verwendete Eingänge In1...In8 können über das Objekt 0x2310.0F (Select Digital Inputs Used) von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Damit können unerwünschte Änderungen im Digital Input Status 0x2311.01 und 0x2311.02 verhindert werden.

- ▶ In der Bitmaske für Select Digital Inputs Used die für alternative Funktionen ausgewählten Eingänge abschalten.

Tab. 35: Bitmaske des Objekts 0x2310.0F (Select Digital Inputs Used)

0x2310.0F	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1

Aktiven Pegel einstellen

- ▶ Über die Flags im Objekt 0x2310.10 einstellen, ob ein High-Pegel oder ein Low-Pegel an einem Eingang als aktiver Pegel gewertet werden soll.
 - Input Maskenbit = 0: Eingang ist nicht invertiert (High = aktiv)
 - Input Maskenbit = 1: Eingang ist invertiert (Low = aktiv)

Tab. 36: Bitmaske des Objekts 0x2310.10

0x2310.10	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1

🔗 Aktiver Pegel ist eingestellt.

Schnellhalt-Eingang einstellen

- ▶ Digitalen Eingang für die Schnellhalt-Funktion über eine Bitmaske im Objekt 0x2310.06 einstellen.

Tab. 37: Bitmaske des Objekts 0x2310.06 (Eingänge für digitale Schnellhalt-Funktion)

0x2310.06	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1

Der Schnellhalt ist aktiv, wenn an allen ausgewählten Eingängen ein Low-Pegel anliegt.

🔗 Der Schnellhalt-Eingang ist eingestellt. Die digitale Schnellhalt-Funktion ist damit aktiv.

Schaltsschwellen einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2310.11 einstellen, ob die Schaltschwellen der Digitaleingänge 5 V TTL-kompatibel oder 24 V SPS/PLC-kompatibel sein sollen.
 - 0x2310.11 = 0: TTL Pegel für alle Digitaleingänge
 - 0x2310.11 = 1: PLC Pegel für alle Digitaleingänge

🔗 Schaltschwelle ist eingestellt.

 Die Einstellung der Schaltschwellen wirkt auch, wenn die Digitaleingänge als Anschluss für einen Referenzencoder verwendet werden.

Antrieb konfigurieren und starten

Filter auf Digitaleingängen einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2310.12 Filter für den zu filternden digitalen Eingang einstellen.
 - Input Maskenbit = 0: Filter deaktiviert (default)
 - Input Maskenbit = 1: Filter aktiviert

Tab. 38: Bitmaske des Objekts 0x2310.12

0x2310.12	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1

- i** Mit aktiviertem Filter muss ein Pegelwechsel für mindestens 4 ms anliegen, um als gültig erkannt zu werden.

4.10.1.3 Digitaler Eingang DigIn1 - DigIn3 als Anschluss für einen Zusatzencoder einstellen

- i** Wenn der verwendete Zusatzencoder als Puls-/Directioneingang oder als 2- oder 3-Kanal Inkrementalencoder im Objekt 0x2316.01 eingestellt wurde, werden die Eingänge automatisch eingestellt.
- i** An Digitaleingängen eingestellte Funktionen werden auch ausgewertet, wenn ein Zusatzencoder über 0x2316 bzw. 0x2317 aktiviert wurde.
Um Fehlfunktionen zu vermeiden, dürfen die für den Encoder verwendeten Digitaleingänge nicht als End- oder Referenzschalter verwendet werden.
- i** Wenn ein Zusatzencoder verwendet wird, ist die Einstellung des Spannungspegels der Digitaleingänge im Objekt 0x2310.11 aktiv und die Einstellungen zum Logikpegel im Objekt 2310.10 sind wirkungslos.
- ▶ Im Objekt 0x2316.01 den verwendeten Zusatzencoder einstellen (siehe Kap. 4.7.2, S. 55).

Antrieb konfigurieren und starten

4.10.2 Pegel der Digitaleingänge und Ausgänge direkt auslesen bzw. die Digitalausgänge direkt schreiben

- Im Objekt 0x2311.01 den logischen Zustand der Digitaleingänge unter Berücksichtigung der Polarität aus Objekt 0x2310.10 auslesen.

Tab. 39: Bitmaske des Objekts 0x2311.01

0x2311.01	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- Im Objekt 0x2311.02 den physikalischen Zustand der Digitaleingänge direkt auslesen. Ein High-Pegel am Eingang führt zu einem gesetzten Bit in der Maske.

Tab. 40: Bitmaske des Objekts 0x2311.02

0x2311.02	In8	In7	In6	In5	In4	In3	In2	In1
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- Im Objekt 0x2311.03 den logischen Zustand der Digitalausgänge direkt auslesen. Ein gesetzter Ausgang führt zu einem gesetzten Bit in der Maske.
- Im Objekt 0x2311.04 einen digitalen Ausgang direkt setzen, toggeln oder löschen.

Beispiel: Digitalen Ausgang 3 toggeln

- Im Objekt 0x2311.04 den Wert **0x00EF (Bitmuster 11 10 11 11)** setzen.

↗ Digitaler Ausgang 3 wird getoggelt.

Die restlichen Digitalausgänge werden nicht verändert.

Tab. 41: Bedeutung der Bitmuster

0x2311.04	DigOut4		DigOut3		DigOut2		DigOut1	
	B1	B0	B1	B0	B1	B0	B1	B0

B1|B0 = 00: Digitalen Ausgang löschen

B1|B0 = 01: Digitalen Ausgang setzen

B1|B0 = 10: Digitalen Ausgang toggeln

B1|B0 = 11: Digitalen Ausgang nicht verändern

Antrieb konfigurieren und starten

4.10.3 Einstellung der Digitalausgänge

4.10.3.1 Faultausgang einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2312.01 den für den Fehlerausgang zu verwendenden digitalen Ausgang einstellen.
- ▶ Über die Maske im Objekt 0x2321.03 einstellen, welcher interne Fehler das Fehlersignal auslösen soll (siehe Kap. 7, S. 166).
- ✚ Faultausgang ist eingestellt.

4.10.3.2 Digitalen Ausgang als Bremsansteuerung einstellen

- i** Wenn eine Haltebremse verwendet wird, muss ggf. eine Wartezeit eingehalten werden, bevor die Endstufe und Regelung aktiviert oder deaktiviert werden kann. Damit wird z. B. sichergestellt, dass die Bremse sicher angezogen ist, bevor die Motorregelung abgeschaltet wird.
- ▶ Im Objekt 0x2312.02 den für die Bremsansteuerung zu verwendenden digitalen Ausgang einstellen.
 - ▶ Im Objekt 0x2312.03 die Wartezeit einstellen.
 - ✚ Digitaler Ausgang als Bremsansteuerung ist eingestellt.

4.10.3.3 Digitalen Ausgang als Diagnoseausgabe einstellen

Um einen digitalen Ausgang als Diagnoseausgabe einzustellen, muss für jeden verwendeten digitalen Ausgang eine Bitmaske im Bezug auf das Gerätezustandswort 0x2324.01 definiert werden (siehe Kap. 7, S. 166).

- i** Wenn die bitweise UND-Verknüpfung der Bitmaske mit dem Statuswort ein Ergebnis > 0 liefert, wird der eingestellte digitale Ausgang angesteuert.

Beispiel: Über digitalen Ausgang 2 soll der Stillstand des Antriebs signalisiert werden

1. Im Objekt 0x2312.08 den Wert **0x02** setzen.
 - ✚ Digitaler Ausgang 2 wird verwendet.
2. Im Objekt 0x2312.09 die Bitmaske **0x00 00 00 01** setzen.
 - ✚ Nur bei Stillstand ($n = 0$) erfolgt eine Ausgabe.
- ✚ Bei Stillstand wird zunächst im Objekt 0x2324.01 das Bit 0 gesetzt ($n=0$). Über die Maske im Objekt 0x2312.09 wird danach der Ausgang 2 gesetzt.

4.10.3.4 Polarität der Digitalausgänge einstellen

- ▶ Im Objekt 0x2312.10 die Polarität eines digitalen Ausgangs einstellen.
 - Input Maskenbit = 0: Ein gesetzter digitaler Ausgang schaltet den Ausgang zur Masse durch. Am DigOut-Pin wird ein Low-Pegel gemessen.
 - Input Maskenbit = 1: Ein gesetzter digitaler Ausgang schaltet den Ausgang in einen hochohmigen Zustand. Am DigOut-Pin wird ein High-Pegel gemessen, wenn der Pin über einen externen Pull-Up-Widerstand gegen die Versorgung geschaltet wurde.

Tab. 42: Bitmaske des Objekts 0x2312.10

0x2312.10	Out8	Out7	Out6	Out5	Out4	Out3	Out2	Out1

Antrieb konfigurieren und starten

4.10.4 Digitaler Eingang als Touch Probe einstellen

Die aktuelle Position eines Antriebs oder eines Referenzencoders kann in Reaktion auf eine Flanke an einem als Touch Probe konfigurierten digitalen Eingang erfasst werden. Zusätzlich kann die Anzahl der Flanken gezählt werden.

Tab. 43: Übersicht der verwendeten Objekte

Index	Beschreibung	Attr.	Typ
0x60B8	Konfiguration der Touch Probe Funktion	rw	U16
0x60B9	Status der Touch Probe Funktion	ro	U16
0x60BA	Position der positiven Flanke an Eingang 1	ro	S32
0x60BB	Position der negativen Flanke an Eingang 1	ro	S32
0x60BC	Position der positiven Flanke an Eingang 2	ro	S32
0x60BD	Position der negativen Flanke an Eingang 2	ro	S32
0x60D5	Zähler der positiven Flanken an Eingang 1	ro	U16
0x60D6	Zähler der negativen Flanken an Eingang 1	ro	U16
0x60D7	Zähler der positiven Flanken an Eingang 2	ro	U16
0x60D8	Zähler der negativen Flanken an Eingang 2	ro	U16

Konfiguration der Touch Probe Eingänge

Insgesamt können bis zu zwei Eingänge als Touch Probe Funktion konfiguriert werden. Die Konfiguration erfolgt über das Objekt 0x60B8.

	Standard	Option	Aufteilung der Bits in Objekt 0x60B8
Touch Probe 1	DigIn2	Encoderindex	U8 (Bits 7...0)
Touch Probe 2	DigIn3	Encoderindex	U8 (Bits 15...8)

Tab. 44: Bedeutung der Bits im Objekt 0x60B8 (Touch Probe Funktion)

Touch Probe 1	Touch Probe 2	Bedeutung
Bit	Bit	
0	8	Enable 0: Touch Probe Funktion abgeschaltet 1: Touch Probe Funktion aktiviert
1	9	Trigger Mode 0: Nur die erste Flanke wird erfasst 1: Flanken werden kontinuierlich erfasst und gezählt
3 2	11 10	Trigger Quelle 00: Der digitale Eingang wird als Trigger ausgewertet 01: Als Trigger wird der Index des über 0x2330.03 gewählten Positionencoders ausgewertet 10: Nicht verwendet 11: Nicht verwendet
4	12	Positive Flanke aktiv 0: Keine Auswertung der positiven Flanke 1: Erfassung der positiven Flanke aktiviert
5	13	Negative Flanke aktiv 0: Keine Auswertung der negativen Flanke 1: Erfassung der negativen Flanke aktiviert
7 6	15 14	Positionsquelle 00 01: Als Position wird die aktuelle Motorposition gespeichert. Die Position wird dabei alle 100 µs aktualisiert. 10: Als Position wird die aktuelle Position des Referenzencoders gespeichert. Die Position wird dabei direkt an der Flanke des Eingangs aktualisiert 11: Nicht verwendet

Antrieb konfigurieren und starten

Status der Touch Probe Eingänge

Wie bei der Konfiguration der Touch Probe Eingänge wird auch der Status der beiden möglichen Kanäle in einem Objekt zusammengefasst.

Tab. 45: Bedeutung der Bits im Objekt 0x60B9

Touch Probe 1	Touch Probe 2	
Bit	Bit	Bedeutung
0	8	Enable 0: Abgeschaltet 1: Aktiviert
1	9	Positive Flanke erfasst 0: Es wurde noch keine positive Flanke erfasst 1: Mindestens eine positive Flanke wurde erfasst
2	10	Negative Flanke erfasst 0: Es wurde noch keine negative Flanke erfasst 1: Mindestens eine negative Flanke wurde erfasst
5 4 3	13 12 11	Reserviert 000
7 6	15 14	Nicht verwendet 00

Einschränkungen

- Touch-Input 1 wertet DigIn2 als Triggereingang aus. Eine Kombination mit einem externen Referenzencoder (DigIn1 und DigIn2) ist daher nicht möglich.
- Touch-Input 2 kann auch mit einem Referenzencoder kombiniert werden.
- Für beide Touch-Inputs kann nicht der gleiche Trigger verwendet werden. Mögliche Kombinationen sind:

Tab. 46: Mögliche Kombinationen von Triggerquellen bei Verwendung von 2 Touch Probe Eingängen

Touch Probe 1	Touch Probe 2
Digitaler Eingang (DigIn 2)	Digitaler Eingang (DigIn 3)
Index	Digitaler Eingang (DigIn 3)
Digitaler Eingang (DigIn 2)	Index

Antrieb konfigurieren und starten

4.11 Konfiguration der analogen Eingänge

Die analogen Eingänge des Motion Controllers können elektrische Signale im Pegelbereich ± 10 V verarbeiten. Intern werden die Signale als Zahlenwerte ± 10.000 entsprechend ± 100 % dargestellt. Über die Einträge im Objekt 0x2313 kann der Skalierungsfaktor eingestellt werden. Die Werte werden alle 1 ms aktualisiert.

i Wenn die analogen Eingänge als Soll- oder Istwertgeber verwendet werden, müssen die Werte aus dem analogen Eingang in eine geeignete physikalische Größe gewandelt werden.

i Der Rohwert des analogen Eingangs kann vor der Weiterverarbeitung über einen Tiefpass 1. Ordnung gefiltert werden.

i Die gefilterten Rohwerte können in folgenden Objekten ausgelesen werden:

- AnIn1: 0x2314.07
- AnIn2: 0x2314.08

Der skalierte Endwert kann über das Objekt 0x2313.04 bzw. 0x2313.14 ausgelesen werden.

Wenn ein Polarity-Eingang verwendet wird, gilt Folgendes:

- Logik-Pegel = High multipliziert den begrenzten Rohwert mit +1
- Logik-Pegel = Low multipliziert den begrenzten Rohwert mit -1

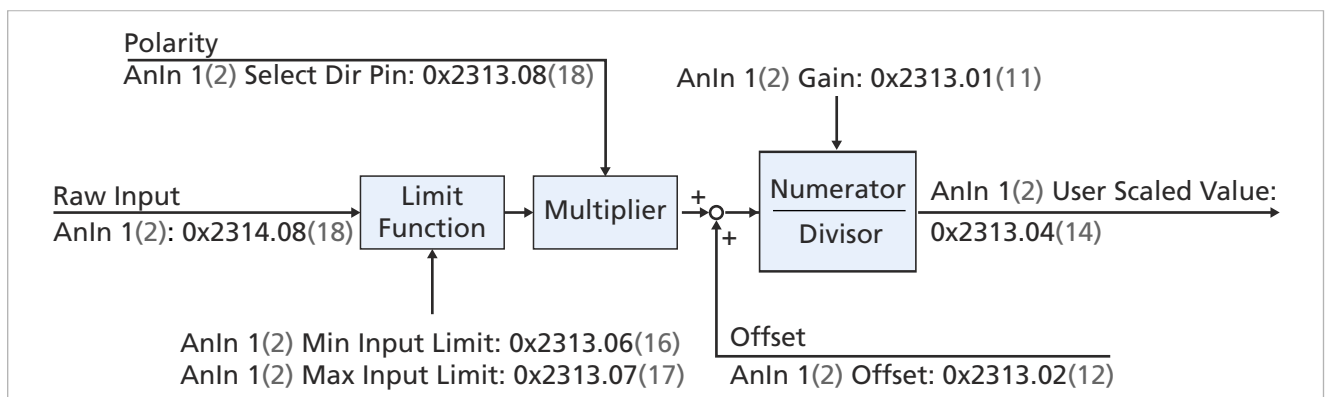
Tab. 47: User Scalings

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2313	0x00	Number of Entries	U8	ro	21	Anzahl Objekteinträge
	0x01	AnIn 1 Gain (Numerator/Divisor)	S32	rw	0x7FFF8000	AnIn 1 Gain (Zähler/Nenner) ■ Bit 0...15: Zähler ■ Bit 16...31: Nenner
	0x02	AnIn 1 Offset	S16	rw	0	AnIn 1 Offset
	0x03	AnIn 1 Filter Time	U16	rw	0	AnIn 1 Filterzeit in 100 μ s
	0x04	AnIn 1 User Scaled Value	S32	ro	-	Skalierter Wert AnIn 1
	0x05	AnIn 1 Resolution as Encoder	U16	rw	1000	AnIn 1 Auflösung des Encoders
	0x06	AnIn 1 Min Input Limit	S16	rw	-32768	AnIn 1 Unteres Limit für den Eingangswert
	0x07	AnIn 1 Max Input Limit	S16	rw	32767	AnIn 1 Oberes Limit für den Eingangswert
	0x08	AnIn 1 Select Dir Pin	U8	rw	0	AnIn 1 Polarity-Eingang: ■ 0: Kein Polarity-Eingang verwendet ■ 1...8: Als Polarity-Eingang verwendeter digitaler Eingang
	0x09	AnIn 1 Virtual Input Value	S16	rw	0	AnIn 1 Simulierter Eingangswert
	0x0A	AnIn 1 Enable Virtual Input	U8	rw	0	AnIn 1 Simulierter Eingangswert aktiviert

Antrieb konfigurieren und starten

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
	0x11	AnIn 2 Gain (Numerator/Divisor)	S32	rw	0x7FFF8000	AnIn 2 Gain (Zähler/Nenner) - Bit 0...15: Zähler - Bit 16...31: Nenner
	0x12	AnIn 2 Offset	S16	rw	0	AnIn 2 Offset
	0x13	AnIn 2 Filter Time	U16	rw	0	AnIn 2 Filterzeit in 100 µs
	0x14	AnIn 2 User Scaled Value	S32	ro	-	Skalierter Wert AnIn 2
	0x15	AnIn 2 Resolution as Encoder	U16	rw	1000	AnIn 2 Auflösung des Encoders
	0x16	AnIn 2 Min Input Limit	S16	rw	-32768	AnIn 2 Unteres Limit für den Eingangswert
	0x17	AnIn 2 Max Input Limit	S16	rw	32767	AnIn 2 Oberes Limit für den Eingangswert
	0x18	AnIn 2 Select Dir Pin	U8	rw	0	AnIn 2 Polarity-Eingang: 0: Kein Polarity-Eingang verwendet 1...8: Als Polarity-Eingang verwendeter digitaler Eingang
	0x19	AnIn 2 Virtual Input Value	S16	rw	0	AnIn 2 Simulierter Eingangswert
	0x1A	AnIn 2 Enable Virtual Input	U8	rw	0	AnIn 2 Simulierter Eingangswert aktiviert

Beispiel: Skalierung des ADC-Endwerts einstellen



i Abhängig von der gewählten Skalierung können auch Ausgangswerte >S32 (±2147483647) erreicht werden. Der Ausgangswert wird dabei zum entgegengesetzten Ende umgebrochen.

Um dies zu verhindern, müssen die Eingangslimits angepasst werden.

Über die Objekte 0x2313.01 bzw. 0x2313.11 (AnIn Gain) können die Rohwerte der analogen Eingänge in interne Einheiten umgerechnet werden.

Antrieb konfigurieren und starten

Über die Objekte 0x2313.02 bzw. 0x2313.12 (AnIn Offset) können zusätzlich Offsetverschiebungen angegeben werden.

- Zwischenwerte und Endwerte sind vorzeichenbehaftete 32-Bit-Größen.
- Rohwert, Offset und der Zähler sind vorzeichenbehaftete 16-Bit-Größen.
- Der Nenner ist eine vorzeichenlose 16-Bit-Größe.

Beispiel ADC-Rohwert des AnIn1 mit einer Filterzeit von 2,5 ms filtern

- ▶ Im Objekt 0x2313.03 den Wert **25** setzen (Einheit 100 µs).
 - ↳ ADC-Rohwert des AnIn1 wird mit einer Filterzeit von 2,5 ms gefiltert.

 Beispiele zur Verwendung von Analogeingängen als Sollwert für die Regelung siehe Kap. 4.8, S. 60.

4.11.1 Analoge Eingangswerte simulieren

Das Verhalten der analogen Eingänge kann simuliert werden, indem in das Objekt 0x2313.x9 ein simulierter Wert für die Eingangsspannung geschrieben wird und über 0x2313.xA der simulierte Eingangswert aktiviert wird.

Konfiguration

- Emulierten Spannungswert setzen:

Kanal	Objekt	Wertebereich
AnIn1	0x2313.09	S16
AnIn2	0x2313.19	S16

- Emulierte Spannung aktivieren:

Kanal	Objekt	Wertebereich
AnIn1	0x2313.0A	= 0: Simulation nicht aktiv > 0: Simulation aktiv
AnIn2	0x2313.1A	

Beispiel: Analoge Geschwindigkeitsregelung über AnIn1 testen

- ✓ AVC-Modus ist eingestellt
- ✓ AnIn1 ist passend skaliert und als Sollwert eingestellt
- ✓ Endstufe und Regelung sind aktiviert
- ▶ Ggf. über folgende Objekte den Eingangswert auf den erwarteten Spannungsbereich begrenzen:
 - 0x2313.06 (unteres Limit)
 - 0x2313.07 (oberes Limit)
- ▶ Den emulierten Spannungswert im erwarteten Spannungsbereich einstellen.
 - ↳ Der Antrieb läuft mit der Geschwindigkeit, die dem emulierten Spannungswert entspricht.

Antrieb konfigurieren und starten

4.11.2 Analogeingänge als Digitaleingänge nutzen

Die analogen Eingänge des Motion Controllers können als Digitaleingänge genutzt werden.

Konfiguration

- Emulierte Eingänge aktivieren:
Die emulierten Digitaleingänge werden über das Objekt 0x2300.04 (Number of Emulated Digital Inputs) aktiviert.

0x2300.04	DigIn4	DigIn5
0	–	–
1	Emuliert über AnIn1	–
2	Emuliert über AnIn1	Emuliert über AnIn2

- Schaltschwellen:
Die Schaltschwellen werden für jeden emulierten Kanal getrennt über das Objekt 0x2310.05 konfiguriert.

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
–	–	–	–	–	–	AnIn2	AnIn1

Wert des Bits	Elektronik	Schaltschwellen
0	TTL	Low: 0,5 V High: 2,0 V
1	PLC	Low: 4,0 V High: 7,5 V

Anwendung

Emulierte Digitaleingänge werden im Abstand von 1 ms aktualisiert. Sie können als Eingänge für Endschalter den Referenzschalter oder freie Digitaleingänge verwenden.

Antrieb konfigurieren und starten

4.12 Betrieb mit Sicherheitsfunktion

Die Informationen in diesem Kapitel sind nur auf Motion Controller mit Sicherheitsfunktion anwendbar. Motion Controller mit Sicherheitsfunktion sind an der Bezeichnung STO im Produktnamen erkennbar (z. B. MC 5004 P STO CO).

WARNUNG

Verletzungsgefahr bei unzureichendem Aufbau des Antriebssystems

Die korrekte Anwendung der Sicherheitsfunktion des Motion Controllers reicht alleine nicht aus, um eine gefahrlose Interaktion mit dem Antriebssystem zu ermöglichen.

- ▶ Sicherstellen, dass vom Aufbau des Antriebssystems keine Gefahr ausgeht.

Die Sicherheitsfunktion des Antriebssystems wird durch eine redundante Aktivierung sichergestellt. Hierzu werden die Eingänge STO IN 1 und STO IN 2 verwendet.

Die Ausgänge *Status* und *No-Error* werden sowohl durch die digitalen STO-Ausgänge als auch durch die am Motion Controller angebrachten LEDs dargestellt und stellen den Zustand der Sicherheitsfunktion dar. Die Positionen der LEDs und deren Kombinationen sind in der Montageanleitung beschrieben.



Der Anschluss der STO-Eingänge und -Ausgänge ist in der Montageanleitung MC 5004 P STO beschrieben.

Der Zustand der Sicherheitsfunktion wird über das Objekt 0x2390.01 wiedergegeben. Die Aktivierung der Zustandsmaschine durch einen Reset wird über das Objekt 0x2390.02 ausgelöst.

Fehlerzustände und Fehlerreaktionen können, wie in Tab. 75 beschrieben, mit einer EMCY-Fehlermeldung verbunden werden. Zur Fehlerbehandlung siehe Kap. 7.2.2, S. 174.

Safety Objects (0x2390)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2390	0x00	Number of Entries	U8	const	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	STO State	U8	ro	–	Status der Sicherheitsfunktion STO (Safe Torque Off) 0: STO ON 1: Error 16: STO OFF 17: Powerdown
	0x02	STO Reset	U8	wo	–	STO-Reset-Impuls zum Wechsel in den Betriebszustand nach einem Fehler 1: Reset aktivieren

Endstufe aktivieren

- ✓ Das Gerät ist gemäß den Angaben in der Montageanleitung elektrisch angeschlossen.
- ✓ Das Gerät befindet sich im Zustand *Error* (Objekt 0x2390.01 = 01), d. h. beide Eingänge (STO IN 1 und STO IN 2) sind deaktiviert.

Antrieb konfigurieren und starten

1. Im Objekt 0x2390.02 (STO Reset) den Wert 0x01 (Bitmuster 00 00 00 01) setzen.
 ⚡ Durch Beschreiben des Objekts wird der Reset-Puls ausgelöst.
 Das Gerät wechselt in den Zustand *STO ON* (Objekt 0x2390.01 = 00).
2. Beide Eingänge STO IN 1 und STO IN 2 aktivieren (siehe Montageanleitung).
 ⚡ Das Gerät wechselt in den Zustand *STO OFF* (Objekt 0x2390.01 = 10).
 Dieser Zustand ist durch den aktiven Ausgang *No-Error* dargestellt. Der Ausgang *Status* ist deaktiviert.
- ⚡ Der Antrieb kann nun über die Zustandsmaschine und das Objekt 0x6040.00 verwendet werden.

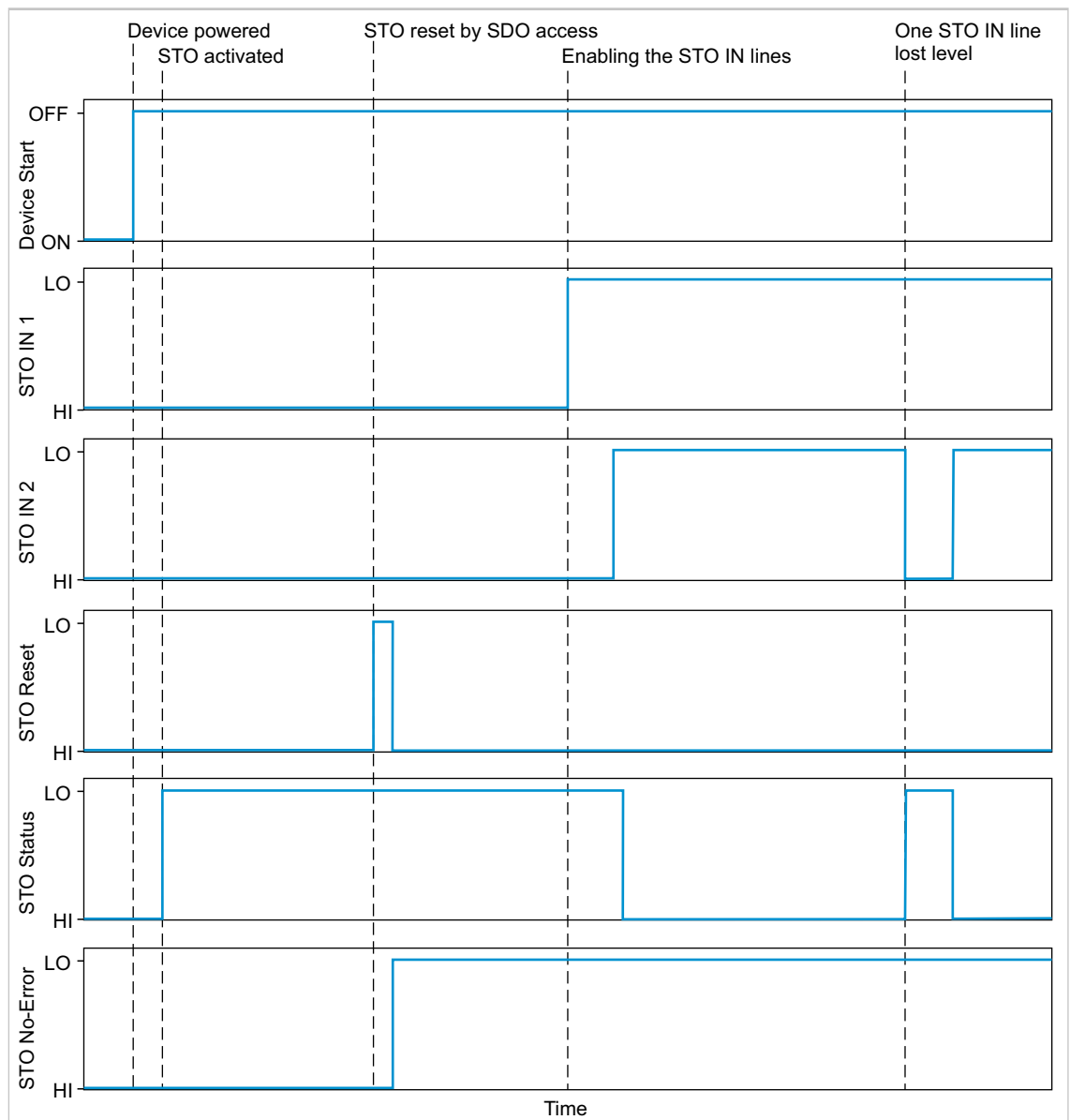


Abb. 25: Sicherheitsfunktion aktivieren

Für weitere Informationen zur Sicherheitsfunktion siehe Montageanleitung.

Antrieb konfigurieren und starten

4.13 Datensatzverwaltung

 Mit dem Motion Manager durchgeführte Konfigurations-Einstellungen können dauerhaft in der Steuerung gespeichert werden, damit sie nach erneutem Einschalten wieder zur Verfügung stehen.

4.13.1 Parameter über den Motion Manager speichern und wiederherstellen

Parameter sichern:

Die Einstellungen eines Antriebs können als Backup oder für die Einstellung weiterer Antriebe als Datei gespeichert werden.

 Mit dem Motion Manager können aktuelle Antriebskonfigurationen über den Objekt-Browser ausgelesen und als XDC-Datei (XML Device Configuration File) gespeichert werden.

Parameter an Antrieb übertragen:

Im Motion Manager können zuvor gespeicherte XDC-Dateien im Objekt-Browser geöffnet, bei Bedarf editiert und zum Antrieb übertragen werden.

 Mit dem Save-Kommando werden übertragene Parametersätze dauerhaft im Antrieb gespeichert.

 Beim Download von XDC-Dateien gilt Folgendes für die Übertragung zum Antrieb:

- Die in der XDC-Datei enthaltenen CANopen Nachrichten-IDs (COB-IDs) werden übertragen. Damit kann eine Kopie eines Antriebs erzeugt werden.
- Die in der XDC-Datei enthaltene Knotennummer wird nicht an den Antrieb übertragen.
- Wenn durch den Download ein weiterer Antrieb in einem System, aber mit neuer Knotennummer erstellt werden soll (Antrieb 2 konfiguriert wie Antrieb 1), müssen die CANopen Nachrichten-IDs (COB-IDs) im Objektbrowser nachträglich manuell angepasst werden.
- Bei externen Controllern (MC 5010, MC 5005, MC 5004) werden die in der XDC-Datei enthaltenen Kompensationswerte für die Hallsignale mitübertragen. Das ermöglicht den Austausch eines Controllers, ohne den Motor neu anlernen zu müssen.

4.13.2 Parametersatz im Antrieb speichern

Über einen Schreibzugriff auf das Objekt 0x1010.xx können alle oder ein Teil der Parameter permanent im Parameterspeicher des Motion Controllers gespeichert werden. Sie stehen dann direkt nach dem Start zur Verfügung.

- ▶ Auf einen der folgenden Subindizes des Objekts 0x1010 die Signatur "save" (0x65 0x76 0x61 0x73) schreiben (siehe Kommunikationshandbuch):
 - .01: Speichert alle Parameter
 - .02: Speichert nur die Kommunikationsparameter
 - .03: Speichert nur die Anwendungsparameter

Antrieb konfigurieren und starten

4.13.3 Werkseinstellung wiederherstellen

Über einen Schreibzugriff auf das Objekt 0x1011 können die Werkseinstellungen wiederhergestellt werden. Nach erfolgtem Restore stehen die Parameter nach dem nächsten Start des Controllers wieder auf den Auslieferungswerten.

- ▶ Auf einen der folgenden Subindizes des Objekts 0x1011 die Signatur "load" (0x64 0x61 0x6F 0x6C) schreiben (siehe Kommunikationshandbuch):
 - .01: Setzt alle Parameter zurück
 - .02: Setzt nur die Kommunikationsparameter zurück
 - .03: Setzt nur die Anwendungsparameter zurück
 - .04: Lädt die zuletzt gespeicherten Anwendungsparameter erneut in die laufende Anwendung
 - .05: Lädt die in App1 gespeicherten Reglerparameter erneut in die Anwendung (Default bei .04), siehe Kap. 4.13.4, S. 93
 - .06: Lädt die alternativen Reglerparameter in die Anwendung, siehe Kap. 4.13.4, S. 93

4.13.4 Zwischen verschiedenen Anwendungsparametersätzen wechseln

Ein Teil der Reglerparameter können als Parametersätze App1 und App2 gespeichert werden. Über den Reload-Befehl aus Objekt 0x1011 können diese beiden Parametersätze dynamisch getauscht werden.

Beispiel

Umschalten der Reglerparameter einer Greiferanwendung für den Betrieb mit Greifgut (App1) und ohne Greifgut (App2).

Objekte, die in 2 Parametersätzen gespeichert werden können

Tab. 48: Lasteinstellungen

Index	Subindex	Name	Typ	Standardwert
0x2329	0x0A	Load Inertia / Load Mass	U32	–

Tab. 49: Geschwindigkeitsregler

Index	Subindex	Name	Typ	Standardwert
0x2344	0x01	Gain K_p	U32	a)
	0x02	Integral Time T_N	U16	a)
0x2345	0x01	Actual Velocity Filter T_F	U16	a)
0x2346	0x01	Setpoint Velocity Filter T_F	U16	a)
	0x02	Setpoint Filter Enable	U8	0
0x2347	0x01	Gain Factor K_p	U8	128
	0x02	Gain Factor K_v	U8	128

a) Motorspezifisch, wird vom Motorauswahl-Assistenten gesetzt.

Tab. 50: Positionsregler

Index	Subindex	Name	Typ	Standardwert
0x2348	0x01	Gain K_v	U8	a)

a) Motorspezifisch, wird vom Motorauswahl-Assistenten gesetzt.

Antrieb konfigurieren und starten

Tab. 51: Einstellungen zur Vorsteuerung

Index	Subindex	Name	Typ	Standardwert
0x2349	0x01	Current FeedForward Factor	U8	0
	0x02	Current FeedForward Delay	U16	0
0x234A	0x01	Velocity Feedforward Factor	U8	0
	0x02	Velocity FeedForward Delay	U16	0

Tab. 52: Allgemeine Konfiguration

Index	Subindex	Name	Typ	Standardwert
0x234B	0x01	Display Motor Current Filter TF	U16	200
0x2350	0x00	Positive Torque Limit Homing	U16	1000
0x2351	0x00	Negative Torque Limit Homing	U16	1000
0x60E0	0x00	Positive Torque Limit Value	U16	6000
0x60E1	0x00	Negative Torque Limit Value	U16	6000

Tab. 53: Konfiguration der Betriebsart und des Bewegungsprofils

Index	Subindex	Name	Typ	Standardwert
0x6060	0x00	Modes of Operation	S8	0
0x6081	0x00	Profile Velocity	U32	32767
0x6083	0x00	Profile Acceleration	U32	30000
0x6084	0x00	Profile Deceleration	U32	30000
0x6086	0x00	Motion Profile Type	S16	0

Betriebsart wählen

5 Betriebsart wählen

Motion Controller der Serie V3.0 können wahlweise folgende Eigenschaften eines Antriebs regeln:

- Position
- Geschwindigkeit
- Moment bzw. Kraft

Tab. 54: Übersicht der Betriebsarten und der Sollwertvorgaben

Regelung	Bewegungsprofil wird im Motion Controller berechnet	Bewegungsprofil wird im Master berechnet	Analoge Sollwertvorgabe
Position	PP	CSP	APC
Geschwindigkeit	PV	CSV	AVC
Kraft/Moment	–	CST	ATC
Referenzfahrt	Homing ^{a)}	–	–
Spannungsausgabe	–	Voltage Mode	Voltage Mode
Synchronbetrieb ^{b)} mit konstanter Spannung	PP/PV	CSP	APC
Synchronbetrieb ^{b)} mit konstantem Motorstrom	PP/PV	CSP	APC

a) Für die Referenzfahrt wird der Antrieb drehzahl geregelt mit einstellbaren Bewegungsparametern betrieben.

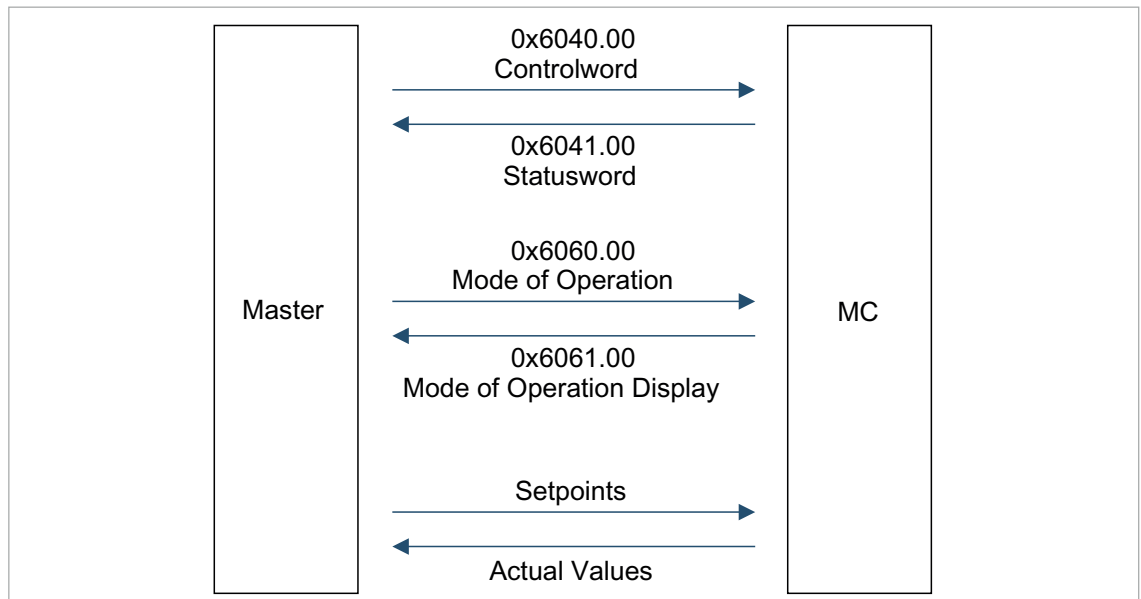
b) Synchronbetrieb wird für Schrittmotoren oder BLDC Motoren ohne Encoder verwendet.

Die Sollwerte können auf folgende Weisen vorgegeben werden:

- Über ein Kommunikationssystem von einem Master
- Lokal:
 - Über analoge Eingänge
 - Über den PWM-Eingang
 - Im Step Mode über Pulse
 - Im Gearing Mode über ein Quadratursignal

Über den Parameter Modes of Operation wird die Betriebsart ausgewählt. Über den Eintrag Modes of Operation Display kann die aktuelle Betriebsart ausgelesen werden.

Betriebsart wählen



Zusätzlich wird in den Betriebsarten Profile Position Mode und Homing die Bewegung über weitere Bits im Controlword gesteuert.

Modes of Operation

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6060	0x00	Modes of Operation	S8	rw	0	Auswahl der Betriebsart -4: ATC -3: AVC -2: APC -1: Volt Mode 0: Regler nicht aktiviert 1: PP 3: PV 6: Homing 8: CSP 9: CSV 10: CST

Modes of Operation Display

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6061	0x00	Modes of Operation Display	S8	ro	–	Anzeige der ausgewählten Betriebsart

Eigenschaften der Betriebsarten im Überblick:

- Betriebsarten zur Positionsregelung:
 - Profile Position Mode (PP): Positionsregelung, bei dem die Sollposition über ein Bewegungsprofil angefahren wird.
 - Cyclic Synchronous Position Mode (CSP): Positionsregelung mit zyklisch vorgegebenem Sollwert
 - Analog Position Control Mode (APC): Positionsregelung mit analoger Sollwertvorgabe

Betriebsart wählen

- Betriebsarten zur Geschwindigkeitsregelung:
 - Profile Velocity Mode (PV): Geschwindigkeitsregelung, bei dem die Sollgeschwindigkeit über ein Geschwindigkeitsprofil erreicht wird.
 - Cyclic Synchronous Velocity Mode (CSV): Geschwindigkeitsregelung mit zyklisch vorgegebenem Sollwert
 - Analog Velocity Control Mode (AVC): Geschwindigkeitsregelung mit analoger Sollwertvorgabe
- Betriebsarten zur Drehmomentregelung
 - Cyclic Synchronous Torque Mode (CST): Drehmomentregelung mit zyklisch vorgegebenem Sollwert
 - Analog Torque Control Mode (ATC): Drehmomentregelung mit analoger Sollwertvorgabe
- Betriebsarten zur Referenzierung:
 - Homing Mode: Betriebsart zur Referenzierung der Antriebsposition
- Betriebsart mit direkter Spannungsausgabe
 - Voltage Mode: Direkte Ausgabe der Spannung an den Motor, vorgegeben entweder über das Kommunikationssystem oder einen analogen Eingang.

5.1 Start und Wechsel von Betriebsarten

 FAULHABER-Produkte mit Safety-Option benötigen zusätzliche Konfigurationsschritte.

Initialer Start der Betriebsarten

	Die Zustandsmaschine befindet sich bereits im Zustand Operation Enabled	Die Zustandsmaschine befindet sich noch nicht im Zustand Operation Enabled.
		
		Die Betriebsart kann gewählt werden. Die Regelung startet noch nicht.
		
	Die Regelung startet, sobald die Betriebsart gewählt wird.	Die Regelung startet, sobald die Zustandsmaschine in den Zustand Operation Enabled wechselt.
		
APC, AVC, ATC und Voltage Mode	Der Sollwert wird sofort der eingestellten Quelle entnommen.	
CSP, CSV, und CST	Als initialer Sollwert wird entweder 0 (CST und CSV) oder die aktuelle Position (CSP) vorgegeben. Erst der auf den Wechsel folgende Sollwert wird übernommen.	
PP und PV	Als initialer Sollwert wird entweder 0 (PV) oder die aktuelle Position (PP) vorgegeben. Erst der auf den Wechsel folgende Sollwert wird übernommen.	

Betriebsart wählen

Initiale Sollwerte beim Wechsel der Betriebsart

Regelung	Bewegungsprofil wird vom Motion Controller berechnet	Bewegungsprofil wird vom Master berechnet	Analoge Sollwertvorgabe
Position	Aktuelle Position	Aktuelle Position	- Gearing und Step Mode: Aktuelle Position - Analoge Vorgabe: Analoges Sollwert
Geschwindigkeit	$n^* = 0$	$n^* = 0$	Analoger Sollwert
Kraft/Moment	$T^* = 0$	$T^* = 0$	Analoger Sollwert
Referenzfahrt	$n^* = 0$	–	–
Spannungsausgabe	–	0 V	Analoger Sollwert

Verhalten beim Wechsel der Betriebsart

Über das Bit *Set Point Reset on Change of Operation Mode* in den Operation Mode Options (0x233F) kann das Verhalten beim Start einer Betriebsart konfiguriert werden.

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x233F	0x00	OpMode Options	U16	rw	0x0001	Bit-codiert

Bit 0 - Set Point Reset on Change of Operation Mode:

- 0: Sollwerte werden beim Betriebsartwechsel nicht zurückgesetzt. Insbesondere in den Betriebsarten mit zyklischem Sollwert (CSx) wird der zuletzt erhaltene Sollwert direkt für die Regelung verwendet. In den Betriebsarten PP und PV erfolgt der Wechsel in die Betriebsart erst, wenn nach dem Wechsel der erste neue Sollwert beschrieben wird.
- 1: Sollwerte werden beim Betriebsartwechsel zurückgesetzt.
 - Für CST: Momentensollwert = 0
 - Für CSV, PV: Geschwindigkeitssollwert = 0
 - Für CSP, PP: Positionssollwert = Istposition

Bit 1 - Use Position Limits as Limits in Speed Mode:

- 0: Die Positionslimits aus 0x607D begrenzen lediglich die Positionssollwerte im Objekt 0x607A.
- 1: Die Positionslimits aus 0x607D werden im Geschwindigkeits und Momentenbetrieb wie Endschalter behandelt. Wird ein Limit erreicht, stoppt der Antrieb.

