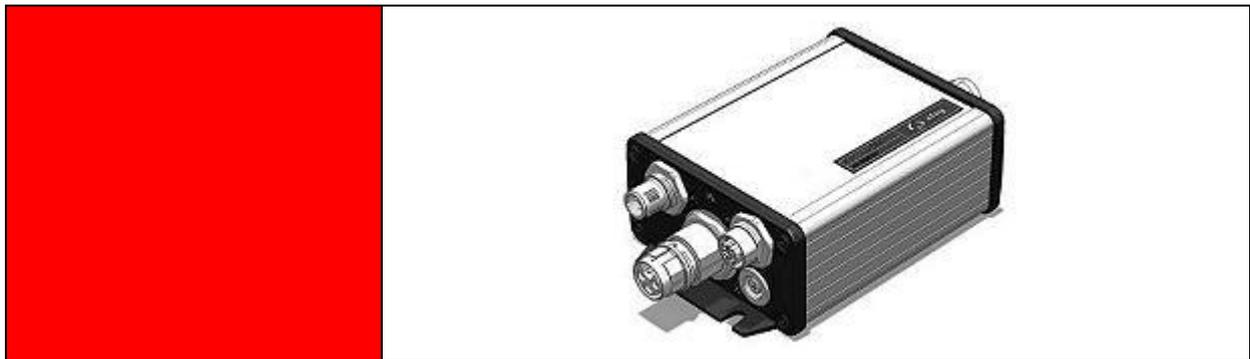


Servoregler SE-24

- EtherCAT-Handbuch



Original Ergänzungsdokument zur Bedienungsanleitung
© Copyright by Afag Automation AG

Dieses Handbuch ist ein Ergänzungsdokument zur Bedienungsanleitung und ist gültig für:

Typ	Bestellnummer
SE-24 EtherCAT	50315436

Einbau und Inbetriebnahme nur von qualifiziertem Fachpersonal gemäss Bedienungsanleitung.

Version dieser Dokumentation: SE-24-EtherCAT-Handbuch vers. 1.4 de. 01.06.2022

 VORSICHT	
	<p>Da es sich bei diesem Handbuch um ein Ergänzungsdokument zur Bedienungsanleitung handelt, ist dieses Dokument allein nicht ausreichend für den Einbau und die Inbetriebnahme des Gerätes.</p> <p>Bitte beachten Sie hierzu auch die Hinweise unter: <i>1.1 Dokumentation</i></p>

Symbole:

 **GEFAHR**

	<p>Bezeichnet eine unmittelbar drohende Gefahr.</p> <p>Wenn die Information nicht befolgt wird, sind Tod oder schwerste Körperverletzungen (Invalidität) die Folge.</p>
---	---

 **WARNUNG**

	<p>Bezeichnet eine mögliche gefährliche Situation.</p> <p>Wenn die Information nicht befolgt wird, sind Tod oder schwerste Körperverletzungen (Invalidität) die Folge.</p>
---	--

 **VORSICHT**

	<p>Bezeichnet eine möglicherweise gefährliche Situation.</p> <p>Wenn die Information nicht befolgt wird, sind Sachschäden sowie leichte oder mittlere Körperverletzungen die Folgen.</p>
--	--

HINWEIS

	<p>Bezeichnet allgemeine Hinweise, nützliche Anwender-Tipps und Arbeitsempfehlungen, welche aber keinen Einfluss auf die Sicherheit und Gesundheit des Personals haben.</p>
---	---

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
1.1	Dokumentation	5
2	Sicherheitshinweise	6
3	EtherCAT	7
3.1	Systemübersicht.....	7
3.2	Spezifikationen.....	7
3.3	Protokoll	8
3.4	EtherCAT Statemachine (ESM).....	8
3.5	Dokumentation über EtherCAT	10
4	Verkabelung und Anschlussbelegung	11
4.1	Anschlussbelegungen	11
4.1.1	EtherCAT IN [X2d]	11
4.1.2	EtherCAT OUT [X3d]	11
4.2	Busleitung für EtherCAT	12
5	EtherCAT-Anschaltung	13
5.1	Einleitung	13
5.2	Baudrate.....	13
5.3	Ansteuerung.....	13
5.3.1	Statusregister (Istwerte).....	14
5.3.2	Control-Register (Sollwerte).....	16
6	Signaldiagramm	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anschlussansicht [X2d]	11
Abbildung 2: Anschlussansicht [X3d]	11