Bit 2 - Auto Enable Power Stage:

- 0: Nach dem Start des Controllers befindet sich die CiA 402 Zustandsmaschine im Zustand *Switch On Disabled*.
- 1: Nach dem Start des Controllers wird versucht, den Controller direkt in den Zustand *Operation Enabled* zu versetzen. Damit können die Betriebsarten APC, AVC und ATC auch direkt ohne Eingriff eines Ablaufprogramms oder einer übergeordneten Steuerung aktiviert werden.

Bit 3 - Immediate References are Relative to Actual Position:

- 0: Relative Positionssollwerte (Fahrbefehle) werden auf den letzten erhaltenen Sollwert addiert, auch wenn Sie mit dem Flag *immediate* gekennzeichnet sind.
- 1: Relative Fahrbefehle werden auf die aktuelle Position addiert, wenn Sie mit dem Flag *immediate* gekennzeichnet sind.

Betriebsart wählen

Bit 4 - *Ignore Position Limits during homing:*

- 0: Auch während einer Referenzfahrt werden die aktuellen Software-Position-Limits als Grenzen berücksichtigt, wenn Bit 1 gesetzt ist.
- 1: Während einer Referenzfahrt werden die aktuellen Software-Position-Limits ignoriert.

Bit 5 - *Use homing torque limits during homing:*

- 0: Während einer Referenzfahrt werden die aktuell in den Torque-Limits eingestellten Momente bzw. die für den Motor konfigurierten Grenzwerte als Grenzen herangezogen.
- 1: Während einer Referenzfahrt werden die in den Objekten 0x2350.00 und 0x2351.00 eingestellten Grenzwerte als Torque-Limits herangezogen. Damit kann das Grenzmoment insbesondere für die Referenzierung über einen Block gezielt eingestellt werden.

Bit 6 - *Hold position @ V=0:*

- 0: Im drehzahlgeregelten Betrieb kann bei Sollwert $V = 0$ die Position langsam driften. Es findet keine implizite Positionsregelung statt.
- 1: Im drehzahlgeregelten Betrieb wird bei Sollwert $V = 0$ die zuletzt erreichte Position über einen intern automatisch eingestellten Positionsregler gehalten.

Bit 7 - *Use VE Bit (Bit 4 im Statusword 0x6041.00)*

- 0: Das Voltage Enabled Bit (Bit 4) im Statusword wird nicht verwendet, da direkt an einer DC-Versorgung angeschlossene Motor Controller keine Vorladeschaltung für den DC-Zwischenkreis benötigen.
- 1: Eine ausreichende Motorversorgungsspannung über der eingestellten Mindestschwelle wird im VE Bit des Statuswords signalisiert.

Betriebsart wählen

5.2 Profile Position Mode (PP)

5.2.1 Grundfunktion

Im Profile Position Mode (PP) regelt der Motion Controller die Position des Antriebs. Der Sollwert wird über das Objekt 0x607A vom Master oder über ein lokales Ablaufprogramm vorgegeben. Die Einstellungen zum Bewegungsprofil werden berücksichtigt. Eine Skalierung der Soll- und Istwerte über die Factor-Group wird immer berücksichtigt.

Der Start eines neuen Fahrauftrags erfolgt über eine steigende Flanke in Bit 4 des Controlwords.

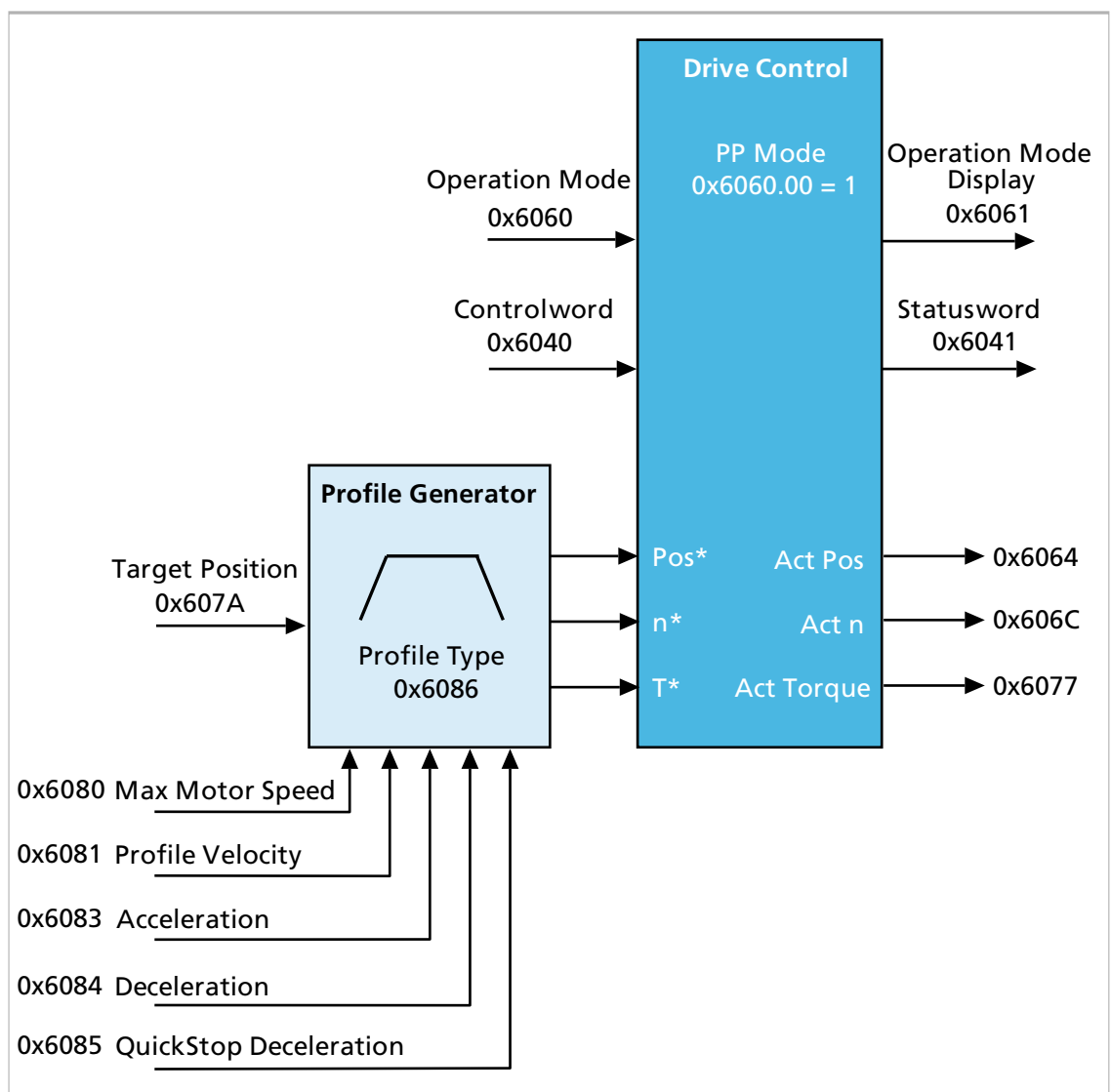


Abb. 26: Profile Position Mode im Überblick

Der Positionssollwert kann auf 2 verschiedene Weisen vorgegeben werden:

- Absoluter Sollwert: Direkte Vorgabe des Zielwerts für die Position
- Relativer Sollwert: Vorgabe eines Wegs, um den der Antrieb verfahren werden soll

Betriebsart wählen

Start eines Fahrauftrags

1. Ein Fahrauftrag wird über eine steigende Flanke in Bit 4 des Controlwords gestartet.
2. Aus den dann vorliegenden Profilparametern und der Zielposition berechnet der interne Profilgenerator ein komplettes Bewegungsprofil.
3. Der Sollwert für die Regelung wird schrittweise entsprechend diesem Profil über die Demand-Werte vorgegeben.
4. Die ebenfalls aus dem Profil vorliegenden Vorsteuerwerte für die Geschwindigkeit und das Drehmoment können optional auf die Regelung aufgeschaltet werden. Dadurch kann z. B. der Schleppfehler deutlich reduziert werden.
5. Wenn die Zielposition erreicht wurde, wird nach Ablauf der Position Window Time (0x6068) das Ziel im Statuswort als erreicht gemeldet.

Optionen für die Sollwertvorgabe

Option	Beschreibung
Change Set Immediate	Es kann gewählt werden, ob ein neu übergebener Sollwert sofort (auch bei noch laufender Positionierung) angefahren oder ob der vorhergehende Fahrauftrag zunächst abgeschlossen werden soll. Bis zu 3 Sollwerte können als <i>Set of Setpoints</i> vorgegeben werden, während der erste Fahrauftrag noch bearbeitet wird.
Change On Setpoint	Im Standardfall wird eine Zielposition angefahren. Der Antrieb stoppt. Erst danach wird eine neue Zielposition angefahren. Mit der Option <i>Change On Setpoint</i> wird der Antrieb beim Einlauf ins Ziel nicht abgebremst. Sobald das erste Ziel mit der laufenden Geschwindigkeit erreicht wird, wird der nächste Fahrauftrag aus laufender Fahrt, aber ggf. mit geänderten Profilparametern angefahren.
Halt	Ein laufender Fahrauftrag kann unterbrochen werden. Sobald das Halt-Signal zurückgenommen wird, wird die ursprünglich vorgegebene Position angefahren.

Wirksame Teilfunktionen

- Sollwertvorgabe über den Profilgenerator
- Regelung der Position über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Überwachung der Bewegung auf Schlupf und Schleppfehler
- Optional: Begrenzung von Drehmoment und Geschwindigkeit
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter

Betriebsart wählen

5.2.2 Statusword/Controlword Profile Position Mode

Bei der Betriebsart Profile Position Mode werden im Control- und Statusword betriebsart-spezifische Bits verwendet.

i Falls keine Positionierung stattfindet, wird beim Setzen des Bits 4 von 0 auf 1 eine Positionierung der Achsen gestartet. Falls momentan eine Positionierung stattfindet verhält sich der Antrieb gemäß Tab. 56.

Tab. 55: Betriebsartspezifische Bits des Controlwords (Profile Position Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
4	New Set Point	0: Positionierung nicht starten. 1: Siehe Tab. 56.
5	Change Set Immediately	0: Neue Position wird erst angefahren, wenn der vorherige Positionierauftrag abgeschlossen wurde. 1: Neue Position wird sofort angefahren. Neue Sollwerte überschreiben den alten Sollwert.
6	Abs/Rel	0: Positionssollwert ist ein Absolutwert. 1: Positionssollwert ist ein Relativwert.
9	Change on Set Point	0: Ein neuer Fahrauftrag wird erst übernommen, wenn der Antrieb in seiner vorhergehenden Zielposition steht. 1: Antrieb bremst bzw. beschleunigt auf das Geschwindigkeitsprofil des nächsten Sollwerts. Der neue Sollwert wird ohne vorherigen Halt angefahren.

Tab. 56: Bedeutung der Bits 4, 5, 9 im Controlword

Bit 9	Bit 5	Bit 4	Bedeutung
0	0	0 → 1	Neue Position wird erst angefahren, wenn der vorherige Positionierauftrag abgeschlossen wurde (Target Reached).
x	1	0 → 1	Neue Position sofort anfahren.
1	0	0 → 1	Die aktuelle Bewegung wird beibehalten. Wenn die vorhergehende Zielposition erreicht wurde, wird unmittelbar auf das durch den nächsten Sollwert definierte Bewegungsprofil gewechselt.

1 = Bit gesetzt
0 = Bit nicht gesetzt
0 → 1 = Steigende Flanke des Bits
X = Bit nicht verwendet (Zustand beliebig)

Tab. 57: Betriebsartspezifische Bits des Statuswords (Profile Position Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
10	Target Reached	0: Halt (Bit 8 im Controlword) = 0: Target Position nicht erreicht. 0: Halt (Bit 8 im Controlword) = 1: Antrieb bremst ab. 1: Halt (Bit 8 im Controlword) = 0: Target Position erreicht. 1: Halt (Bit 8 im Controlword) = 1: Stillstand des Antriebs.
12	Set Point Acknowledged	0: Vorheriger Sollwert in Bearbeitung oder bereits erreicht. 1: Neuer Sollwert wurde übernommen.
13	FollowingError	0: Istposition folgt der Vorgabe ohne Schleppfehler. 1: Zulässiger Bereich für den Schleppfehler überschritten.

Informationen zu Bewegungsprofilen finden sich in Kap. 5.2.5, S. 105.

Betriebsart wählen

5.2.3 Reglerstruktur für den Positionsregler

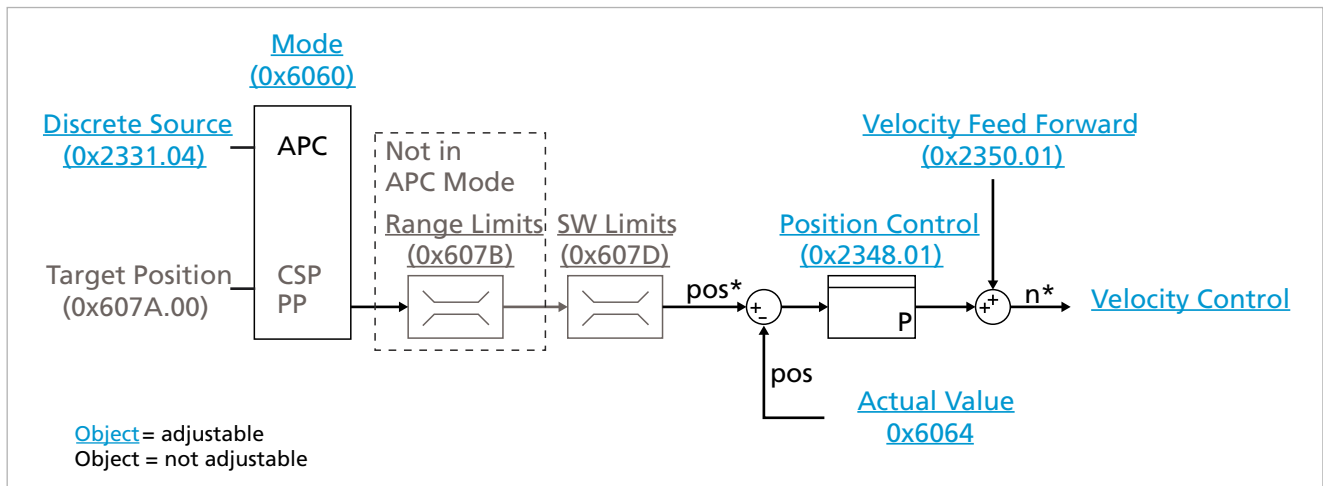


Abb. 27: Motion Manager Ansicht Profile Position Mode

Vorgehen für den Profile Position Mode

- ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
 - ✓ Parameter für die Bewegungsüberwachung (Position Window, Following Error Window) sind an die Anwendung angepasst
 - ✓ Betriebsart ist über 0x6060.00 = 1 gewählt
 - ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
1. Profilparameter gemäß Kap. 4.5, S. 46 einstellen.
 2. Sollposition in 0x607A.00 schreiben.
 3. Positionierung über die steigende Flanke in Bit 4 des Controlwords starten. Dabei auch die optionalen Bits setzen.
- ↪ Der Antrieb bestätigt die Zielposition im Statusword über das Setpoint Acknowledged Bit (Bit 12) und beginnt den Fahrauftrag. Wenn das Ziel erreicht wurde, wird dies über das Target Reached Bit (Bit 10) im Statusword gemeldet.

Optionen

Die Regelabweichung zwischen Soll- und Istposition (Schleppfehler) kann reduziert werden, indem der Antrieb mit an die Mechanik angepasstem Bewegungsprofil und aktivierter Vorsteuerung betrieben wird.

Betriebsart wählen

5.2.4 Synchronbetrieb

FAULHABER MC 3602 B oder MC 3606 B Motion Controller können auch zum Betrieb von Schrittmotoren ohne Inkrementalencoder verwendet werden.

Im Synchronbetrieb wird weder Position noch Geschwindigkeit geregelt. Die im Profildgenerator errechnete Sollposition wird stattdessen als Winkel φ für die Kommutierung der Motorspannungen A und B verwendet.

Die Profilparameter für Beschleunigungsrampe, Maximalgeschwindigkeit und Bremsrampe müssen so gewählt werden, dass der synchron betriebene Antrieb diesen Bewegungen sicher folgen kann.

 Im Synchronbetrieb ergibt sich die interne Positionsauflösung aus der Interpolationsrate für Schrittmotoren (0x2329.0x10) und der Polpaarzahl:

$$\text{Interne Positionsauflösung} = \frac{\text{Schritte pro Umdrehung}}{4} * \text{Interpolationsrate je Polpaar}$$

Die Positionsauflösung für die Sollwertvorgabe kann im PP Mode über die Factor Group auf den gewünschten Wert je Umdrehung angepasst werden.

Synchronbetrieb mit konstanter Spannung

An den Motor wird konstant die Nennspannung ($U_{\text{Dauer}} = \text{Dauerstrom} \times \text{Wicklungswiderstand}$) ausgegeben. Die Kommutierung der Phasen A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.

- $U_a = U_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
- $U_b = U_{\text{Dauer}} \cos\varphi$

- ▶ Ggf. die Objekte der Factor Group anpassen.

Da beim bewegten Motor die EMK der von außen angelegten Spannung entgegenwirkt, sinkt der Motorstrom geschwindigkeitsproportional.

- Die erreichbare Dynamik im Synchronbetrieb mit konstanter Spannung ist begrenzt.
- Für den Synchronbetrieb mit konstanter Spannung müssen keine Regler eingestellt sein.

Synchronbetrieb mit konstantem Strom

In den Phasen A und B wird ein Strom mit der Amplitude entsprechend des eingestellten Dauerstroms eingeregelt. Die Kommutierung der Phase A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.

- $U_a = I_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
- $U_b = I_{\text{Dauer}} \cos\varphi$

- ▶ Ggf. die Objekte der Factor Group anpassen.

Für den Synchronbetrieb mit konstantem Strom werden die Stromregler im Rahmen der Inbetriebnahme mit dem Motion Manager auf Basis der Motordaten eingestellt.

Betriebsart wählen

5.2.5 Zusammengesetzte Bewegungsprofile

In der Betriebsart Profile Position Mode können Profilsegmente aneinander gesetzt werden. Dadurch können dem Motion Controller mehrere Sollwerte mit unterschiedlichen Profilparametern nacheinander übergeben werden. Über die betriebsartspezifischen Bits im Controlword 0x6040 kann folgendes eingestellt werden:

- Sollwerte nacheinander als einzelne Fahraufträge senden.
- Neuen Sollwert mit neuen Profilparametern sofort aktivieren.
- Neuer Sollwert mit neuen Profilparametern bei Erreichen des vorherigen Sollwerts aktivieren, ohne die Bewegung zu stoppen.

Tab. 58: Codierung des Controlword 0x6040 und Verhalten des Antriebs bei Übernahme eines neuen Positionssollwerts

Bit	Funktion	Bedeutung
Bit 4	New Set Point	Der Sollwert wird inklusive der Profilparameter an der steigenden Flanke von Bit 4 übernommen.
Bit 5	Change Set Immediately	Sollwertübernahme sofort oder nach Ende eines laufenden Fahrauftrags: Bit 5 = 1: Die Position wird unmittelbar angefahren. Bit 5 = 0: Die neue Position wird erst angefahren, wenn die vorherige Positionierung abgeschlossen ist.
Bit 6	Abs/Rel	Positionen können als absolute oder relative Sollwerte vorgegeben werden. Wenn Bit 6 an der steigenden Flanke von Bit 4 gesetzt ist, wird der Sollwert als relativ interpretiert.
Bit 9	Change on Set Point	Wechsel auf den folgenden Fahrauftrag nach vorherigem Stillstand oder aus dem laufenden Betrieb. Bit 9 = 0: Der neue Fahrauftrag wird erst übernommen, wenn der Antrieb in seiner vorhergehenden Zielposition steht. Bit 9 = 1: Der Antrieb bremst bei Erreichen der vorhergehenden Zielposition nicht ab. Bei der Durchfahrt durch das vorhergehende Ziel wird der neue Fahrauftrag aktiviert.

 Das Controlword 0x6040 wird von der übergeordneten Steuerung gesetzt. Das Statusword (0x6041) ist die Reaktion des Antriebs und wird vom Antrieb gesetzt. Relevante Bits im Statusword sind:

- Bit 10: Target Reached
- Bit 12: Set Point Acknowledged

Betriebsart wählen

5.2.5.1 Vorgabe eines einzelnen Positionssollwerts (Single Set Point)

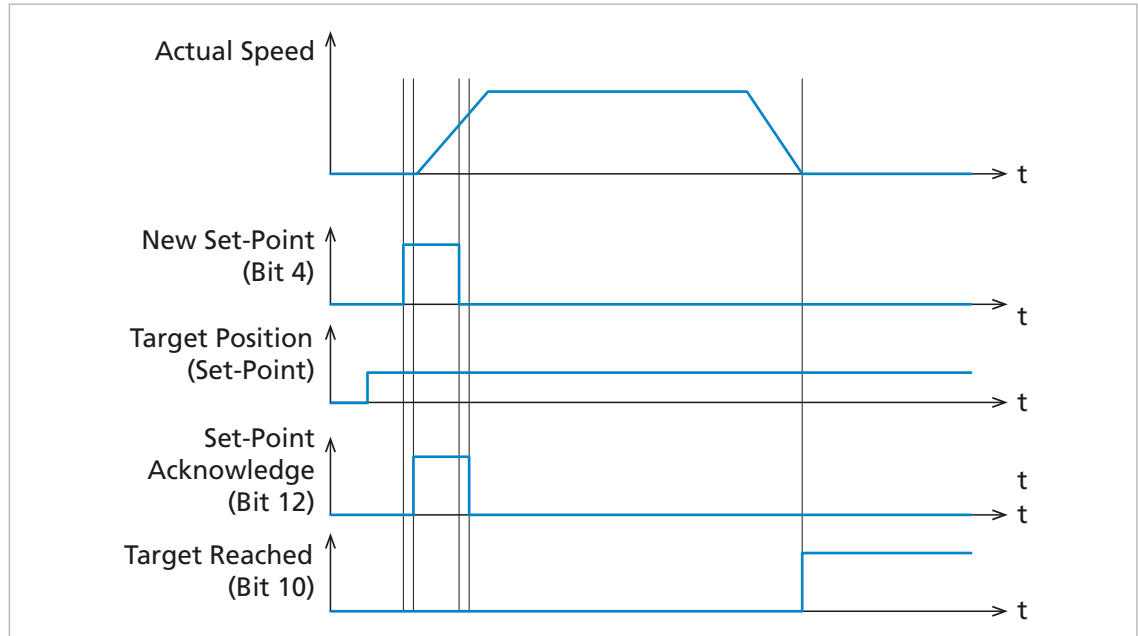


Abb. 28: Antriebsverhalten beim Setzen eines Set Points

- In der Betriebsart PP wird ein neuer Positionssollwert erst an der steigenden Flanke von Bit 4 im Controlword (New Set Point) übernommen. Dazu setzt die übergeordnete Steuerung Bit 4, nachdem der neue Sollwert in das Objekt 0x607A geschrieben wurde.
- i** Wenn das Controlword und der Positionssollwert beim Betrieb über CANopen gemeinsam in einem PDO übertragen werden, wird zunächst der neue Sollwert ins Objekt 0x607A geschrieben und anschließend das Controlword ausgewertet.
- Der Antrieb prüft, ob der neue Sollwert übernommen werden kann. Einen übernommenen Sollwert signalisiert der Antrieb über Bit 12 = 1 im Statusword (Set Point Acknowledge). Erst dann darf die übergeordnete Steuerung das New Set Point Bit im Controlword wieder zurück nehmen. Wenn der Antrieb weitere Sollwerte vormerken kann, wird im Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) wieder auf 0 gesetzt.
- Wenn der Sollwert erreicht wurde und keine weiteren Sollwerte an den Antrieb übermittelt werden, wird Bit 10 im Statuswords (Target Reached) auf 1 gesetzt.

Betriebsart wählen

5.2.5.2 Vorgabe mehrerer Sollwerte in Folge (Set of Set Points)

Während ein erster Sollwert bearbeitet wird (der Antrieb fährt noch, Target Reached wurde noch nicht signalisiert), können bereits weitere Sollwerte übergeben werden. Über Bit 4 (New Set Point) im Controlword und Bit 12 (Set Point Acknowledge) im Statusword werden dem Antrieb weitere Sollwerte übergeben.

Wenn im Bit 5 des Controlwords (Change Set Immediately) der Wert 0 gesetzt ist, wird ein neuer Sollwert erst angefahren, wenn der vorherige Sollwert erreicht wurde.

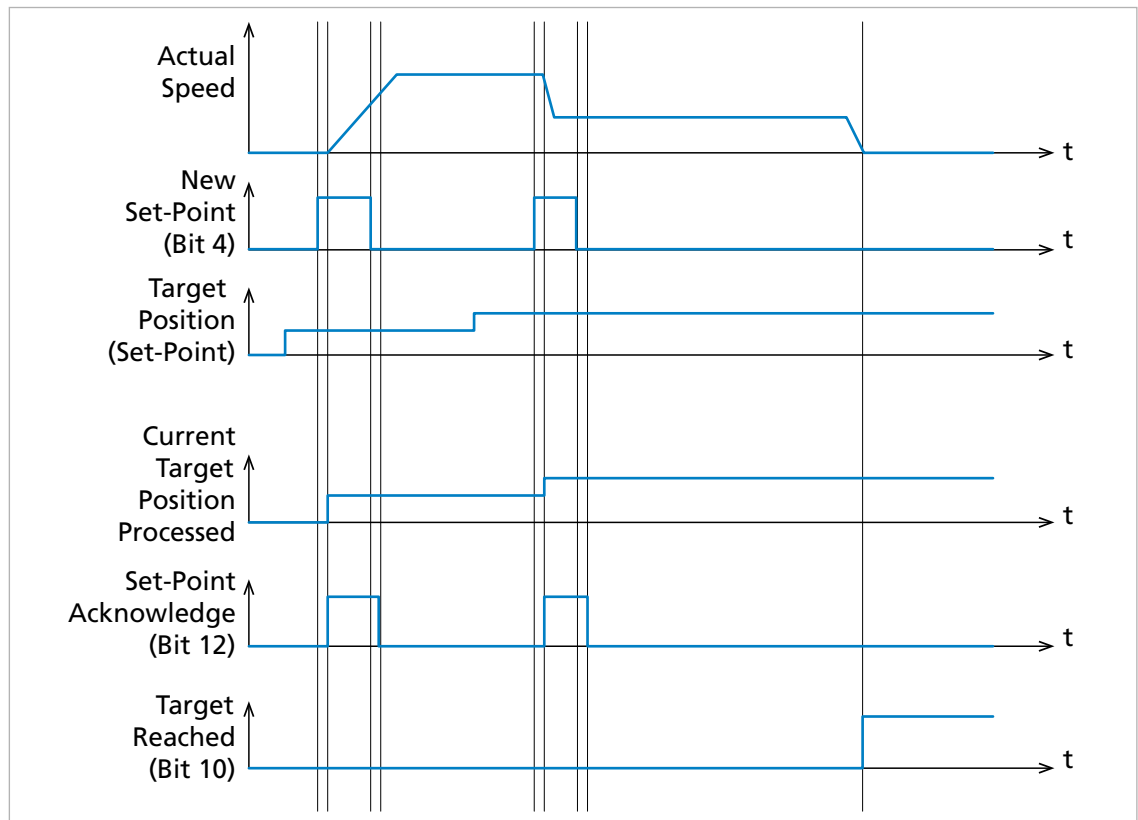


Abb. 29: Handshaking Procedure für eine Folge von Sollwerten bei sofortiger Sollwertübernahme

- In der Betriebsart PP wird ein neuer Positionssollwert erst an der steigenden Flanke von Bit 4 im Controlword (New Set Point) übernommen. Dazu setzt die übergeordnete Steuerung Bit 4, nachdem der neue Sollwert in das Objekt 0x607A geschrieben wurde.
- i** Wenn das Controlword und der Positionssollwert beim Betrieb über CANopen gemeinsam in einem PDO übertragen werden, wird zunächst der neue Sollwert ins Objekt 0x607A geschrieben und anschließend das Controlword ausgewertet.
- Der Antrieb prüft, ob der neue Sollwert übernommen werden kann. Einen übernommenen Sollwert signalisiert der Antrieb über Bit 12 = 1 im Statusword (Set Point Acknowledge). Erst dann darf die übergeordnete Steuerung das New Set Point Bit im Controlword wieder zurück nehmen. Wenn der Antrieb weitere Sollwerte vormerken kann, wird im Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) wieder auf 0 gesetzt.

Betriebsart wählen

- Wenn ein Sollwert gesetzt ist und ein weiterer Sollwert an den Antrieb übermittelt wird, sind je nach Einstellung des Bits 5 des Controlwords (Change Set Immediately) zwei Antwortverhalten möglich:
 - Change Set Immediately = 1: Neuer Sollwert wird sofort angefahren.
 - Change Set Immediately = 0: Neuer Sollwert wird erst angefahren, wenn der vorherige Sollwert erreicht wurde. Zwischen den beiden Bewegungen bleibt der Antrieb kurz stehen, bis das erste Ziel als erreicht erkannt wird (siehe Kap. 5.2.5.3, S. 108).
 - Wenn der Sollwert erreicht wurde und keine weiteren Sollwerte an den Antrieb übermittelt werden, wird im Bit 10 des Statuswords (Target Reached) der Wert 1 gesetzt.
-  Im abgebildeten Beispiel (siehe Abb. 29) wurden mit dem neuen Sollwert auch neue Vorgaben für die Beschleunigung bzw. der Geschwindigkeit übermittelt, erkennbar an der Veränderung des Geschwindigkeitsprofils (Actual Speed).

5.2.5.3 Vorgabe mehrerer Positionssollwerte mit direktem Übergang (Change on Set Point)

Wenn im Bit 5 des Controlwords (Change Set Immediately) der Wert 0 gesetzt ist, wird ein neuer Sollwert erst angefahren, wenn der vorherige Sollwert erreicht wurde.

Für Bit 9 (Change on Set Point) = 0 hält der Antrieb zwischen zwei Sollwerten zunächst an, bevor der nächste Fahrauftrag bearbeitet wird. Mit gesetztem Change on Set Point Bit, erfolgt der Wechsel auf die neuen Profilparameter dagegen ohne Halt, sobald der vorhergehende Sollwert erreicht wurde. Die Vorgabe von Sollwerten mit gesetztem Change on Setpoint Bit eignet sich dadurch insbesondere für kontinuierliche Positionierbewegungen mit sich laufend ändernden Profilparametern, wie z. B. beim 2-Achsen-Betrieb in einer Fräse oder in einem 3D-Drucker.

Betriebsart wählen

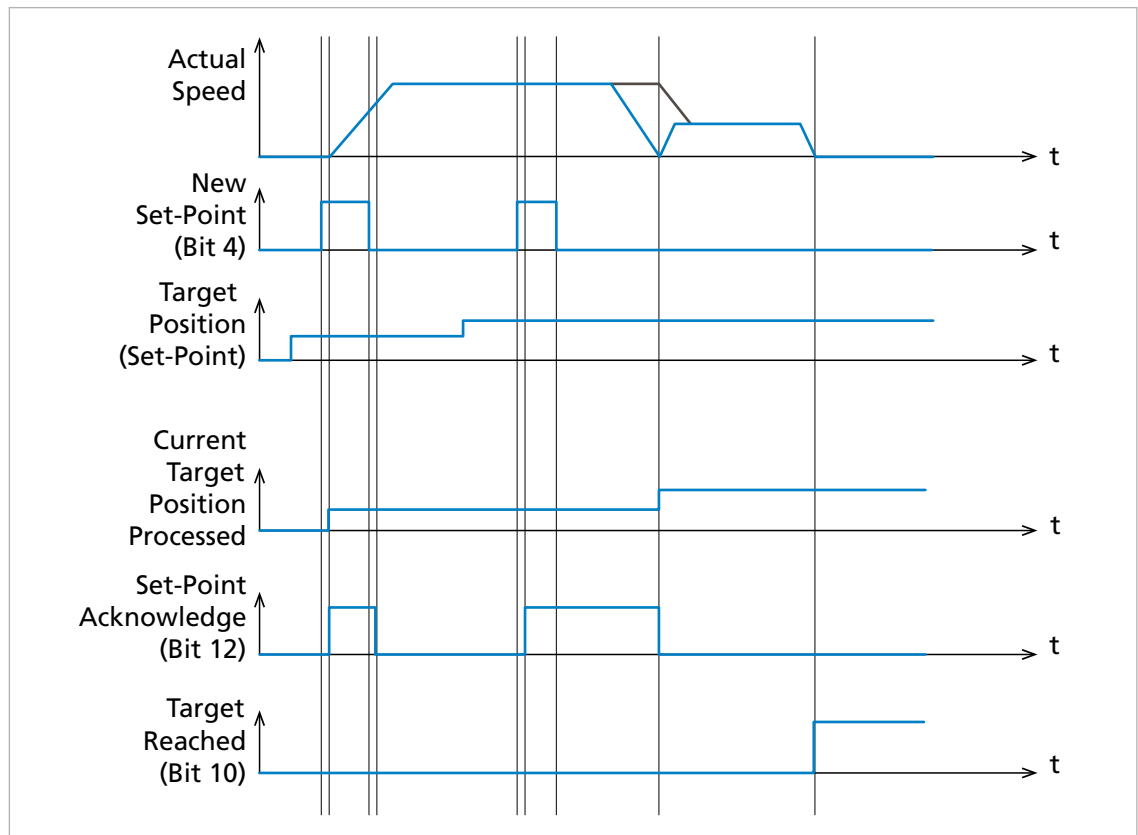


Abb. 30: Handshaking Procedure für die Set of Set Points Methode

- In der Betriebsart PP wird ein neuer Positionssollwert erst an der steigenden Flanke von Bit 4 im Controlword (New Set Point) übernommen. Dazu setzt die übergeordnete Steuerung Bit 4, nachdem der neue Sollwert in das Objekt 0x607A geschrieben wurde.
- i** Wenn das Controlword und der Positionssollwert beim Betrieb über CANopen gemeinsam in einem PDO übertragen werden, wird zunächst der neue Sollwert ins Objekt 0x607A geschrieben und anschließend das Controlword ausgewertet.
- Der Antrieb prüft, ob der neue Sollwert übernommen werden kann. Einen übernommenen Sollwert signalisiert der Antrieb über Bit 12 = 1 im Statusword (Set Point Acknowledge). Erst dann darf die übergeordnete Steuerung das New Set Point Bit im Controlword wieder zurück nehmen. Wenn der Antrieb weitere Sollwerte vormerken kann, wird im Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) wieder auf 0 gesetzt.
- Wenn während des Anfahrens des ersten Sollwerts ein weiterer Sollwert an den Antrieb übermittelt wird (Immediate Bit = 0), wird dieser vorgemerkt. Er wird erst angefahren, wenn der erste Sollwert erreicht wurde.
- Mit Bit 9 des Controlwords (Change on Set Point) wird das dynamische Verhalten beim Übergang von einem Sollwert zu einem anderen Sollwert geregelt (siehe Abb. 30):
 - Change on Set Point = 0: Antrieb hält am Sollwert. Anschließend wird der neue Sollwert angefahren.
 - Change on Set Point = 1: Antrieb bremst bzw. beschleunigt auf das Geschwindigkeitsprofil des nächsten Sollwerts. Der neue Sollwert wird ohne vorherigen Halt angefahren.
- Wenn der Sollwert erreicht wurde und keine weiteren Sollwerte an den Antrieb übermittelt werden, wird im Bit 10 des Statuswords (Target Reached) der Wert 1 gesetzt.

Betriebsart wählen

5.2.6 Beispiele

5.2.6.1 Beispiel: Vorgabe mehrerer Positionssollwerte

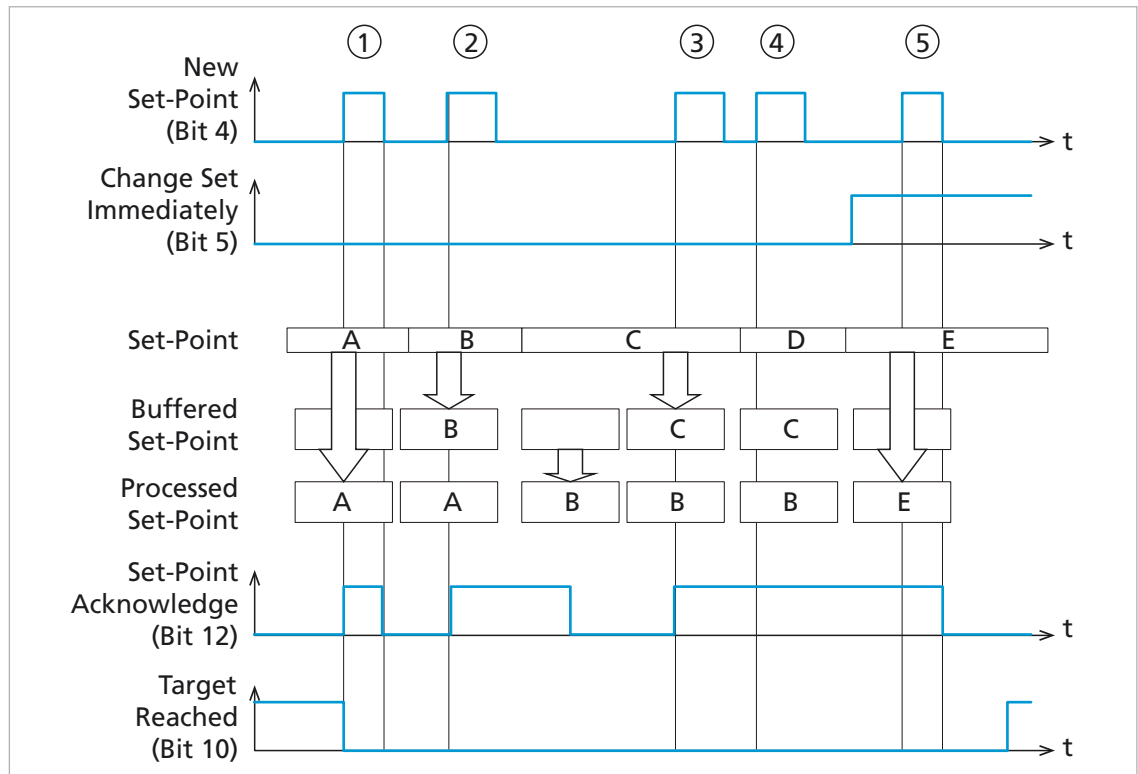


Abb. 31: Übergabe mehrerer Sollwerte für einen Antrieb mit maximal 2 Sollwertspeichern

- ① Sollwert A wird an den Antrieb übermittelt. Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) wird zunächst von 0 auf 1 gesetzt. Da der Antrieb weitere Sollwerte aufnehmen kann wird Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) anschließend wieder von 1 auf 0 gesetzt, sobald das New Set Point Bit im Controlword zurück genommen wurde.
- ② Sollwert B wird an den Antrieb übermittelt. Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) wird zunächst von 0 auf 1 gesetzt. Da der Antrieb keine weiteren Sollwerte aufnehmen kann, wird Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) erst von 1 auf 0 gesetzt, wenn Sollwert A erreicht wurde.
- ③ Sollwert C wird an den Antrieb übermittelt. Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) wird von 0 auf 1 gesetzt. Da der Antrieb keine weiteren Sollwerte aufnehmen kann, wird Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) nicht von 1 auf 0 gesetzt.
- ④ Sollwert D wird an den Antrieb übermittelt. Da noch Sollwert C im Buffer vorgemerkt ist, kann vom Antrieb kein weiterer Sollwert aufgenommen werden. Bit 12 im Statusword (Set Point Acknowledge) bleibt unverändert auf 1.
- ⑤ Sollwert E wird an den Antrieb übermittelt. Zuvor wurde Bit 5 des Controlwords (Change Set Immediately) von 0 auf 1 gesetzt. Der Antrieb fährt sofort Sollwert E an. Sämtliche vorherigen Sollwerte werden verworfen.



FAULHABER Motion Controller können neben dem aktuell bearbeiteten Positionssollwert maximal zwei weitere Sollwerte speichern.

Betriebsart wählen

5.2.6.2 Beispiel: Positionierung mit absoluten Sollwerten und anschließender Reversierung

Der Antrieb soll auf die Position 12000 Inkremente verfahren werden. Nach einer kurzen Wartezeit wird wieder auf die Position 0 zurück gefahren. Die Beschleunigung und die Verzögerung sollen 1000 1/s² betragen.

- ✓ Zustandsmaschine befindet sich im Zustand *Operation Enabled*.
- ✓ Istposition wurde durch eine Referenzfahrt abgenullt.
- ✓ Software Position Ranges und Software Range Limits liegen außerhalb des Bereichs 0 ... 12000.

1. Betriebsart PP wählen:

- Im Objekt 0x6060.00 den Wert **01** setzen.

2. Sollwert und Profilparameter setzen:

- Im Objekt 0x607A.00 den Wert **12000** setzen.
- Im Objekt 0x6083.00 den Wert **1000** setzen.
- Im Objekt 0x6084.00 den Wert **1000** setzen.

3. Sollwert als absoluten Sollwert kennzeichnen und Fahrbefehl starten:

- Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 1F** setzen.

Der Antrieb quittiert den Sollwert als akzeptiert über Bit 12 (0x6041 = 0x1027).

4. Start-Bit im Controlword wieder zurück nehmen.

- Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 0F** setzen.

Der Antrieb bestätigt die Bereitschaft zur Übernahme weiterer Sollwerte durch Rücknahme des Set Point Acknowledge Bits (0x6041 = 0x0027).

Der Antrieb fährt auf die Zielposition und signalisiert das Erreichen der Zielposition nach Ablauf der Position Window Time in Bit 10 (0x6041.00 = 0x0427).

Der Antrieb ist um 12000 Inkremente verfahren.

5. Sollwert für die Rückfahrt setzen.

- Im Objekt 0x607A.00 den Wert **00 00 00 00** setzen.

6. Schritte 3 und 4 wiederholen.

- ↺ Der Antrieb ist auf die Position 12000 Inkremente verfahren und anschließend wieder zurück gefahren.



Beim Betrieb an einer Master-Steuerung über einen Feldbus, müssen die Rückmeldungen des Motion Controllers im Statusword mit ausgewertet werden, bevor der nächste Schritt erfolgt.

Betriebsart wählen

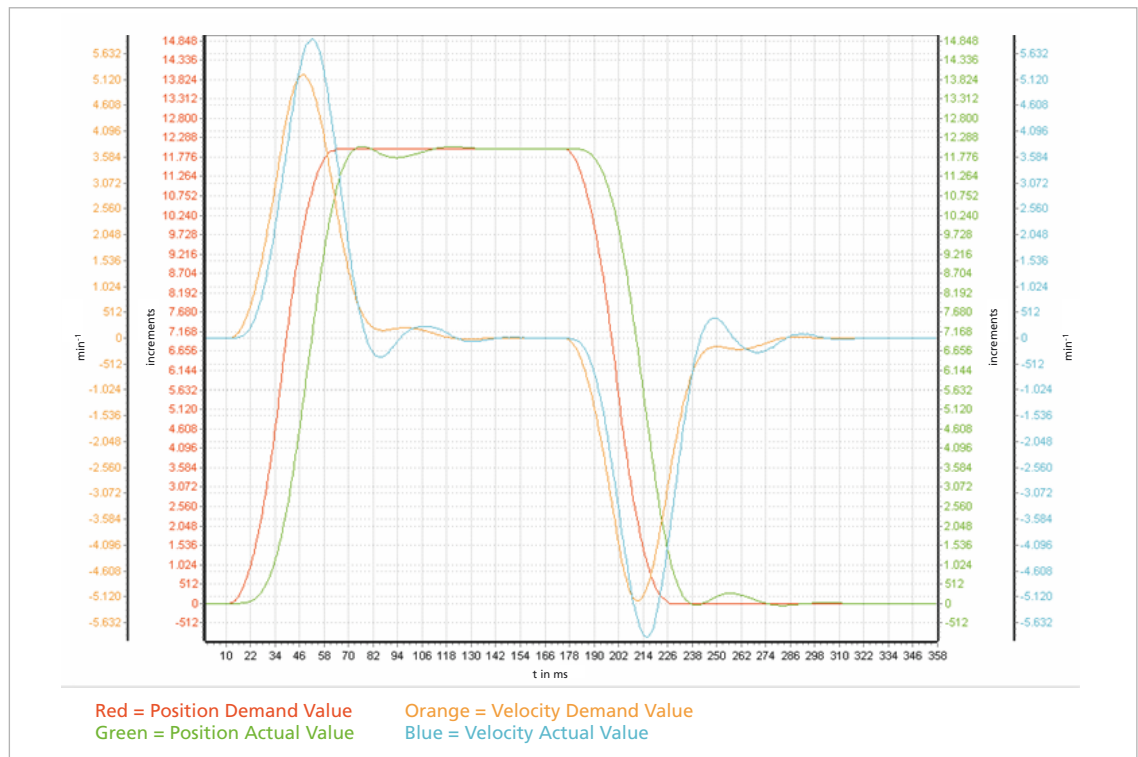


Abb. 32: Bewegungsprofil eines Positioniervorgangs mit absoluten Sollwerten und anschließender Reversierung

5.2.6.3 Beispiel: Positionierung mit relativen Sollwerten und anschließender Reversierung

Ein Antrieb soll um 12000 Inkremente gegenüber der aktuellen Position verfahren werden.

Um Schwingungen an der weich angekoppelten Mechanik zu vermeiden, wird nur schwach beschleunigt und zusätzlich das Sin² Geschwindigkeitsprofil gewählt. Beschleunigung und Verzögerung sollen 100 1/s² betragen.

- ✓ Zustandsmaschine befindet sich im Zustand *Operation Enabled*.
 - ✓ Software Position Ranges liegen außerhalb des Bereichs 0 ... 12000 um die aktuelle Position.
1. Betriebsart PP wählen:
 - Im Objekt 0x6060.00 den Wert **01** setzen.
 2. Sollwert und Profilparameter setzen:
 - Im Objekt 0x607A.00 den Wert **12000** setzen.
 - Im Objekt 0x6083.00 den Wert **100** setzen.
 - Im Objekt 0x6084.00 den Wert **100** setzen.
 - Im Objekt 0x6086.00 den Wert **1** setzen.
 3. Sollwert als relativen Sollwert kennzeichnen und Fahrbefehl starten:
 - Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 5F** setzen.

Der Antrieb quittiert den Sollwert als akzeptiert über Bit 12 (0x6041 = 0x1027).

Betriebsart wählen

4. Start-Bit im Controlword wieder zurück nehmen.

- Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 0F** setzen.

Der Antrieb bestätigt die Bereitschaft zur Übernahme weiterer Sollwerte durch Rücknahme des Set Point Acknowledge Bits (0x604 = 0x0027).

Der Antrieb fährt auf die Zielposition und signalisiert das Erreichen der Zielposition nach Ablauf der Position Window Time in Bit 10 (0x6041.00 = 0x0427).

Der Antrieb steht in der Position +12000 Inkremente gegenüber der Startposition.

5. Sollwert für die Rückfahrt setzen.

- Im Objekt 0x607A.00 den Wert -12000 setzen.

6. Schritte 3 und 4 wiederholen.

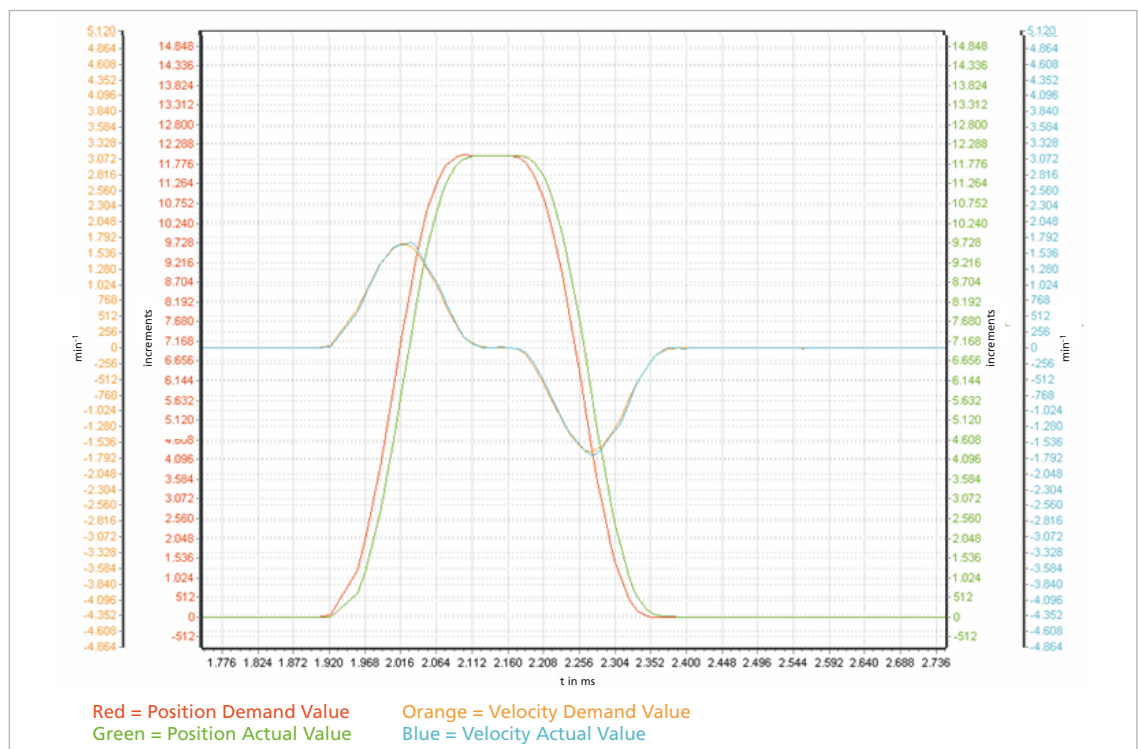


Abb. 33: Bewegungsprofil eines Positioniervorgangs mit relativen Sollwerten und anschließender Reversierung

Betriebsart wählen

5.2.6.4 Beispiel: Zusammengesetzte Bewegung

Eine Achse soll auf die Position 32678 Inkremente verfahren werden. Danach soll unmittelbar auf die Position 34816 gefahren werden. Am Schluss wird wieder auf die Position 0 zurück gefahren.

Um Schwingungen an der weich angekoppelten Mechanik zu vermeiden, wird nur schwach beschleunigt und zusätzlich das $\sin^2$ Geschwindigkeitsprofil gewählt.

- ✓ Zustandsmaschine befindet sich im Zustand *Operation Enabled*.
- ✓ Istposition wurde durch eine Referenzfahrt abgenullt.
- ✓ Software Position Ranges und Software Range Limits liegen außerhalb des Bereichs 0 ... 34816.

1. Betriebsart PP wählen:

- Im Objekt 0x6060.00 den Wert **01** setzen.

2. Sollwert und Profilparameter setzen:

- Im Objekt 0x607A.00 den Wert **32678** setzen.
- Im Objekt 0x6083.00 den Wert **100** setzen.
- Im Objekt 0x6084.00 den Wert **100** setzen.
- Im Objekt 0x6086.00 den Wert **1** setzen.

3. Position Window Time an die Anwendung anpassen:

- Im Objekt 0x6068.00 den Wert **100** setzen.

4. Sollwert als absoluten Sollwert kennzeichnen und Fahrbefehl starten:

- Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 1F** setzen.

Der Antrieb quittiert den Sollwert als akzeptiert über Bit 12 (0x6041 = 0x1027)
Antrieb beginnt mit dem ersten Fahrbefehl.

5. Start-Bit im Controlword wieder zurück nehmen.

- Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 0F** setzen.

Der Antrieb bestätigt die Bereitschaft zur Übernahme weiterer Sollwerte durch Rücknahme des Set Point Acknowledge Bits (0x6041 = 0x0027).

6. Zweiten Sollwert schreiben und aktivieren:

- Im Objekt 0x607A.00 den Wert **34816** setzen.
- Im Objekt 0x6040.00 den Wert **0x00 1F** setzen.

Der Antrieb quittiert den Sollwert als akzeptiert über Bit 12 (0x6041 = 0x1027)

7. Start-Bit im Controlword wieder zurück nehmen.

- Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 0F** setzen.

Der Antrieb bestätigt die Bereitschaft zur Übernahme weiterer Sollwerte durch Rücknahme des Set Point Acknowledge Bits (0x6041 = 0x0027).

Betriebsart wählen

8. Dritten Sollwert schreiben und aktivieren.

- Im Objekt 0x607A.00 den Wert **0** setzen.
- Im Objekt 0x6040.00 den Wert **0x00 1F** setzen.

Der Antrieb quittiert den Sollwert als akzeptiert über Bit 12 (0x6041 = 0x1027)

9. Start-Bit im Controlword wieder zurück nehmen.

- Im Objekt 0x6040 den Wert **0x00 0F** setzen.

Der Antrieb signalisiert, keine weiteren Sollwerte übernehmen zu können, indem das Set Point Acknowledge Bit (Bit 12) nicht zurück genommen wird.

Das erste Ziel wird erreicht. Der Antrieb beginnt mit dem 2. Fahrbefehl. Dadurch wird ein Sollwertpuffer frei. Der Antrieb bestätigt die Bereitschaft zur Übernahme weiterer Sollwerte durch Rücknahme des Set Point Acknowledge Bit (0x6041 = 0x0027). Da noch weitere Sollwerte anstehen, wird das Ziel noch nicht als erreicht gekennzeichnet.

Das zweite Ziel wird erreicht. Der Antrieb beginnt mit dem 3. Fahrbefehl. Der Antrieb fährt auf die Zielposition und signalisiert das Erreichen der Zielposition nach Ablauf der Position Window Time in Bit 10 (0x6041.00 = 0x0427).

Der Antrieb steht wieder in der Position 0 Inkremente.

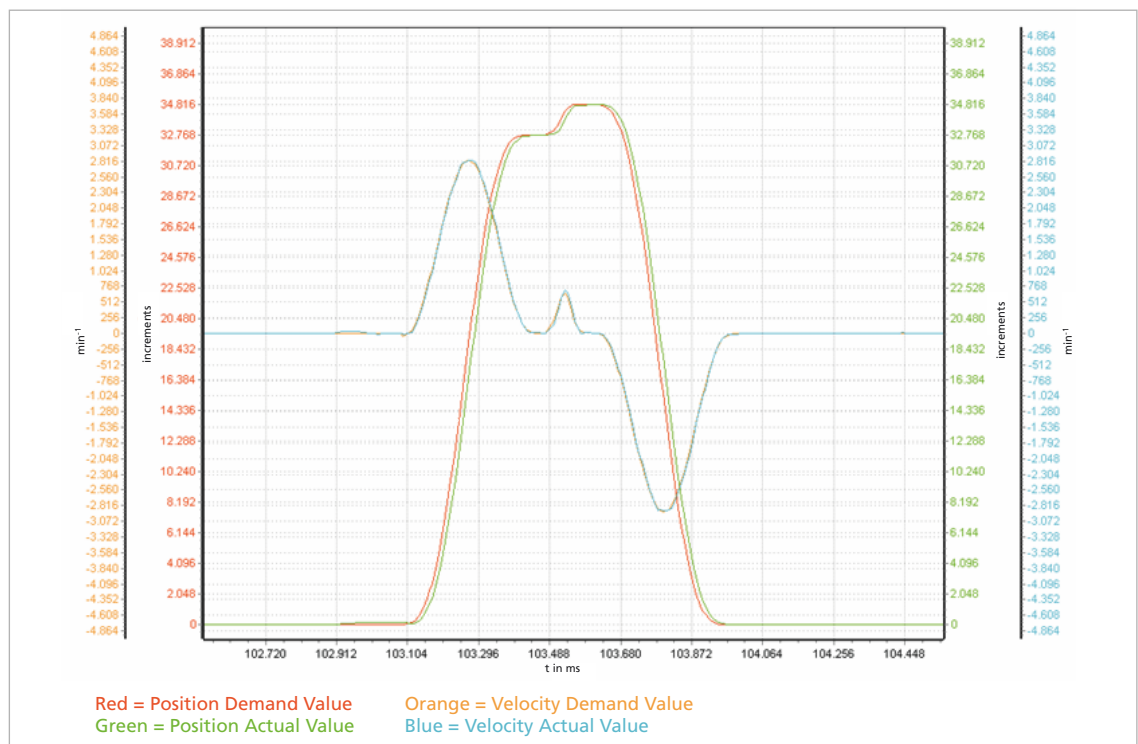


Abb. 34: Bewegungsprofil eines Positioniervorgangs mit mehreren absoluten Sollwerten und anschließender Reversierung

Betriebsart wählen

5.3 Profile Velocity Mode (PV)

5.3.1 Grundfunktion

Im Profile Velocity Mode (PV) regelt der Motion Controller die Geschwindigkeit des Antriebs. Der Sollwert wird über das Objekt 0x60FF vom Master oder über ein lokales Ablaufprogramm vorgegeben. Eine Skalierung der Soll- und Istwerte über die Factor-Group wird immer berücksichtigt.

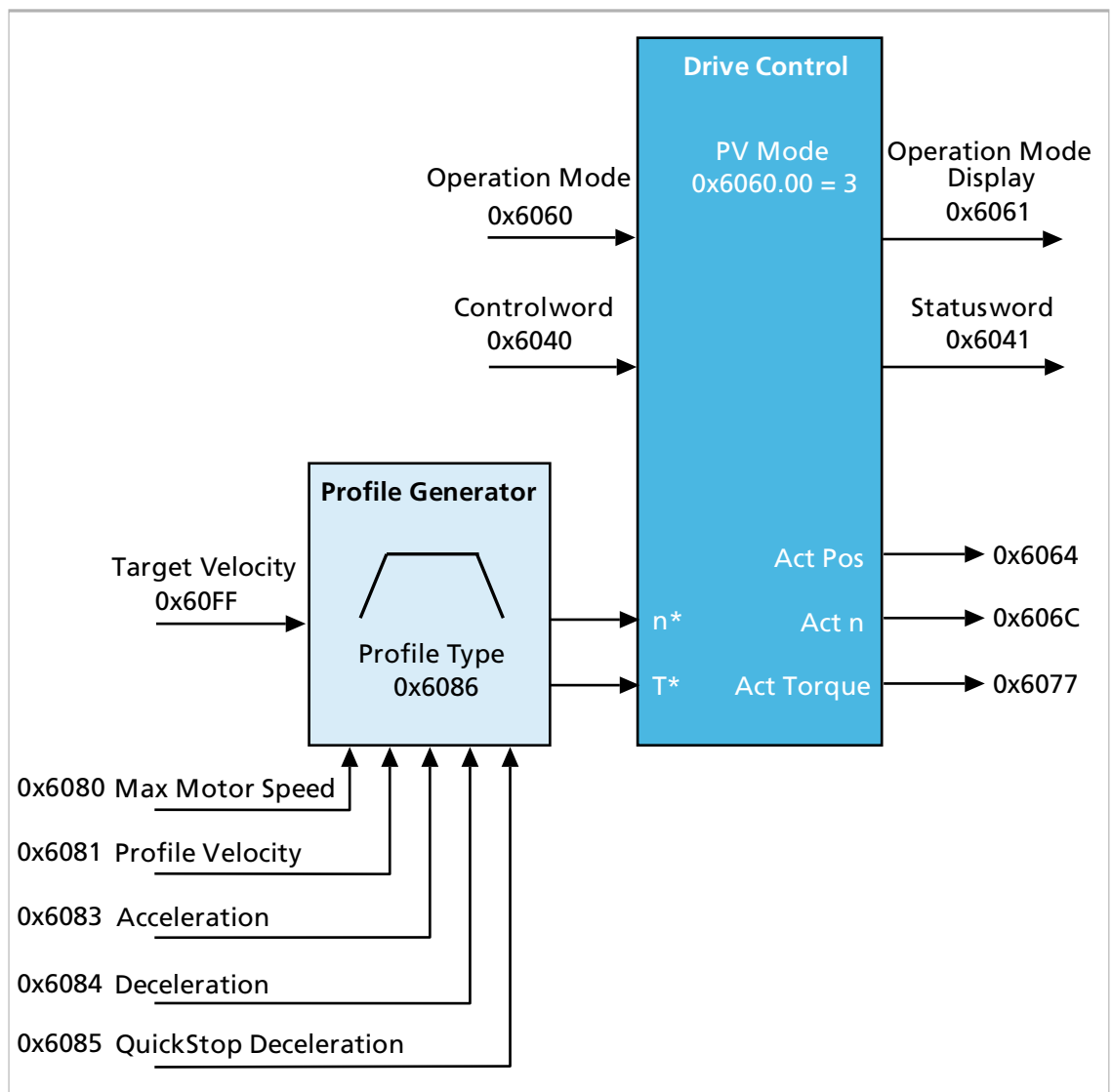


Abb. 35: Profile Velocity Mode im Überblick

Betriebsart wählen

Sollwertvorgabe und Betrieb

- Bei aktivierter Endstufe werden neue Sollwerte sofort übernommen. Zu jedem neuen Sollwert werden die aktuellen Profilparameter berücksichtigt.
- Aus dem Sollwert generiert der Profilgenerator passende Demand-Werte für die Regelung.
- Der ebenfalls aus dem Profil vorliegende Vorsteuerwert für das Drehmoment kann optional auf die Regelung aufgeschaltet werden.
- Wenn die Zielgeschwindigkeit erreicht wurde, wird nach Ablauf der Velocity Window Time (0x606E) die Geschwindigkeit im Statusword als erreicht gemeldet.
- Zusätzlich wird über das Velocity Threshold Window der Stillstand des Antriebs überwacht und ebenfalls im Statusword zurückgemeldet.

Wirksame Teilfunktionen

- Sollwertvorgabe über den Profilgenerator
- Regelung der Geschwindigkeit über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28.
- Erfassung der Istwerte
- Überwachung der Bewegung auf Schlupf
- Optional: Begrenzung von Drehmoment und Motorgeschwindigkeit
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Optional: Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter

5.3.2 Statusword/Controlword Profile Velocity Mode

Bei der Betriebsart Profile Velocity Mode werden im Statusword betriebsartspezifische Bits verwendet.

Tab. 59: Betriebsartspezifische Bits des Statuswords (Profile Velocity Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
10	Target Reached	0: Halt (Bit 8 im Controlword) = 0: Target Velocity nicht erreicht 0: Halt (Bit 8 im Controlword) = 1: Antrieb bremst ab 1: Halt (Bit 8 im Controlword) = 0: Target Velocity erreicht 1: Halt (Bit 8 im Controlword) = 1: Stillstand des Antriebs
12	n = 0	0: Antrieb bewegt sich 1: Antrieb steht still
13	Maximum Slippage Error	0: Maximal erlaubte Drehzahlabweichung nicht erreicht 1: Maximal erlaubte Abweichung zwischen Soll- und Istzahl erreicht.

Im Controlword verwendet die Betriebsart Profile Velocity Mode keine betriebsartspezifischen Bits.

Betriebsart wählen

5.3.3 Reglerstruktur für den Geschwindigkeitsregler

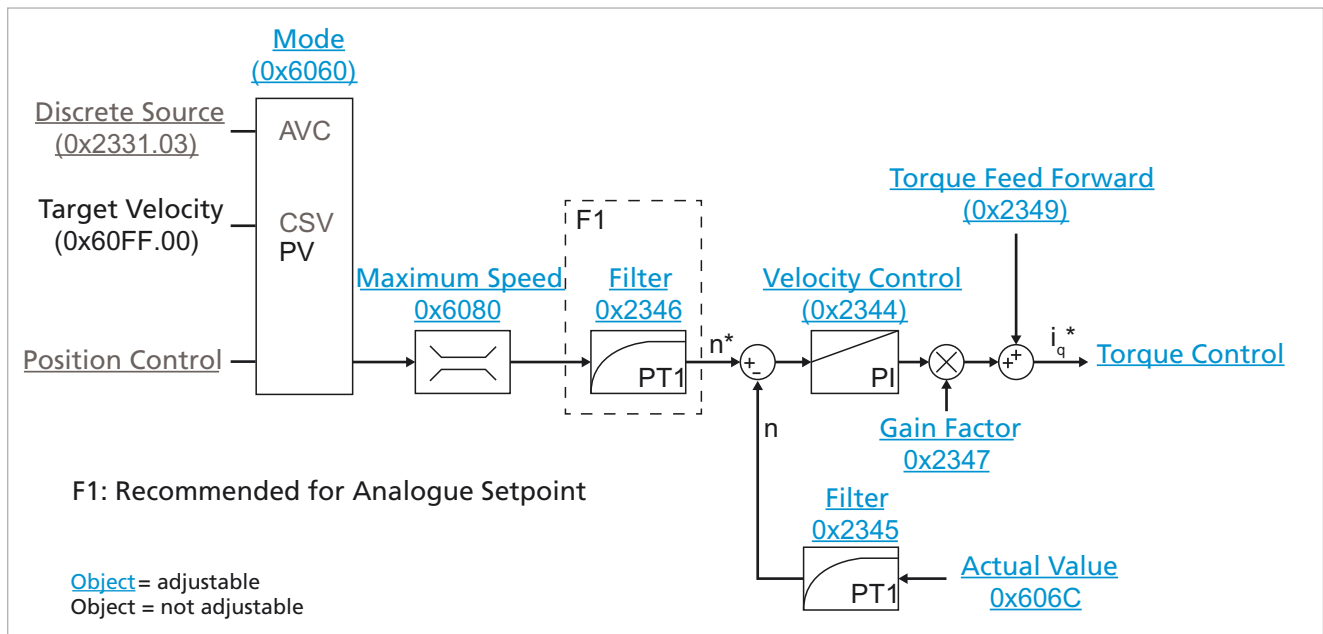


Abb. 36: Motion Manager Ansicht Profile Velocity Mode

Vorgehen für den Profile Velocity Mode

- ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
- ✓ Parameter für die Bewegungsüberwachung (Velocity Window, Velocity Threshold Window) sind an die Anwendung angepasst
- ✓ Betriebsart ist über 0x6060.00 = 3 gewählt
- ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
- 1. Profilparameter gemäß Kap. 4.5, S. 46 einstellen.
- 2. Sollwert in 0x60FF.00 schreiben.
- 🔗 Der Antrieb beschleunigt unmittelbar auf die angegebene Zielgeschwindigkeit. Wenn das Ziel erreicht wurde, wird dies über das Target Reached Bit (Bit 10) im Statusword gemeldet.

Optionen

Die Regelabweichung zwischen Soll- und Istgeschwindigkeit (Schlupf) kann reduziert werden, indem der Antrieb mit an die Mechanik angepasstem Bewegungsprofil und aktivierter Vorsteuerung betrieben wird.

Betriebsart wählen

5.3.4 Synchronbetrieb

FAULHABER MC 3602 B oder MC 3606 B Motion Controller können auch zum Betrieb von Schrittmotoren ohne Inkrementalencoder verwendet werden.

Im Synchronbetrieb wird weder Position noch Geschwindigkeit geregelt. Die im Profilgenerator errechnete Sollposition wird stattdessen als Winkel φ für die Kommutierung der Motorspannungen A und B verwendet.

Der Profilgenerator gibt damit über die Positionsvorgabe auch die im PV Mode vorgegebene Zielgeschwindigkeit vor.

Die Profilparameter für Beschleunigungsrampe, Maximalgeschwindigkeit und Bremsrampe müssen so gewählt werden, dass der synchron betriebene Antrieb diesen Bewegungen sicher folgen kann.

Synchronbetrieb mit konstanter Spannung

An den Motor wird konstant die Nennspannung ($U_{\text{Dauer}} = \text{Dauerstrom} \times \text{Wicklungswiderstand}$) ausgegeben. Die Kommutierung der Phasen A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.
 - $U_a = U_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
 - $U_b = U_{\text{Dauer}} \cos\varphi$

Da beim bewegten Motor die EMK der von außen angelegten Spannung entgegenwirkt, sinkt der Motorstrom geschwindigkeitsproportional.

- Die erreichbare Dynamik im Synchronbetrieb mit konstanter Spannung ist begrenzt.
- Für den Synchronbetrieb mit konstanter Spannung müssen keine Regler eingestellt sein.

Synchronbetrieb mit konstantem Strom

In den Phasen A und B wird ein Strom mit der Amplitude entsprechend des eingestellten Dauerstroms eingeregelt. Die Kommutierung der Phase A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.
 - $U_a = I_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
 - $U_b = I_{\text{Dauer}} \cos\varphi$

Für den Synchronbetrieb mit konstantem Strom werden die Stromregler im Rahmen der Inbetriebnahme mit dem Motion Manager auf Basis der Motordaten eingestellt.

Betriebsart wählen

5.3.5 Beispiele

5.3.5.1 Beispiel 1 (Reversiervorgang mit ruckbegrenztem Profil)

Eine weich angekoppelte Last soll von -4096 min^{-1} auf $+4096 \text{ min}^{-1}$ reversiert werden. Um Schwingungen zu vermeiden, werden Brems- und Beschleunigungswerte begrenzt und ein ruckbegrenztes Bewegungsprofil gewählt.

- ✓ Antrieb ist eingeschaltet und wird im PV Mode betrieben.
 - ✓ Der Geschwindigkeitssollwert beträgt -4096 min^{-1} .
 - 1. Brems- und Beschleunigungsrampe einstellen:
 - Im Objekt 0x6083 den Wert **100** setzen.
 - Im Objekt 0x6084 den Wert **100** setzen.
 - 2. Ruckbegrenztes Profil wählen:
 - Im Objekt 0x6086 den Wert **1** setzen.
 - 3. Neuen Sollwert wählen:
 - Im Objekt 0x60FF den Wert **4096** setzen.
- ↪ Der Antrieb hält an und setzt sich anschließend in die entgegengesetzte Richtung wieder in Bewegung.

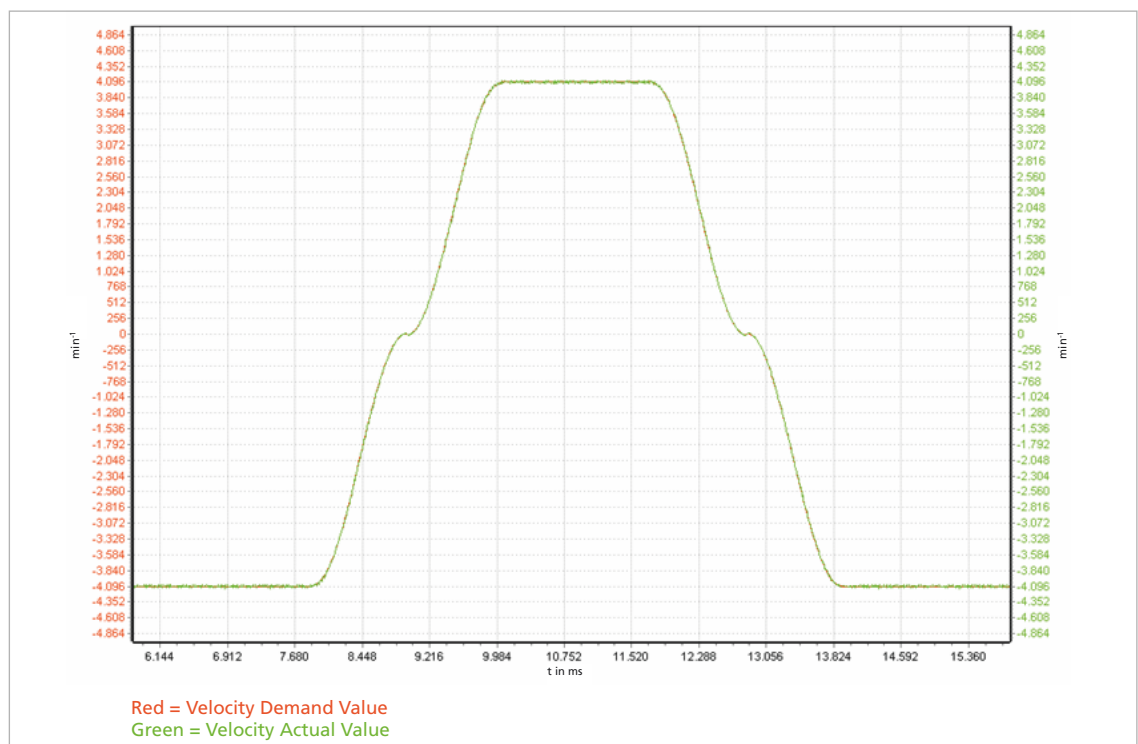


Abb. 37: Bewegungsprofil eines Reversiervorgangs mit ruckbegrenztem Profil

Betriebsart wählen

5.3.5.2 Beispiel 2 (Beschleunigung aus einer laufenden Bewegung mit begrenzter Beschleunigungsrate)

Eine Last soll von 1000 min^{-1} auf 5000 min^{-1} beschleunigt werden. Die Last ist steif gekoppelt.

- ✓ Antrieb ist eingeschaltet und wird im PV Mode geschwindigkeitsgeregelt betrieben.
 - ✓ Der Geschwindigkeitssollwert beträgt 1000 min^{-1} .
1. Beschleunigungsrampe einstellen:
 - Im Objekt 0x6083 den Wert **1000** setzen.
 2. Trapezprofil wählen:
 - Im Objekt 0x6086 den Wert **0** setzen.
 3. Neuen Sollwert wählen:
 - Im Objekt 0x60FF den Wert **5000** setzen.
- ➡ Der Antrieb beschleunigt auf 5000 min^{-1} .

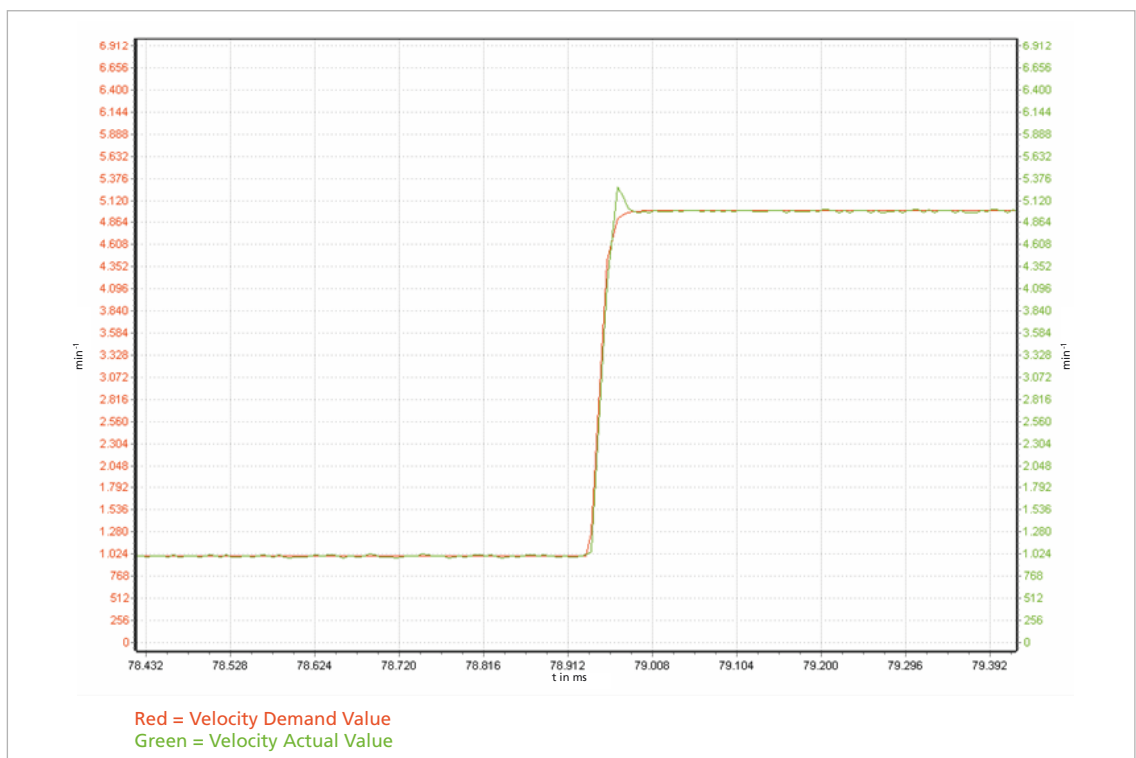


Abb. 38: Bewegungsprofil einer Beschleunigung aus einer laufenden Bewegung mit begrenzter Beschleunigungsrate

Betriebsart wählen

5.4 Homing Mode

Im Positionierbetrieb muss meistens zunächst nach dem Einschalten eine Referenzfahrt (Homing) ausgeführt werden, um den Positionswert an der Anlage auszurichten.

Unterstützt werden die auf den nächsten Seiten skizzierten und an die CiA 402 angelegten Homing Methoden:

- Methoden 1...34: Als Referenz wird ein Endschalter oder ein zusätzlicher Referenzschalter verwendet.
- Methode 37: Die Position wird ohne Referenzfahrt auf 0 gesetzt.
- Methoden –1...–4: Ein mechanischer Anschlag wird als Referenz gesetzt.

i Endschalter begrenzen den Bewegungsbereich (Negative/Positive Limit Switch), können aber auch gleichzeitig als Referenzschalter für die Null-Position verwendet werden.

Ein Homing-Schalter ist ein eigener Referenzschalter für die Null-Position.

i Die Genauigkeit der Referenzposition kann über ein Indexsignal verfeinert werden. Welche Eingänge als Endschalter bzw. als Referenzschalter verwendet werden sollen, wird über das Objekt 0x2310 eingestellt (siehe Kap. 4.10.1, S. 79).

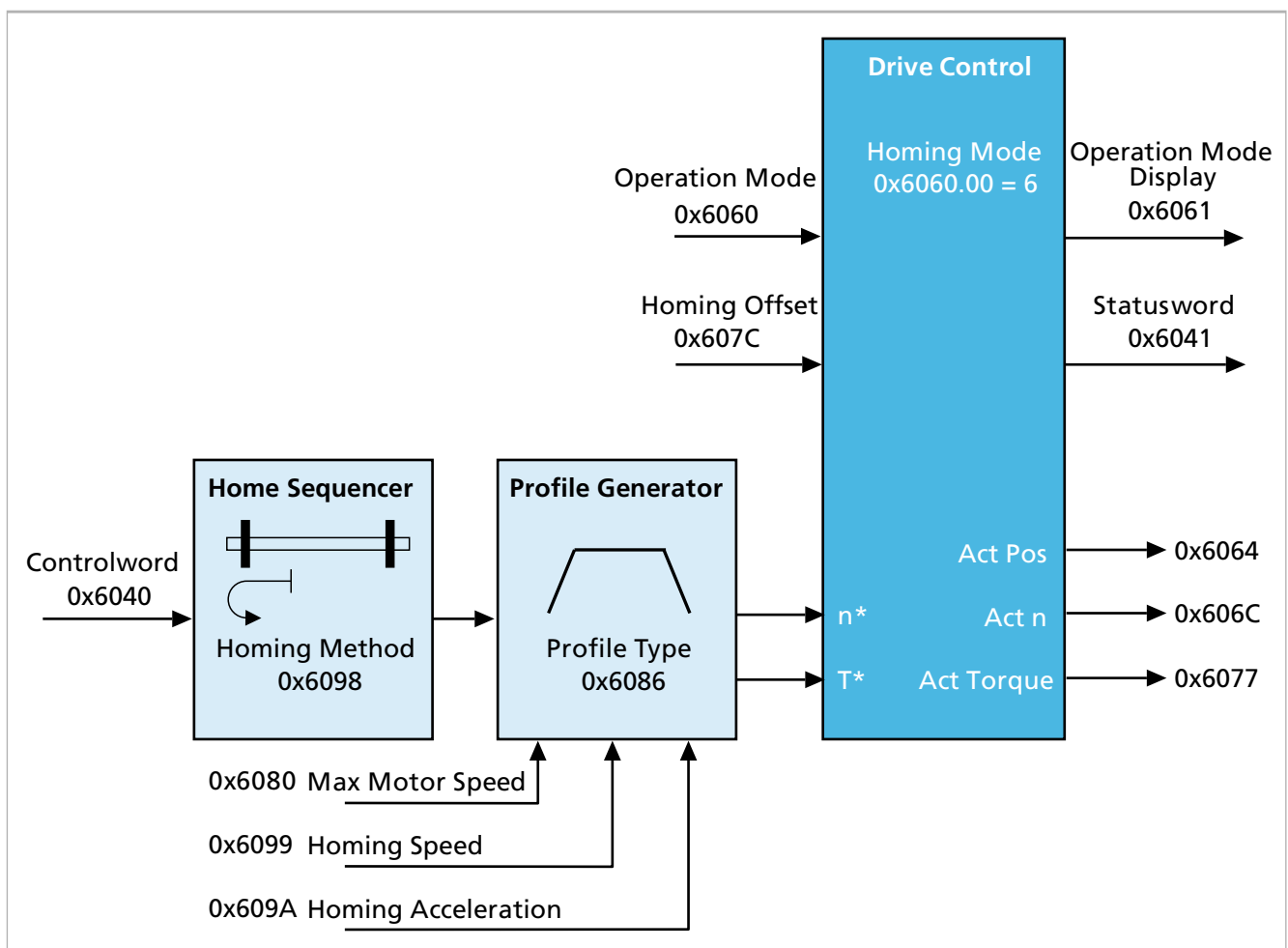


Abb. 39: Homing Mode im Überblick

Betriebsart wählen

- i** Während der Referenzfahrt wird der Antrieb geschwindigkeitsgeregelt betrieben. Für die Referenzfahrt wird ein eigener Satz an Profilparametern verwendet.
- i** Wenn während einer Referenzfahrt statt des erwarteten Endschalters der gegenüberliegende Endschalter erreicht wird, hält der Antrieb trotzdem an, bleibt aber im Endschalter stehen. Die Referenzfahrt muss dann abgebrochen und die Konfiguration muss überprüft werden.

5.4.1 Homing Methoden

Methode 1 und 17

Homing am unteren Endschalter (Negative Limit Switch):

- Wenn der Endschalter inaktiv ist, fährt der Antrieb zunächst in Richtung des unteren Endschalters, bis dessen positive Flanke erkannt wurde. Ist der Endschalter aktiv, fährt der Antrieb nach oben aus dem Endschalter heraus, bis die negative Flanke erkannt wurde. Bei Methode 1 wird noch zusätzlich auf den nächsten Indeximpuls weiter gefahren, an dem die Home-Position gesetzt wird.

Methode 2 und 18

Homing am oberen Endschalter (Positive Limit Switch):

- Wenn der Endschalter inaktiv ist, fährt der Antrieb zunächst in Richtung des oberen Endschalters, bis dessen positive Flanke erkannt wurde. Ist der Endschalter aktiv, fährt der Antrieb nach unten aus dem Endschalter heraus, bis die negative Flanke erkannt wurde. Bei Methode 2 wird zusätzlich auf den nächsten Indeximpuls weiter gefahren, an dem die Home-Position gesetzt wird.

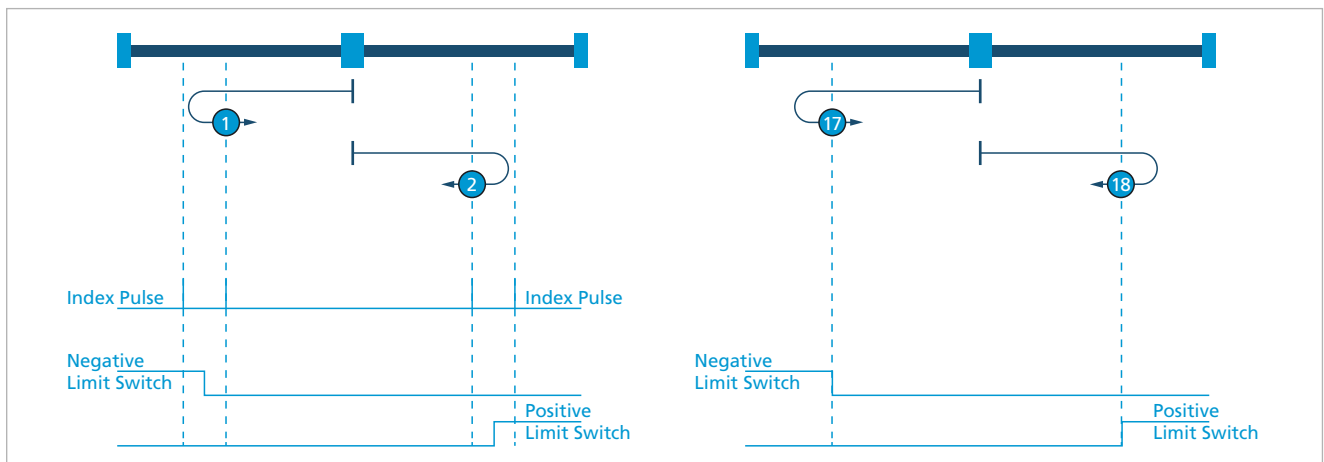


Abb. 40: Homing-Methode 1, 2, 17 und 18

Bei den Methoden 17 und 18 wird die Home-Position auf eine Flanke des ausgewählten Endschalters gesetzt. Indeximpulse werden nicht detektiert.

Betriebsart wählen

Methode 3, 4 und 19, 20

Homing an einem positiven Homing-Schalter (Positive Home Switch)

Je nachdem welchen Zustand der Homing-Schalter hat, fährt der Antrieb in eine Richtung, bis zur fallenden (3, 19) oder steigenden (4, 20) Flanke. Dabei gibt es in Richtung des oberen Endschalters nur eine steigende Flanke des Homing-Schalters.

Die Home-Position liegt an der Stelle, an der sich der Zustand des Home Switch ändert.

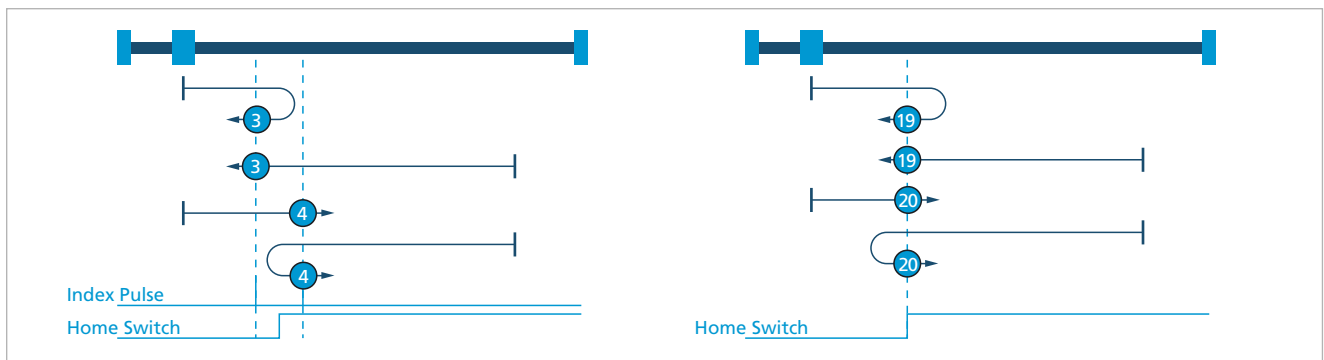


Abb. 41: Homing-Methode 3, 4, 19 und 20

Methode 5, 6 und 21, 22

Homing an einem negativen Homing-Schalter (Negative Home Switch).

Die initiale Bewegungsrichtung ist abhängig von dem Zustand des Home Switch. Die Home-Position liegt an der Stelle, an der sich der Zustand des Home Switch ändert. Falls bei einer Referenzfahrt die Bewegungsrichtung umgedreht werden muss, geschieht dies immer an der Stelle, an der sich der Zustand des Home Switchs ändert.

Die Homingposition liegt an der Stelle, an der sich der Zustand des Home Switch ändert.

Bei den Methoden 21 und 22 wird die Home-Position auf die Flanke des ausgewählten Endschalters gesetzt. Indeximpulse werden nicht detektiert.

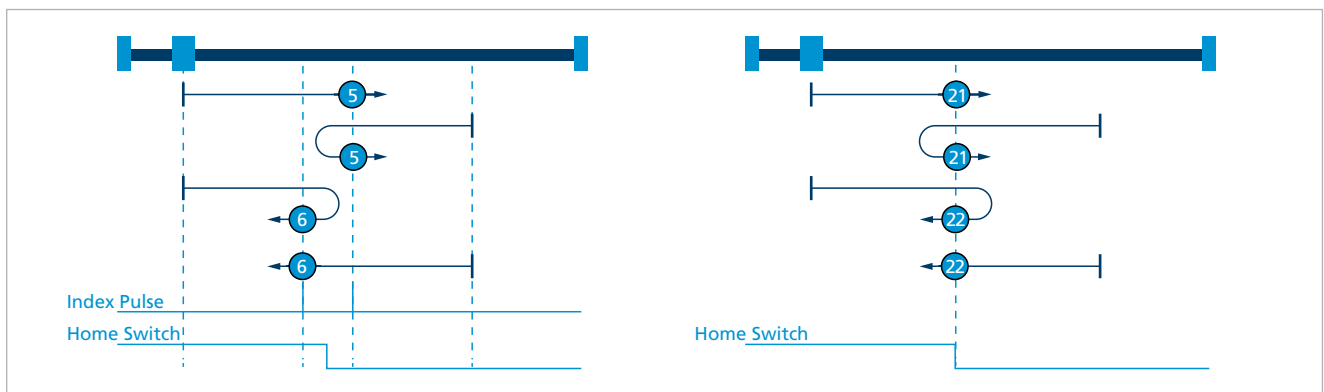


Abb. 42: Homing-Methode 5, 6, 21 und 22

Betriebsart wählen

Methode 7 bis 14 und 23 bis 30

Homing am Homing-Schalter (Home Switch)

Diese Methoden verwenden einen Homing-Schalter, der nur in einem bestimmten Bereich des Weges aktiv ist. Dabei wird unterschieden, wie auf die beiden Flanken des Home Switch reagiert werden soll.

Bei den Methoden 7 bis 14 wird nach Detektion der Flanke bis zum Indeximpuls weitergefahren, an dem die Home-Position dann gesetzt wird.

Bei den Methoden 23 bis 30 wird die Home-Position auf eine Flanke gesetzt. Indeximpulse werden nicht detektiert.