1 Allgemeines

1.1 Dokumentation

Zu den Servoreglern der Reihe SE-24 sind umfangreiche Dokumentationen vorhanden. Dabei gibt es Hauptdokumente und Ergänzungsdokumente.

Es enthält Sicherheitshinweise, die beachtet werden müssen.

Hauptdokument:

vorliegend	Dokumentation / Beschreibung
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-Bedienungsanleitung <p>Beschreibung der technischen Daten und der Gerätefunktionalität sowie Hinweise zu den Steckerbelegungen, Installation und Betrieb des Servoreglers SE-24.</p> <p>Es richtet sich an Personen, die sich mit dem Servoregler SE-24 vertraut machen wollen.</p>

 VORSICHT	
	<p>Die Bedienungsanleitung ist das Hauptdokument und ist vor der Installation und der Inbetriebnahme von allen Geräten der Baureihe „SE-24“ unabhängig der Ausführung zwingend durchzulesen.</p>

Ergänzungsdokumente zur Bedienungsanleitung:

vorliegend	Dokumentation / Beschreibung
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-Software-Handbuch Beschreibung des Parametrierprogramms „afagTools“.
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-IO-Handbuch Beschreibung I/O-Anschaltung des Servoreglers SE-24.
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-Profibus-Handbuch Beschreibung Feldbus-Anschaltung des Servoreglers SE-24 unter PROFIBUS-DP.
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-Programmierbeispiel Siemens S7 V5.5 Beschreibung des Programmierbeispiels für Siemens S7 V5.5
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-Programmierbeispiel Siemens TIA V12.0 Beschreibung des Programmierbeispiels für Siemens TIA V12.0
<input checked="" type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-EtherCAT-Handbuch Beschreibung Feldbus-Anschaltung des Servoreglers SE-24 unter EtherCAT.
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-Programmierbeispiel Beckhoff TwinCAT 2 Beschreibung des Programmierbeispiels für Beckhoff TwinCAT 2
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SE-24-CANopen-Handbuch Beschreibung Feldbus-Anschaltung des Servoreglers SE-24 unter CANopen.

Diese Dokumente stehen zum Download auf unserer Homepage zur Verfügung:

www.afag.com

2 Sicherheitshinweise

 VORSICHT	
	<p>Es gelten die Sicherheitshinweise der Bedienungsanleitung.</p> <p>Die Bedienungsanleitung ist das Hauptdokument und ist vor der Installation und der Inbetriebnahme von allen Geräten der Baureihe „SE-24“ unabhängig der Ausführung zwingend durchzulesen.</p>

3 EtherCAT

3.1 Systemübersicht

EtherCAT ist ein auf Ethernet basierendes Feldbussystem und setzt neue Geschwindigkeitsstandards und ist dank flexibler Topologie (Linie, Baum, Stern) und einfacher Konfiguration wie ein Feldbus zu handhaben.

Das EtherCAT-Protokoll wird mit einem speziellen genormten Ethernettyp direkt im Ethernet-Frame gemäß IEEE802.3 transportiert. Broadcast, Multicast und Querkommunikation zwischen den Slaves sind möglich.

Beim EtherCAT basiert der Datenaustausch auf einer reinen Hardware-Maschine. Deshalb wird slaveseitig eine spezielle Hardware verwendet, die das Ethernet-Telegramm entsprechend dem EtherCAT-Protokoll verarbeitet. Diese Hardware Protokollinterprete werden entweder in Form eines ASIC (Application Specific Integrated Circuit), oder eines FPGA (Field Programmable Gate Array) mit entsprechender Software angeboten.

3.2 Spezifikationen

Beschreibung	EtherCAT
Physical Layer	100 Base-Tx EtherCAT
Baud Rate	100Mbit/s
Kabeltyp	CAT5
Kabellänge	max. 100m
Unterstütztes Kommunikationsprotokoll	CoE (CANopen over EtherCAT)

3.3 Protokoll

Das Feldbussystem EtherCAT definiert ausschließlich ein neues Protokoll für die Übertragungsschicht. Es definiert kein eigenes Anwender- oder Geräteprotokoll. Vielmehr ist EtherCAT in der Lage, verschiedene, bereits bestehende und erprobte, Anwender- und Geräteprotokolle über das EtherCAT Protokoll zu übertragen (Tunnelung).

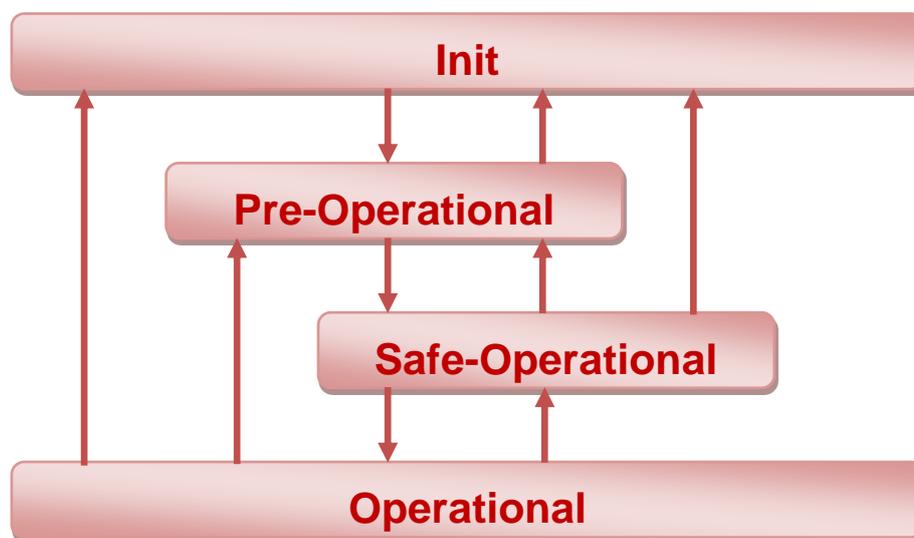
Eines dieser bestehenden Protokolle ist das CANopen Protokoll, welches von EtherCAT als **CoE (CANopen over EtherCAT)** unterstützt wird und im SE-24 EtherCAT verwendet wird.

3.4 EtherCAT Statemachine (ESM)

Wie in fast allen Feldbusanschlüssen für Servopositionierregler muss der angeschlossene Slave (hier der Servopositionierregler SE-24 EtherCAT) vom Master erst initialisiert werden, bevor er in einer Anwendung durch den Master verwendet werden kann. Zu diesem Zweck ist für die Kommunikation eine Zustandsmaschine (Statemachine) definiert, die einen festen Handlungsablauf für eine solche Initialisierung festlegt.

Solch eine Statemachine ist auch für das EtherCAT Interface definiert. Dabei dürfen Wechsel zwischen den einzelnen Zuständen der Statemachine nur zwischen bestimmten Zuständen stattfinden und werden immer durch den Master initiiert. Ein Slave darf von sich aus keinen Zustandswechsel vornehmen.