- Methode 7 und 23:
Homing an fallender Flanke unten. Start in positiver Richtung, wenn Schalter inaktiv.

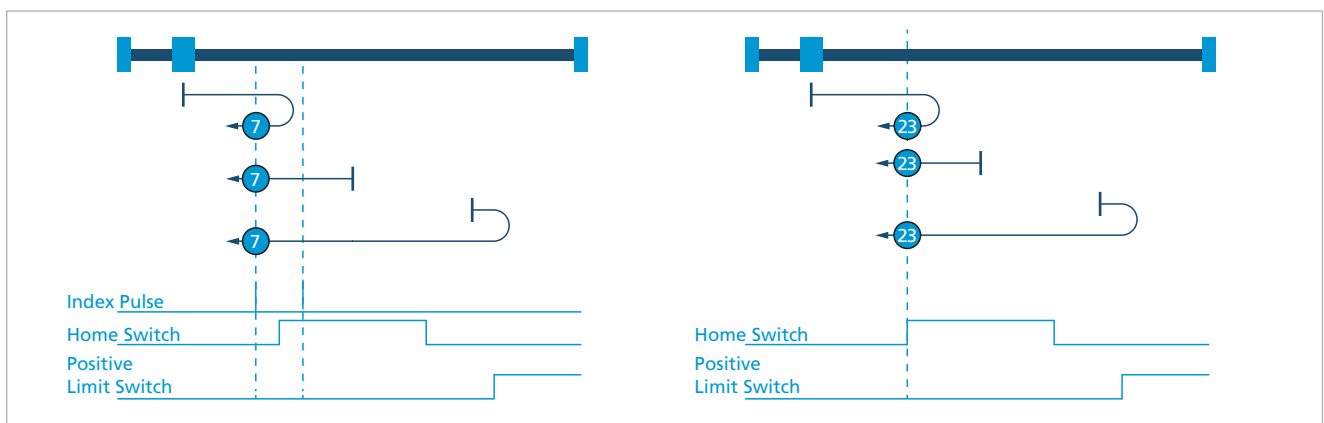


Abb. 43: Homing-Methode 7 und 23

- Methode 8 und 24:
Homing an steigender Flanke unten. Start in positiver Richtung, wenn Schalter inaktiv.

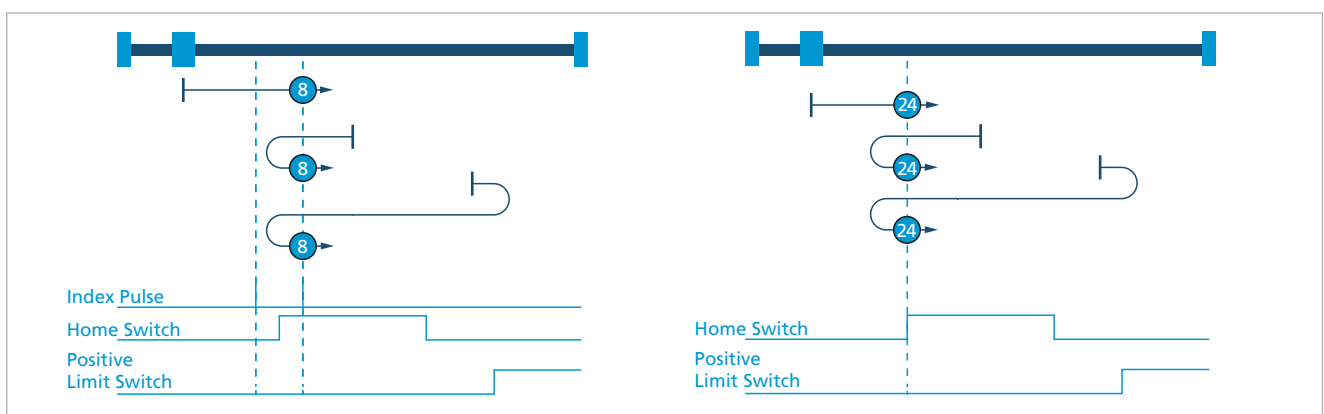


Abb. 44: Homing-Methode 8 und 24

Betriebsart wählen

- Methode 9 und 25:
Homing an steigender Flanke oben. Start immer in positiver Richtung.

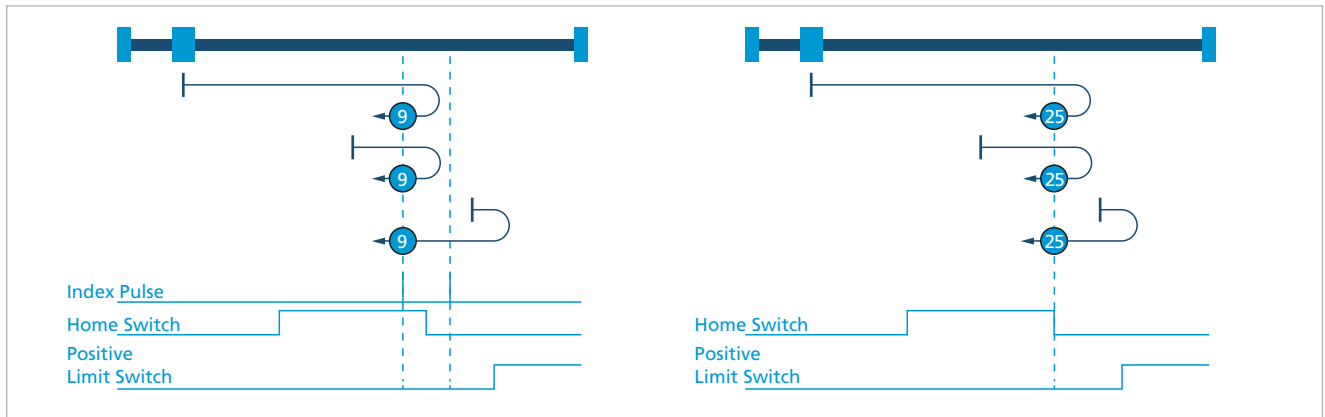


Abb. 45: Homing-Methode 9 und 25

- Methode 10 und 26:
Homing an fallender Flanke oben. Start immer in positiver Richtung.

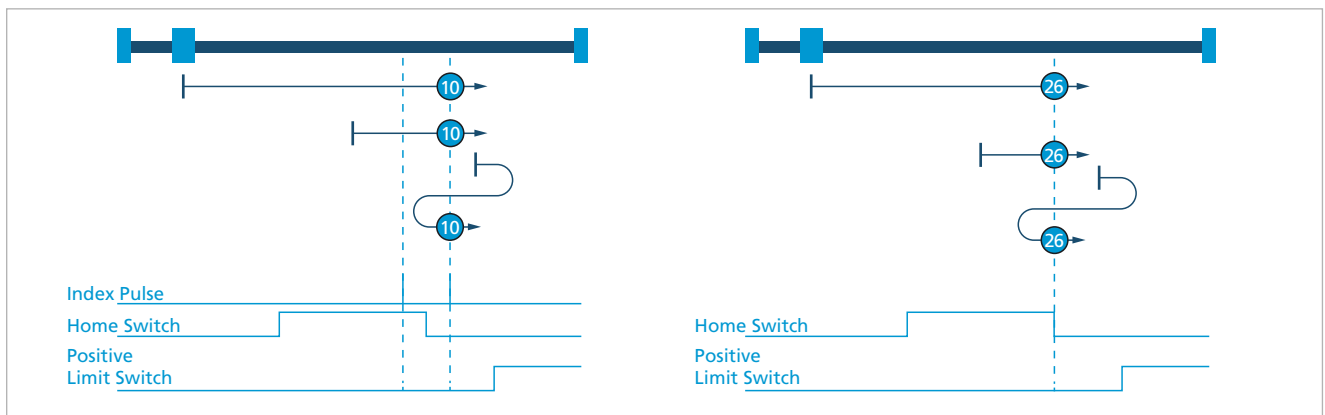


Abb. 46: Homing-Methode 10 und 26

- Methode 11 und 27:
Homing an fallender Flanke oben. Start in negativer Richtung, wenn Schalter inaktiv.

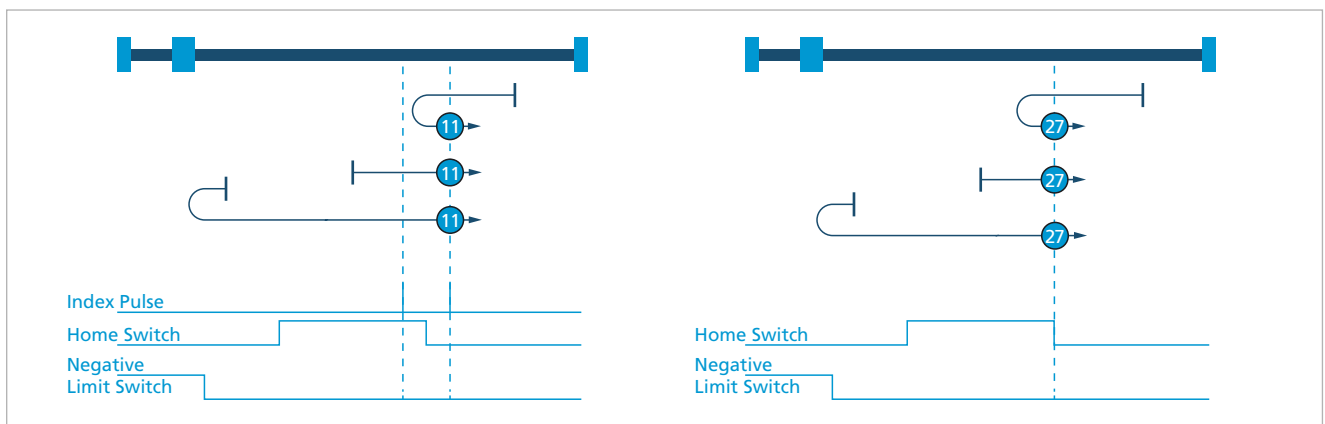


Abb. 47: Homing-Methode 11 und 27

Betriebsart wählen

- Methode 12 und 28:
Homing an steigender Flanke oben. Start in negativer Richtung, wenn Schalter inaktiv.

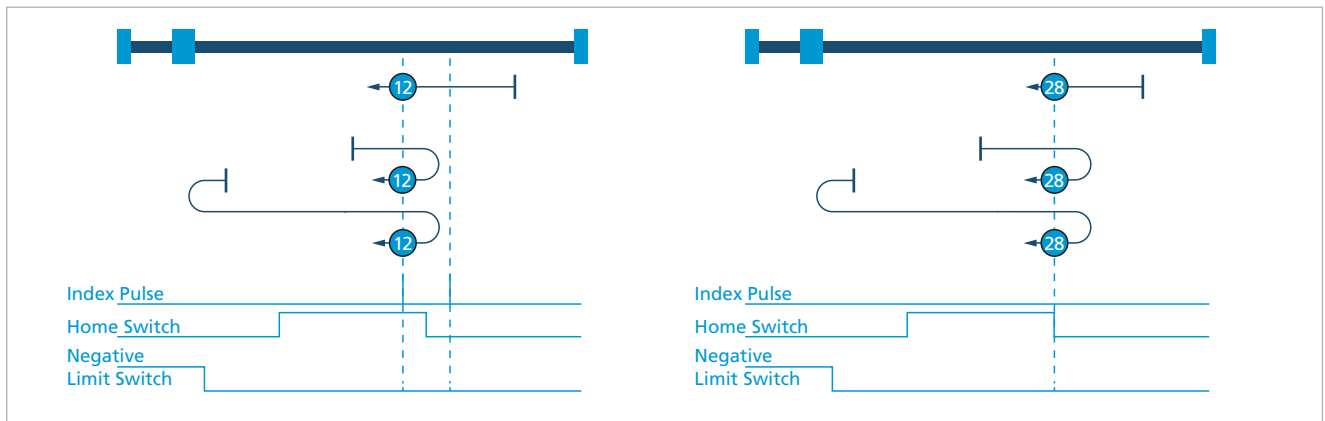


Abb. 48: Homing-Methode 12 und 28

- Methode 13 und 29:
Homing an steigender Flanke unten. Start immer in negativer Richtung.

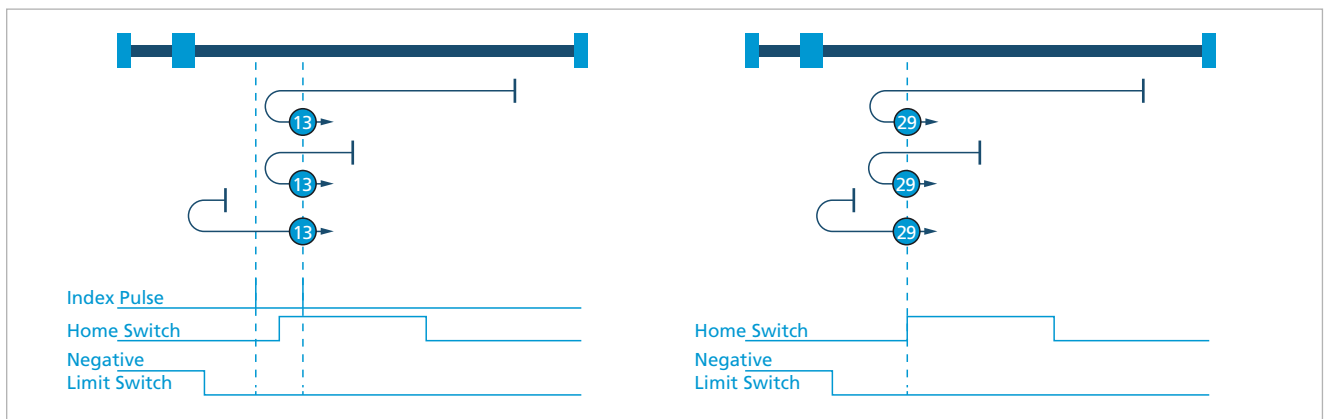


Abb. 49: Homing-Methode 13 und 29

- Methode 14 und 30:
Homing an fallender Flanke unten. Start immer in negativer Richtung.

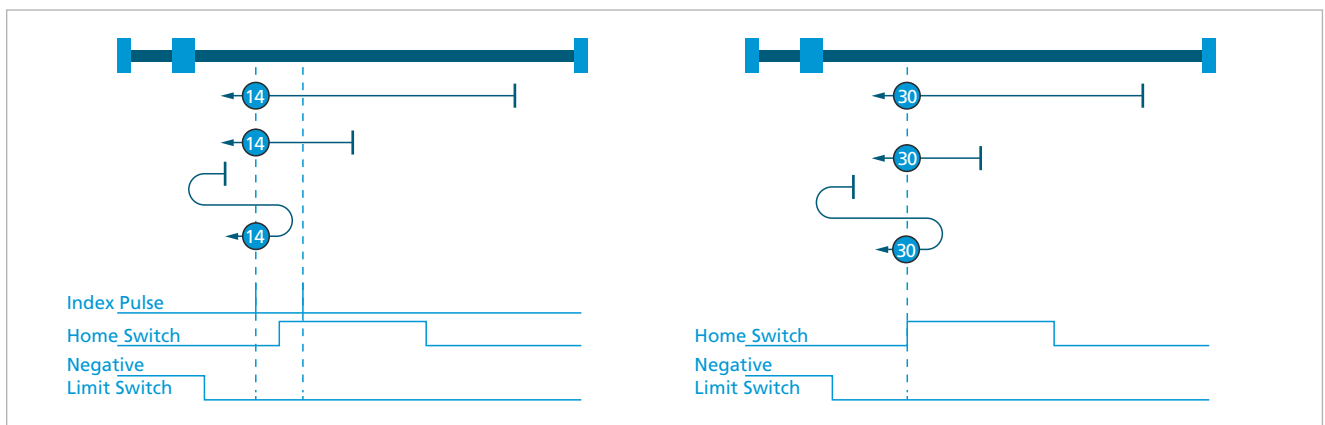


Abb. 50: Homing-Methode 14 und 30

Betriebsart wählen

Methode 33 und 34

Homing am Indeximpuls. Antrieb fährt in negativer (33) oder positiver (34) Richtung bis zum Indeximpuls.

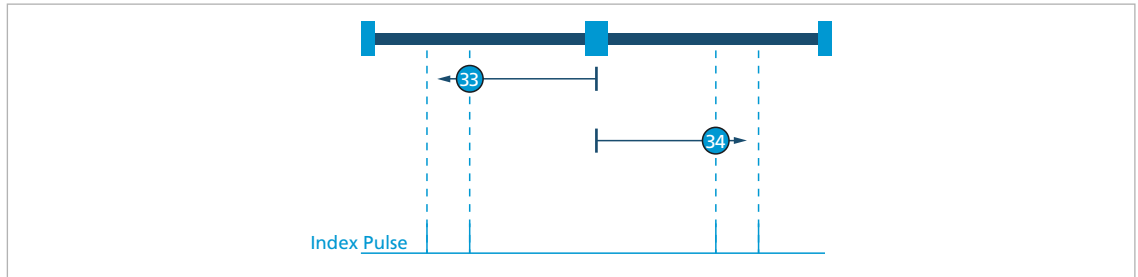


Abb. 51: Homing-Methode 33 und 34

Methode 37

Der Positionszähler wird an der aktuellen Position genullt.

Methode –1 und –3

Homing am negativen Anschlag:

- Der Antrieb fährt in negativer Richtung bis eine Blockade erkannt wird.
 - In der Variante –3 wird dort die Position zu 0 gesetzt.
 - In der Variante –1 dreht der Antrieb dort um und fährt bis zum nächsten Indexpuls. Dort wird die Position zu 0 gesetzt.



Stellen Sie sicher, dass der Antrieb nach der Referenzfahrt nicht in einer mechanischen Verspannung stehen bleibt und einen hohen Motorstrom benötigt. Verfahren Sie dazu den Antrieb sofort nach der Referenzfahrt eine kurze Strecke in positiver Richtung.

Methode –2 und –4

Homing am positiven Anschlag:

- Der Antrieb fährt in positiver Richtung bis eine Blockade erkannt wird.
 - In der Variante –4 wird dort die Position zu 0 gesetzt.
 - In der Variante –2 dreht der Antrieb dort um und fährt bis zum nächsten Indexpuls. Dort wird die Position zu 0 gesetzt.



Stellen Sie sicher, dass der Antrieb nach der Referenzfahrt nicht in einer mechanischen Verspannung stehen bleibt und einen hohen Motorstrom benötigt. Verfahren Sie dazu den Antrieb sofort nach der Referenzfahrt eine kurze Strecke in negativer Richtung.

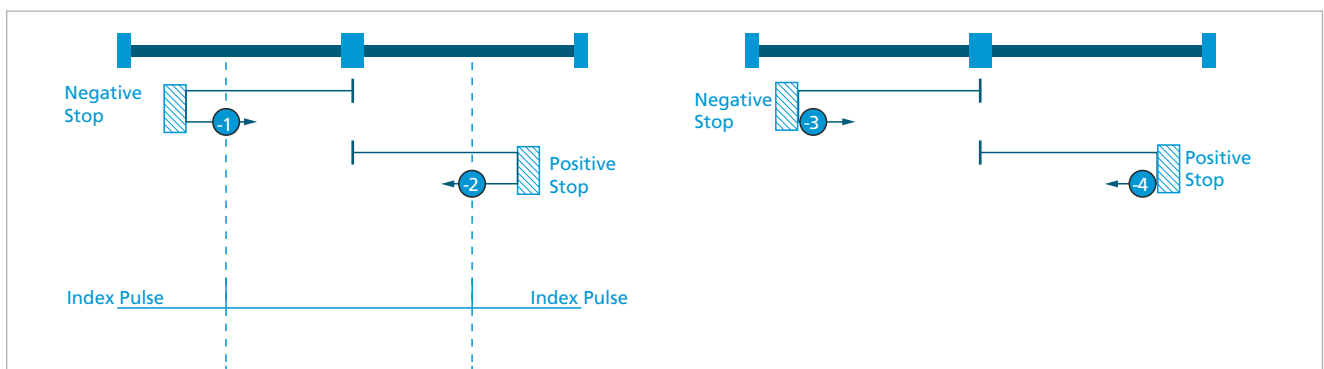


Abb. 52: Homing-Methode –1, –2, –3 und –4

Betriebsart wählen

Auswertung der Blockade

Der Antrieb wird als blockiert gewertet, wenn die Ausgangsspannung oder der Strom den eingestellten Maximalwert erreicht haben.

Über die Objekte Torque Limit Value (0x60E0 und 0x60E1) lässt sich das maximale Drehmoment im Blockadefall einstellen.

Ab Firmware-Revision J stehen in den Objekten 0x2350 und 0x02351 spezifische Drehmomentgrenzen zur Verfügung, die über Bit 5 in den Operation Mode Options 0x0233F standardmäßig aktiviert sind.

Über das Objekt 0x2324.02 kann zusätzlich eine Verzugszeit konfiguriert werden. Der Antrieb wird dann erst nach Ablauf dieser Zeit als blockiert gewertet. Damit kann verhindert werden, dass der Antrieb an schwergängigen Stellen versehentlich referenziert wird.

HINWEIS

Mit zu hoch eingestellten Drehmomentgrenzen kann die Mechanik beschädigt werden.

- ▶ Blockfahrten nur mit angepassten Drehmomentgrenzen ausführen.



Für synchron betriebene Schrittmotoren kann eine Blockade nicht ausgewertet werden. Die Referenzfahrten mit Blockadeauswertung schlagen fehl.

5.4.2 Statusword/Controlword Homing Mode

Bei der Betriebsart Homing Mode werden im Control- und Statusword betriebsartsspezifische Bits verwendet.

Tab. 60: Betriebsartsspezifische Bits des Controlwords (Homing-Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
4	Homing Operation Start	0: Homing nicht starten 0 → 1: Homing starten

Tab. 61: Betriebsartsspezifische Bits des Statuswords (Homing-Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
10	Target Reached	0: Geschwindigkeit ≠ 0 1: Geschwindigkeit = 0
12	Homing Attained	0: Homing procedure nicht abgeschlossen 1: Homing procedure abgeschlossen
13	Homing Error	0: Kein Fehler festgestellt 1: Fehler festgestellt

Tab. 62: Mögliche Bitkombinationen des Statuswords und ihre Bedeutung

Bit 13	Bit 12	Bit 10	Bedeutung
0	0	0	Homing procedure aktiv
0	0	1	Homing procedure abgebrochen oder nicht gestartet
0	1	0	Homing procedure wurde abgeschlossen, die Geschwindigkeit ist noch nicht 0
0	1	1	Homing procedure wurde erfolgreich beendet
1	0	0	Homing-Fehler ist aufgetreten, Geschwindigkeit ist nicht 0
1	0	1	Homing-Fehler ist aufgetreten, Geschwindigkeit ist 0
1	1	X	Reserved

Betriebsart wählen

i Bei Verwendung von analogen Hallsignale wird intern einmal je Polpaar ein Indexsignal erzeugt.

Bei Verwendung von AES- oder SSI-Gebern wird intern einmal je Umdrehung ein Indexsignal erzeugt.

5.4.3 Einstellungen

Homing Method

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6098	0x00	Homing Method	S8	rw	0	Homing-Methode

Homing Offset

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x607C	0x00	Homing Offset	S32	rw	0	Offset der Null-Position gegenüber der Position des Referenzschalters in benutzerdefinierten Einheiten

Homing Speed

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6099	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Switch Seek Velocity	U32	rw	400	Schalter Suchgeschwindigkeit
	0x02	Homing Speed	U32	rw	400	Zielsuchgeschwindigkeit

Homing Acceleration

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x609A	0x00	Homing Acceleration	U32	rw	50	Beschleunigung während des Homings

Limit Check Delay Time

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2324	0x02	Limit Check Delay Time	U16	rw	10	Verzugszeit bis zur Blockadeerkennung [ms]

Homing Torque Limits

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2350	0x00	Positive Torque Limit Homing	U16	rw	1000	Betrag des oberen Begrenzungswerts für die Referenzfahrt in 1/1000 des Motor-nennmoments
0x2351	0x00	Negative Torque Limit Homing	U16	rw	1000	Betrag des unteren Begrenzungswerts für die Referenzfahrt in 1/1000 des Motor-nennmoments

Betriebsart wählen

5.4.4 Beispiel einer Homing-Referenzfahrt

- ✓ Antriebszustand ist *Operation Enabled*
- ✓ Modes of Operation (Objekt 0x6060) ist auf Homing Mode gesetzt
- ✓ Folgende Objekte sind mit den gewünschten Werten belegt:
 - Homing Endschalter (Objekt 0x2310)
 - Homing Method (Objekt 0x6098)
 - Homing Speed (Objekt 0x6099)
 - Homing Acceleration (Objekt 0x609A)
- ▶ Im Controlword Bit 4 (Homing Operation Start) auf 1 setzen.
- ↺ Antrieb antwortet mit 0 auf Bit 12 und Bit 10 des Statuswords.
- ↺ Antrieb startet die Referenzfahrt.
- ↺ Wenn die Homing-Position erreicht und die Referenzfahrt abgeschlossen wurde, werden Bit 12 und Bit 10 des Statuswords auf 1 gesetzt.
-  Vor der erneuten Ausführung einer Referenzfahrt muss Bit 4 im Controlword zurückgesetzt werden. Dabei wird Bit 12 im Statusword zurückgesetzt.
-  Wenn eine Referenzfahrt nicht abgeschlossen wird und Bit 13 des Statusword einen Fehler anzeigt, liegt die Ursache typischerweise in einer fehlenden Konfiguration eines notwendigen Eingangs im Objekt 0x2310.

5.5 Cyclic Synchronous Position Mode (CSP)

5.5.1 Grundfunktion

Bei der Betriebsart Cyclic Synchronous Position Mode regelt der Motion Controller die Position des Antriebs. Der Sollwert wird über das Objekt 0x607A vom Master oder über ein lokales Ablaufprogramm vorgegeben. Eine Skalierung der Soll- und Istwerte über die Factor Group wird immer berücksichtigt.

Anders als im Profile Position Mode wird das Bewegungsprofil im Master und nicht im Antrieb (Slave) berechnet. Einstellungen zum Bewegungsprofil werden vom Motion Controller nicht berücksichtigt.

Der Cyclic Synchronous Position Mode eignet sich insbesondere zur Kombination mit industriellen Master-Steuerungen, die für mehrere Achsen interpolierte Bewegungen steuern. Der Master gibt dabei in kurzen zyklischen Abständen die Sollposition vor. Der Antrieb führt anschließend die Drehmoment-, Geschwindigkeits- und Positionsregelung durch.

Betriebsart wählen

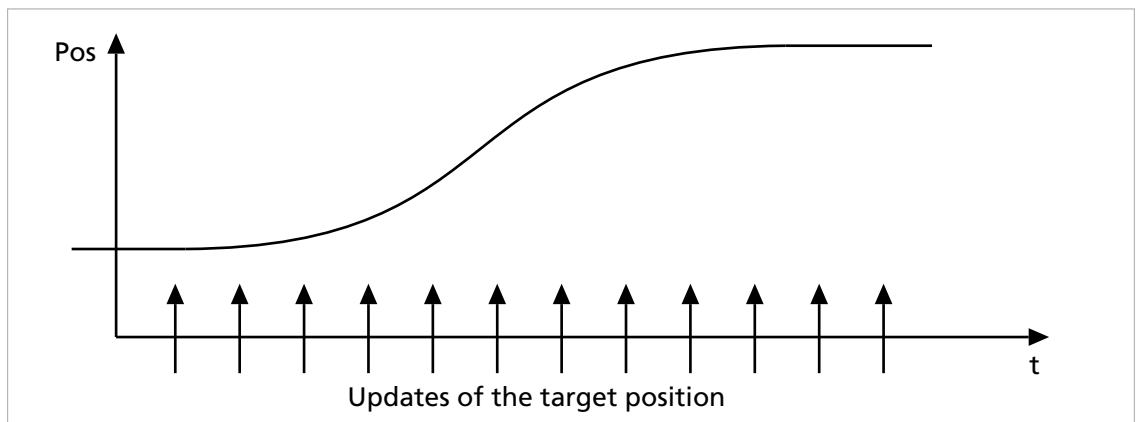


Abb. 53: Zyklische Updates des Sollwerts

Optional können vom Master additive Werte zur Geschwindigkeits- und Drehmoment-Vorsteuerung bereitgestellt werden.

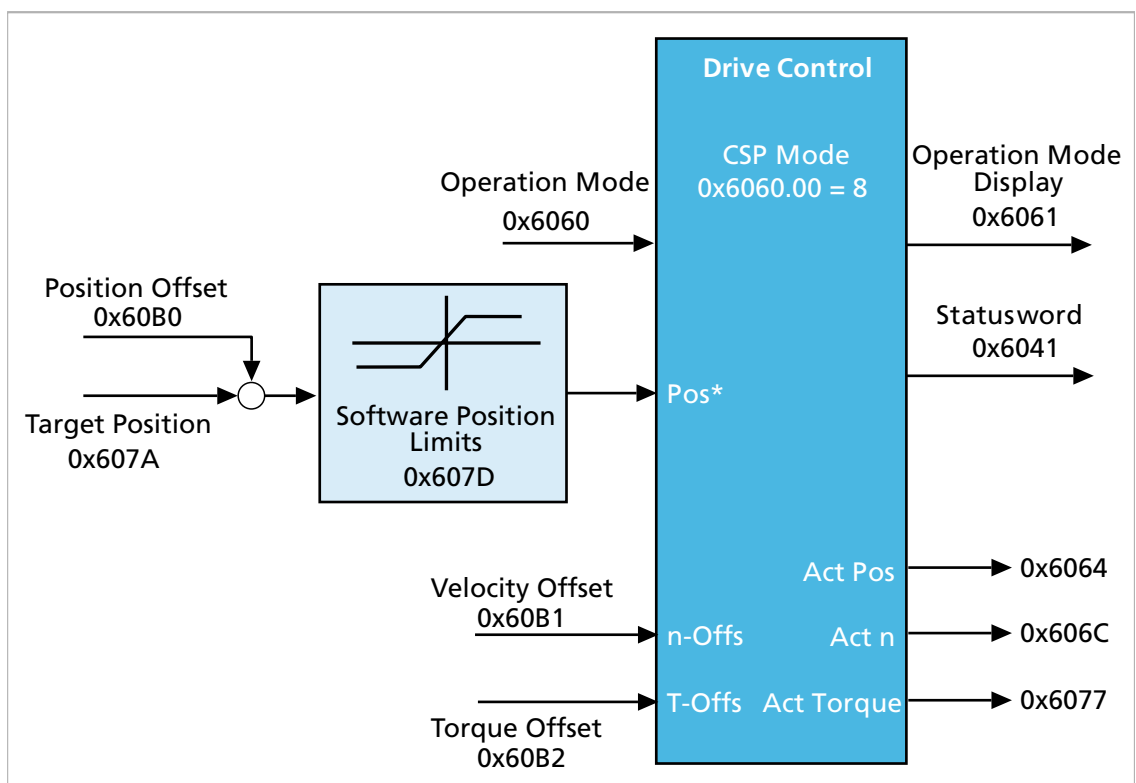


Abb. 54: Cyclic Synchronous Position Mode im Überblick

Der Positionssollwert kann auf 2 verschiedene Weisen vorgegeben werden:

- **Absoluter Sollwert:**
Im Cyclic Synchronous Position Mode werden Sollwerte als Absolutwert interpretiert. Als Ziel wird die nächste zu erreichende Position vorgegeben. Die Sollwertvorgabe erfolgt dabei schrittweise.
- **Zyklischer Sollwert:**
Für Rundtische kann der Positionsbereich über die Position Ranges auf eine Umdrehung der Anwendung begrenzt werden. Über den Position Option Code im Objekt 0x60F2 kann dann eingestellt werden, dass die nächste Position über den kürzesten Weg angefahren wird.

Betriebsart wählen

Start eines Fahrauftrags

- Jede neu erhaltene Sollposition wird unmittelbar dem Regler als Sollwert übergeben. Es findet kein expliziter Start der Bewegung statt.
- Wenn der Master zusätzlich zum Positionssollwert auch Vorsteuerwerte für die Geschwindigkeit und das Drehmoment errechnet hat, können diese über die Offsets 0x60B1 und 0x60B2 zusätzlich aufgeschaltet werden. Dadurch kann der Schleppfehler deutlich reduziert werden.
- Der Regler bietet die Möglichkeit, zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sollwerten eines zyklischen Intervalls zu interpolieren. Dadurch wird die Bewegung deutlich geglättet. Um diese Option zu aktivieren, prüfen Sie die Aktualisierungsrate des Masters und stellen Sie das Objekt 0x2332 entsprechend in Vielfachen von 100 µs ein, siehe Kap. 5.5.5, S. 136.

Wirksame Teilfunktionen

- Regelung der Position über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Überwachung der Bewegung auf Schlupf und Schleppfehler
- Optional: Begrenzung von Drehmoment und Motordrehzahl
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter

5.5.2 Statusword/Controlword Cyclic Synchronous Position Mode

Bei der Betriebsart Cyclic Synchronous Position Mode werden dem Controlword keine betriebsartsspezifischen Bits zugewiesen. Dem Statusword werden betriebsartsspezifische Bits zugewiesen.

Tab. 63: Betriebsartsspezifische Bits des Statuswords (Cyclic Synchronous Position Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
10	Reserved	0: Reserved
12	Drive Follows the Command Value	0: Antrieb folgt nicht dem Befehlswert; Target Position wird ignoriert 1: Antrieb folgt dem Betriebswert, Target Position wird als Eingang der Positionsregelung verwendet
13	FollowingError	0: Istposition folgt der Vorgabe ohne Schleppfehler 1: Zulässiger Bereich für den Schleppfehler überschritten

Betriebsart wählen

5.5.3 Reglerstruktur im Cyclic Synchronous Position Mode

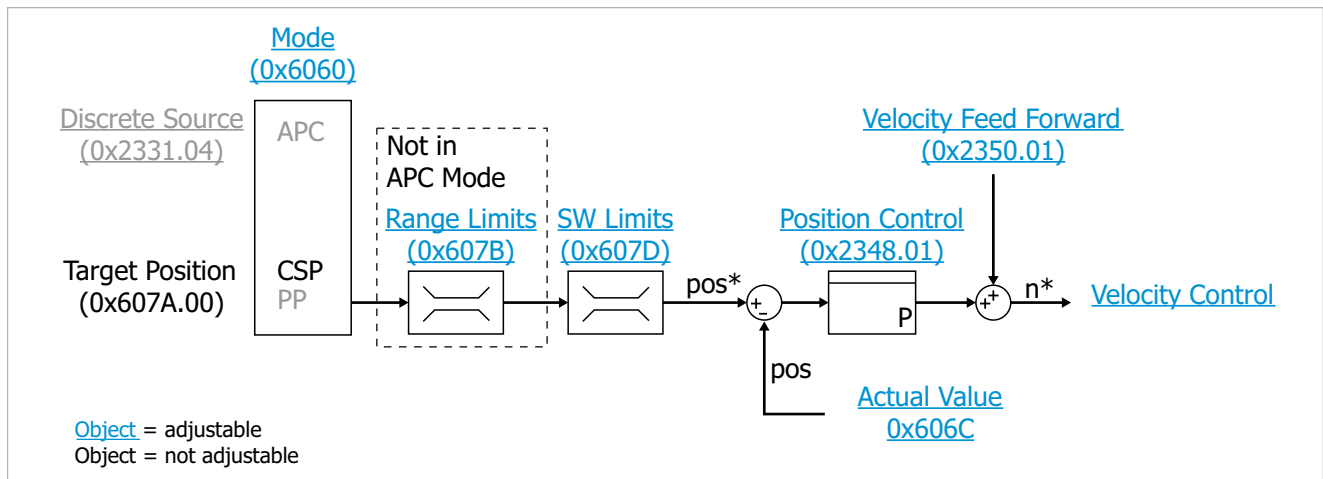


Abb. 55: Motion Manager Ansicht Cyclic Synchronous Position Mode

5.5.4 Synchronbetrieb

FAULHABER MC 3602 B oder MC 3606 B Motion Controller können auch zum Betrieb von Schrittmotoren ohne Inkrementalencoder verwendet werden.

Im Synchronbetrieb wird weder Position noch Geschwindigkeit geregelt. Die von der übergeordneten Steuerung im CSP Mode interpoliert vorgegebene Sollposition wird direkt als Winkel ϕ für die Kommutierung der Motorspannungen A und B verwendet.

Die Profilparameter für Beschleunigungsrampe, Maximalgeschwindigkeit und Bremsrampe zur Berechnung der interpolierten Position durch die übergeordnete Bewegungssteuerung müssen so gewählt werden, dass der synchron betriebene Antrieb den Bewegungen sicher folgen kann.

Die Profilparameter für Beschleunigungsrampe, Maximalgeschwindigkeit und Bremsrampe müssen so gewählt werden, dass der synchron betriebene Antrieb diesen Bewegungen sicher folgen kann.

i Im Synchronbetrieb ergibt sich die interne Positionsauflösung aus der Interpolationsrate für Schrittmotoren (0x2329.0x10) und der Polpaarzahl:

$$\text{Interne Positionsauflösung} = \frac{\text{Schritte pro Umdrehung}}{4} * \text{Interpolationsrate je Polpaar}$$

Die Positionsauflösung für die Sollwertvorgabe kann im CSP Mode über die Factor Group auf den gewünschten Wert je Umdrehung angepasst werden.

Betriebsart wählen

Synchronbetrieb mit konstanter Spannung

An den Motor wird konstant die Nennspannung ($U_{\text{Dauer}} = \text{Dauerstrom} \times \text{Wicklungswiderstand}$) ausgegeben. Die Kommutierung der Phasen A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.
 - $U_a = U_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
 - $U_b = U_{\text{Dauer}} \cos\varphi$
- ▶ Ggf. die Objekte der Factor Group anpassen.

Da beim bewegten Motor die EMK der von außen angelegten Spannung entgegenwirkt, sinkt der Motorstrom geschwindigkeitsproportional.

- Die erreichbare Dynamik im Synchronbetrieb mit konstanter Spannung ist begrenzt.
- Für den Synchronbetrieb mit konstanter Spannung müssen keine Regler eingestellt sein.

Synchronbetrieb mit konstantem Strom

In den Phasen A und B wird ein Strom mit der Amplitude entsprechend des eingestellten Dauerstroms eingeregelt. Die Kommutierung der Phase A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.
 - $U_a = I_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
 - $U_b = I_{\text{Dauer}} \cos\varphi$
- ▶ Ggf. die Objekte der Factor Group anpassen.

Für den Synchronbetrieb mit konstantem Strom werden die Stromregler im Rahmen der Inbetriebnahme mit dem Motion Manager auf Basis der Motordaten eingestellt.

Betriebsart wählen

5.5.5 Sollwertinterpolation

Im CSP Mode überträgt eine übergeordnete Bewegungssteuerung den Positionssollwert zyklisch an den Motion Controller. Typische Zykluszeiten sind 1 ms über EtherCAT oder 2...10 ms über CANopen. Die interne Positionsregelung wird alle 100 μ s aktualisiert.

Über den Parameter Cyclic Mode Interpolation Rate (0x2332.00) kann jede erhaltene neue Sollposition schrittweise in die Regelung übernommen werden, um sprunghafte Anregungen der Mechanik zu verhindern.

- Cyclic Mode Interpolation Rate (0x2332.00) auf den Faktor zwischen der Reglerzykluszeit (100 μ s fix) und der vorgesehenen Aktualisierungsrate für die zyklische Positionsvorgabe setzen.

Beispiel

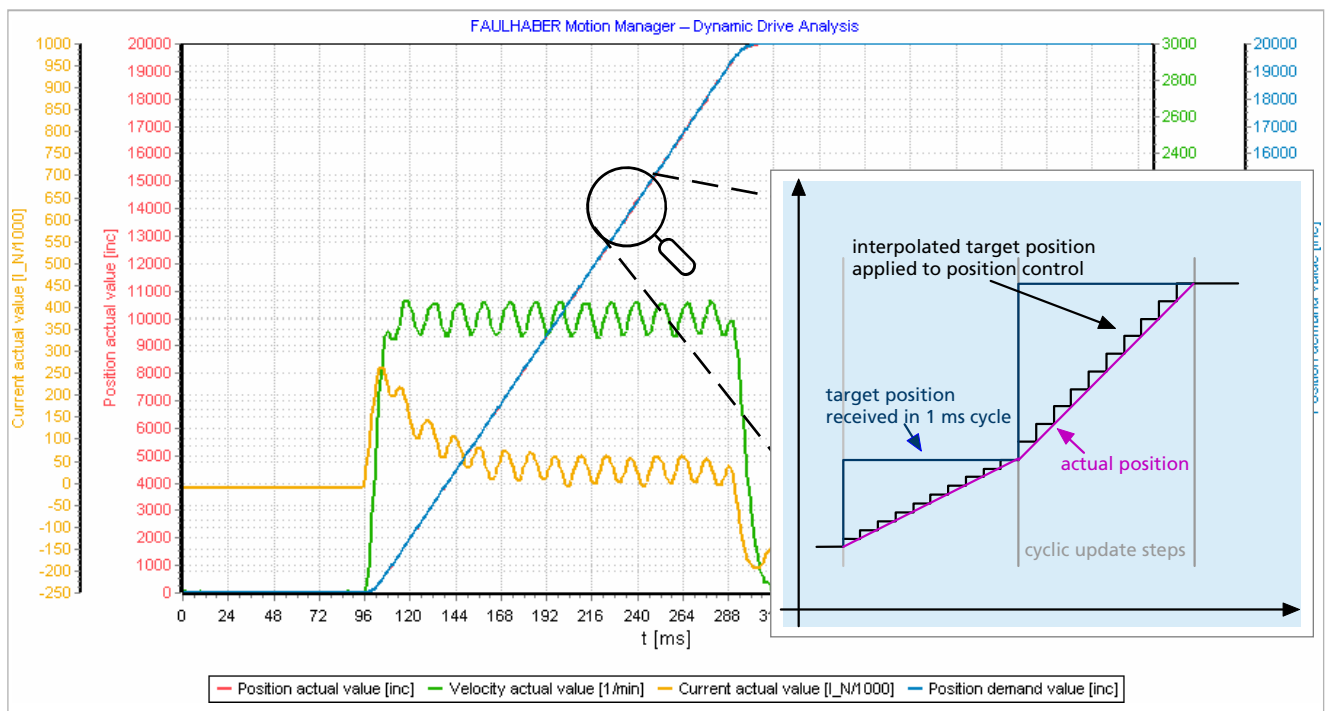


Abb. 56: Cyclic Mode Interpolation Rate 0x2332.00 für eine Aktualisierungsrate von 1 ms auf den Wert 10 einstellen

Betriebsart wählen

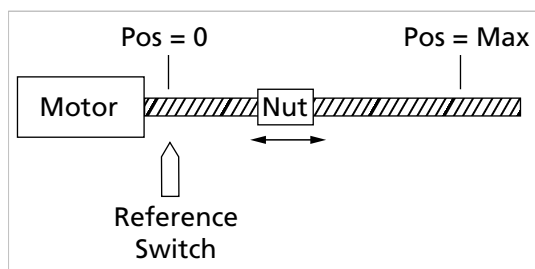
5.5.6 Beispiel

Für einen Servoantrieb wird die Sollposition vom Master vorgegeben.

- ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
- ✓ Parameter für die Schleppfehler (Following Error Window) sind an die Anwendung angepasst
- ✓ Betriebsart ist über 0x6060.00 = 8 gewählt
- ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
- ▶ Sollwert in 0x607A.00 schreiben.
- 🔗 Der Antrieb beginnt unmittelbar den Fahrauftrag. Wird der eingestellte Schleppfehler überschritten, wird dies in Bit 13 im Statusword angezeigt.

5.5.7 Optionen für den Betrieb mit zyklischer Position

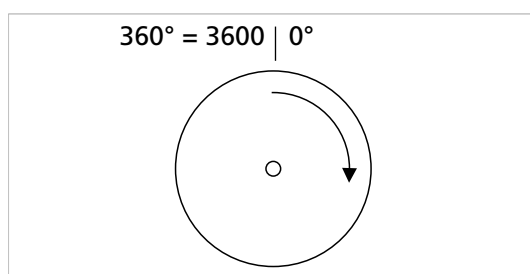
Linearbewegung zwischen zwei Endpositionen



Die Positionen (Sollwert und Istwert) bewegen sich immer zwischen einem unteren und einem oberen Maximalwert. Die Maximalwerte können über die Software Position Limits (0x607D) fest eingestellt werden.

Durch die Vorgabe des nächsten Sollwerts ist die Bewegungsrichtung eindeutig vorgegeben

Zyklische Drehbewegung an einem Rundtisch



Über die Position Range Limits kann der Bereich der Istposition so eingegrenzt werden, dass sie immer der Absolutposition innerhalb einer Umdrehung entspricht, z. B. 0°...360°. Damit wird z. B. auch nach mehreren Umdrehungen immer die aktuelle Position innerhalb des eingestellten Bereichs angezeigt.

Mit Standardeinstellungen wird auch hier die Bewegungsrichtung aus dem Vorzeichen des Schleppfehlers ermittelt. Damit wird z. B. von 350° nach 10° ein Weg von -340° gefahren.