Zwischen den einzelnen Zuständen der EtherCAT Statemachine sind nur folgende Übergänge erlaubt:



Die aktiven Funktionen von jedem Zustand sind in folgender Tabelle beschrieben:

Zustand / State	Services
Init	<p>In diesem Zustand wird der EtherCAT Feldbus durch den Master synchronisiert.</p> <p>Dazu gehört auch das Einrichten der asynchronen Kommunikation zwischen Master und Slave (Mailbox-Telegrammprotokoll). Es findet noch keine direkte Kommunikation zwischen Master und Slave statt.</p> <p>Die Konfiguration startet, gespeicherte Werte werden geladen. Wenn alle Geräte, die an den Bus angeschlossen sind konfiguriert wurden, wird in den Zustand „Pre- Operational“ gewechselt</p>
Pre-Operational	<p>In diesem Zustand ist die asynchrone Kommunikation zwischen Master und Slave aktiv. Dieser Zustand wird vom Master benutzt, um mögliche zyklische Kommunikation über PDOs einzurichten und notwendige Parametrierungen über die azyklische Kommunikation vorzunehmen.</p> <p>Wenn dieser Zustand fehlerfrei durchlaufen wurde, wechselt der Master in den Zustand „Safe-Operational“.</p>
Safe-Operational	<p>Dieser Zustand wird benutzt, um alle Geräte, die an EtherCAT angeschlossen sind, in einen sicheren Zustand zu versetzen. Dabei sendet der Slave aktuelle Istwerte an den Master, ignoriert allerdings neue Sollwerte vom Master und benutzt stattdessen sichere Defaultwerte.</p> <p>Wenn dieser Zustand fehlerfrei durchlaufen wurde, wechselt der Master in den Zustand „Operational“.</p>
Operational	<p>In diesem Zustand ist sowohl die azyklische, als auch die zyklische Kommunikation aktiv. Master und Slave tauschen Soll- und Istwertdaten aus. In diesem Zustand kann der SE-24 über das CoE Protokoll freigegeben und verfahren werden.</p>

3.5 Dokumentation über EtherCAT

Das Feldbussystem EtherCAT bedeutet „Ethernet for Controller and Automation Technology“ und wurde von der Fa. Beckhof Industrie entwickelt. Es wird von der internationalen Organisation EtherCAT Technology Group (ETG) betreut und unterstützt und ist als offene Technologie konzeptioniert, die durch die International Electrotechnical Commission (IEC) genormt ist.

Weitere Informationen, Kontaktadressen etc. sind unter www.ethercat.org zu finden.

4 Verkabelung und Anschlussbelegung

4.1 Anschlussbelegungen

Der Anschluss an das EtherCAT am Servoregler SE-24 erfolgt über zwei d-kodierte 5-polige M12 Buchsen.

4.1.1 EtherCAT IN [X2d]

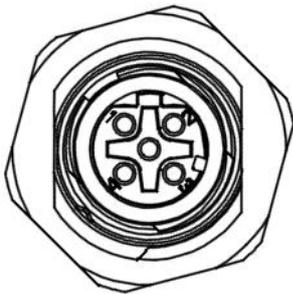


Abbildung 1: Anschlussansicht [X2d]

X2d, EtherCAT IN		
Einbaubuchse 5pol. M12 D-kodiert Phoenix: 1419616 SACC-DSI-M12FSD-4CON-M16/0,5		
Pin	Bezeichnung	Spezifikation
1	Tx+	Sendedaten +
2	Rx+	Empfangsdaten +
3	Tx-	Sendedaten -
4	Rx-	Empfangsdaten -
5	n.c.	

4.1.2 EtherCAT OUT [X3d]

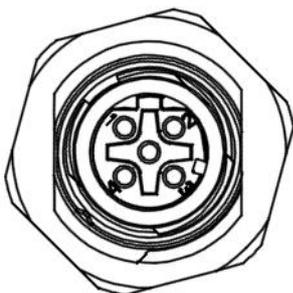


Abbildung 2: Anschlussansicht [X3d]

X3d, EtherCAT OUT		
Einbaubuchse 5pol. M12 D-kodiert Phoenix: 1419616 SACC-DSI-M12FSD-4CON-M16/0,5		
Pin	Bezeichnung	Spezifikation
1	Tx+	Sendedaten +
2	Rx+	Empfangsdaten +
3	Tx-	Sendedaten -
4	Rx-	Empfangsdaten -
5	n.c.	