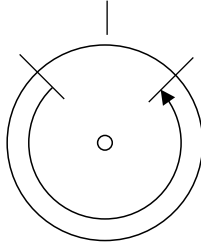
i Wenn der Motor über ein Getriebe an den Rundtisch angekoppelt ist, kann die Umrechnung von Rundtischposition zu Motorposition über die Getriebeübersetzung der Factor-Group automatisch erfolgen. Die Sollwerte und Istwerte und auch die Range Limits werden dann in Positionen am Abtrieb des Getriebes angegeben.

Betriebsart wählen

Optionen

Im Position Option Code (0x60F2) kann das Verhalten des Antriebs bei zyklischen Drehbewegungen konfiguriert werden.

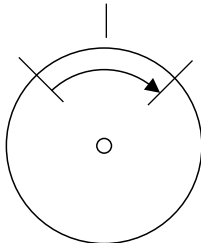
0x60F2.00 = 00 00



Option Standard:

Die Bewegungsrichtung wird unabhängig von den Position Range Limits aus dem Vorzeichen der Regelabweichung ermittelt.

0x60F2.00 = 00 C0



Option Shortest:

Nach Vorgabe eines neuen Sollwerts wird unter Berücksichtigung der Position Range Limits der kürzeste Weg zum Ziel gefahren. Damit kann über die Ranges hinausgefahren werden.

Beispiel

- ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
 - ✓ Parameter für die Schleppfehlerüberwachung (Following Error Window) sind an die Anwendung angepasst
 - ✓ Betriebsart ist über 0x6060.00 = 8 gewählt
 - ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
1. Position Option Code im Objekt 0x60F2.00 = 00C0 setzen.
 2. Bewegungsbereich anpassen:
 - 0x607B.01 = 0
 - 0x607B.02 = 3599
 3. Sollwert im Bereich 0...3599 in das Objekt 0x607A.00 schreiben.
- ➡ Der Antrieb beginnt unmittelbar den Fahrauftrag. Wird der eingestellte Schleppfehler überschritten, wird dies in Bit 13 des Statusword angezeigt.

Betriebsart wählen

5.6 Cyclic Synchronous Velocity Mode (CSV)

5.6.1 Grundfunktion

Bei der Betriebsart Cyclic Synchronous Velocity Mode regelt der Motion Controller die Geschwindigkeit des Antriebs. Der Sollwert wird über das Objekt 0x60FF vom Master oder über ein lokales Ablaufprogramm vorgegeben. Eine Skalierung der Soll- und Istwerte über die Factor-Group wird immer berücksichtigt.

Anders als im Profile Velocity Mode wird das Bewegungsprofil im Master und nicht im Antrieb (Slave) berechnet. Einstellungen zum Bewegungsprofil werden vom Motion Controller nicht berücksichtigt.

Der Cyclic Synchronous Velocity Mode eignet sich insbesondere zur Kombination mit industriellen Mastersteuerungen, die für mehrere Achsen interpolierte Bewegungen steuern. Der Master gibt dabei in kurzen zyklischen Abständen die Sollgeschwindigkeit vor. Der Antrieb führt anschließend die Drehmoment- und Geschwindigkeitsregelung durch.

Optional können vom Master additive Werte zur Drehmoment-Vorsteuerung bereitgestellt werden.

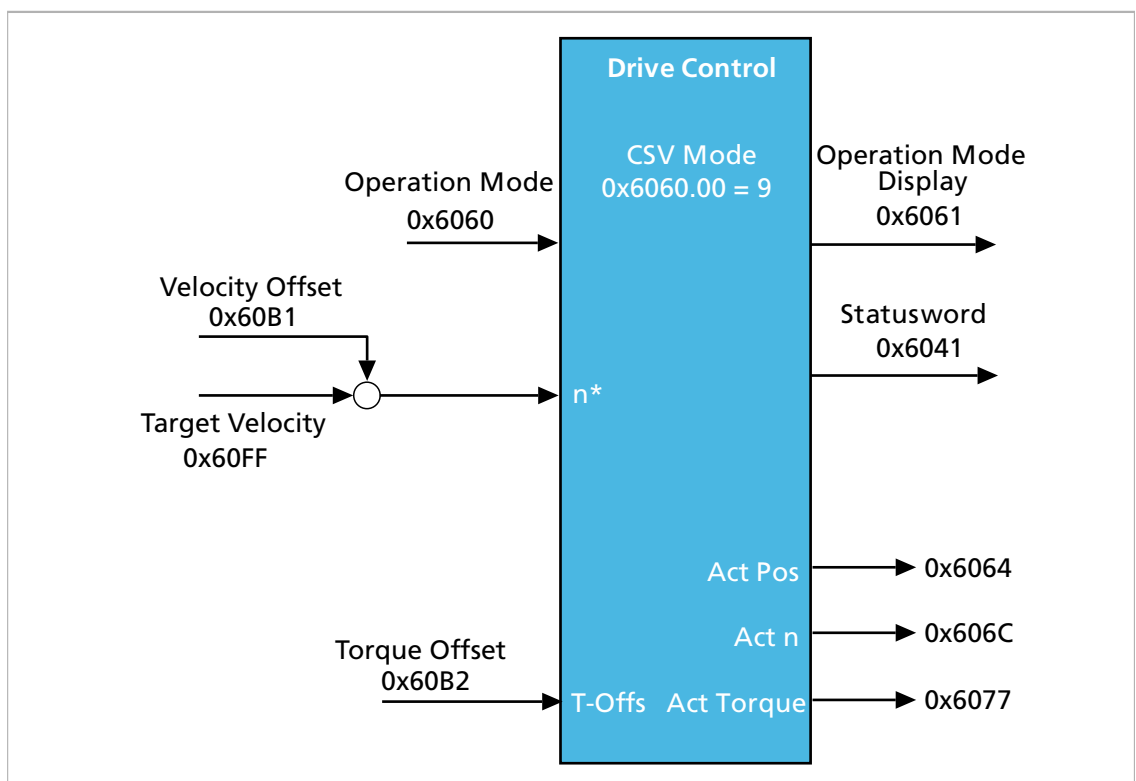


Abb. 57: Cyclic Synchronous Velocity Mode im Überblick

Sollwertvorgabe und Betrieb

Bei aktivierter Endstufe werden neue Sollwerte sofort übernommen. Profilparameter werden nicht berücksichtigt.

Betriebsart wählen

Wirksame Teilfunktionen

- Regelung der Geschwindigkeit über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Optional: Begrenzung von Drehmoment und Motorgeschwindigkeit
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Optional: Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter

5.6.2 Statusword/Controlword Cyclic Synchronous Velocity Mode

Bei der Betriebsart Cyclic Synchronous Velocity Mode werden dem Controlword keine betriebsartsspezifischen Bits zugewiesen. Dem Statusword werden betriebsartsspezifische Bits zugewiesen.

Tab. 64: Betriebsartsspezifische Bits des Statuswords (Cyclic Synchronous Velocity Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
10	Reserved	0: Reserved
12	Drive Follows the Command Value	0: Antrieb folgt nicht dem Befehlswert; Target Velocity wird ignoriert 1: Antrieb folgt dem Betriebswert, Target Velocity wird als Eingang der Drehzahlregelung verwendet
13	Reserved	0: Reserved

5.6.3 Reglerstruktur im Cyclic Synchronous Velocity Mode

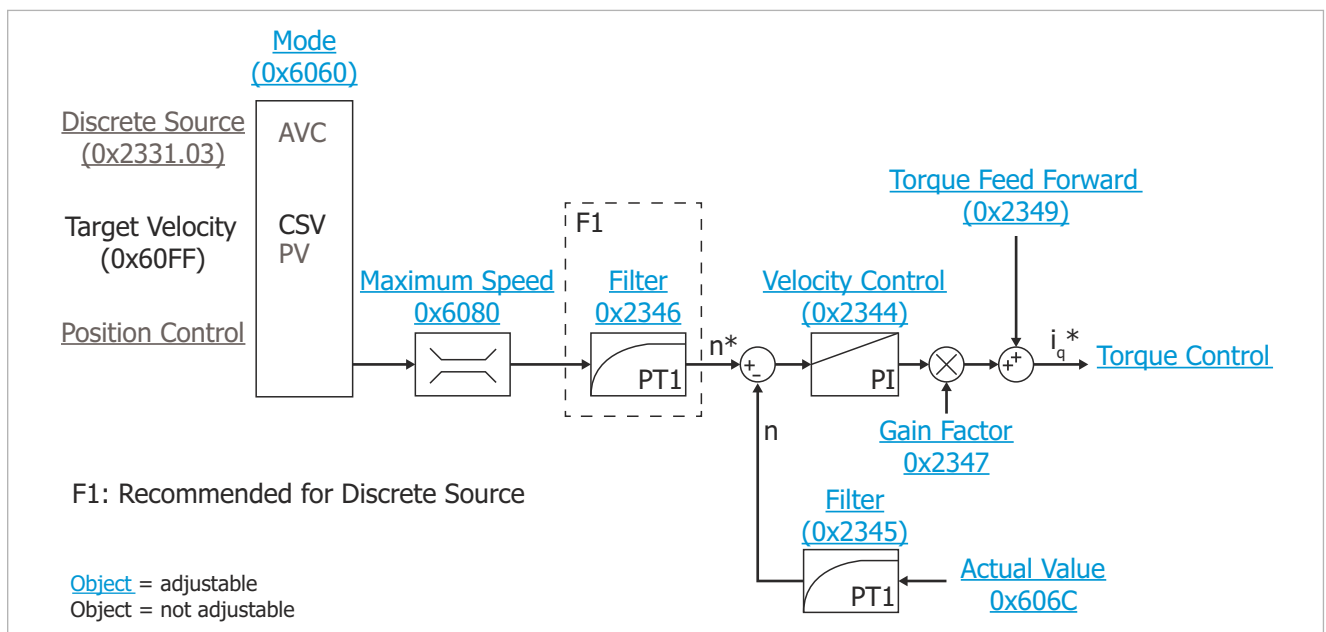


Abb. 58: Motion Manager Ansicht Cyclic Synchronous Velocity Mode

Betriebsart wählen

5.6.4 Beispiel

- ✓ Motion Controller und Antrieb angeschlossen
- ✓ Einstellungen gemäß Kap. 4, S. 25 durchgeführt
- ✓ Betriebsart eingestellt (Objekt 0x6060 = 9)
- ▶ Zustandsmaschine des Antriebs auf den Zustand *Operation Enabled* setzen.
- ▶ Gewünschte Geschwindigkeit in das Objekt Target Velocity (0x60FF) eintragen.
- ↪ Antrieb fährt mit der eingestellten Geschwindigkeit.

5.7 Cyclic Synchronous Torque Mode (CST)

5.7.1 Grundfunktion

Bei der Betriebsart Cyclic Synchronous Torque Mode regelt der Motion Controller das Drehmoment oder die Kraft des Antriebs. Der Sollwert wird über das Objekt 0x6071 vom Master oder über ein lokales Ablaufprogramm vorgegeben. Einstellungen zum Bewegungsprofil werden vom Motion Controller nicht berücksichtigt.

Der Cyclic Synchronous Torque Mode eignet sich insbesondere zur Kombination mit industriellen Mastersteuerungen, die für mehrere Achsen interpolierte Bewegungen steuern. Der Master gibt dabei in kurzen zyklischen Abständen das Sollmoment vor. Der Antrieb führt anschließend die Drehmomentenregelung durch.

Im Motion Controller findet im CST Mode keine Begrenzung der Geschwindigkeit statt. Über den Parameter Velocity Warning Threshold (0x2344.05) kann eine Maximalgeschwindigkeit angegeben werden, ab der ein Fehlereintrag in der Fehlerüberwachung erzeugt wird (siehe Kap. 7, S. 166).

Betriebsart wählen

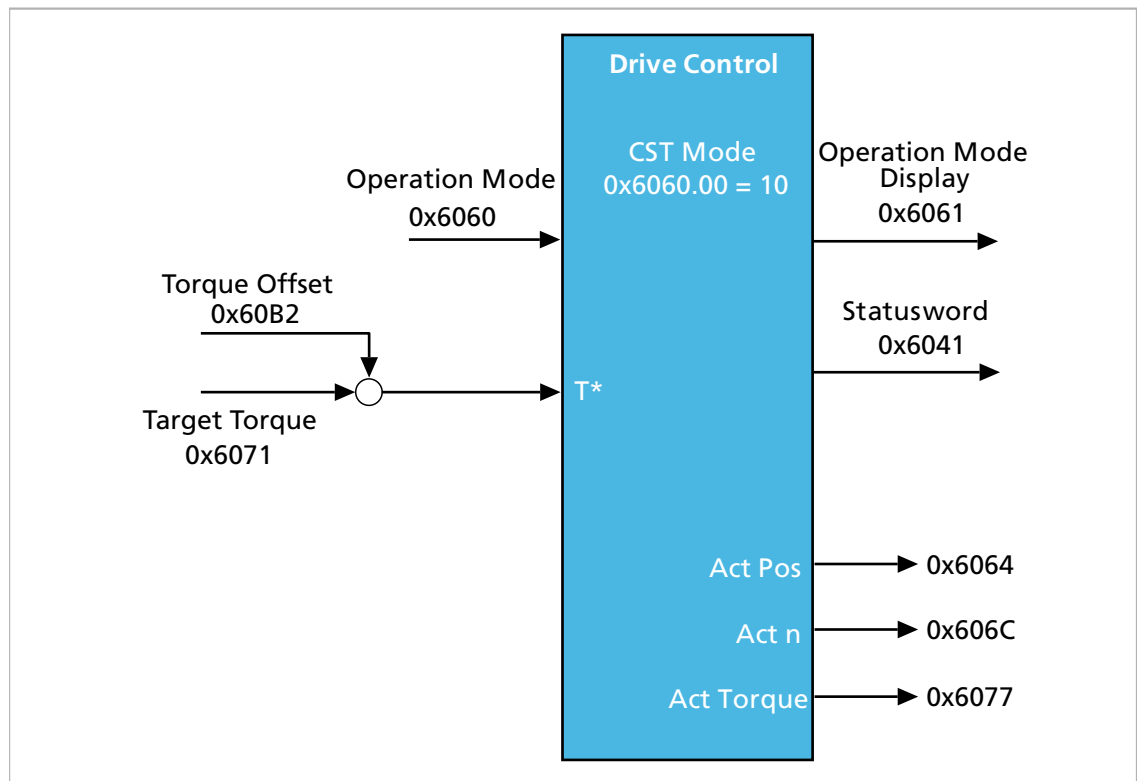


Abb. 59: Cyclic Synchronous Torque Mode im Überblick

Sollwertvorgabe und Betrieb

Bei aktivierter Endstufe werden neue Sollwerte sofort übernommen. Profilparameter werden nicht berücksichtigt.

Wirksame Teilfunktionen

- Regelung der Drehmoments oder der Kraft über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Optional: Begrenzung von Drehmoment oder Kraft
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Optional: Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter
- Optional: Überwachung der Geschwindigkeit gegen einen konfigurierbaren Maximalwert

Betriebsart wählen

5.7.2 Statusword/Controlword CST

Bei der Betriebsart Cyclic Synchronous Torque Mode werden dem Controlword keine betriebsartsspezifischen Bits zugewiesen. Dem Statusword werden betriebsartsspezifische Bits zugewiesen.

Tab. 65: Betriebsartsspezifische Bits des Statuswords (Cyclic Synchronous Torque Mode)

Bit	Funktion	Beschreibung
10	Reserved	0: Reserved
12	Drive Follows the Command Value	0: Antrieb folgt nicht dem Befehlswert; Target Torque (Objekt 0x6071) wird ignoriert 1: Antrieb folgt dem Betriebswert, Target Torque (Objekt 0x6071) wird als Eingang der Momentenregelung verwendet
13	Reserved	0: Reserved

5.7.3 Reglerstruktur im Cyclic Synchronous Torque Mode

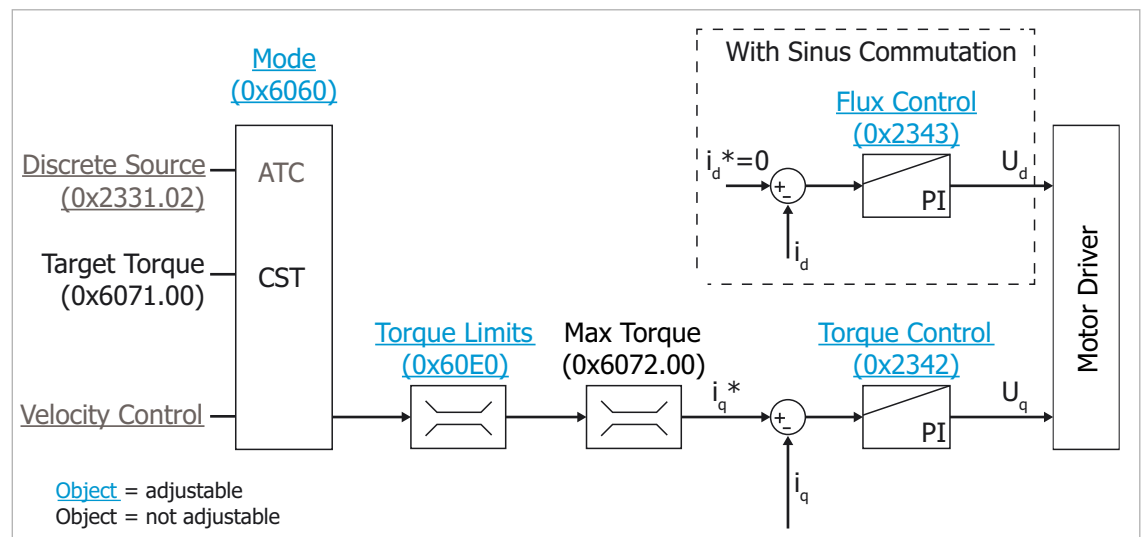


Abb. 60: Motion Manager Ansicht Cyclic Synchronous Torque Mode

5.7.4 Beispiel

- ✓ Motion Controller und Antrieb angeschlossen
- ✓ Einstellungen gemäß Kap. 4, S. 25 durchgeführt
- ✓ Betriebsart eingestellt (Objekt 0x6060 = 10)
- ▶ Zustandsmaschine des Antriebs auf den Zustand *Operation Enabled* setzen.
- ▶ Gewünschtes Drehmoment in das Objekt Target Torque (0x6071) eintragen.
- 🔧 Antrieb fährt mit dem eingestellten Drehmoment.

i Wenn das Lastmoment unterhalb des angeforderten Drehmoments liegt, beschleunigt der Antrieb auf die Maximaldrehzahl.

Betriebsart wählen

5.8 Voltage Mode

5.8.1 Grundfunktion

Im Spannungssteller-Modus wird eine Motorspannung proportional zum Vorgabewert ausgegeben. Die Strombegrenzung bleibt weiterhin aktiv. Im Voltage Mode ist es möglich einen übergeordneten Regler zu verwenden. Der Controller dient dann als Leistungsverstärker.

Die Spannungsvorgabe kann über das Objekt 0x2341 oder über einen diskreten Eingang, z. B. analog erfolgen.

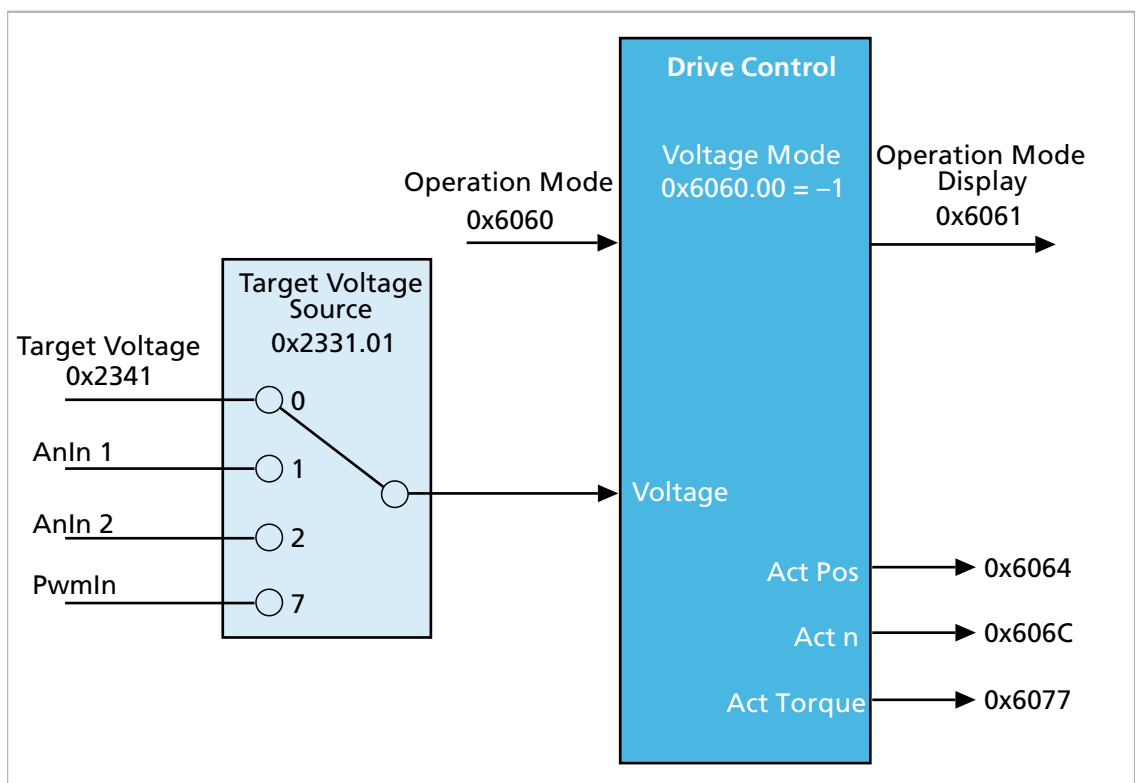


Abb. 61: Voltage Mode im Überblick

Sollwertvorgabe und Betrieb

Bei aktivierter Endstufe werden neue Sollwerte sofort übernommen. Der Sollwert wird in Schritten von 10 mV vorgegeben.

HINWEIS

Beschädigung der Mechanik bei falscher Einstellung der analogen Eingänge

Die analogen Eingänge AnIn 1 und AnIn 2 sind ab Werk auf einen Wertebereich von $\pm 10.000 = \pm 10 \text{ V}$ eingestellt.

- ▶ Vor der Verwendung als Spannungssollwert, die Eingänge passend skalieren (siehe Kap. 4.10, S. 78 und Kap. 4.8, S. 60).

Betriebsart wählen

Wirksame Teilfunktionen

- Strombegrenzungsregelung über den Stromregler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Optional: Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter

5.8.2 Statusword/Controlword Voltage Mode

Im Voltage Mode gibt es keine betriebsartspezifischen Bits im Control- oder Statusword.

5.8.3 Einstellungen

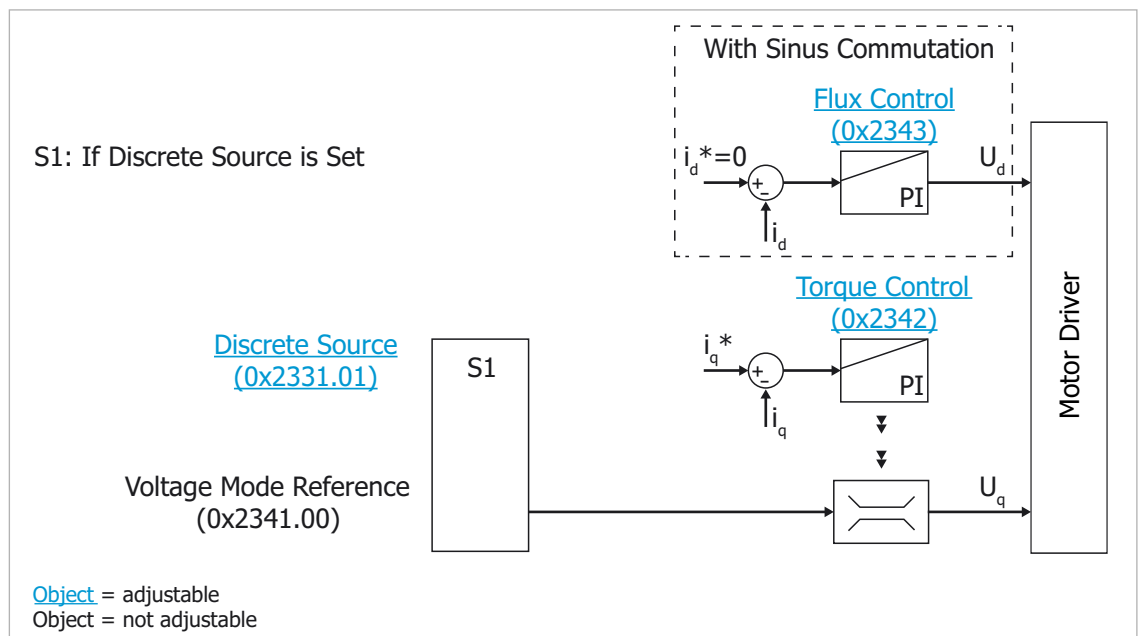


Abb. 62: Motion Manager Ansicht Voltage Mode

Folgende Objekte müssen zur Verwendung der Betriebsart eingestellt werden:

- Operation Mode (0x6060 = -1)
- Discrete Source for Voltage (0x2331.01)
- Optional: Voltage Mode Reference (Objekt 0x2341)

Voltage Mode Reference

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2341	0x00	Voltage Mode Reference	S16	rw	0	Spannungssollwert des Voltage Modes [10 mV / digit]

Betriebsart wählen

Discrete Source for Ref-Voltage

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2331	0x00	Number of Entries	U8	ro	4	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Target Voltage Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für den Spannungssollwert
	0x02	Target Current Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für das Soll-drehmoment
	0x03	Target Velocity Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für die Soll-geschwindigkeit
	0x04	Target Position Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für den Positionssollwert

i Wenn über das Objekt 0x2331.01 keine diskrete Quelle für den Sollwert ausgewählt ist, wird als Sollwert der Wert in Objekt 0x2341 verwendet.

Die möglichen Einstellungen für diskrete Sollwertquellen und ihre Bedeutung können Kapitel Kap. 4.8.2, S. 64 entnommen werden.

5.8.4 Beispiel

- ✓ Motion Controller und Antrieb angeschlossen
- ✓ Einstellungen gemäß Kap. 4, S. 25 durchgeführt
- ▶ Betriebsart einstellen (0x6060 = -1)
- ▶ Entweder die Sollwertübergabe über das Kommunikationssystem im Objekt 0x2341 oder über eine diskrete Spannungsvorgabe im Objekt 0x2331.01 einstellen.
 - Bei Vorgabe des Sollwerts über das Kommunikationssystem die Sollwertquelle im Objekt 0x2331.01 auf den Wert 0 setzen
 - Bei diskreter Spannungsvorgabe die Sollwertquelle gemäß Kap. 4.8.2, S. 64 einstellen.
- ▶ Zustandsmaschine des Antriebs auf den Zustand *Operation Enabled* setzen.
- ▶ Bei Vorgabe der Sollwerte über das Kommunikationssystem Sollwerte über Schreibzugriffe auf das Objekt 0x2341 setzen
- ✚ Der Motor fährt mit der vorgegebenen Spannung. Strom, Geschwindigkeit und Position sind ungeregelt und ergeben sich aus dem Verlauf der Spannung und der Last.

Betriebsart wählen

5.9 Analog Position Control Mode (APC)

5.9.1 Grundfunktion

In der Betriebsart Analog Position Control (APC) regelt der Motion Controller die Position des Antriebs. Der Positionssollwert wird über einen diskreten Eingang vorgegeben. Profilparameter werden nicht berücksichtigt. Der Sollwert wird direkt auf die Regelung aufgeschaltet.

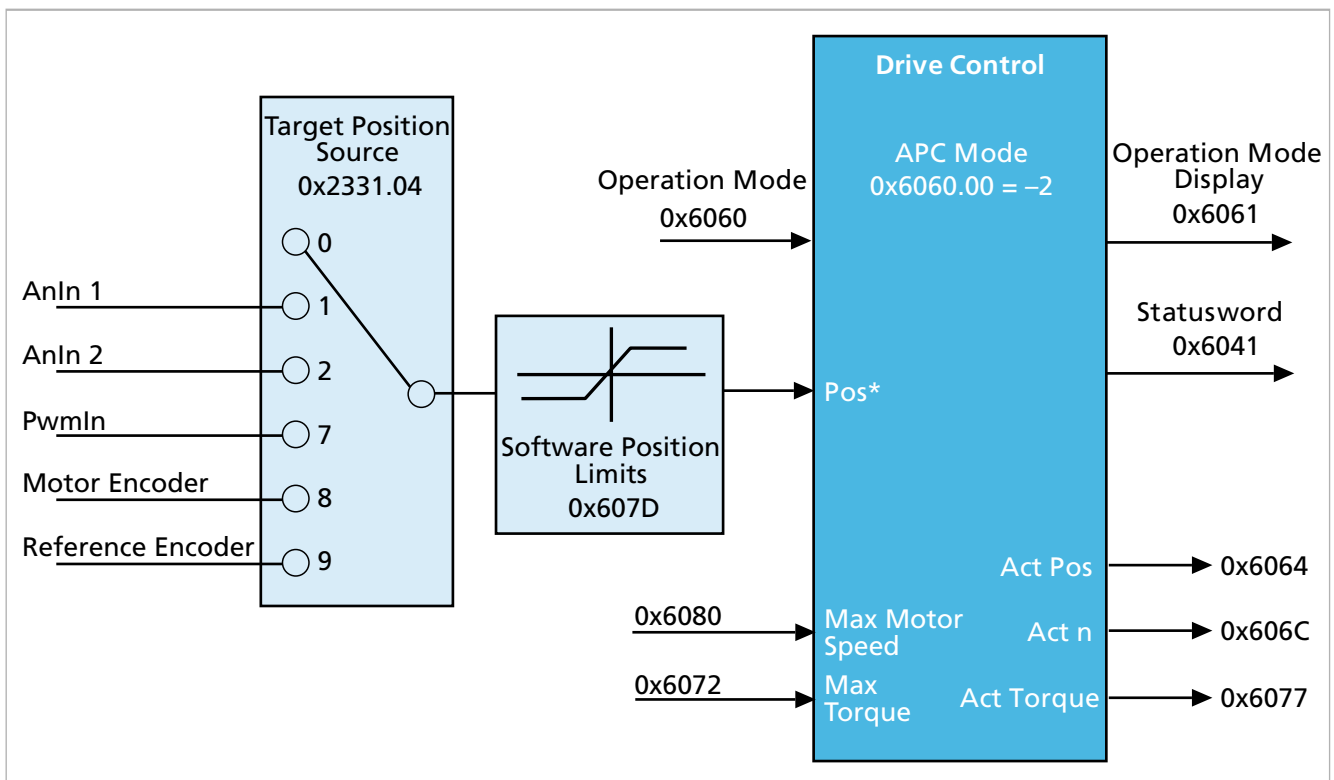


Abb. 63: Analog Position Control Mode im Überblick

Sollwertvorgabe und Betrieb

Bei aktivierter Endstufe werden neue Sollwerte sofort übernommen. Der Sollwert muss für den Regler in Inkrementen des Positionencoders vorgegeben werden.

Tab. 66: Sollwertquellen

Quellen	Sollwertvorgabe
- Analogeingang (AnIn 1 / AnIn 2) - PWM-Eingang	Der Sollwert gibt die absolute Position an, an die der Antrieb gefahren werden soll.
- Positionsvorgabe über ein Quadratursignal (Motorencoder oder Referenzencoder) - Positionsvorgabe über ein Puls/Dir-Signal	Als Sollwert werden nach dem Wechsel in die Betriebsart die Quadraturpulse gezählt. Der Sollwert wird daher als Weg interpretiert, um den der Antrieb verfahren werden soll (relativer Sollwert).

HINWEIS

Beschädigung der Mechanik bei falscher Skalierung der Sollwerte

- ▶ Vor der Verwendung alle Sollwertquellen passend skalieren.

Betriebsart wählen

Tab. 67: Skalierung der Sollwertquellen (siehe Kap. 4.7, S. 52)

Eingang	Parameter
Analoge Eingänge	Gain und Offset im Objekt 0x2313
PWM-Eingang	Gain und Offset im Objekt 0x2317
Quadratursignal über den Motorencoder	Gain im Objekt 0x2315
Quadratursignal über den Referenzencoder	Gain im Objekt 0x2316
Positionsvorgabe über ein Puls/Dir-Signal	Gain im Objekt 0x2316

Wirksame Teilfunktionen

- Regelung der Position über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Überwachung der Bewegung auf Schlupf und Schleppfehler
- Optional: Begrenzung von Drehmoment und Geschwindigkeit
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter

5.9.2 Statusword/Controlword Analog Position Control Mode

Im Analog Position Control Mode gibt es keine betriebsartspezifischen Bits im Control- oder Statusword.

5.9.3 Synchronbetrieb

FAULHABER MC 3602 B oder MC 3606 B Motion Controller können auch zum Betrieb von Schrittmotoren ohne Inkrementalencoder verwendet werden.

Im Synchronbetrieb wird weder Position noch Geschwindigkeit geregelt. Die über einen Analogeingang, über eine PWM-Vorgabe oder den Step-Direction Mode vorgegebene Sollposition wird direkt als Winkel φ für die Kommutierung der Motorspannungen A und B verwendet:

Für den Synchronbetrieb, in dem der Motor synchron schrittweise der vorgegebenen Sollposition folgt, eignet sich insbesondere der Betrieb im Step-Direction Mode, bei dem die Sollposition über eine Pulsfolge schrittweise verändert wird.

Die dynamischen Grenzen (Beschleunigungsrampe, Maximalgeschwindigkeit und Bremsrampe) für den synchron betriebenen Motor müssen von der zentralen Bewegungssteuerung eingehalten werden.

 Im Synchronbetrieb ergibt sich die interne Positionsauflösung aus der Interpolationsrate für Schrittmotoren (0x2329.0x10) und der Polpaarzahl:

$$\text{Interne Positionsauflösung} = \frac{\text{Schritte pro Umdrehung}}{4} * \text{Interpolationsrate je Polpaar}$$

Die Positionsauflösung für die Sollwertvorgabe kann im APC Mode über die Skalierung des Step-Direction-Eingangs am Referenzencodereingang auf den gewünschten Wert je Umdrehung angepasst werden.

Die Skalierung kann über das Objekt 0x2316.04 angepasst werden.

Betriebsart wählen

Synchronbetrieb mit konstanter Spannung

An den Motor wird konstant die Nennspannung ($U_{\text{Dauer}} = \text{Dauerstrom} \times \text{Wicklungswiderstand}$) ausgegeben. Die Kommutierung der Phasen A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.

- $U_a = U_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
- $U_b = U_{\text{Dauer}} \cos\varphi$

- ▶ Ggf. die Skalierung des Step-Direction-Eingangs im Objekt 0x2316.04 anpassen.

Da beim bewegten Motor die EMK der von außen angelegten Spannung entgegenwirkt, sinkt der Motorstrom geschwindigkeitsproportional.

- Die erreichbare Dynamik im Synchronbetrieb mit konstanter Spannung ist begrenzt.
- Für den Synchronbetrieb mit konstanter Spannung müssen keine Regler eingestellt sein.

Synchronbetrieb mit konstantem Strom

In den Phasen A und B wird ein Strom mit der Amplitude entsprechend des eingestellten Dauerstroms eingeregelt. Die Kommutierung der Phase A und B erfolgt in Mikroschritten.

- ▶ Die Anzahl der Mikroschritte für eine volle Sinusperiode im Objekt 0x2329.0x10 oder über den Inbetriebnahmebereich des Motion Managers einstellen.

- $U_a = I_{\text{Dauer}} \sin\varphi$
- $U_b = I_{\text{Dauer}} \cos\varphi$

Für den Synchronbetrieb mit konstantem Strom werden die Stromregler im Rahmen der Inbetriebnahme mit dem Motion Manager auf Basis der Motordaten eingestellt.

5.9.4 Einstellungen

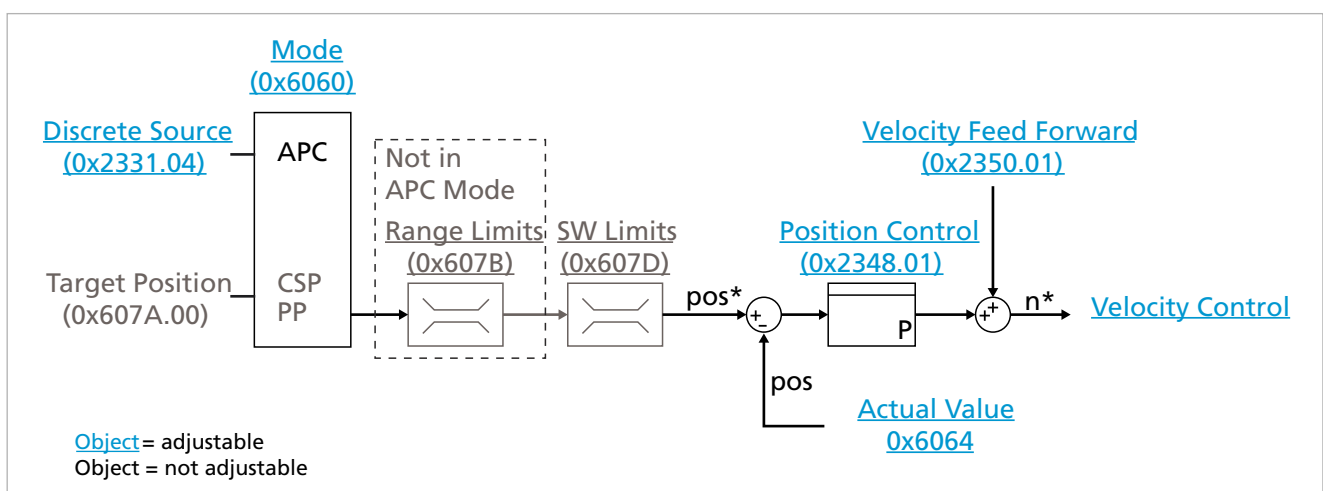


Abb. 64: Motion Manager Ansicht Analog Position Control Mode

Folgende Objekte müssen zur Verwendung der Betriebsart eingestellt werden:

- Operation Mode (0x6060 = -2)
- Discrete Source for Reference Position (0x2331.04)

Betriebsart wählen

5.9.5 Beispiele

5.9.5.1 Vorgabe einer Zielposition für einen Servoantrieb über eine analoge Spannung

- ✓ Motor ist über den Motion Manager ausgewählt
- ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
- ✓ Sollwertkanal ist skaliert und als Sollwertquelle für den Positionsregler gemäß Kap. 4.8, S. 60 ausgewählt
- ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
- ▶ Optional: Referenzfahrt ausführen, z. B. über ein BASIC-Skript direkt nach dem Start
- ▶ Betriebsart über Objekt 0x6060 = -2 wählen.
- 🔗 Der Antrieb regelt die Istposition unmittelbar auf die vorgegebene Zielposition.

i Motion Controller können über Bit 2 im Objekt Operation Mode Options (0x233F.00) so konfiguriert werden, dass die Endstufe direkt nach dem Start automatisch aktiviert wird.

i Wenn beim Einschalten der Versorgungsspannung zunächst automatisch eine Referenzfahrt ausgeführt werden soll, kann dies über ein BASIC-Skript autonom erledigt werden. Ein Beispiel ist im Programmierhandbuch angegeben.

5.9.5.2 Vorgabe einer Position an einem Stellantrieb über ein Puls-Richtungs-Signal

Als Stellantrieb wird ein BL-Motor mit analogen Hallsignalen verwendet (4096 Inkremente/Umdrehung). Für jeweils 500 Pulse des Stellsignals soll der Antrieb um eine Umdrehung verfahren werden.

- ✓ Motor ist über den Motion Manager ausgewählt
- ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
- ✓ Referenzencoder ist für ein Puls-Richtungs-Signal konfiguriert (siehe Kap. 4.10, S. 78)
- ✓ Referenzencoder ist mit 0x2331.04 = 9 als Sollwertquelle für den APC konfiguriert
- ✓ Puls-Signal ist an DigIn 1 angeschlossen, Richtungssignal ist an DigIn 2 angeschlossen und die Schwellwerte sind passend skaliert.
- ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
- ▶ Sollwertkanal mit dem Parameter Gain in 0x2316.04 skalieren:

$$\text{Zielposition} - \text{Änderung} = \text{Pulszahl} * \frac{4096}{500}$$

- ▶ Optional: Referenzfahrt ausführen.
- ▶ Betriebsart APC mit 0x6060.00 = -2 wählen.
- 🔗 Der Antrieb folgt den eintreffenden Pulsen.

Betriebsart wählen

5.10 Analog Velocity Control Mode (AVC)

5.10.1 Grundfunktion

In der Betriebsart Analog Velocity Control regelt der Motion Controller die Geschwindigkeit des Antriebs. Der Geschwindigkeitssollwert wird über einen diskreten Eingang vorgegeben.

Profilparameter werden nicht berücksichtigt. Der Sollwert wird direkt auf die Regelung aufgeschaltet.

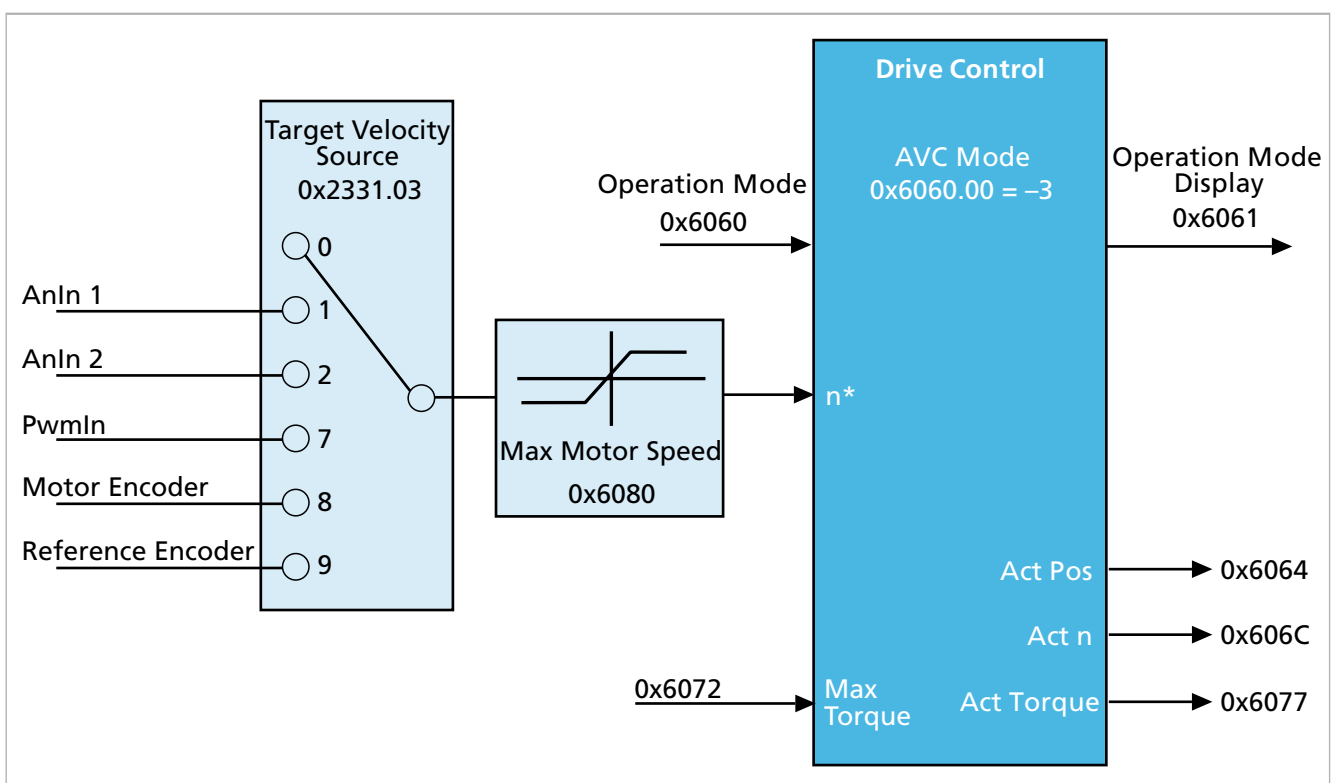


Abb. 65: Analog Velocity Mode im Überblick

Sollwertvorgabe und Betrieb

Bei aktivierter Endstufe werden neue Sollwerte sofort übernommen. Der Sollwert muss für den Regler in min^{-1} vorgegeben werden.

Tab. 68: Sollwertquellen

Quellen	Sollwertvorgabe
- Analogeingang (AnIn 1 / AnIn 2) - PWM-Eingang	Die Skalierung der Rohwerte muss über die Parameter Offset und Gain an den Wertebereich der Regelung angepasst werden.
Geschwindigkeitsvorgabe über ein Quadratsignal (Motorencoder oder Referenzencoder)	Über die am Motorencoder oder am Referenzencoder eingestellte Auflösung wird aus den gezählten Pulsen eine Geschwindigkeit errechnet. Es findet keine weitere Umrechnung statt.