HINWEIS



EtherCAT-Verkabelung

Folgen Sie bei dem Aufbau des EtherCAT-Netzes unbedingt den Ratschlägen der gängigen Literatur bzw. die nachfolgenden Informationen und Hinweise, um ein stabiles, störungsfreies System zu erhalten. Bei einer nicht sachgemäßen Verkabelung können während des Betriebs Störungen auf dem EtherCAT auftreten, die dazu führen, dass der Servoregler aus Sicherheitsgründen mit einem Fehler abschaltet.

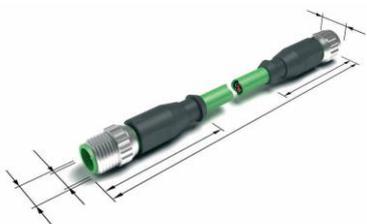
4.2 Busleitung für EtherCAT

Verwenden Sie zur Verbindung von EtherCAT-Geräten nur Ethernet-Kabel, die mindestens der Kategorie 5 (Cat5) nach EN 50173 bzw. ISO/IEC 11801 entsprechen. EtherCAT nutzt 4 Adern des Kabels für die Signalübertragung.

Für die EtherCAT-Verbindung empfehlen wir folgende Kabel der Firma Beckhoff zu verwenden:

EtherCAT-Leitung M12-Stecker, gerade, D-kodiert, 4-polig – M12-Stecker, gerade, D-kodiert, 4-polig

EtherCAT-Kabel Beckhoff

EtherCAT-Kabel	Bestellnummer	Länge in m
	ZK1090-6161-0005	0,5
	ZK1090-6161-0020	2
	ZK1090-6161-0025	2.5
	ZK1090-6161-0050	5
	ZK1090-6161-0100	10

5 EtherCAT-Anschaltung

5.1 Einleitung

Die Übertragung von Daten erfolgt mit dem **CoE (CANopen over EtherCAT)** Protokoll. Die Zuordnung der Daten auf dem Slave, im vorliegenden Fall auf dem SE-24 sind fix zugeordnet. Deshalb müssen lediglich auf der Seite des Masters festgelegt werden, wie viele Daten übertragen werden und welche Anordnung die Daten besitzen.

5.2 Baudrate

Der Servoregler SE-24 erkennt die Baudrate der Profibuskommunikation automatisch und unterstützt Geschwindigkeiten bis **max. 100Mbit/s**.

5.3 Ansteuerung

Für den Betrieb des SE-24 werden zwei Register benötigt, das Statusregister, welches die IST-Werte des Antriebes enthält, und das Contolregister, in welches die SOLL-Werte eingetragen werden.

Auf den nachfolgenden Seiten sind die Beschreibung und Spezifizierung der Signale.