Betriebsart wählen

Tab. 69: Skalierung der Sollwertquellen (siehe Kap. 4.7, S. 52)

Eingang	Parameter
Analoge Eingänge	Gain und Offset im Objekt 0x2313
PWM-Eingang	Gain und Offset im Objekt 0x2317
Quadratursignal über den Motorencoder	IE Resolution im Objekt 0x2315
Encodersignal mit BiSS-C oder SSI Protokoll am Motor- encoderanschluss	Absolute Encoder Bits im Objekt 0x2315
Quadratursignal über den Referenzencoder	IE Resolution im Objekt 0x2316
Positionsvorgabe über ein Puls/Dir-Signal	IE Resolution im Objekt 0x2316

Wirksame Teilfunktionen

- Regelung der Geschwindigkeit über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Überwachung der Bewegung auf Schlupf
- Optional: Begrenzung von Drehmoment und Geschwindigkeit
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endscharter

5.10.2 Statusword/Controlword Analog Velocity Control Mode

Im Analog Velocity Control Mode gibt es keine betriebsartspezifischen Bits im Control- oder Statusword.

Betriebsart wählen

5.10.3 Einstellungen

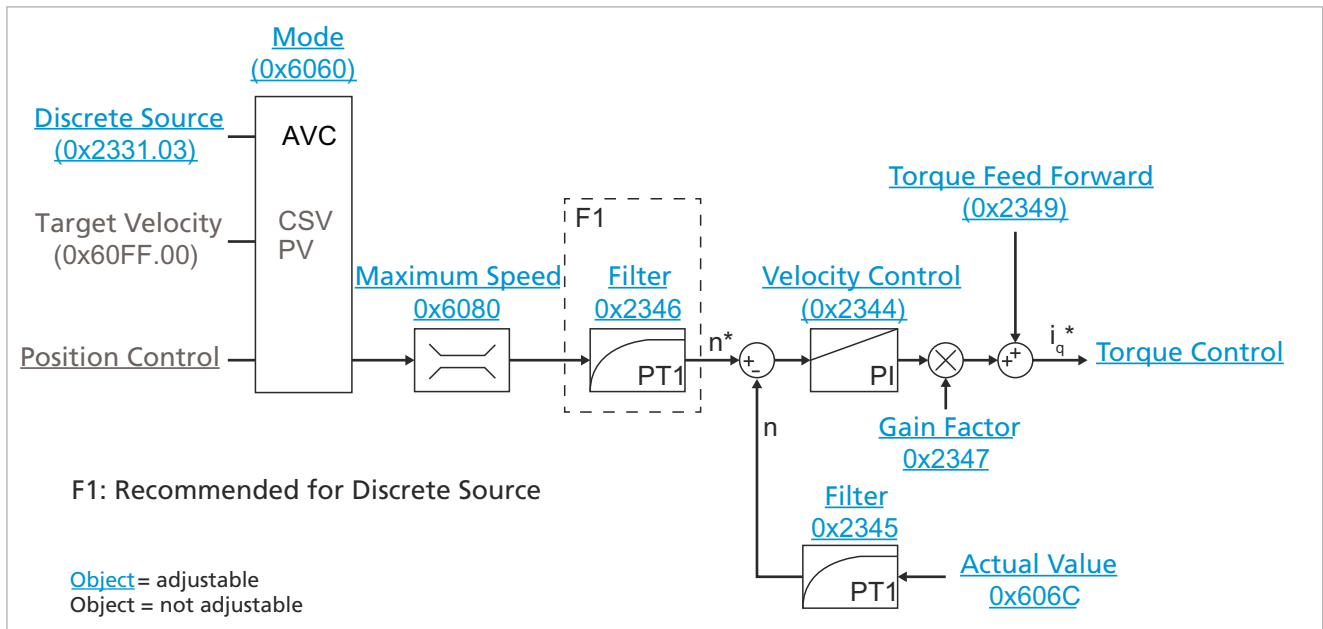


Abb. 66: Motion Manager Ansicht Analog Velocity Control Mode

Folgende Objekte müssen zur Verwendung der Betriebsart eingestellt werden:

- Operation Mode (0x6060 = -3)
- Discrete Source for Reference Speed (0x2331.03)

5.10.4 Beispiel

An einem Bandantrieb soll die Geschwindigkeit über ein Potentiometer vorgegeben werden. Das Potentiometer ist mit 5 V versorgt und an AnIn 1 angeschlossen. Der Geschwindigkeitssollwert soll im Bereich $0 \dots 3000 \text{ min}^{-1}$ verändert werden, wenn das Potentiometer verstellt wird.

- ✓ Motor ist über den Motion Manager ausgewählt
- ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
- ✓ AnIn 1 ist mit 0x2331.03 = 1 als Sollwertquelle für die Geschwindigkeit gewählt
- ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
- ▶ AnIn 1 passend skalieren (siehe Kap. 4.10, S. 78):
 - $0 \text{ V} \triangleq 0 \text{ min}^{-1} \rightarrow \text{Offset} = 0$
 - $5 \text{ V} \triangleq 3000 \text{ min}^{-1}$
 - $\text{Gain} = 3000/5000$

$$\text{Sollwert} = (\{\text{Rohwert}\} + \text{Offset}) * \text{Gain} = \{0 \dots 5000\} * \frac{3000}{5000}$$

- ▶ Betriebsart AVC mit 0x6060.00 = -3 wählen.
- 🔗 Der Antrieb fährt auf die über das Potentiometer eingestellte Geschwindigkeit.

Betriebsart wählen

5.11 Analog Torque Control Mode (ATC)

5.11.1 Grundfunktion

In der Betriebsart Analog Torque Control regelt der Motion Controller die Kraft bzw. das Moment des Antriebs. Der Sollwert wird über einen diskreten Eingang vorgegeben. Profilparameter werden nicht berücksichtigt. Der Sollwert wird direkt auf die Regelung aufgeschaltet.

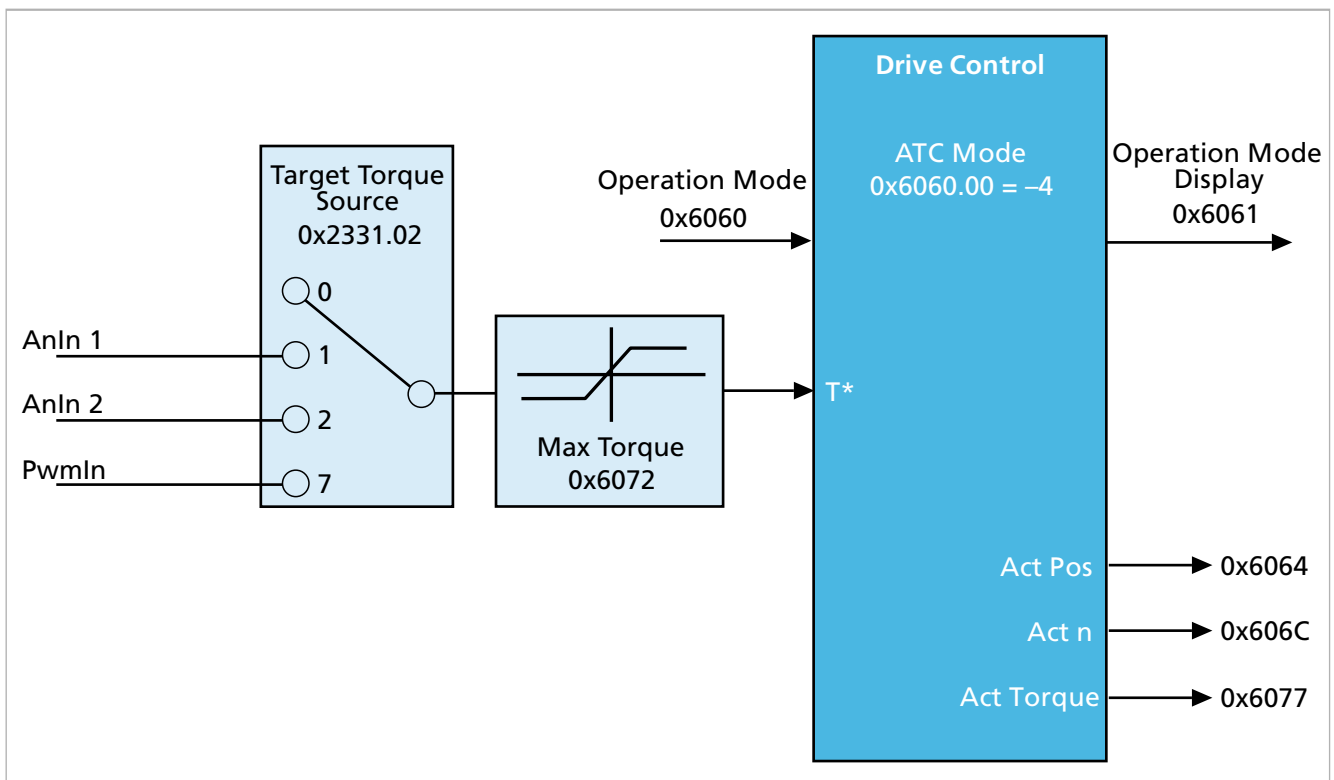


Abb. 67: Analog Torque Control Mode im Überblick

Sollwertvorgabe und Betrieb

Bei aktivierter Endstufe werden neue Sollwerte sofort übernommen. Der Sollwert muss für den Regler in $I_N/1000$ vorgegeben werden, d. h. ein Sollwert von 500 entspricht 50 % des Motornennmoments.

Tab. 70: Sollwertquellen

Quellen	Sollwertvorgabe
- Analogeingang (AnIn 1 / AnIn 2) - PWM-Eingang	Die Skalierung der Rohwerte muss über die Parameter Offset und Gain an den Wertebereich der Regelung angepasst werden.

Tab. 71: Skalierung der Sollwertquellen (siehe Kap. 4.7, S. 52)

Eingang	Parameter
Analoge Eingänge	Gain und Offset im Objekt 0x2313
PWM-Eingang	Gain und Offset im Objekt 0x2317

Betriebsart wählen

i Im Motion Controller werden das Moment und die Kraft über den bezogenen Motorstrom geregelt. Ein Sollwert von 1000 entspricht dem Nennstrom des Motors. Der als Sollwert verwendete Eingang muss dazu passend skaliert werden.

Wirksame Teilfunktionen

- Regelung des Stroms über den Regler gemäß Kap. 4.4, S. 28
- Erfassung der Istwerte
- Optional: Begrenzung von Drehmoment und Kraft
- Schätzung der Motortemperatur und der Endstufentemperatur als Schutzfunktion
- Überwachung des Bewegungsbereichs über die Software Position Limits und Endschalter

5.11.2 Statusword/Controlword Analog Torque Control Mode

Im Analog Torque Control Mode gibt es keine betriebsartsspezifischen Bits im Control- oder Statusword.

5.11.3 Einstellungen

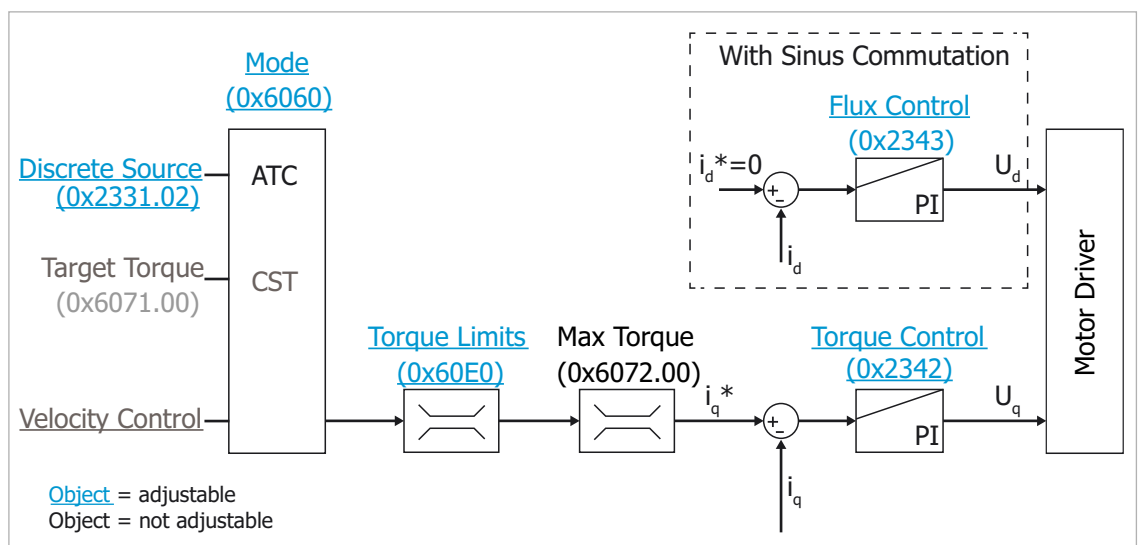


Abb. 68: Motion Manager Ansicht Analog Torque Control Mode

Folgende Objekte müssen zur Verwendung der Betriebsart eingestellt werden:

- Operation Mode (0x6060 = -4)
- Discrete Source for Reference Current (0x2331.02)

Betriebsart wählen

5.11.4 Beispiel

An einem Wickelantrieb soll die Zugkraft über ein Potentiometer eingestellt werden. Das Potentiometer ist mit 5 V versorgt und an AnIn 1 angeschlossen. Das Zugmoment soll zwischen 0 und 80 % des Motornennmoments verändert werden. Für den Fall eines Abrisses soll die Drehzahl überwacht werden.

- ✓ Motor ist über den Motion Manager ausgewählt
 - ✓ Reglerparameter sind gemäß Kap. 4.4, S. 28 eingestellt
 - ✓ AnIn 1 ist mit 0x2331.02 = 1 als Sollwertquelle für den Strom gewählt
 - ✓ Grenzdrehzahl ist als Velocity Warning Threshold in 0x2344.05 eingestellt
 - ✓ Fehlerreaktion (z. B. Abschaltung) ist über die Masken in 0x2321 als Reaktion auf den Dynamic Limit Fehler in 0x2320 ausgewählt.
 - ✓ Regelung ist aktiviert (Antrieb befindet sich im Zustand *Operation Enabled*)
 - ▶ AnIn 1 passend skalieren (siehe Kap. 4.10, S. 78):
 - $0\text{ V} \triangleq 0\text{ \%} \rightarrow \text{Offset} = 0$
 - $5\text{ V} \triangleq 80\text{ \%} = 800$
 - $\text{Gain} = 800/5000$
- $$\text{Sollwert} = (\{\text{Rohwert}\} + \text{Offset}) * \text{Gain} = \{0 \dots 5000\} * \frac{800}{5000}$$
- ▶ Betriebsart ATC mit 0x6060.00 = -4 wählen.
 - ↪ Der Antrieb regelt die Kraft bzw. das Moment auf den mit dem Potentiometer eingestellten Wert.

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

6 Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

FAULHABER Motion Controller verfügen über eine Reihe von Schutzvorkehrungen für die Endstufe und den angeschlossenen Motor:

- Thermische Modelle für den angeschlossenen Motor und die Endstufe
- Strom- und Momentbegrenzung über den Stromregler
- Überspannungsregelung im Bremsbetrieb
- Unterspannungsüberwachung

6.1 Übertemperatursicherung

Kleinantriebe weisen in der Regel keine Sensoren für die Wicklungstemperatur auf. Um trotzdem bei voller Dynamik den Motor vor Überlast zu schützen, wird der Strom entsprechend geregelt.

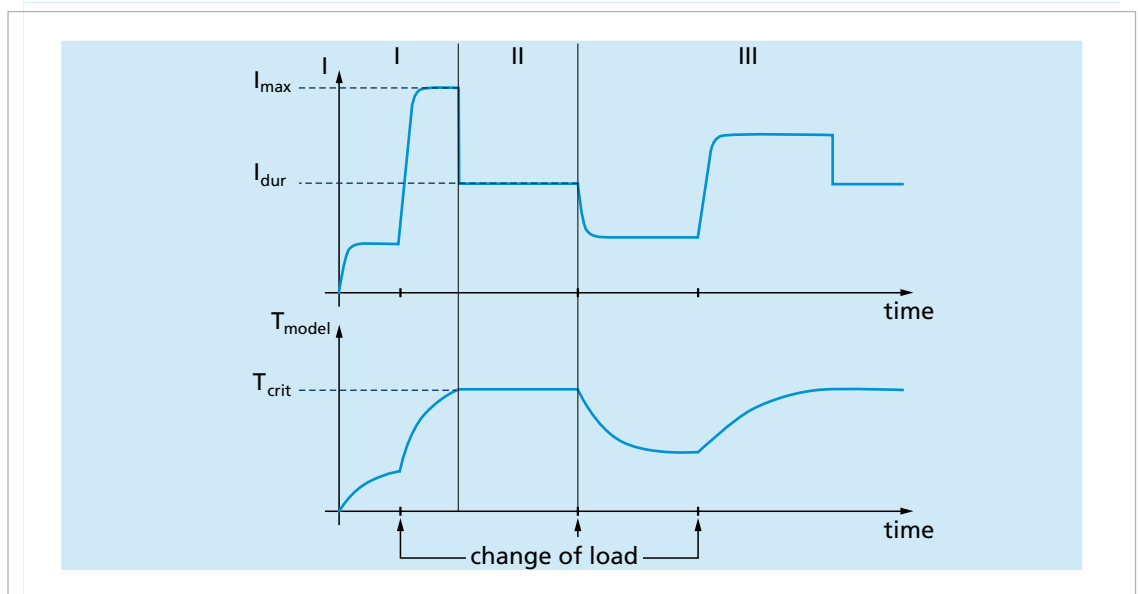


Abb. 69: Funktionsweise der I^2t -Strombegrenzung

Bereich	Beschreibung
I	Bei kaltem Motor werden Stromsollwerte initial auf den eingestellten Spitzenstrom begrenzt.
II	Ein thermisches Modell ermittelt laufend aus dem aktuell fließenden Strom eine Modelltemperatur für die Motorwicklung und die Endstufe. Übersteigt eine dieser Modelltemperaturen einen kritischen Wert, wird auf den Dauerstrom umgeschaltet und der Motorstrom auf diesen geregelt.
III	Erst wenn die Belastung so gering ist, dass die kritische Modelltemperatur unterschritten wird, wird wieder der Spitzenstrom zugelassen. Überschreitet die Modelltemperatur wieder den kritischen Wert, wird wieder auf den Dauerstrom umgeschaltet.



Bei Raumtemperatur steht der Spitzenstrom im S2-Betrieb typisch mindestens für mehrere 100 ms zur Verfügung (siehe Datenblatt zum Gerät).

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

VORSICHT

Die durch den Motion Controller berechnete Wicklungstemperatur des Motors kann abhängig von der Einbausituation und der Umgebungstemperatur des Motors von der tatsächlichen Temperatur abweichen.

- ▶ Zulässigen Dauerstrom für den Motor ggf. gegenüber dem Datenblattwert reduzieren (siehe unten).
- ▶ Motor nur mit Schutzausrüstung berühren.

HINWEIS

Wenn der für den Motor eingestellte Dauerstrom nicht an die Einbaubedingung des Motors angepasst wird, kann dieser überhitzen und die Wicklung beschädigt werden.

- ▶ Daten für den thermisch zulässigen Dauerstrom und die Reduktion des thermischen Widerstands an die Einbaubedingungen anpassen.

6.1.1 Überlastschutz für den Motor Controller

6.1.1.1 Prozessortemperatur

Im Betrieb kann sich der Prozessor durch die Verluste insbesondere in der Endstufe erwärmen. Die Betriebstemperatur des Prozessors wird über einen direkt eingebauten Temperatursensor überwacht:

Index	Subindex	Bedeutung	Beschreibung
0x2326	0x01	Temperatur Prozessor [°C]	Anzeige der geschätzten Prozessortemperatur.
	0x04	Temperatur Abschaltschwelle Prozessor [°C]	Wenn die Abschaltschwelle erreicht wird, wird das Über-temperatur-Bit im FAULHABER Fehlerwort 0x2320.00 (siehe Kap. 7.2.2, S. 174) gesetzt und die Motorregelung abgeschaltet. Die Motorregelung kann erst wieder aktiviert werden, wenn alle gemessenen oder beobachteten Temperaturen unter den jeweiligen Abschaltschwellen liegen.
	0x05	Temperatur Warnschwelle Prozessor [°C]	Wenn die Warnschwelle erreicht wird, wird der Motorstrom auf den konfigurierten Dauerstrom 0x2329.02 begrenzt bis alle Warnschwellen wieder unterschritten sind.



Die Parameter für die Überwachung der Prozessortemperatur sind für jeden Motion Controller werksseitig vorgegeben.

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

6.1.1.2 Endstufentemperatur

Insbesondere im dynamischen Betrieb kann sich die Endstufe des Controllers deutlich erwärmen. Die Temperatur der kritischen Halbleiter kann kurzfristig deutlich über der am Gehäuse messbaren Temperatur liegen. Für die Endstufe wird daher die Temperatur über einen Beobachter auf Basis der gemessenen Temperatur und des gemessenen Stroms geschätzt:

Index	Subindex	Bedeutung	Beschreibung
0x2326	0x02	Temperatur Endstufe [°C]	Anzeige der geschätzten Endstufentemperatur.
	0x06	Temperatur Abschaltschwelle Endstufe [°C]	Wenn die Abschaltschwelle erreicht wird, wird das Über-temperatur-Bit im FAULHABER Fehlerwort 0x2320.00 (siehe Kap. 7.2.2, S. 174) gesetzt und die Motorregelung abgeschaltet. Die Motorregelung kann erst wieder aktiviert werden, wenn alle gemessenen oder beobachteten Temperaturen unter den jeweiligen Abschaltschwellen liegen.
	0x07	Temperatur Warnschwelle Endstufe [°C]	Wenn die Warnschwelle erreicht wird, wird der Motorstrom auf den konfigurierten Dauerstrom 0x2329.02 begrenzt bis alle Warnschwellen wieder unterschritten sind.

i Die Parameter für die Überwachung der Endstufentemperatur sind für jeden Motion Controller werksseitig vorgegeben.

6.1.2 Überlastschutz für den Motor

Für den Motorschutz bei Kleinmotoren mit FAULHABER Windung kann der Beobachter für die Wicklungstemperatur oder das i^2t Schutzmodell verwendet werden:

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x232A	0x0A	Selection of Thermal Model	U8	rw	0	0: Beobachter für Wicklungstemperatur (siehe Kap. 6.1.2.1, S. 159) 1: i^2t Schutzmodell (siehe Kap. 6.1.2.2, S. 161) 2: Kein Schutzmodell

6.1.2.1 Beobachter für die Wicklungstemperatur

Die Erwärmung von Kleinmotoren mit FAULHABER Windung kann über ein thermisches Modell abgeschätzt werden, wenn zum Motor entsprechende Modellparameter bekannt sind. Für FAULHABER Servomotoren sind die Modellparameter im Datenblatt angegeben.

Wicklungstemperatur und Wicklungsverluste

In der Motorwicklung entstehen lastabhängig Stromverluste:

$$P_{\text{Wicklung}} = I_{\text{Motor}}^2 \cdot R$$

Die entstehende Wärme wird über den thermischen Widerstand $R_{\text{th},1}$ an das Motorgehäuse abgeführt. Über die beteiligten Wärmekapazitäten ergibt sich eine verzögerte Erwärmung, deren Zeitverhalten über die Zeitkonstante $\tau_{w,1}$ beschrieben wird

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

Reibungsverluste und Gehäusetemperatur

Über die mechanische Reibung im Betrieb und über Wirbelstromverluste bei BL-Servomotoren entstehen drehzahlabhängig weitere Verluste, die direkt das Gehäuse erwärmen. Zusätzlich wird das Motorgehäuse auch von den Wicklungsverlusten erwärmt.

Die entstehende Wärme aus Wicklung und Reibung wird über den thermischen Widerstand $R_{th,2}$ an die Umgebung abgeführt. Über die beteiligten Wärmekapazitäten ergibt sich eine verzögerte Erwärmung, deren Zeitverhalten über die Zeitkonstante $\tau_{w,2}$ beschrieben wird.

Der Wärmeübergang an die Umgebung kann durch günstige Einbaubedingungen deutlich verbessert werden. Die erreichte Endtemperatur hängt zusätzlich von der Umgebungstemperatur des Motors ab.

Index	Subindex	Bedeutung	Beschreibung
0x2326	0x03	Temperatur Wicklung [°C]	Anzeige der geschätzten Wicklungstemperatur.
	0x08	Temperatur Abschaltschwelle Motor [°C]	Wenn die Abschaltschwelle erreicht wird, wird das Über-temperatur-Bit im FAULHABER Fehlerwort 0x2320.00 (siehe Kap. 7.2.2, S. 174) gesetzt und die Motorregelung abgeschaltet. Die Motorregelung kann erst wieder aktiviert werden, wenn alle gemessenen oder beobachteten Temperaturen unter den jeweiligen Abschaltschwellen liegen.
	0x09	Temperatur Warnschwelle Motor [°C]	Wenn die Warnschwelle erreicht wird, wird der Motorstrom auf den konfigurierten Dauerstrom 0x2329.02 begrenzt bis alle Warnschwellen wieder unterschritten sind.
0x232A	0x08	Umgebungstemperatur des Motors [°C]	Als Referenzumgebungstemperatur sind in den FAULHABER Motordatenblättern 22°C angegeben. Für deutlich veränderte Umgebungsbedingungen kann der Wert manuell angepasst werden.
	0x09	Reduzierung des Wärmewiderstands 2 ($R_{th,2}$) des Motors [%] (Gehäuse zu Umgebung)	Durch einen geeigneten Einbau kann die Wärmeabfuhr des Motors verbessert werden. Dadurch kann der Motor über die im Datenblatt angegebenen Nennwerte hinaus belastet werden.



- Das gewählte Flanschmaterial kann auf die Reduktion $R_{th,2}$ deutlichen Einfluss haben.
- Die Parameter des Wicklungsschutzmodells werden bei Verwendung des FAULHABER Motion Managers über die Motorauswahl eingestellt.

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

6.1.2.2 I^2t Übertemperaturschutz

Für Motoren ohne thermische Modellparameter kann ein Motorschutz über das I^2t Schutzmodell erreicht werden. Die Motorverluste werden für den dynamischen Betrieb dann über das Quadrat des Motorstroms abgeschätzt. Dabei wird angenommen, dass beim thermisch zulässigen Dauerstrom auch dauerhaft keine Überhitzung auftritt.

Über eine motorabhängige Zeitkonstante muss der Schutz an den Motor angepasst werden.

Index	Subindex	Bedeutung	Beschreibung
0x2326	0x03	Temperatur Wicklung [°C]	Anzeige der geschätzten Wicklungstemperatur.
	0x08	Temperatur Abschaltschwelle Motor [°C]	Wenn die Abschaltschwelle erreicht wird, wird das Übertemperatur-Bit im FAULHABER Fehlerwort 0x2320.00 (siehe Kap. 7.2.2, S. 174) gesetzt und die Motorregelung abgeschaltet. Die Motorregelung kann erst wieder aktiviert werden, wenn alle gemessenen oder beobachteten Temperaturen unter den jeweiligen Abschaltschwellen liegen.
	0x09	Temperatur Warnschwelle Motor [°C]	Wenn die Warnschwelle erreicht wird, wird der Motorstrom auf den konfigurierten Dauerstrom 0x2329.02 begrenzt bis alle Warnschwellen wieder unterschritten sind.
0x232A	0x06	Thermische Zeitkonstante 1 ($\tau_{w,1}$) des Motors [s] (Wicklung zu Gehäuse)	Der Motion Manager stellt die Zeitkonstanten auf Basis der thermischen Zeitkonstanten der Wicklung ein (multipliziert mit einem Faktor von typisch 5, da Wärme über das Gehäuse abgeführt wird). Für Motoren ohne explizite Angabe der Zeitkonstante der Wicklung schätzt der Motion Manager eine Zeitkonstante.
	0x08	Umgebungstemperatur des Motors [°C]	Für sicheren thermischen Schutz muss die Umgebungstemperatur des Motors bekannt sein, da keine Temperatursensoren im Motor verbaut sind.
0x2329	0x02	Dauerstrom des Motors [mA]	Als thermisch zulässigen Dauerstrom trägt der Motion Manager den Nennstrom des Motors ein. Das Verhältnis des Motorstroms im Quadrat zum Dauerstrom im Quadrat wird zur Schätzung der Motorverluste genutzt. In Umgebungen mit erhöhter Temperatur ist es nötig, den Dauerstrom so zu reduzieren, dass auch im Dauerbetrieb keine Überhitzung eintritt.

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

6.1.3 Temperaturmodell für FAULHABER Wicklungen an die Anwendung anpassen

6.1.3.1 $R_{th,2}$ Reduktion anpassen

Die $R_{th,2}$ Reduktion beschreibt, wie stark der thermische Übergang vom Motor auf die Umgebung gegenüber dem thermisch nicht angebundenen Motor verbessert wird.

Einflussgrößen sind eine eventuelle Luftströmung und die Art der Anbindung.

Positive Faktoren:

- Der Motor befindet sich dauerhaft in bewegter Luft.
- Der Motor wurde über einen Flansch oder ein Montagerohr gut wärmeleitend an die Umgebung angebunden.

Richtwerte:

- Montage an einem Kunststoffflansch: ca. 15 % Reduktion
- Montage an einem Metallflansch: ca. 30% Reduktion

Negative Faktoren:

- Der Motor wurde in einer Hülse oder Kapsel montiert, die keinen Luftaustausch mit der Umgebung ermöglicht.



- Für die erreichbare Verbesserung muss die im Datenblatt angegebene Montage und Umgebung als Vergleich herangezogen werden.
- Der Parameter für die $R_{th,2}$ Reduktion wird vom Motion Manager während der Antriebskonfiguration eingestellt.

6.1.3.2 Umgebungstemperatur einstellen

Kleinantriebe enthalten in der Regel keine Temperatursensoren und keine Temperatursicherungen. Der Schutz über Temperaturmodelle kann daher nur greifen, wenn zuzüglich zu der über die Modelle berechneten Erwärmung auch die Umgebungstemperatur in etwa bekannt ist. Als Standardwert für die Umgebungstemperatur sind 22 °C vorgegeben.

- ▶ Beim Einsatz in höherer Umgebungstemperatur (z. B. 40 °C in einer Anlage) den Parameter für die Umgebungstemperatur korrekt einstellen, um einen Schutz gegen Überlast zu ermöglichen.

6.1.3.3 Dauerstrom anpassen

Die während der Inbetriebnahme durch den Motion Manager eingestellten Werte für den Dauerstrom führen bei Nennbelastung des Motors zu einer Erwärmung knapp unterhalb der Warnschwelle. Das Dauermoment steht dann dauerhaft zur Verfügung.

In einer Umgebung mit erhöhter Temperatur würde die errechnete Wicklungstemperatur bei Nennbetrieb und korrekt erhöht eingestellter Umgebungstemperatur zu einer unzulässig hohen Wicklungstemperatur führen. Der Dauerstrom muss dann angepasst werden, wenn der Antrieb nicht wegen Übertemperatur abschalten soll.

- ▶ Beim Einsatz in höherer Umgebungstemperatur (z. B. 40 °C in einer Anlage) den Parameter für den Dauerstrom so reduzieren, dass die errechnete Wicklungstemperatur keine der Schwellen erreicht.

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

6.1.4 I²t Übertemperaturschutz an die Anwendung anpassen

6.1.4.1 Umgebungstemperatur einstellen

Kleinantriebe enthalten in der Regel keine Temperatursensoren und keine Temperatursicherungen. Der Schutz über Temperaturmodelle kann daher nur greifen, wenn zuzüglich zu der über die Modelle berechneten Erwärmung auch die Umgebungstemperatur in etwa bekannt ist. Als Standardwert für die Umgebungstemperatur sind 22 °C vorgegeben.

- ▶ Beim Einsatz in höherer Umgebungstemperatur (z. B. 40 °C in einer Anlage) den Parameter für die Umgebungstemperatur korrekt einstellen, um einen Schutz gegen Überlast zu ermöglichen.

6.1.4.2 Dauerstrom anpassen

Die während der Inbetriebnahme durch den Motion Manager eingestellten Werte für den Dauerstrom führen bei Nennbelastung des Motors zu einer Erwärmung knapp unterhalb der Warnschwelle. Das Dauermoment steht dann dauerhaft zur Verfügung.

Wird der Motor bei erhöhter Umgebungstemperatur betrieben, muss zwingend die Einstellung des Dauerstroms reduziert werden, um einen Motorschutz zu realisieren.

- ▶ Beim Einsatz in höherer Umgebungstemperatur (z. B. 40 °C in einer Anlage) den Parameter für den Dauerstrom reduzieren.

6.2 Kraft- oder Momentbegrenzung

Über den Stromregler des Motion Controllers kann das an den Motor abgegebene Moment bzw. die Kraft eines Linearmotors begrenzt werden. Somit können z. B. Getriebeeingangsstufen gegen Überlast geschützt werden.

Um den Strom zu begrenzen, kann der Sollwert des Stromreglers über die Objekte 0x60E0 und 0x60E1 in positive bzw. negative Richtung begrenzt werden.

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

6.3 Überprüfung der Versorgungsspannungen

Die Elektronikversorgung sowie die Motorversorgung des FAULHABER Motion Controllers werden laufend überwacht.

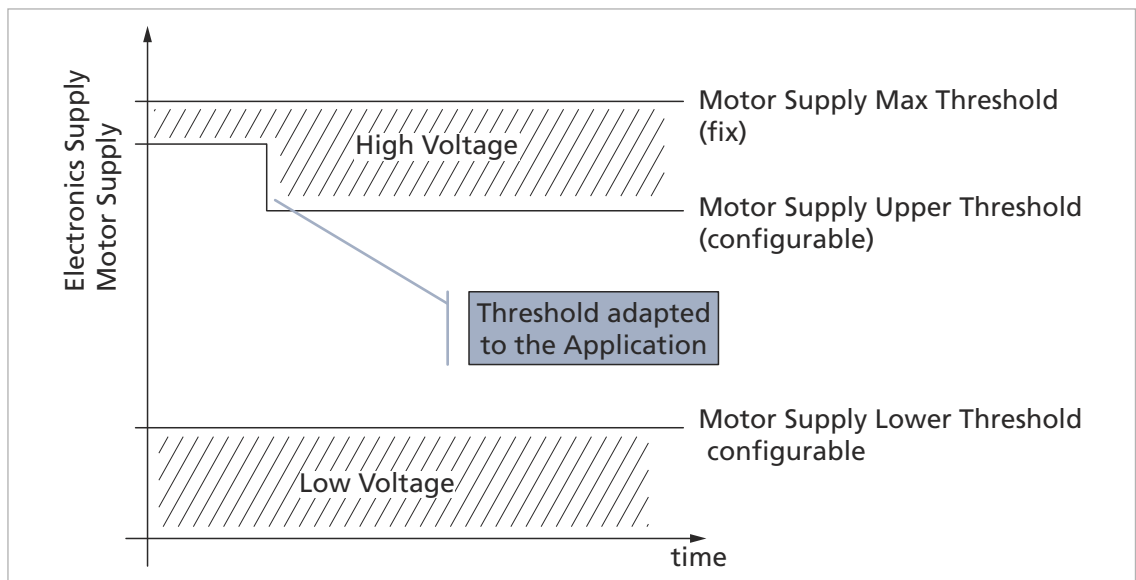


Abb. 70: Überprüfung der Versorgungsspannungen

Die Grenzwerte und die aktuellen Werte der Versorgungsspannungen finden sich im Objekt 0x2325:

- Die maximale obere Schwelle (0x2325.03) und die Mindestspannung für die Elektronikversorgung (0x2325.01) sind fest vorgegeben.
- Die untere Schwelle für die Motorversorgung (0x2325.02) kann an die Anwendung angepasst werden (siehe Kap. 6.3.1, S. 165).
- Eine Verzögerungszeit für die Fehlererkennung kann über das Objekt 0x2325.05 angepasst werden (siehe Kap. 6.3.1, S. 165).
- Die obere Schwelle für die Motorversorgung (0x2325.04) ist variabel und kann bis zur Maximalspannung angehoben werden.
- Falls die Versorgungsspannung zu Beginn der Überwachung bereits außerhalb der oberen bzw. unteren Grenzen befindet, wird der Zustandswechsel in den Zustand *Operation Enabled* nicht ausgeführt.
- Im dynamischen Betrieb kann es vorkommen, dass durch die Rückspeisung von Energie im Bremsbetrieb die Versorgungsspannung oberhalb des durch den Upper Threshold definierten Grenzwerts ansteigt. In diesem Fall wird der Überspannungsregler aktiviert und falls nötig die Bremsleistung reduziert (siehe Kap. 6.3.2, S. 165).

FAULHABER Motion Controller MC 5010, MC 5005 und MC 5004 verfügen über eine Power-Good-LED. Wenn sich die überwachten Spannungen innerhalb der eingestellten Grenzen befinden, leuchtet diese grün.

Wenn die Versorgungsspannung länger als in der Verzögerungszeit angegeben außerhalb des zulässigen Bereichs liegt, wird das entsprechende Statusbit im Gerätestatuswort gesetzt. Die Power Good LED leuchtet nicht mehr.

Sicherungs- und Überwachungseinrichtungen

6.3.1 Unterspannungsüberwachung

Wenn die Elektronikversorgung des Motion Controllers die untere Grenze im Objekt 0x2325.01 unterschreitet, wird in Bit 19 des Gerätezustandsworts (0x2324.01) ein Fehler signalisiert und die Endstufe sofort abgeschaltet. Es folgt kein automatischer Wiederanlauf.

Im Objekt 0x2325.02 ist die untere Schwelle für die Motorversorgung angegeben. Wenn die Spannung am Anschluss für die Motorversorgung länger als die im Objekt 0x2325.05 angegebene Wartezeit unter diesen Wert fällt, wird in Bit 20 des Gerätezustandsworts (0x2324.01) ein Unterspannungsfehler der Motorversorgung signalisiert. Ab Firmware-Revision K2 wird in diesem Fall die Endstufe wie bei einer Unterspannung der Elektronikversorgung sofort abgeschaltet.

 Wenn als Untergrenze für die Motorversorgung im Objekt 0x2325.02 = 0 V angegeben ist, wird die Motorversorgung nicht auf Unterspannung überwacht.

6.3.2 Überspannungsregelung

Im Brems- und generatorischem Betrieb des Antriebs wird Energie ins elektrische Netz zurückgespeist. Üblicherweise sind Netzgeräte nicht in der Lage, diese Energie aufzunehmen. Aus diesem Grund kann die Versorgungsspannung in diesen Betriebsfällen ansteigen.

Um eine Zerstörung von Bauteilen zu vermeiden, enthalten FAULHABER Motion Controller für bürstenlose Motoren einen Regler, der beim Überschreiten der im Objekt 0x2325.04 eingestellten Grenzspannung den Polradwinkel verstellt. Zusätzlich wird die Bremsleistung bei allen Motortypen ggf. reduziert.

HINWEIS

Mit den Standardeinstellungen begrenzt der FAULHABER Motion Controller die rückgespeiste Energie erst, wenn der Standardwert für die oberen Grenze überschritten wird. Für Motion Controller mit einer zulässigen Maximalspannung von 50 V können daher Spannungsspitzen bis zu 50 V ohne Eingriff in die Dynamik auftreten. In einem 24 V Versorgungssystem betrieben, kann das zu Störungen zusätzlich angeschlossener Geräte bis hin zu deren Zerstörung führen.

- Obere Grenze für die Versorgungsspannung niedriger wählen.

 Um die volle Motordynamik auch im Bremsbetrieb nutzen zu können, sollte bei größeren bewegten Massen ein Brems-Chopper parallel zum Motion Controller an die DC-Versorgung angeschlossen werden.

7 Diagnose

7.1 Geräteüberwachung

Die Diagnose-Komponente des FAULHABER Motion Controllers überwacht zyklisch den Gerätezustand.

Geprüft werden:

- Versorgungsspannungen
- Temperaturen
- dynamischer Antriebszustand

Die Ergebnisse der Überprüfungen werden als Bits im Gerätezustandswort 0x2324.01 hinterlegt. Zusätzliche Signale z. B. zum Zustand der Endschalter können ebenfalls zentral über das Gerätezustandswort ausgewertet werden.

Das Gerätezustandswort kann über die Kommunikationsschnittstelle abgefragt werden, Zusätzlich können ausgewählte Zustände auch über einen wählbaren digitalen Ausgang signalisiert werden.

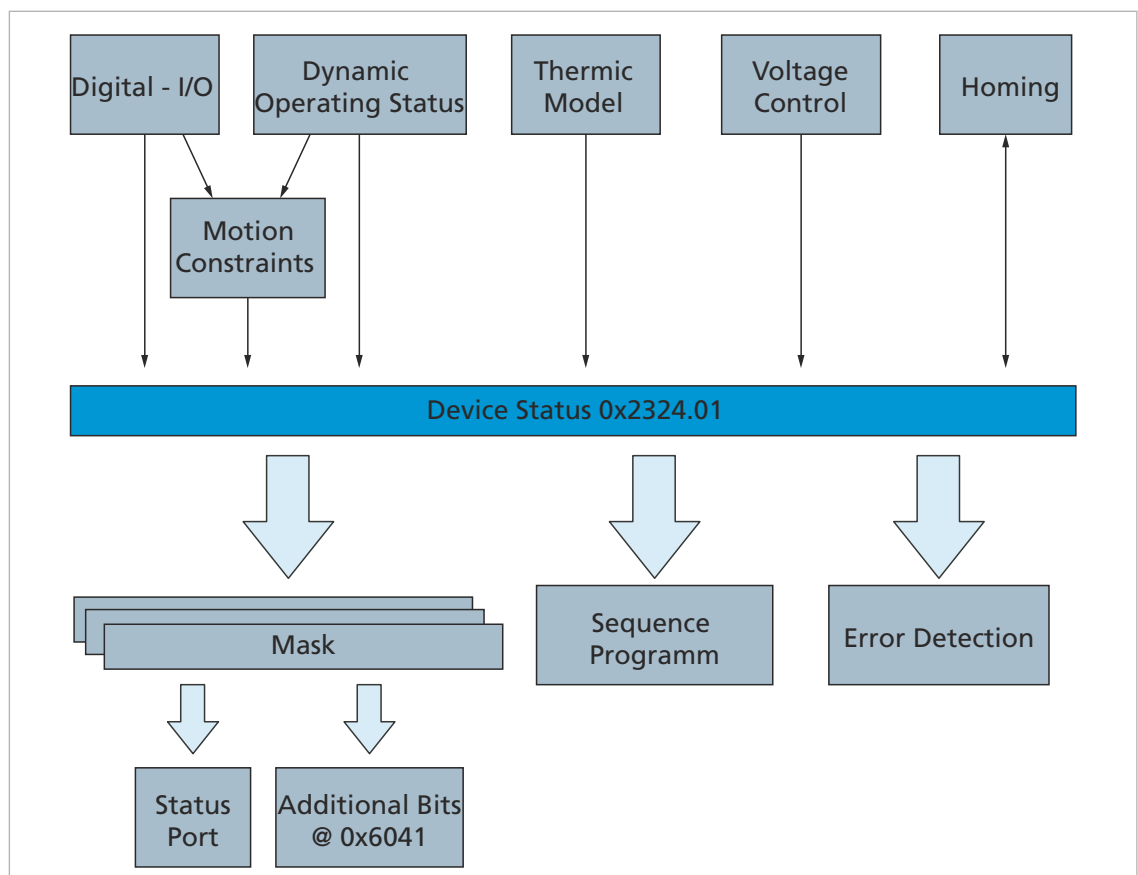


Abb. 71: Schaubild des Gerätezustandsworts

i In den oberen 8 Bit des Gerätezustandsworts sind die Zustände der ersten 8 Digitaleingänge des Motion Controllers eingebündelt. Damit kann innerhalb von Ablaufprogrammen einfach auf einen Wechsel des Zustands an einem Eingang reagiert werden.

Diagnose

7.1.1 Gerätezustandswort 0x2324.01

Tab. 72: Bedeutung der Einträge des Gerätezustandsworts

Bit	Maske	Bedeutung	Beschreibung
0	0x 00 00 00 01	n=0 Überwachung	Die Istdrehzahl befindet sich innerhalb des Drehzahlkorridors um die 0.
1	0x 00 00 00 02	Target Speed reached	Die Istdrehzahl befindet sich innerhalb des Drehzahlkorridors um die Sollzahl (wird nur in der Betriebsart PV ausgewertet).
2	0x 00 00 00 04	Speed Deviation außerhalb des Korridors	Die Regelabweichung des Geschwindigkeitsreglers (Sollwert – Istwert) befindet sich außerhalb des durch 0x2344.03 und 0x2344.04 definierten Korridors (Blockadeerkennung).
3	0x 00 00 00 08	Target Position reached	Die Istposition befindet sich innerhalb des Positionskorridors um die Sollposition (wird nur in der Betriebsart PP ausgewertet).
4	0x 00 00 00 10	Position kreuzt den Sollwert	Die Istposition hat die Sollposition gekreuzt (wird nur in der Betriebsart PP ausgewertet).
5	0x 00 00 00 20	Schleppfehler außerhalb des Korridor	Die Regelabweichung des Positionsreglers (Sollwert – Istwert) befindet sich außerhalb des durch 0x6065 und 0x6066 definierten Korridors.
6	0x 00 00 00 40	Positive Limit Switch aktiv	Der positive Endschalter ist aktiv.
7	0x 00 00 00 80	Negative Limit Switch aktiv	Der negative Endschalter ist aktiv.
8	0x 00 00 01 00	Positive Software Position Limit erreicht	Istposition ist größer/gleich Positive Software Position Limits.
9	0x 00 00 02 00	Negative Software Position Limit erreicht	Istposition ist größer/gleich Negative Software Position Limits.
10	0x 00 00 04 00	Referenzinput erkannt ^{a)}	Der konfigurierte Referenzinput wurde erkannt.
11	0x 00 00 08 00	Encoderindex erkannt ^{a)}	Der konfigurierte Encoderindex wurde erkannt.
12	0x 00 00 10 00	Antrieb ist referenziert	Der Antrieb hat mindestens eine erfolgreiche Referenzfahrt durchlaufen.
13	0x 00 00 20 00	Voltage Limited	Der Regler befindet sich am Spannungslimit (Ausgabe begrenzt).
14	0x 00 00 40 00	Torque Limited	Der Regler befindet sich an einem Stromlimit (Sollwert begrenzt).
15	0x 00 00 80 00	Speed Limited	Der Regler befindet sich am Geschwindigkeitslimit (Sollwert begrenzt).
16	0x 00 01 00 00	Temperatur Warngrenze erreicht	Eine der überwachten Temperaturen hat die Warngrenze überschritten. Der Sollwert des Stromreglers wird auf den Dauerstrom des Motors begrenzt.
17	0x 00 02 00 00	Temperatur Abschaltgrenze erreicht	Eine der überwachten Temperaturen hat die Abschaltschwelle überschritten.
18	0x 00 04 00 00	Versorgungsspannung zu hoch	Eine der überwachten Spannungen hat die obere Schwelle überschritten: - Elektronikversorgung > Max Threshold - Motorversorgung > Upper Threshold Der Überspannungsregler befindet sich ggf. im Eingriff.

Diagnose

Bit	Maske	Bedeutung	Beschreibung
19	0x 00 08 00 00	Elektronikversorgung zu niedrig	Die Elektronikversorgung liegt unterhalb der unteren Schwelle nach 0x2325.01.
20	0x 00 10 00 00	Motorversorgung zu niedrig	Die Motorversorgung liegt unterhalb der unteren Schwelle nach 0x2325.02.
21	0x 00 20 00 00	Drehzahlfehler	Die Drehzahl liegt oberhalb der durch 0x2344.05 vorgegebenen maximalen Motorgeschwindigkeit.
22	0x 00 40 00 00	Safety Monitor	Status der STO-Überwachung in Antrieben mit STO-Funktion
23	0x 00 80 00 00	Eventflag ^{b)}	-
24	0x 01 00 00 00	DigIn01	DigIn01
25	0x 02 00 00 00	DigIn02	DigIn02
26	0x 04 00 00 00	DigIn03	DigIn03
27	0x 08 00 00 00	DigIn04	DigIn04
28	0x 10 00 00 00	DigIn05	DigIn05
29	0x 20 00 00 00	DigIn06	DigIn06
30	0x 40 00 00 00	DigIn07	DigIn07
31	0x 80 00 00 00	DigIn08	DigIn08

a) Auswertung nur bei aktiver Referenzfahrt

b) Digitalausgang einer internen Eventhandler-Funktion die vom internen Trace-Kanal oder aus Ablaufprogrammen angesteuert werden kann

7.1.2 Status-Port

Eine beliebig konfigurierbare Kombination von Statusbits kann über einen digitalen Ausgang des Motion Controllers signalisiert werden. Dazu können im Objekt 0x2312 maximal 4 Ports definiert werden.

Über die Pinauswahl wird einer der Digitalausgänge des Geräts eingestellt. Wird eine 0 für die Pinauswahl eingetragen, ist die Funktion dieses Ports abgeschaltet.

Über die Maske kann definiert werden, welche Bits im Gerätezustandswort ausgewertet werden sollen. Der gewählte Ausgang wird gesetzt, wenn die bitweise Verknüpfung der für den Port konfigurierten Maske und dem Gerätezustandswort mindestens ein gesetztes Statusbit ergibt.

Ausgang = (Maske & Gerätezustandswort) > 0 (bitweise Verknüpfung)

Parameter	Port 1	Port 2	Port 3	Port 4
Pinauswahl	0x2312.08	0x2312.0A	0x2312.0C	0x2312.0E
Maske (U 32)	0x2312.09	0x2312.0B	0x2312.0D	0x2312.0F

Diagnose

7.1.3 Zusatz-Bits im Statusword 0x6041

Statt an einem digitalen Ausgang können ausgewählte Gerätezustände auch über die Bits 14 und 15 im Statusword der Gerätesteuerung (0x6041) signalisiert werden. Die Auswertelogik entspricht den Status-Ports:

Das Zusatzbit wird gesetzt, wenn die bitweise Verknüpfung der für den Port konfigurierten Maske mit dem Gerätezustandswort mindestens ein gesetztes Statusbit ergibt.

Zusatzbit = (Maske & Gerätezustandswort) > 0 (bitweise Verknüpfung)

Andernfalls wird das Zusatzbit zurückgesetzt.

Parameter	Statusword Bit 14	Statusword Bit 15
Maske (U 32)	0x233A.01	0x233A.02

7.1.4 Event Broker

Der Event Broker kann Ereignisse aus dem dynamischen Motorbetrieb oder aus einem lokal ablaufenden BASIC-Script nutzen, um weitere Aktivitäten zu starten.

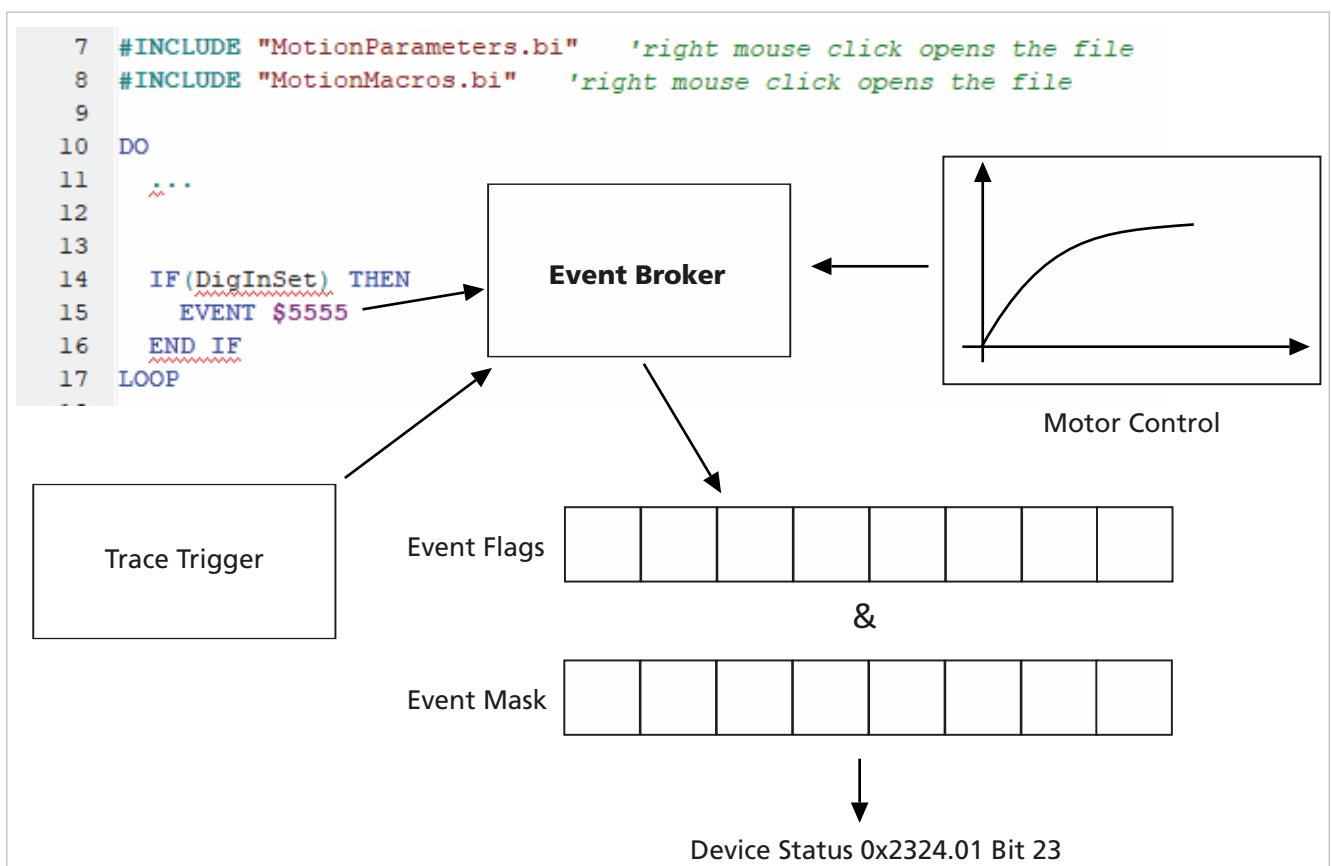


Abb. 72: Event Broker

Mögliche Event-Quellen:

- Aus einem lokalen Script über das Schlüsselwort EVENT + Eventnummer erzeugtes Ereignis
- Indexsignal des angeschlossenen Motors
- Triggerereignis der integrierten Trace-Einheit

Diagnose

- Erweiterte Funktionen der integrierten Trace-Einheit zur statistischen Auswertung von aufgezeichneten Signalverläufen

Durch einen Event auslösbare Aktivitäten:

- Setzen oder Rücksetzen des Event-Flags in Bit 23 des Device Status Words.
- Trigger einer Signalaufzeichnung (Event-Trigger)
- Start der Aufzeichnung von vorkonfigurierten Signalen durch die integrierte Trace-Einheit
- Automatische Auswertung von statistischen Kenngrößen aufgezeichneter Signalverläufe

Tab. 73: Event Trigger Configuration

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2373	0x00	Number of Entries	U8	ro	1	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Event Trigger Configuration	U16	rw	0	Auswahl des Events für den Event-basierte Trigger

Folgende Eventquellen sind konfigurierbar:

Wert	Bedeutung
0	Kein Event als Quelle
1	Drehzahl ungleich 0
2	Zieldrehzahl erreicht (PV Mode)
3	Start eines Positionierauftrags (PP Mode)
4	Zielposition überschritten (PP Mode)
5	Zielposition mit Wartezeit erreicht (PP Mode)
6	Vorgegebene Zeit abgelaufen
7	Vorgegebene Anzahl an Indexereignissen
8	Schlüsselwort EVENT im BASIC-Script
9-14	Reserviert

Tab. 74: Event Flag Configuration

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2374	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Event Flag Set Mask	U16	rw	0	Auswahl der Events, die das Event-Flag setzen
	0x02	Event Flag Reset Mask	U16	rw	0	Auswahl der Events, die das Event-Flag zurücksetzen

Die Event-Flags werden intern in einem 16-Bit-Wort mit folgender Belegung gesammelt:

Bit	Maske	Bedeutung
0	0x00 01	Schlüsselwort EVENT in einem Script mit einer Eventnummer > 0
1	0x00 02	Reserviert für die erweiterte Trace Funktion
2	0x00 04	Index des angeschlossenen Motors aufgetreten
3	0x00 08	Trigger der internen Trace Einheit hat ausgelöst
4	0x00 10	Reserviert für die erweiterte Trace Funktion

Diagnose

Bit	Maske	Bedeutung
5	0x00 20	Reserviert für die erweiterte Trace Funktion
6	0x00 40	Reserviert für die erweiterte Trace Funktion
7	0x00 80	Reserviert für die erweiterte Trace Funktion
8-15	–	Reserviert

Das Event Flag Bit 23 im Device Status Word 0x2324.01 wird gesetzt, wenn das über die Event Flag Set Mask gewählte Event aufgetreten ist.

Das Event Flag Bit 23 im Device Status Word 0x2324.01 wird in folgenden Fällen zurückgesetzt:

- Nach 1 ms, wenn keine explizite Event Flag Reset Mask konfiguriert ist
- Bei Auftreten des Events, wenn eine explizite Event Flag Reset Mask konfiguriert ist

Sonderfälle

- Bit 0 der internen Eventsammlung wird zurück gesetzt, wenn als Event-Code die 0 verwendet wird:
 - EVENT 1234: Setzt das Bit 0 der internen Eventmaske
 - EVENT 0000: Setzt das Bit 0 der internen Eventmaske zurück
 - EVENT 1234: Setzt das Event-Flag erneut
 - EVENT 1234: Setzt das Event-Flag nicht erneut
 - EVENT 2345: Setzt das Event-Flag erneut
- Bit 3 der internen Eventsammlung:
 - wird gesetzt, wenn die interne Trace-Einheit ein Triggerereignis erkennt
 - wird auch zurückgesetzt, wenn die Trace-Einheit rekonfiguriert wird

7.2 Fehlerbehandlung

FAULHABER Motion Controller und Motion Control Systems stellen zwei Mechanismen zur Fehlerbehandlung zur Verfügung:

- Fehlerbehandlung nach CiA 402 (Servodrive Profile):
Erlaubt die Reaktion auf Kommunikationsfehler in CANopen- und EtherCAT-Netzwerken. Bei ausbleibender oder gestörter Kommunikation kann der Antrieb stillgesetzt oder abgeschaltet werden.

Ob einer der verfügbaren Busse auf Fehler überwacht werden soll, wird zusätzlich in den Communication Settings in Objekt 0x2400.04 eingestellt.
- FAULHABER Fehlerwort 0x2320:
Erlaubt die Reaktion sowohl auf Kommunikationsfehler als auch auf Gerätefehler oder Anwendungsfehler.

Reaktion auf Kommunikationsfehler

Die folgende Tabelle zeigt, auf welche Fehler die beiden Mechanismen zur Fehlerbehandlung eine Reaktion erlauben.

Diagnose

Fehlertyp	Fehler	Fehlerbehandlung nach CiA 402 ^{a)}	FAULHABER Fehlerwort 0x2320 ^{b)}
Protokollfehler	PDO mit falscher Länge	–	✓
Low-Level-Fehler	Bus-Off	✓	✓
	Puffer-Überlauf	–	✓
Unerwarteter Zustandswechsel	Zustand <i>Operational</i> verlassen	✓	–
Guarding- oder Heartbeat-Fehler	–	✓	✓

a) Zur Festlegung der Reaktion nach CiA 402 siehe Kap. 7.2.1, S. 173

b) Zur Festlegung der Reaktion nach FAULHABER Fehlerwort siehe Kap. 7.2.2, S. 174

Diagnose

7.2.1 Fehlerbehandlung nach CiA 402 (Servodrive Profile)

Über das Objekt 0x6007.00 kann für Antriebe nach CiA 402 Servodrive festgelegt werden, wie auf einen Kommunikationsfehler reagiert werden soll.

Wert	Reaktion auf Kommunikationsfehler
0	Keine Reaktion. Der Antrieb wird mit dem eingestellten Sollwert weiterbetrieben.
1	Der Antrieb wechselt in den Fehlerzustand der CiA 402 Antriebszustandsmaschine. ▪ Abhängig von den Einstellungen im Objekt 0x605E (Fault Option Code) kann der Antrieb dabei kontrolliert stillgesetzt werden. ▪ Eine eventuell konfigurierte Haltebremse wird aktiviert.
2	Der Antrieb wechselt in den Zustand <i>Switch on Disabled</i> der CiA 402 Antriebszustandsmaschine. Der Wechsel entspricht dem Kommando Disable Voltage. ▪ Der Antrieb wird nicht stillgesetzt, sondern trudelt aus. ▪ Eine eventuell konfigurierte Haltebremse wird aktiviert.
3	Wechsel in den Zustand <i>Quick-Stop</i> der CiA 402 Antriebszustandsmaschine. Alle anliegenden Fahraufträge werden verworfen. Mit den Einstellungen im Objekt 0x605A (Quick Stop Option Code) können folgende Reaktionen festgelegt werden: ▪ Antrieb wird kontrolliert stillgesetzt. ▪ Antrieb wird anschließend kontrolliert bei $n = 0$ gehalten oder die Endstufe wird nach Abschluss des Bremsvorgangs abgeschaltet.

Diagnose

7.2.2 Fehlerbehandlung mit dem FAULHABER Fehlerwort

Im FAULHABER Fehlerwort (0x2320) werden Fehler aus der Gerätediagnose, den Kommunikationsschnittstellen und der Hardwaretreibern zusammengefasst. Über die Masken im Objekt 0x2321 kann definiert werden, wie auf die erkannten Fehler reagiert werden soll.

Jedem Fehler ist zusätzlich ein Fehlercode entsprechend der CiA 301/CiA 402 zugeordnet, der beim Versand einer EMCY Fehlermeldung zusätzlich übertragen wird.

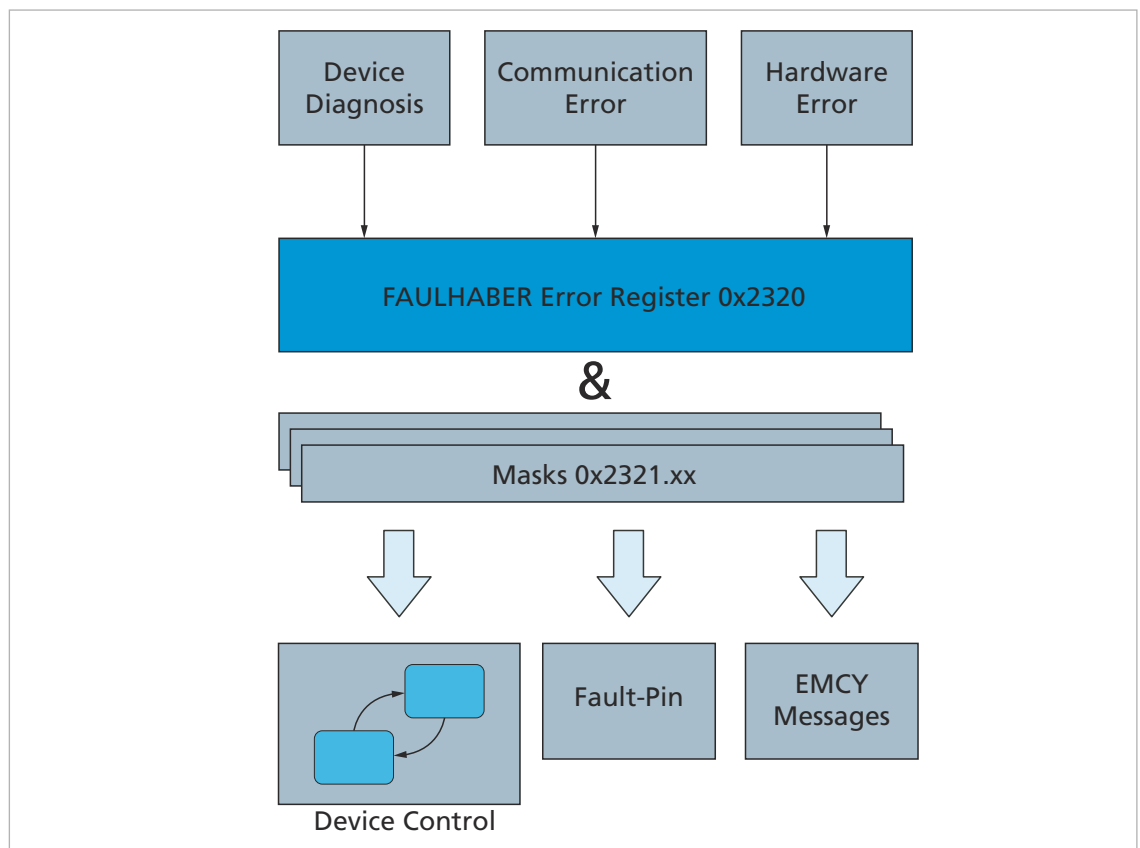


Abb. 73: Schaubild der Fehlererkennung

Tab. 75: Bedeutung der Einträge des FAULHABER Fehlerworts und zugehörige CiA 402 Fehlercodes

Bit	Maske	Bedeutung	CiA 402 Fehlercode		Beschreibung
0	0x 00 01	SpeedDeviationError	0x84F 0	SpeedDeviationError	Die Diagnose hat eine Drehzahlabweichung erkannt. Die Überwachung wird im Objekt 0x2344 konfiguriert.
1	0x 00 02	FollowingError	0x861 1	FollowingError	Die Diagnose hat einen Schleppfehler (Abweichung zwischen Positionssollwert und Positionswert) erkannt. Die Schleppfehlerüberwachung wird über die Objekte 0x6065 und 0x6066 konfiguriert.
2	0x 00 04	OverVoltageError	0x321 0	Overvoltage	Überspannung für eine der Versorgungen. Der Antrieb wird durch diesen Fehler abgeschaltet.
3	0x 00 08	UnderVoltageError ^{a)}	0x322 0	Undervoltage	Mindestens eine der Versorgungsspannungen wird als zu niedrig gemeldet.

Diagnose

Bit	Maske	Bedeutung	CiA 402 Fehlercode		Beschreibung
4	0x 00 10	TempWarning	0x231 0	CurrentRefLimited	Durch das thermische Modell sind die Stromsollwerte auf den eingestellten Dauerstrom begrenzt.
5	0x 00 20	TempError	0x431 0	OverTempError	Mindestens eine der Temperatur-Abschaltgrenzen wurde erreicht. Der Antrieb wird durch diesen Fehler abgeschaltet.
6	0x 00 40	Encoder Error	0x730 0	EncoderError	- Analog Hall: Die Amplituden der zwei oder drei Hallsignale sind zeitweise nicht ausreichend gleich. Dies führt zu unrundem Lauf. - Digital Hall: Ungültige Kombination von Hallsignalen erkannt. - AES-Encoder: CRC-Prüfung liefert einen Fehler.
7	0x 00 80	Int HW Error	0x541 0	OutputStage/DigOutError	Mindestens ein Digitalausgang hatte nicht den erwarteten Pegel und wurde auf passiv zurückgeschaltet.
8	0x 01 00	Reserviert	–		
9	0x 02 00	Current Measurement Error	0x720 0	CurrentMeasError	Strommessung zeigt einen Fehler an. Die Stromsumme der drei Kanäle ist ungleich 0. Mögliche Ursachen: - Fehlstrom über einen Wicklungs-Gehäuse-Schluss - Motor und Controller passen evtl. bezüglich Strommessbereich und Motor-Nennstrom nicht zusammen
10	0x 04 00	Reserviert	–		
11	0x 08 00	Com Error	0x811 0	CANOverrun	CAN meldet einen Überlauf des Empfangspuffers.
			0x813 0	CANGuardingFailed	CAN Node Guarding oder CAN Heartbeat schlug fehl.
			0x814 0	CANRecoveredFromBusOff	Der CAN-Controller geht nach einer zwischenzeitlichen Abschaltung wieder aktiv an den Bus.
			0x814 1	CANBusOff	Der CAN-Controller geht vom Bus. Passiert, wenn zu viele Error-Frames empfangen wurden.
			0x821 0	CANPDOLength	Ein PDO mit nicht zum Mapping passender Länge wurde empfangen.
			0x831 0	RS232Overrun	Der RS232-Stack konnte eine Nachricht nicht mehr speichern.
			0x810 1	CANInitError	CAN-Stack konnte nicht gestartet werden.
12	0x 10 00	Calc Error	0xFF2 0	SoftwareError	Fehler in der Ausführung eines BASIC-Skripts.
13	0x 20 00	Dynamic Limit	0x84F F	VelocitySpeedController	Die Drehzahl war über der im Objekt 0x2344 konfigurierten Warnschwelle.
14	0x 40 00	Safety Monitor Error	0x548 0	OutputStageDeactivated	Abschaltung der Endstufe durch die STO-Funktion.
15	0x 80 00	Reserviert	–		
–	–	–	0x000 0	noError	Kein Fehler anstehend

Diagnose

- a) *Eine Unterschreitung der unteren Schwelle für die Motorversorgung wird nur dann überwacht, wenn im Objekt 0x2325.02 ein Wert > 0 V als Schwelle vorgegeben ist.*

Diagnose

Tab. 76: Einstellungen zur Fehlerreaktion im Überblick

Objekt	Maske
0x2321.01	Emergency Mask: kennzeichnet Fehler, für die eine EMCY-Nachricht versendet werden soll. Default: 0xFFFF
0x2321.02	Error Mask: kennzeichnet Fehler, bei denen der Antrieb in den Zustand <i>Fault</i> der Antriebs-Zustandsmaschine versetzt werden soll. Default: 0x0000
0x2321.03	Fault Pin Mask: kennzeichnet Fehler, bei denen der Fault Pin angesteuert werden soll. Default: 0x0000
0x2321.04	DisableVoltage Factory Mask: kennzeichnet Fehler, bei denen der Antrieb ohne Wechsel in den Fehlerzustand abgeschaltet werden muss. Die Disable Voltage Factory Mask kann vom Benutzer nicht geändert werden und greift bei Überspannungsfehler und bei Temperaturfehler Default: 0x4024 Bei Antrieben mit sicherer Abschaltung (STO) wird zusätzlich beim STO-Error die Endstufe zwangsweise auch softwareseitig gesperrt.
0x2321.05	DisableVoltage Mask: kennzeichnet Fehler, bei denen der Antrieb ohne Wechsel in den Fehlerzustand abgeschaltet werden soll. Die DisableVoltage Mask kann vom Benutzer geändert werden. Default: 0x0000
0x2321.06	Quick Stop Mask: kennzeichnet Fehler, bei denen der Antrieb in den Zustand <i>Quick Stop</i> versetzt werden soll. Der Quick Stop Option Code wird beachtet.
0x2321.07	Error Bit Mask: Wählt den oder die Fehler im FAULHABER Fehlerwort, bei deren Auftreten das FAULHABER-spezifische Error Bit 8 im Drive Status Word 0x6041.00 gesetzt werden soll.

7.2.2.1 Fehlerreaktion Antrieb abschalten

Für jeden erkannten Fehler wird geprüft, ob eine Reaktion der Zustandsmaschine des Antriebs erfolgen soll oder muss.

Der Zustand wird gewechselt, wenn die bitweise UND-Verknüpfung des FAULHABER Fehlerworts mit einer der im Objekt 0x2321 definierten Fehlermasken mindestens eine Übereinstimmung ergibt. Dabei erfolgt die Prüfung in folgender Reihenfolge:

Prio	Beschreibung	Objekt	Standardwert
1	Disable Voltage Factory Mask	0x2321.04	0x 40 24
2	Disable Voltage Mask	0x2321.05	0x 00 00
3	Quick-Stop Mask	0x2321.06	0x 00 00
4	Error Mask	0x2321.02	0x 00 00



Die DisableVoltage Factory Mask ist werkseitig vorgegeben. Der Antrieb wird in folgenden Fällen abgeschaltet:

- Wenn eine der Versorgungsspannungen länger als in der Toleranzzeit (Objekt 0x2325.05) oberhalb der in Objekt 0x2325.04 angegebenen Schwelle liegt.
- Wenn die Elektronikversorgung länger als in der Toleranzzeit (Objekt 0x2325.05) unterhalb der in Objekt 0x2325.01 angegebenen Schwelle liegt.
- Wenn eine der überwachten Temperaturen die Abschaltschwelle überschreitet.
- Wenn eine der Versorgungsspannungen den Maximalwert für die Versorgungsspannung (Objekt 0x2325.03) überschreitet.
- In Antrieben mit STO-Funktion, wenn die Endstufe über die STO-Funktion abgeschaltet wurde.

Diagnose

Der Antrieb wird in diesen Fällen nicht mehr entlang einer Rampe stillgesetzt. Eine eventuell konfigurierte Haltebremse wird aktiviert.

 Wenn ein Fehler anliegt, der den Antrieb abschaltet, kann der Antrieb nicht freigeschaltet werden (siehe folgendes Beispiel).

Beispiel

- ✓ Die Unterspannung wurde als Fehler konfiguriert und soll den Antrieb abschalten (Disable Voltage Mask).
- ✓ Die Motorversorgung befindet sich unterhalb der konfigurierten unteren Schwelle.
- ↪ Der Antrieb kann nicht eingeschaltet werden, solange die Unterspannung erkannt wird.

7.2.2.2 Fehlerreaktion Fault Pin setzen

Über die Fault Pin Mask im Objekt 0x2321.03 kann gewählt werden, für welche der erkannten Fehler der Fault Pin gesetzt werden soll. In der Standardeinstellung wird kein Fehler am Fault Pin signalisiert.

 Welcher digitale Ausgang als Fault Pin genutzt werden soll, kann über das Objekt 0x2312.01 eingestellt werden. Werkseitig ist kein Fault Pin vorkonfiguriert.

7.2.3 Fehlerreaktion FAULHABER Fault Bit im Drive Status Word setzen

Bit 8 im Drive Status Word 0x6041.00 wird gesetzt,

- sobald die Fehlerquelle als aktiv gesetzt wird,
- bei mehreren gewählten Fehlern, wenn mindestens ein ausgewähltes Fehlerbit aktiv ist.

Bit 8 im Drive Status Word 0x6041.00 wird zurück gesetzt,

- wenn die Fehlerquelle nicht mehr aktiv ist,
- bei mehreren gewählten Fehlern, wenn keine der gewählten Quellen mehr einen Fehler signalisiert

 In CANopen-Systemen können PDOs, die das Drive Status Word 0x6041.00 beinhalten, bei Änderungen an dessen Inhalt automatisch übertragen werden.

Diagnose

7.3 Versand von Fehlermeldungen

Fehlermeldungen umfassen:

- Das Fehlerregister 0x1001
- Den CiA Fehlercode
- Das FAULHABER Fehlerregister 0x2320

Das Emergency-Objekt informiert asynchron andere Busteilnehmer über Fehler und muss nicht abgefragt werden. Das Emergency-Objekt ist immer 8 Byte groß:

8 Byte Nutzdaten							
Error0(LB)	Error1(HB)	Error-Reg	FE0 (LB)	FE1 (HB)	0	0	0

Belegung der Nutzdaten:

- Error0(LB)/Error1(HB): 16-Bit-Error-Code
- Error-Reg: Error-Register (Inhalt von Objekt 0x1001, siehe Kap. 7.3.1, S. 180)
- FE0(LB)/FE1(HB): 16-Bit FAULHABER Fehlerregister (Inhalt von Objekt 0x2320, siehe Kap. 7.3.1, S. 180)
- Bytes 5 bis 7: unbenutzt (0)

Das Error Register kennzeichnet die Fehlerart. Die einzelnen Fehlerarten sind bitcodiert und den jeweiligen Error Codes zugeordnet. Über das Objekt 0x1001 kann der letzte Wert des Error Registers abgefragt werden.

Das Emergency-Objekt ist im Kommunikationshandbuch detailliert beschrieben.

Über die EMCY Mask im Objekt 0x2321.01 kann selektiert werden, für welche der erkannten Fehler eine Fehlermeldung über das Kommunikationssystem versendet werden soll. In der Standardeinstellung erfolgt für jeden erkannten Fehler eine Meldung.

 Fehlermeldungen werden ohne explizite Abfrage durch das übergeordnete Steuerungssystem asynchron versendet. Der verwendete Nachrichtentyp hängt vom Kommunikationssystem ab. Über die Optionen zu den Kommunikationsschnittstellen (Objekt 0x2400.04) kann selektiert werden, über welche der Schnittstellen eine asynchrone Nachricht übertragen werden soll.

 Bei aktiviertem RS232 Net Mode können über die RS232-Schnittstelle keine asynchronen Nachrichten versendet werden. Es werden dann automatisch auch keine Fehlermeldungen mehr über die RS232-Schnittstelle übertragen.

Diagnose

7.3.1 Fehlerregister 0x1001 und Fehlerspeicher 0x1003

Die Belegung des Fehlerregisters ist durch die CiA 301 vorgegeben.

Fehlerregister (0x1001)

Bit	Bedeutung	Zuordnung FAULHABER Fehlerwort (0x2320) zu den Bits im Fehlerregister (0x1001)
0	Generic	Bit 0 wird zu 1 gesetzt, wenn ein weiterer Fehler signalisiert wird.
1	Strom-Fehler	Bit 4: TempWarning
2	Spannungsfehler	Bit 2: OverVoltageError oder Bit 3: UnderVoltageError
3	Temperatur-Fehler	Bit 5: TempError
4	Fehler aus einem Kommunikations-Stack	Bit 11: Com Error
5	Antriebsspezifischer Fehler	Bit 0: SpeedDeviationError oder Bit 1: FollowingError
6	nicht verwendet	-
7	Herstellerspezifischer Fehler	Alle HW-Fehler (Bit 6 ... Bit 9, Bit 12 und Bit 13)

Pre-defined error field (0x1003)

Die letzten 8 Fehlermeldungen (EMCY) werden im Fehlerspeicher des Geräts abgelegt und können über das Objekt 0x1003 ausgelesen werden. Über den Eintrag 0x1003.00 kann ausgelesen werden, wieviele Meldungen im Fehlerspeicher hinterlegt sind.

7.3.2 Communication Settings

Über die Communication Settings in Objekt 0x2400.04 kann festgelegt werden, welcher Typ Nachrichten über welche der Schnittstellen versandt werden soll.

Index	Byte 3	Byte 2	Byte 1	Byte 0
0x2400.04	Reserved	RS232 Settings	USB Settings	CANopen Settings

Die Kommunikationseinstellungen erfolgen bitkodiert:

Code	Bezeichnung	Beschreibung
0x00 00 00 01	CAN-NMT mandatory	Die Antriebsfunktion kann erst gestartet werden, wenn die CANopen oder die EtherCAT Schnittstelle über deren Netzwerkmanagement (NMT) den Zustand <i>Operational</i> erreicht hat. Der Verlust der Kommunikation kann dann als Fehler im Rahmen der Fehlerreaktion nach CiA 402 behandelt werden.
0x00 00 00 02	Transmit async PDOs and EMCYs via CAN	Steuert den Versand von asynchronen Meldungen bei Zustandswechseln in der CiA 402 Antriebszustandsmaschine und von EMCY Nachrichten.
0x00 00 01 00	Transmit EMCYs via USB	Steuert den Versand von Fehlermeldungen über die USB-Schnittstelle.
0x00 00 02 00	Transmit async messages via USB	Steuert den Versand von asynchronen Meldungen bei Zustandswechseln der CiA 402 Antriebszustandsmaschine über die USB-Schnittstelle.
0x00 00 80 00	Suppress boot message via USB	Steuert den Versand der Boot-Meldung über die USB-Schnittstelle.
0x00 01 00 00	Transmit EMCYs via RS232	Steuert den Versand von Fehlermeldungen über die RS232-Schnittstelle. Es werden keine Fehlermeldungen versandt, wenn der Antrieb sich im Net-Mode befindet (mehrere Antriebe an einer RS232-Schnittstelle).

Diagnose

Code	Bezeichnung	Beschreibung
0x00 02 00 00	Transmit async messages via RS232	Steuert den Versand von asynchronen Meldungen bei Zustandswechseln der CiA 402 Antriebszustandsmaschine über die RS232-Schnittstelle. Es werden keine asynchronen Meldungen versandt, wenn der Antrieb sich im Net-Mode befindet (mehrere Antriebe an einer RS232-Schnittstelle).
0x00 80 00 00	Ignore CRC	Bei empfangenen Botschaften wird der CRC-Code nicht ausgewertet. Die Einstellung dient zur erleichterten Inbetriebnahme an Fremdsteuerungen.



Die Einstellungen im Objekt 0x2400.04 wirken sich in beiden Mechanismen zur Fehlerbehandlung aus.

7.4 Anzeige des dynamischen Zustands über die Status-LED

Der dynamische Zustand des Antriebs wird über die Status-LED signalisiert.

Tab. 77: Mögliche Anzeige der Status-LED

Farbe	Zustand	Bedeutung
Grün	Blinkend	Der Antrieb ist betriebsbereit. Die Zustandsmaschine hat aber noch nicht den Zustand <i>Operation Enabled</i> erreicht. Regelung und Endstufe sind abgeschaltet.
Grün	Dauerlicht	Der Antrieb ist betriebsbereit, die Endstufe ist eingeschaltet.
Rot	Dauernd blinkend	Der Antrieb hat in den Fehlerzustand gewechselt. Die Endstufe wird abgeschaltet oder wurde bereits abgeschaltet.
Rot	Blink-Code	Boot-Vorgang fehlgeschlagen. Bitte den FAULHABER Support kontaktieren.
Rot	Dauerlicht	Das Gerät befindet sich im Bootloader-Modus.

Parameterbeschreibung

8 Parameterbeschreibung

8.1 Herstellerspezifische Objekte

Number of I/Os (0x2300)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2300	0x00	Number of Entries	U8	ro	4	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Number of Digital Inputs	U8	ro		Anzahl der digitalen Eingänge
	0x02	Number of Digital Outputs	U8	ro		Anzahl der digitalen Ausgänge
	0x03	Number of Analog Inputs	U8	ro		Anzahl der analogen Eingänge
	0x04	Number of Emulated Digital Inputs	U8	rw	0	Anzahl der über AnIn 1 / AnIn 2 emulierten digitalen Eingänge: 0: – 1: AnIn 1 → DigIn 4 2: AnIn 1 → DigIn 4 + AnIn 2 → DigIn 5

Digital Input Settings (0x2310)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2310	0x00	Number of Entries	U8	ro	18	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Select Lower Limit Switch Inputs	U8	rw	0	Auswahl unterer Endschalter
	0x02	Select Upper Limit Switch Inputs	U8	rw	0	Auswahl oberer Endschalter
	0x03	Limit Switch Option Code	S16	rw	2	Limit Switch Option Code
	0x04	Select Reference Switch Input	U8	rw	0	Digitalen Eingang des Referenzschalters bestimmen
	0x05	Emulated Input Threshold Level	U8	rw	0	- Bit 0: AnIn 1 → DigIn 4 - Bit 1: AnIn 2 → DigIn 5 0: TTL 1: PLC
	0x06	Select Stop Input	U8	rw	0	Auswahl der für einen Schnellhalt wirksamen Eingänge über eine Bitmaske, wie für 0x2310.01/02
	0x0F	Select Digital Inputs Used	U8	rw	0xFF	Auswahl der als Digitaleingang in 0x2311 wirksamen Digitaleingänge, die nicht durch alternative Funktionen belegt sind
	0x10	Input Polarity	U8	rw	0	Polarität der Eingänge
	0x11	Input Threshold Level	U8	rw	0	Schaltpegel aller digitalen Eingänge einstellen: 0: 5V-TTL 1: 24V-PLC

Parameterbeschreibung

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
	0x12	Input Filter Active	U8	rw	0	Bit-codiert für 8 Eingänge. 0: Kein Flankenfilter für den Eingang 1: Flankenfilter für den Eingang aktiv

Einstellungen der digitalen Eingänge gemäß Bitmaske in Tab. 33

Digital I/O Status (0x2311)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2311	0x00	Number of Entries	U8	ro	4	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Digital Input Logical State	U8	ro	0	Logische Zustände der digitalen Eingänge
	0x02	Digital Input Physical State	U8	ro	0	Physikalische Zustände der digitalen Eingänge
	0x03	Digital Output Status	U8	ro	0	Status des digitalen Ausgangs
	0x04	Write Digital Outputs	U16	rw	0	Digitalausgänge direkt setzen, löschen, toggeln.

Zustände der digitalen Eingänge gemäß Bitmaske in Tab. 33

Digital Output Settings (0x2312)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2312	0x00	Number of Entries	U8	ro	16	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Select Fault Output Pin	U8	rw	0	Nummer des digitalen Ausgangs der als Fault-Pin verwendet werden soll.
	0x02	Select Brake Control Pin	U8	rw	0	Nummer des digitalen Ausgangs der zur Ansteuerung einer Haltebremse verwendet werden soll
	0x03	Brake Delay time	U8	rw	0	Bremsverzögerung
	0x08	DiagOutput 1 Pin Selection	U8	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x09	DiagOutput 1 Mask	U32	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x0A	DiagOutput 2 Pin Selection	U8	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x0B	DiagOutput 2 Mask	U32	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x0C	DiagOutput 3 Pin Selection	U8	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x0D	DiagOutput 3 Mask	U32	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x0E	DiagOutput 4 Pin Selection	U8	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x0F	DiagOutput 4 Mask	U32	rw	0	Siehe Kap. 4.10.3.3, S. 83
	0x10	Output Polarity	U8	rw	0	Polarität der Ausgänge

Parameterbeschreibung

Analog Inputs (0x2313)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2313	0x00	Number of Entries	U8	ro	21	Anzahl Objekteinträge
	0x01	AnIn 1 Gain (Numerator/Divisor)	S32	rw	0x7FFF8000	AnIn 1 Gain (Zähler/Nenner) - Bit 0...15: Zähler - Bit 16...31: Nenner
	0x02	AnIn 1 Offset	S16	rw	0	AnIn 1 Offset
	0x03	AnIn 1 Filter Time	U16	rw	0	AnIn 1 Filterzeit in 100 µs
	0x04	AnIn 1 User Scaled Value	S32	ro	-	Skalierter Wert AnIn 1
	0x05	AnIn 1 Resolution as Encoder	U16	rw	1000	AnIn 1 Auflösung des Encoders
	0x06	AnIn 1 Min Input Limit	S16	rw	-32768	AnIn 1 Unteres Limit für den Eingangswert
	0x07	AnIn 1 Max Input Limit	S16	rw	32767	AnIn 1 Oberes Limit für den Eingangswert
	0x08	AnIn 1 Select Dir Pin	U8	rw	0	AnIn 1 Polarity-Eingang: 0: Kein Polarity-Eingang verwendet 1...8: Als Polarity-Eingang verwendeter digitaler Eingang
	0x09	AnIn 1 Virtual Input Value	S16	rw	0	AnIn 1 Simulierter Eingangswert
	0x0A	AnIn 1 Enable Virtual Input	U8	rw	0	AnIn 1 Simulierter Eingangswert aktiviert
	0x11	AnIn 2 Gain (Numerator/Divisor)	S32	rw	0x7FFF8000	AnIn 2 Gain (Zähler/Nenner) - Bit 0...15: Zähler - Bit 16...31: Nenner
	0x12	AnIn 2 Offset	S16	rw	0	AnIn 2 Offset
	0x13	AnIn 2 Filter Time	U16	rw	0	AnIn 2 Filterzeit in 100 µs
	0x14	AnIn 2 User Scaled Value	S32	ro	-	Skalierter Wert AnIn 2
	0x15	AnIn 2 Resolution as Encoder	U16	rw	1000	AnIn 2 Auflösung des Encoders
	0x16	AnIn 2 Min Input Limit	S16	rw	-32768	AnIn 2 Unteres Limit für den Eingangswert
	0x17	AnIn 2 Max Input Limit	S16	rw	32767	AnIn 2 Oberes Limit für den Eingangswert
	0x18	AnIn 2 Select Dir Pin	U8	rw	0	AnIn 2 Polarity-Eingang: 0: Kein Polarity-Eingang verwendet 1...8: Als Polarity-Eingang verwendeter digitaler Eingang
	0x19	AnIn 2 Virtual Input Value	S16	rw	0	AnIn 2 Simulierter Eingangswert
	0x1A	AnIn 2 Enable Virtual Input	U8	rw	0	AnIn 2 Simulierter Eingangswert aktiviert

Parameterbeschreibung

Manufacturer Scaled Analog Input Values (0x2314)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2314	0x00	Number of Entries	U8	ro	12	Anzahl Objekteinträge
	0x01	AnIn 1 Scaled Value (IA)	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 1 (IA) ^{a)}
	0x02	AnIn 2 Scaled Value (IB)	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 2 (IB) ^{a)}
	0x03	AnIn 3 Scaled Value (IC)	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 3 (IC) ^{a)}
	0x04	AnIn 4 Scaled Value (Hall A)	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 4 (Hall A)
	0x05	AnIn 5 Scaled Value (Hall B)	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 5 (Hall B)
	0x06	AnIn 6 Scaled Value (Hall C)	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 6 (Hall C)
	0x07	AnIn 7 Scaled Value	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 7 (AnIn1)
	0x08	AnIn 8 Scaled Value	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 8 (AnIn2)
	0x09	AnIn 9 Scaled Value	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 9
	0x0A	AnIn 10 Scaled Value0	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 10
	0x0B	AnIn 11 Scaled Value	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 11
	0x0C	AnIn 12 Scaled Value	S16	ro	-	Skalierter Wert am Eingang 12

a) Ein Wert von 1000 entspricht dem Gerätenennstrom nach Objekt 2327.01

Motor Encoder (0x2315)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2315	0x00	Number of Entries	U8	ro	9	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Operation Mode	U16	rw	0	Auswahl des Encodertyps
	0x02	IE Resolution	U32	rw	0x0800	Auflösung als Inkrementalencoder
	0x03	Motor Encoder Position (unscaled)	S32	ro		Istwert der Position ohne Umrechnung
	0x04	Gain	S32	ro	0x40004000	Skalierung als Bruch Zähler/Nenner
	0x05	Motor Encoder Position (scaled)	S32	rw		Position nach Umrechnung
	0x06	Absolute Encoder Bits	U32	rw	0x000C	Auflösung des Absolutencoders, angegeben als Preceding-, Multiturn- und Singleturn-Bits
	0x07	Encoder Status	U8	ro	0	Status-Bits und CRC eines BiSS-C-basierten Encoders

Parameterbeschreibung

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
	0x08	Motor Encoder Act Speed	S32	ro		Geschwindigkeit auf Basis des Encoders in 1/min
	0x09	Speed Filter	U16	rw	10	Filterzeit für 0x08 in 100 µs
	0x0A	Single Turn Position	U16	ro		Motorposition innerhalb einer Umdrehung, skaliert auf 0...65535

Reference Encoder (0x2316)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2316	0x00	Number of Entries	U8	ro	9	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Operation Mode	U16	rw	0	Auswahl des Encodertyps
	0x02	IE Resolution	U32	rw	2048	Auflösung als Inkrementalencoder
	0x03	Reference Encoder Position (unscaled)	S32	ro	0	Istwert der Position ohne Umrechnung
	0x04	Gain	S32	rw	0x40004000	Skalierung als Bruch Zähler/Nenner
	0x05	Reference Encoder Position (scaled)	S32	rw	0	Position nach Umrechnung.
	0x08	Reference Encoder Act Speed	S32	ro	–	Aus dem Encodersignal errechnete Geschwindigkeit in 1/min
	0x09	Speed Filter	U16	rw	0	Filterzeit für die Berechnung der aktuellen Geschwindigkeit

PWM Input (0x2317)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2317	0x00	Number of Entries	U8	ro	7	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Digital Input Pin	U8	rw	0	PWM Input: 1: DigiIn1 = PWM Input 2: DigiIn2 = PWM Input
	0x02	PWM Input Frequency	U32	ro		Frequenz des PWM Signals
	0x03	Duty Cycle Raw Value	S16	ro		Duty Cycle des PWM Signals (unskaliert)
	0x04	Duty Cycle Gain (Numerator / Divisor)	U32	rw	0x7FFF8000	PWM In Gain (Zähler / Nenner)
	0x05	Duty Cycle Offset	S16	rw	0	PWM In Offset
	0x06	Duty Cycle Scaled Value	S32	ro		Skalierte Pulsbreite
	0x07	Resolution As Encoder	S16	rw	1000	Auflösung in Inkrementen pro Umdrehung, falls durch den PWM Input ein Positionswert emuliert wird.

Parameterbeschreibung

Analog Hall Configuration (0x2318)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2318	0x00	Number of Entries	U8	ro	5	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Hall Sensor Type	U8	rw	0	Bitkodierte Auswahl des Sensortyps (siehe Kap. 4.7.3, S. 57)
	0x02	Enable Adaption	U8	rw	0	0: Adaption abgeschaltet 1: Adaption aktiv
	0x03	Adaption Threshold Speed	U32	rw	1000	Mindestgeschwindigkeit in $[\text{min}^{-1}]$, ab der die Hallsignale adaptiert werden.
	0x04	Digital Hall Settings of Non-FAULHABER Motors	U8	rw	0	Bit 0: 0x00: Hall-Folge A–C–B (FAULHABER) 0x01: Hall-Folge A–B–C Bit 7: 0x00: Hall-Signale werden direkt ausgewertet 0x80: Hall-Signale werden invertiert Siehe FAULHABER Product AppNote 155.
	0x05	Hall Filter Configuration	U8	rw	0	- Bit 0 = 0: Filter auf den Hallsignalen automatisch je nach Hall-Typ - Bit 0 = 1: Filter kann über Bit 1 explizit aktiviert oder deaktiviert werden - Bit 1 = 0: Filter ist deaktiviert - Bit 1 = 1: Filter ist aktiviert

Reduction Ratio, external position encoder (0x2319)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2319	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Numerator	U32	rw	1	Zähler der Untersetzung, z. B. 3696
	0x02	Divisor	U32	rw	1	Nenner der Untersetzung, z. B. 289

FAULHABER Error Register (0x2320)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2320	0x00	FAULHABER Error Register	U16	ro	0	FAULHABER Fehlerwort (siehe Kap. 7, S. 166)

Parameterbeschreibung

Error Mask (0x2321)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2321	0x00	Number of Entries	U8	ro	7	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Emergency Mask	U16	rw	0xFFFF	Fehler, für die eine Fehlermeldung verschickt werden
	0x02	Fault Mask	U16	rw	0x0000	Fehler, für die die Zustandsmaschine des Antriebs in den Zustand <i>Fault Reaction Active</i> geht
	0x03	Error Out Mask	U16	rw	0x0000	Fehler, für die der Fehler-Ausgangspin gesetzt wird
	0x04	Disable Voltage Mask	U16	ro	0x4024	Fehler, die den Antrieb abschalten (nicht konfigurierbar)
	0x05	Disable Voltage User Mask	U16	rw	0x0000	Fehler, die den Antrieb abschalten (konfigurierbar)
	0x06	Quick Stop Mask	U16	rw	0x0000	Fehler, für die die Zustandsmaschine des Antriebs in den Zustand <i>Quick Stop Active</i> geht
	0x07	Error Bit Mask	U16	rw	0x0000	Selektiert die Bits in 0x2320, die das FAULHABER Fehlerbit Nr. 8 im Drive Status Word 0x6041.00 setzen

Scripting Error (0x2322)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2322	0x00	Number of Entries	U8	ro	1	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Scripting Error	U16	ro	0	Fehlercode aus dem BASIC Schlüsselwort ERROR

Device Status (0x2324)

Über das Objekt Device Status (0x2324) wird der aktuelle Gerätezustand überwacht.

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2324	0x00	Number of Entries	U8	ro	1	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Device Status Word	U32	ro	0	Gerätestatus
	0x02	Limit Check Delay Time	U16	rw	10	Verzugszeit bis zur Blockadeerkennung [ms]

Voltage Monitor (0x2325)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2325	0x00	Number of Entries	U8	ro	7	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Device Supply Lower Threshold	U16	ro	a)	Unterer Schwellwert der Versorgungsspannung des Geräts ^{b)}
	0x02	Motor Supply Lower Threshold	U16	rw	1200	Unterer Schwellwert der Versorgungsspannung des Motors ^{b)}
	0x03	Motor Supply Max Threshold	U16	ro	a)	Maximaler Schwellwert der Versorgungsspannung des Motors ^{b)}

Parameterbeschreibung

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
	0x04	Motor Supply Upper Threshold	U16	rw	a)	Oberer Schwellwert der Versorgungsspannung des Motors ^{b)}
	0x05	Voltage Error Delay Time	U16	rw	200	Verzögerungszeit in ms bis ein Spannungsfehler signalisiert wird
	0x06	Device Supply Voltage	U16	ro	-	Aktuelle Versorgungsspannung der Elektronik
	0x07	Motor Supply Voltage	U16	ro	-	Aktuelle Versorgungsspannung des Motors

a) Gerätespezifisch

b) Alle Spannungen in 10 mV je Digit

Device Temperature (0x2326)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2326	0x00	Number of Entries	U8	ro	11	Anzahl Objekteinträge
	0x01	CPU Temperature	S16	ro	0	Temperatur Prozessor [°C]
	0x02	Power Stage Temperature	S16	ro	0	Temperatur Endstufe [°C]
	0x03	Winding Temperature	S16	ro	0	Temperatur Wicklung [°C]
	0x04	CPU Temperature Shutdown Threshold	S16	ro	a)	Temperatur Abschaltswelle Prozessor [°C]
	0x05	CPU Temperature Warning Threshold	S16	ro	105	Temperatur Warnschwelle Prozessor [°C]
	0x06	Power Stage Temperature Shutdown Threshold	S16	ro	140	Temperatur Abschaltswelle Endstufe [°C]
	0x07	Power Stage Temperature Warning Threshold	S16	ro	135	Temperatur Warnschwelle Endstufe [°C]
	0x08	Winding Temperature Shutdown Threshold	S16	rw	125	Temperatur Abschaltswelle Motor [°C]
	0x09	Winding Temperature Warning Threshold	S16	rw	115	Temperatur Warnschwelle Motor [°C]
	0x0A	Motor NTC Temperature	S16	ro	-	Temperatur Motor NTC [°C]
	0x0B	Motor NTC Enable	S16	rw	0	0: Motortemperatur wird auf Basis der Modelle ermittelt 1: Motortemperatur wird unter Nutzung des an Hall-C (Sens C) angeschlossenen NTC ermittelt

a) Gerätespezifisch - MC 5004: 115, MC 3001: 105

Parameterbeschreibung

Device Data (0x2327)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2327	0x00	Number of Entries	U8	ro	3	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Device Nominal Current	U16	ro	Gerätespezifisch	Nomineller Strom am Motion Controller
	0x02	Device Peak Current	U16	ro	Gerätespezifisch	Spitzenstrom des Geräts
	0x03	Device Nominal Voltage	U16	ro	Gerätespezifisch	Nominelle Spannung des Geräts

Device Data Thermal Model (0x2328)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2328	0x00	Number of Entries	U8	ro	9	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Controller Type	U8	ro	Gerätespezifisch	0: kein MCS 1: MCS
	0x02	Power Stage R_{dson}	U8	ro	Gerätespezifisch	Durchlasswiderstand eines MOSFET [mOhm]
	0x03	Power Stage LossFactor	U16	ro	Gerätespezifisch	Faktor zur internen Berechnung der Schaltverluste der Endstufe
	0x04	Power Stage R_{th1}	U16	ro	Gerätespezifisch	Wärmewiderstand der Endstufe
	0x05	Power Stage Time Constant 1	U16	ro	Gerätespezifisch	Zeitkonstante der Endstufe
	0x06	Power Stage R_{th2}	U16	ro	Gerätespezifisch	Wärmewiderstand der Endstufe
	0x07	Power Stage Time Constant 2	U16	ro	Gerätespezifisch	Zeitkonstante der Endstufe
	0x08	Power Stage R_{th3}	U16	ro	Gerätespezifisch	Wärmewiderstand der Endstufe
	0x09	Power Stage R_{th4}	U16	ro	Gerätespezifisch	Wärmewiderstand der Endstufe

Parameterbeschreibung

Motor and Application Data / Motor Control (0x2329)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2329	0x00	Number of Entries	U8	ro	18	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Rated Current	U16	rw	–	Nennstrom des Motors [mA]
	0x02	Continuous Current	U16	rw	–	Dauerstrom des Motors [mA]
	0x03	Peak Current	U16	rw	–	Spitzenstrom des Motors [mA]
	0x04	Torque Constant / Force Constant	U32	rw	–	- Bei rotatorischen Motoren: Drehmomentkonstante k_m [mNm/A x $1e^{-3}$] - Bei Linearmotoren: Kraftkonstante k_f [N/A x $1e^{-3}$]
	0x05	Terminal Inductance	U16	rw	–	Anschluss-Induktivität L_A des Motors [μ H]
	0x06	Inductance L_d	U16	rw	–	Längsinduktivität L_d des Motors [μ H]; wenn nicht explizit vorhanden, auf gleichen Wert wie Anschlussinduktivität setzen
	0x07	Number of Pole Pairs	U8	rw	–	Polpaarzahl
	0x08	Phase Angle Offset	S16	rw	0	Phasenwinkel-Offset, 32767 Digits = 180° elektrisch
	0x09	Rotor Inertia / Rod weight	U32	rw	–	- Bei rotatorischen Motoren: Massenträgheit des Rotors J_{Motor} [gcm^2 x $1e^{-3}$] - Bei Linearmotoren: Masse des Läuferstabs m_{Motor} [g]
	0x0A	Load Inertia / Load Mass	U32	rw	–	- Bei rotatorischen Motoren: Auf den Motor bezogene Massenträgheit der Last [gcm^2 x $1e^{-3}$] - Bei Linearmotoren: Auf den Motor bezogene Masse der Last [g]
	0x0B	Motor Type	U8	rw	0	0: rotatorischer Motor 1: linearer Motor (mit Läuferstab) 2: Schrittmotor
	0x0C	Magnetic Pitch of Linear Motor	U8	rw	–	Polabstand des Linearmotors [mm]
	0x0D	Filter Phase Inductance	U8	rw	0	Filterinduktivität pro Phase [μ H]
	0x0E	Factor Speed Constant	U16	rw	1000	Optimierung der internen Strommodelle
	0x0F	Steps per Turn	U16	rw	24	Vollschritte pro mechanischer Umdrehung
	0x10	Stepper Interpolation Factor	U16	rw	–	Mikroschritte je elektrisches Polpaar (1 Polpaar entspricht 4 Schritten)
	0x11	Stepper Current Reduction at $n=0$	U8	rw	60	Reduktion des Haltestroms im Stillstand [%]
	0x12	Current Holding Time at $n=0$	U16	rw	200	Wartezeit vor der Reduktion des Haltestroms [ms]

Parameterbeschreibung

Motor and Application Data / Thermal Motor Model (0x232A)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x232A	0x00	Number of Entries	U8	ro	9	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Terminal Resistance	U32	rw	a)	Anschlusswiderstand R des Motors in mOhm
	0x02	Friction	U32	rw	a)	Reibungsdrehmoment [$\text{mNm} \times 10^{-6}$], entspricht c0 bei BL-Motoren und MR bei DC-Motoren
	0x03	Friction, dynamic	U32	rw	a)	Dynamisches Reibungsdrehmoment cv [$\text{mNm/rpm} \times 10^{-9}$] (nur bei BL-Motoren)
	0x04	Thermal Resistance 1	U16	rw	a)	Wärmewiderstand 1 des Motors [mK/W] (Wicklung zu Gehäuse)
	0x05	Thermal Resistance 2	U16	rw	a)	Wärmewiderstand 2 des Motors [mK/W] (Gehäuse zu Umgebung)
	0x06	Thermal Time Constant 1	U16	rw	a)	Thermische Zeitkonstante 1 des Motors [s] (Wicklung zu Gehäuse)
	0x07	Thermal Time Constant 2	U32	rw	a)	Thermische Zeitkonstante 2 des Motors [s] (Gehäuse zu Umgebung)
	0x08	Ambient Temperature	U8	rw	a)	Umgebungstemperatur des Motors [$^{\circ}\text{C}$]
	0x09	Reduction of Thermal Resistance 2	U8	rw	a)	Reduzierung des Wärmewiderstands 2 des Motors [%] (Gehäuse zu Umgebung)
	0x0A	Selection of Thermal Model	U8	rw	0	0: Beobachter für Wicklungstemperatur (siehe Kap. 6.1.2.1, S. 159) 1: i ² t Schutzmodell (siehe Kap. 6.1.2.2, S. 161) 2: Kein Schutzmodell

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt

Switch Position for Actual Values (0x2330)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2330	0x00	Number of Entries	U8	ro	3	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Actual Commutation Angle Source	U8	rw	0	Istwertquelle Kommutierungswinkel: 0: Keine Quelle 1: Analoge Hallsignale (2p/4p) 2: Digitale Hallsignale 3: Digitale Hallsignale und Inkrementalencoder (für FOC) 4: Absolutencoder an M3 5: Inkrementalencoder an M3 ohne Verwendung digitaler Hallsignale 15: Synchroner Betrieb
	0x02	Actual Velocity Source	U8	rw	1	Istwertquelle Geschwindigkeit
	0x03	Actual Position Source	U8	rw	1	Istwertquelle Position

Parameterbeschreibung

Discrete Sources (0x2331)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2331	0x00	Number of Entries	U8	ro	4	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Target Voltage Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für den Spannungssollwert
	0x02	Target Current Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für das Soll-drehmoment
	0x03	Target Velocity Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für die Soll-geschwindigkeit
	0x04	Target Position Source	U8	rw	0	Auswahl der diskreten Quelle für den Positionssollwert

Cyclic Mode Interpolation Rate (0x2332)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2332	0x00	Cyclic Mode Interpolation Rate	U16	rw	1	Controller-Interpolationsrate in Vielfachen von 100 µs der Aktualisierungsrate des Masters. Wirksam für Sollwertvorgaben in den Betriebsarten CSP, CSV und CST.

Manufacturer Specified Bits (0x233A)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x233A	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Bit Mask for Bit 14	U32	rw	0x0	Gerätezustände, die im Objekt 0x2324.01 (Device Status Word) angezeigt werden sollen
	0x02	Bit Mask for Bit 15	U32	rw	0x0	Gerätezustände, die im Objekt 0x2324.01 (Device Status Word) angezeigt werden sollen

Operation Mode Options (0x233F)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x233F	0x00	OpMode Options	U16	rw	0x0001	Bit-codiert

Siehe Kap. 5.1, S. 97.

Parameterbeschreibung

General Parameters (0x2340)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2340	0x00	Number of Entries	U8	ro	8	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Commutation Type	U8	rw	3	Kommutierungstyp 0: Abgeschaltet 1: DC-Motor 2: BL-Motor mit Blockkommutierung 3: BL-Motor mit Sinuskommutierung 4: Synchrone Ansteuerung von 2-phasigen Schrittmotoren ohne Positionsgeber - mit konstanter gehaltener Nennspannung ^{b)} 5: Synchrone Ansteuerung von 2-phasigen Schrittmotoren ohne Positionsgeber - mit konstantem geregelterm Dauerstrom ^{b)} 6: Geregelter Betrieb von Schrittmotoren mit Inkrementalgeber ^{b)}
	0x02	Motor Output Voltage DC	S16	rw	-	Motor Ausgangsspannung DC ^{a)}
	0x03	Motor Output Voltage BL Block	S16	rw	-	Motor Ausgangs-Spannung BL Block ^{a)}
	0x04	Motor Output Voltage X_d	S16	rw	-	Motor Ausgangs-Spannung X_d ^{a)}
	0x05	Motor Output Voltage X_q	S16	rw	-	Motor Ausgangs-Spannung X_q ^{a)}
	0x06	Sinus Output Voltage U_a	U16	ro	-	Phasenspannung U_a ^{a)}
	0x07	Sinus Output Voltage U_b	U16	ro	-	Phasenspannung U_b ^{a)}
	0x08	Sinus Output Voltage U_c	U16	ro	-	Phasenspannung U_c ^{a)}
	0x09	Sinus Output Voltage U_d	U16	ro	-	Phasenspannung U_d ^{b)}

a) Alle Spannungen in Vielfachen von 10 mV

b) Nur für MC 3602 B und MC 3606 B

Target Voltage (0x2341)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2341	0x00	Voltage Mode Reference	S16	rw	0	Spannungssollwert des Voltage Modes [10 mV / digit]

Torque Control Parameters (0x2342)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2342	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain $K_{p,I}$	U32	rw	^{a)}	Reglerverstärkung [mOhm]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	rw	^{a)}	Reglernachstellzeit [μ s], Range: 150–2600 μ s

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Parameterbeschreibung

Flux Control Parameters (0x2343)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2343	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain $K_{p,I}$	U32	rw	a)	Reglerverstärkung [mOhm]
	0x02	Integral Time $T_{N,I}$	U16	rw	a)	Reglernachstellzeit [μs], Range: 150–2600 μs

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Velocity Control Parameters (0x2344)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2344	0x00	Number of Entries	U8	ro	6	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain K_p	U32	rw	a)	Reglerverstärkung [As 1e ⁻⁶]
	0x02	Integral Time T_N	U16	rw	a)	Reglernachstellzeit [100 μs]
	0x03	Velocity Deviation Threshold	U16	rw	65535	Maximal zulässige Regelabweichung
	0x04	Velocity Deviation Time	U16	rw	100	Maximal zulässige Dauer einer Regelabweichung außerhalb des Korridors
	0x05	Velocity Warning Threshold	U32	rw	30000	Warnschwelle für die Geschwindigkeit in benutzerdefinierten Einheiten, siehe 0x2324.01 Bit 21
	0x06	Integral Part Option	U8	rw	0	Konfiguration des Geschwindigkeitsregelkreises: 0: Integralanteil aktiv 1: Gestoppter Integralanteil im Positionsfenster (im PP-Modus) 2: Integralanteil deaktiviert

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Velocity Filter Parameters (0x2345)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2345	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Actual Velocity Filter T_F	U16	rw	a)	Filterzeit T_F [100 μs]
	0x02	Display Velocity Filter	U16	rw	20	Filterzeit für die Anzeige der Istdrehzahl [100 μs]

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Setpoint Velocity Filter Parameters (0x2346)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2346	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Setpoint Velocity Filter T_F	U16	rw	a)	Filterzeit T_F [100 μs]
	0x02	Setpoint Filter Enable	U8	rw	0	0: inactive 1: active

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Parameterbeschreibung

Gain Scheduling (0x2347)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2347	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain Factor K_p	U8	rw	128	Gain Faktor (wird bei der Geschwindigkeitsregelung im PP Mode auf K_p angewendet) 0: Absenkung der Verstärkung auf 0 im Ziel 128: Keine Variable Verstärkung 255: Verdoppelung der Verstärkung im Ziel
	0x02	Gain Factor K_v	U8	rw	128	Gain Faktor (wird im PP Mode auf K_v angewendet) 0: Absenkung der Verstärkung auf 0 im Ziel 128: Keine Variable Verstärkung 255: Verdoppelung der Verstärkung im Ziel

Position Control Parameters (0x2348)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2348	0x00	Number of Entries	U8	ro	1	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gain K_v	U8	rw	a)	Reglerverstärkung [1/s], Range: 1–255

a) Motorspezifisch, wird vom Motion Manager während der Inbetriebnahme gesetzt.

Current Feedforward Parameters (0x2349)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2349	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Current Feed-Forward Factor	U8	rw	0	Faktor der Drehmoment- bzw. Kraftvorsteuerung 0: 0% Aufschaltung der Vorsteuerung 128: 100% Vorsteuerung
	0x02	Current Feed-Forward Delay	U16	rw	0	Sollwertverzögerung: 0: unverzögerte Aufschaltung 1: Aufschaltung um eine Abtastung verzögert

Velocity Feedforward Parameters (0x234A)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x234A	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Velocity Feed-forward Factor	U8	rw	0	Faktor der Drehmoment- bzw. Kraftvorsteuerung 0: 0% Vorsteuerung 128: 100% Vorsteuerung
	0x02	Velocity Feed-Forward Delay	U16	rw	0	Sollwertverzögerung: 0: unverzögerte Aufschaltung 1: Aufschaltung um eine Abtastung verzögert

Parameterbeschreibung

Current Filter Parameters (0x234B)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x234B	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Display Motor Current Filter TF	U16	rw	200	Filterzeit für die Anzeige des Motorstroms [100 µs]
	0x02	Display Torque Filter	U16	rw	20	Filterzeit für die Anzeige des Drehmoments [100 µs]

Gravity and Friction Compensation (0x234C)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x234C	0x00	Number of Entries	U8	ro	3	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Gravity Compensation	S16	rw	0	Für eine Schwerkraftkompensation ohne Reglereingriff aufzuschaltendes Moment in 1/1000 des Nennmoments
	0x02	Positive Friction Compensation	U16	rw	0	Für positive Bewegung ohne Reglereingriff aufzuschaltendes Moment für die Reibungskompensation in 1/1000 des Nennmoments
	0x03	Negative Friction Compensation	U16	rw	0	Für negative Bewegung ohne Reglereingriff aufzuschaltendes Moment für die Reibungskompensation in 1/1000 des Nennmoments

Positive Torque Limit Homing (0x2350)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2350	0x00	Positive Torque Limit Homing	U16	rw	1000	Betrag des oberen Begrenzungswerts für die Referenzfahrt in 1/1000 des Motor-nennmoments

Negative Torque Limit Homing (0x2351)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2351	0x00	Negative Torque Limit Homing	U16	rw	1000	Betrag des unteren Begrenzungswerts für die Referenzfahrt in 1/1000 des Motor-nennmoments

Parameterbeschreibung

Actual Values (0x2360)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr	Standardwert	Bedeutung
0x2360	0x00	Number of Entries	U8	ro	10	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Motor Current I_d Actual Value	S16	ro	-	Istwert Motorstrom (I_D) ^{a)}
	0x02	Motor Current I_q Actual Value	S16	ro	-	Istwert Motorstrom (I_q) ^{a)}
	0x03	Motor Current IBlock Actual Value	S16	ro	-	Istwert Motorstrom (IBlock) ^{a)}
	0x04	Motor Current IDC Actual Value	S16	ro	-	Istwert Motorstrom (IDC) ^{a)}
	0x05	Velocity Actual Internal Value	S16	ro	-	Istwert der Geschwindigkeit [min^{-1}] (interner Wert)
	0x06	Position Actual Internal Value	S32	ro	-	Istwert der Position (interner Wert)
	0x07	Actual Commuta- tion Segment	U8	ro	-	Kommutierungssegment bei Blockkom- mutierung von 0...5
	0x08	Actual Commuta- tion Angle	S16	ro	-	Kommutierungswinkel für Sinuskommu- tierung -32768...32767 entsprechen -180...180°C

a) Ein Wert von 1000 entspricht dem Gerätenennstrom nach Objekt 0x2327.01

Trace Configuration (0x2370)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2370	0x00	Number of Ent- ries	U8	ro	15	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Trigger Source	U32	wo	0	Triggerquelle
	0x02	Trigger Thres- hold	S32	rw	0	Triggerschwelle
	0x03	Trigger Delay Offset	S16	rw	0	Triggervverzögerung
	0x04	Trigger Mode	U16	rw	0	Triggermodus
	0x05	Buffer Length	U16	rw	100	Pufferlänge
	0x06	Sample Time	U8	rw	1	Abtastrate der Aufzeichnung 1: in jedem Abtastschritt
	0x07	Trace Source of Channel 1	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 1 der graphischen Analyse (Recorder oder Logger) Format: 0x00 Idx Sub, z. B. 0x00 23 14 05 für 0x2314.05 Hall B
	0x08	Trace Source of Channel 2	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 2 der graphischen Analyse (Recorder oder Logger)
	0x09	Trace Source of Channel 3	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 3 der graphischen Analyse (Recorder oder Logger)
	0x0A	Trace Source of Channel 4	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 4 der graphischen Analyse (Recorder oder Logger)

Parameterbeschreibung

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
	0x0B	Monitor Source of Channel 1	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 1 des internen Datenloggers (IoT ready) Format: 0x00 Idx Sub, z. B. 0x00 23 14 05 für 0x2314.05 Hall B
	0x0C	Monitor Source of Channel 2	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 2 des internen Datenloggers (IoT ready)
	0x0D	Monitor Source of Channel 3	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 3 des internen Datenloggers (IoT ready)
	0x0E	Monitor Source of Channel 4	U32	rw	0	Datenquelle für Kanal 4 des internen Datenloggers (IoT ready)
	0x0F	Extended Recorder Mode	U16	rw	0	Konfiguration für den internen Datenlogger (IoT ready)

Trace Logic Trigger (0x2372)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2372	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Logic Trigger AND Mask	U32	rw	0	Bitmaske für den bitorientierten Trigger (Logic Trigger) Triggerbedingung erfüllt, wenn gleichzeitig Quelle und (AND) Maske > 0
	0x02	Logic Trigger OR Mask	U32	rw	0	Bitmaske für den bitorientierten Trigger (Logic Trigger) Triggerbedingung erfüllt, wenn Quelle oder (OR) Maske > 0

Trace Buffer (0x2371)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2371	0x00	Number of Entries	U8	ro	5	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Trace State	U16	ro	0	Triggerstatus
	0x02	Trace Value of Channel 1	Vis-String	ro	–	Signalpuffer Kanal 1
	0x03	Trace Value of Channel 2	Vis-String	ro	–	Signalpuffer Kanal 2
	0x04	Trace Value of Channel 3	Vis-String	ro	–	Signalpuffer Kanal 3
	0x05	Trace Value of Channel 4	Vis-String	ro	–	Signalpuffer Kanal 4

Event Trigger Configuration (0x2373)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2373	0x00	Number of Entries	U8	ro	1	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Event Trigger Configuration	U16	rw	0	Auswahl des Events für den Event-basierte Trigger

Parameterbeschreibung

Event Flag Configuration (0x2374)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2374	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Event Flag Set Mask	U16	rw	0	Auswahl der Events, die das Event-Flag setzen
	0x02	Event Flag Reset Mask	U16	rw	0	Auswahl der Events, die das Event-Flag zurücksetzen

Datenlogger Channel 1...4 (0x2378...0x237B)

Datenlogger Channel 1 (0x2378)

Datenlogger Channel 2 (0x2379)

Datenlogger Channel 3 (0x237A)

Datenlogger Channel 4 (0x237B)

Siehe Application Note zum erweiterten Trace Recorder Modul auf www.faulhaber.com.

Safety Objects (0x2390)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2390	0x00	Number of Entries	U8	const	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	STO State	U8	ro	–	Status der Sicherheitsfunktion STO (Safe Torque Off) 0: STO ON 1: Error 16: STO OFF 17: Powerdown
	0x02	STO Reset	U8	wo	–	STO-Reset-Impuls zum Wechsel in den Betriebszustand nach einem Fehler 1: Reset aktivieren

Communication Parameter (0x2400)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2400	0x00	Number of Entries	U8	ro	7	Anzahl Objekteinträge
	0x01	CAN Rate	U8	rw	9	CAN-Rate (automatische Baudratenermittlung)
	0x02	RS232 Rate	U8	rw	3	RS232-Rate
	0x03	Node ID	U8	rw	1	Knotennummer
	0x04	Communication Settings	U32	rw	0x00 03 03 02	Kommunikationseinstellung bitcodiert: 0x00 00 00 01: CAN-NMT mandatory 0x00 00 00 02: Transmit async PDOs und EMCYs via CAN 0x00 00 01 00: Transmit EMCYs via USB 0x00 00 02 00: Transmit async Messages via USB 0x00 01 00 00: Transmit EMCYs via RS232 0x00 02 00 00: Transmit async Messages via RS232 0x00 80 00 00: Ignore CRC
	0x05	RS232 Net Mode	U8	rw	0	RS232-Netzmodus
	0x08	Explicit Device ID	U16	rw	0	Identifikation des Antriebs

Parameterbeschreibung

USB Delay (0x2401)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2401	0x00	USB Delay	U8	wo	5	Wartezeit zwischen zwei USB Telegrammen [ms] 0: Keine Verzögerung

Internal Filter Parameters (0x2502)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2502	0x00	Number of Entries	U8	ro	13	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Filter Time Actual Velocity	U16	rw	256	Filterzeit, wirksam auf den Wert in 0x2360.05.

Boot Options (0x2503)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2503	0x00	Boot Options	U16	rw	1	0: Strommessung wird nicht abgeglichen 1: Strommessung wird beim Systemstart abgeglichen

Encoder Compensation (0x2506)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2506	0x00	Number of Entries	U8	ro	64	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Interpolation Value 0	S16	rw	0	Stützwerte einer Positionskompensation für eine Umdrehung
	...					
	0x40	Interpolation Value 63	S16	rw	0	

PWM Frequency (0x250A)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x250A	0x00	PWM Frequency	U8	rw	5	1...10: Motor PWM in 20 kHz Schritten

OEM System Identification (0x2610)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x2610	0x00	Number of Entries	U8	ro	3	Anzahl Objekteinträge
	0x01	OEM Product Descriptor	Vis String	rw	-	32 Byte String für OEM Produktnamen
	0x02	OEM Product Code	Vis String	rw	-	32 Byte String für OEM Produkt-ID
	0x03	OEM Serial Number	U32	rw	-	Seriennummer

Parameterbeschreibung

8.2 Objekte des Antriebsprofils CiA 402

Abort Connection Option Code (0x6007)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6007	0x00	Abort Connection Option Code	S16	rw	1	Reaktion des Reglers bei Verbindungsabbruch: 0: keine Reaktion 1: Wechsel in den Fehlerzustand 2: Wechsel in den Zustand <i>Switch On Disabled</i> 3: Wechsel in den Zustand <i>Quick-Stop</i>

Siehe Kap. 7.2.1, S. 173.

Controlword (0x6040)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6040	0x00	Controlword	U16	rw	0	Controlword

Siehe Kap. 3.2, S. 18.

Statusword (0x6041)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6041	0x00	Statusword	U16	ro	0	Statusword

Siehe Kap. 3.3, S. 20.

Quick Stop Option Code (0x605A)

i Wenn der Antrieb den Zustand *Operation Enabled* verlässt, kann der Motor vorher stillgesetzt werden. Über die Option Codes (Objekt 0x605A bis 0x605E) wird das Verhalten am Übergang definiert (siehe CiA 402 und Kap. 3.4, S. 22)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x605A	0x00	Quick Stop Option Code	S16	rw	2	Halt-Optionen zum Befehl Quick Stop

Shut Down Option Code (0x605B)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x605B	0x00	Shut Down Option Code	S16	rw	0	Halt-Optionen zum Befehl Shut Down

Siehe Kap. 3.4, S. 22.

Disable Operation Option Code (0x605C)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x605C	0x00	Disable Operation Option Code	S16	rw	1	Halt-Optionen zum Befehl Disable Operation

Siehe Kap. 3.4, S. 22.

Parameterbeschreibung

Halt Option Code (0x605D)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x605D	0x00	Halt Option Code	S16	rw	1	Halt-Optionen beim Setzen des Halt-Bits im Controlword

Siehe Kap. 3.4, S. 22.

Fault Reaction Option Code (0x605E)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x605E	0x00	Fault Reaction Option Code	S16	rw	2	Halt-Optionen beim Übergang in einen Fehlerzustand

Siehe Kap. 3.4, S. 22.

Modes of Operation (0x6060)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6060	0x00	Modes of Operation	S8	rw	0	Auswahl der Betriebsart –4: ATC –3: AVC –2: APC –1: Volt Mode 0: Regler nicht aktiviert 1: PP 3: PV 6: Homing 8: CSP 9: CSV 10: CST

Siehe Kap. 5, S. 95.

Modes of Operation Display (0x6061)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6061	0x00	Modes of Operation Display	S8	ro	–	Anzeige der ausgewählten Betriebsart

Siehe Kap. 5, S. 95.

Position Demand Value (0x6062)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6062	0x00	Position Demand Value	S32	ro	–	Positionssollwert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Position Actual Internal Value (0x6063)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6063	0x00	Position Actual Internal Value	S32	ro	–	Positionsiswert in internen Einheiten

Parameterbeschreibung

Position Actual Value (0x6064)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6064	0x00	Position Actual Value	S32	ro	–	Positionswert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

FollowingError Window (0x6065)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6065	0x00	FollowingError Window	U32	rw	32	Korridor für die Regelabweichung des Positionsreglers in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 5, S. 95.

FollowingError Time Out (0x6066)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6066	0x00	FollowingError Time Out	U16	rw	48	Zeit, für die ein Schleppfehler mindestens außerhalb des definierten Korridors liegen muss, bevor der Fehler signalisiert wird

Siehe Kap. 5, S. 95.

Position Window (0x6067)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6067	0x00	Position Window	U32	rw	32	Korridor um die Zielposition in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 5, S. 95.

Position Window Time (0x6068)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6068	0x00	Position Window Time	U16	rw	48	Mindestverweildauer im Korridor, bis die Zielposition in der Betriebsart PP als erreicht signalisiert wird.

Siehe Kap. 5, S. 95.

Velocity Demand Value (0x606B)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606B	0x00	Velocity Demand Value	S32	ro	–	Sollwert der Geschwindigkeit in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Velocity Actual Value (0x606C)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606C	0x00	Velocity Actual Value	S32	ro	–	Geschwindigkeitswert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Parameterbeschreibung

Velocity Window (0x606D)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606D	0x00	Velocity Window	U16	rw	32	Korridor um die Zieldrehzahl in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.4.4, S. 34.

Velocity Window Time (0x606E)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606E	0x00	Velocity Window Time	U16	rw	48	Mindestverweildauer im Korridor in ms

Siehe Kap. 4.4.4, S. 34.

Velocity Threshold (0x606F)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x606F	0x00	Velocity Threshold	U16	rw	32	Korridor um $n = 0$ in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.4.4, S. 34.

Velocity Threshold Time (0x6070)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6070	0x00	Velocity Threshold Time	U16	rw	48	Überwachungszeit [ms]. Verlässt die Geschwindigkeit länger als hier angegeben den Korridor, wird die Geschwindigkeit als ungleich 0 gemeldet.

Siehe Kap. 4.4.4, S. 34.

Target Torque (0x6071)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6071	0x00	Target Torque	S16	rw	0	Sollwert des Drehmoments in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Siehe Kap. 5.7, S. 141.

Maximum Torque (0x6072)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6072	0x00	Maximum Torque	U16	ro	6000	Drehmomentbegrenzung in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Siehe Kap. 5, S. 95.

Torque Demand (0x6074)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6074	0x00	Torque Demand	S16	ro	0	Sollwert des Drehmoments (Wert aus dem Bewegungsprofil) in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Parameterbeschreibung

Torque Actual Value (0x6077)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6077	0x00	Torque Actual Value	S16	ro	0	Istwert des Drehmoments in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Current Actual Value (0x6078)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6078	0x00	Current Actual Value	S16	ro	0	Istwert des Stroms in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennstrom

Target Position (0x607A)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x607A	0x00	Target Position	S32	rw	0	Positionssollwert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Position Range Limit (0x607B)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x607B	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Min Position Range Limit	S32	rw	-2147483648	Untere Grenze des Positionsbereichs in benutzerdefinierten Einheiten
	0x02	Max Position Range Limit	S32	rw	2147483647	Obere Grenze des Positionsbereichs in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 5, S. 95.

Homing Offset (0x607C)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x607C	0x00	Homing Offset	S32	rw	0	Offset der Null-Position gegenüber der Position des Referenzschalters in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 5.4, S. 122.

Software Position Limit (0x607D)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x607D	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Min Position Limit	S32	rw	-2147483648	Untere Grenze des Positionsbereichs in benutzerdefinierten Einheiten
	0x02	Max Position Limit	S32	rw	2147483647	Obere Grenze des Positionsbereichs in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 5, S. 95.

Parameterbeschreibung

Polarity (0x607E)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x607E	0x00	Polarity	U8	rw	0	Bit-codiert

Siehe Kap. 4.9.6, S. 73.

Maximum Motor Speed (0x6080)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6080	0x00	Maximum Motor Speed	U32	rw	32767	Maximalgeschwindigkeit des Motors in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.4.4, S. 34.

Profile Velocity (0x6081)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6081	0x00	Profile Velocity	U32	rw	32767	Profile Velocity in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Profile Acceleration (0x6083)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6083	0x00	Profile Acceleration	U32	rw	30000	Beschleunigung [$1/s^2$]

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Profile Deceleration (0x6084)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6084	0x00	Profile Deceleration	U32	rw	30000	Bremsrate [$1/s^2$]

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Quick Stop Deceleration (0x6085)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6085	0x00	Quick Stop Deceleration	U32	rw	30000	Quick-Stop deceleration [$1/s^2$]

Siehe Kap. 7.2.1, S. 173.

Motion Profile Type (0x6086)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6086	0x00	Motion Profile Type	S16	rw	0	Bewegungsprofiltyp: 0: Lineares Profil 1: $\sin^2$ Geschwindigkeit

Siehe Kap. 4.5, S. 46.

Parameterbeschreibung

Position Encoder Resolution (0x608F)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x608F	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Encoder Increments	U32	ro	4096	Encoderinkremente
	0x02	Motor Revolutions	U32	ro	1	Motorumdrehungen

Siehe Kap. 4.9.1, S. 70.

Velocity Encoder Resolution (0x6090)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6090	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Encoder Increments	U32	ro	4096	Positionsauflösung des eingestellten Sensors
	0x02	Motor Revolutions	U32	ro	1	Anzahl der Motorumdrehungen bei der in Subindex 1 genannten Impulszahl

Siehe Kap. 4.9.2, S. 71.

Gear Ratio (0x6091)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6091	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Motor Shaft Revolutions	U32	ro	1	Umdrehungen der Getriebeeingangswelle
	0x02	Driving Shaft Revolutions	U32	rw	1	Umdrehungen der Getriebeausgangswelle

Siehe Kap. 4.9.4, S. 72.

Feed Constant (0x6092)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6092	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Feed	U32	rw	4096	Vorschub
	0x02	Shaft Revolutions	U32	rw	1	Umdrehungen

Siehe Kap. 4.9.5, S. 73.

Velocity Factor (0x6096)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6096	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Numerator	U32	rw	1	Zähler
	0x02	Divisor	U32	rw	4096	Nenner

Siehe Kap. 4.9.3, S. 71.

Homing Method (0x6098)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6098	0x00	Homing Method	S8	rw	0	Homing-Methode

Siehe Kap. 5.4, S. 122.

Parameterbeschreibung

Homing Speeds (0x6099)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6099	0x00	Number of Entries	U8	ro	2	Anzahl Objekteinträge
	0x01	Switch Seek Velocity	U32	rw	400	Schalter Suchgeschwindigkeit
	0x02	Homing Speed	U32	rw	400	Zielsuchgeschwindigkeit

Siehe Kap. 5.4, S. 122.

Homing Acceleration (0x609A)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x609A	0x00	Homing Acceleration	U32	rw	50	Beschleunigung während des Homings

Siehe Kap. 5.4, S. 122.

Position Offset (0x60B0)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60B0	0x00	Position Offset	S32	rw	0	Position Offset in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 5.5, S. 131.

Velocity Offset (0x60B1)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60B1	0x00	Velocity Offset	S32	rw	0	Velocity Offset in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 5.5, S. 131 und Kap. 5.6, S. 139.

Torque Offset (0x60B2)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60B2	0x00	Torque Offset	S16	rw	0	Torque Offset in bezogener Darstellung

Siehe Kap. 5.5, S. 131, Kap. 5.6, S. 139 und Kap. 5.7, S. 141.

Touch Probe Function (0x60B8)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60B8	0x00	Touch Probe Function	U16	rw	0	Touch Probe Funktion

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Touch Probe Status (0x60B9)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60B9	0x00	Touch Probe Status	U16	ro	0	Touch Probe Status

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Parameterbeschreibung

Touch Probe 1 Positive Edge (0x60BA)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60BA	0x00	Touch Probe 1 Positive Edge	S32	ro	0	Touch Probe Position 1 positiver Wert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Touch Probe 1 Negative Edge (0x60BB)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60BB	0x00	Touch Probe 1 Negative Edge	S32	ro	0	Touch Probe Position 1 negativer Wert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Touch Probe 2 Positive Edge (0x60BC)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60BC	0x00	Touch Probe 2 Positive Edge	S32	ro	0	Touch Probe Position 2 positiver Wert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Touch Probe 2 Negative Edge (0x60BD)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60BD	0x00	Touch Probe 2 Negative Edge	S32	ro	0	Touch Probe Position 2 negativer Wert in benutzerdefinierten Einheiten

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Maximum Acceleration (0x60C5)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60C5	0x00	Maximum Acceleration	U32	rw	30000	PP Mode oder PV Mode maximale Beschleunigung [$1/s^2$]

Maximum Deceleration (0x60C6)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60C6	0x00	Maximum Deceleration	U32	rw	30000	PP Mode oder PV Mode maximale Bremsrate [$1/s^2$]

Touch Probe 1 Positive Edge Counter (0x60D5)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60D5	0x00	Touch Probe 1 Positive Edge Counter	U16	ro	–	Zähler der positiven Flanken an Eingang 1

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Touch Probe 1 Negative Edge Counter (0x60D6)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60D6	0x00	Touch Probe 1 Negative Edge Counter	U16	ro	–	Zähler der negativen Flanken an Eingang 1

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Parameterbeschreibung

Touch Probe 2 Positive Edge Counter (0x60D7)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60D7	0x00	Touch Probe 2 Positive Edge Counter	U16	ro	–	Zähler der positiven Flanken an Eingang 2

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Touch Probe 2 Negative Edge Counter (0x60D8)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60D8	0x00	Touch Probe 2 Negative Edge Counter	U16	ro	–	Zähler der negativen Flanken an Eingang 2

Siehe Kap. 4.10.4, S. 84.

Positive Torque Limit Value (0x60E0)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60E0	0x00	Positive Torque Limit Value	U16	rw	6000	Betrag des oberen Begrenzungswerts in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Siehe Kap. 6.2, S. 163.

Negative Torque Limit Value (0x60E1)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60E1	0x00	Negative Torque Limit Value	U16	rw	6000	Betrag des unteren Begrenzungswerts in bezogener Darstellung ^{a)}

a) 1000 = Motornennmoment

Siehe Kap. 6.2, S. 163.

Position Option Code (0x60F2)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60F2	0x00	Position Option Code	U16	rw	0	Verhalten des Antriebs bei zyklischen Drehbewegungen

Siehe Kap. 5.5.7, S. 137.

FollowingError Actual Value (0x60F4)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60F4	0x00	FollowingError Actual Value	U32	ro	0	Abweichung zwischen Positionssollwert und Positionswert

Siehe Kap. 5.5, S. 131 und Kap. 5.9, S. 147.

Digital Inputs (0x60FD)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60FD	0x00	Digital Inputs	U32	ro	–	Bit-codiert: Bits 0...1: Reserviert Bit 2: RefInPut Status Bits 3...15: Reserviert Bits 16...23: DigIn1...DigIn8 Status

Parameterbeschreibung

Target Velocity (0x60FF)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x60FF	0x00	Target Velocity	S32	rw	0	Geschwindigkeitssollwert in benutzerdefinierten Einheiten

Motor Catalogue Number (0x6403)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6403	0x00	Motor Catalogue Number	Vis-String	rw	0	Motornummer

Supported Drive Modes (0x6502)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6502	0x00	Supported Drive Modes	U32	ro	Bit-codiert siehe CiA 402	Unterstützte Betriebsarten

Drive Catalogue Number (0x6503)

Index	Subindex	Name	Typ	Attr.	Standardwert	Bedeutung
0x6503	0x00	Drive Catalogue Number	Vis-String	const	0	FAULHABER Identnummer des Motion Controllers