5.3.1 Statusregister (Istwerte)

5.3.1.1 Signalbeschreibung Ausgangsdaten Servoregler SE-24

Objekt	Beschreibung
ready	<i>BOOL</i> Dieses Signal wird gesetzt, wenn der Antrieb betriebsbereit ist und bestromt werden kann. Wenn ein Fehler im Antrieb vorliegt, wird dieses Signal und ebenfalls das Signal „drive_enable_ok“ zurückgesetzt. Das Signal „ready“ wird erst wieder gesetzt, wenn der Fehler quitiert wurde durch das Rücksetzen des Signals „drive_enable/fault_res“.
drive_enable_ok	<i>BOOL</i> Leistungsendstufe und Regelung sind aktiv.
ref_valid	<i>BOOL</i> Dieses Signal ist gesetzt, wenn eine gültige Referenzposition vorliegt. Das Signal ist während einer laufenden Referenzfahrt nicht gesetzt. Es wird nur nach einer erfolgreich ausgeführten Referenzfahrt erstmals bzw. wieder gesetzt.
move_ok	<i>BOOL</i> Dieses Bit wird abhängig vom Verfahrensmodus entsprechend gesetzt. Wenn im Positionsmodus gefahren wird, wird das Signal gesetzt, wenn die aktuelle Position länger als die eingestellte Verzögerungszeit innerhalb des Positionsfensters liegt. Wenn im Strommodus gefahren wird, wird das Bit gesetzt, wenn der aktuelle Stromwert länger als die eingestellte Verzögerungszeit innerhalb des Stromwertfensters liegt. Wichtig: Das Signal wird zurückgesetzt wenn das Signal „start_move“ gesetzt wird. Dies erfolgt jedoch mit einer gewissen Verzögerung, deshalb gilt es zu beachten, dass nach dem Starten einer Fahrt durch setzen des Signals „start_move“, das Signal „move_ok“ zuerst auf LOW abgefragt werden muss und erst nacher wieder auf HIGH.
error_nr	<i>INT16</i> Anzeige des aufgetretenen Fehlers.
position_value [µm] [°/1000]	<i>INT32</i> Ist-Position.
current_value [mA]	<i>INT32</i> Ist-Strom Motor.

5.3.1.2 Ausgangstelegramm Servoregler SE-24

TX PDO 1 (2 Byte)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ready	drive_enable_ok	ref_valid	move_ok												

TX PDO 2 (2 Byte)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
error_nr (16bit)															

TX PDO 3 (4 Byte)																															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
position_value (μm , $\text{°}/1000$, 32bit)																															

TX PDO 4 (4 Byte)																															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
current_value (mA, 32bit)																															

5.3.2 Control-Register (Sollwerte)

5.3.2.1 Signalbeschreibung Eingangsdaten Servoregler SE-24

Objekt	Beschreibung
drive_enable / fault_res	<p><i>BOOL</i> Dieses Signal ist doppelt belegt. Reglerfreigabe = Hi-aktiv / Fehlerquittierung = Lo-aktiv LOW => Motor wird nicht bestromt, Fehler werden quittiert. Wechsel 0=>1, liegt kein Fehler an, wird der Motor bei einem Wechsel von LOW auf HIGH bestromt und bleibt in Regelung bis ein Fehler auftritt oder das Signal auf LOW gesetzt wird. Wird dieser Eingang das erste mal nach einem Neustart gesetzt, wird zuerst der Offsetwinkel der Kommutierlage bestimmt (nur bei Motoren ohne Hallgeber). Wechsel 1=>0 liegt ein Fehler an, versucht der Regler die vorhandenen Fehler zu quittieren. Dies gelingt nur, wenn die Ursache für den Fehler behoben wurde.</p>
start/stop_ref	<p><i>BOOL</i> Eine steigende Flanke bewirkt, dass die Referenzfahrt ausgeführt wird. Eine fallende Flanke bricht eine laufende Referenzfahrt vorzeitig ab. Die Abfolge sieht in diesem Fall wie folgt aus: Setzen des Signals „drive_enable/fault_res“ warten bis das Signal „drive_enable_ok“ auf HIGH ist. Anschliessend das Signal „start/stop_ref“ setzen, die Referenzfahrt wird ausgeführt. Warten bis das Signal „ref_ok“ auf HIGH ist, die Referenzfahrt ist abgeschlossen. Nun ist der Regler bereit für eine Positionierung.</p>
start/stop_move	<p><i>BOOL</i> Eine steigende Flanke signalisiert, dass ein neuer Fahrauftrag übernommen und gestartet werden soll. Bei einer fallenden Flanke wird ein Schnellstopp ausgeführt. Während einer Referenzfahrt hat dieser Eingang keine Auswirkung. Voraussetzung ist, dass kein Fehler ansteht, eine aktive Reglerfreigabe und eine gültige Referenzfahrt vorliegen, d.h. die Ausgänge „ready“, „drive_enable_ok“ und „ref_valid“ müssen gesetzt sein.</p>
mode	<p><i>BOOL</i> Betriebsart: Positions- / Stromreglermodus LOW=Positionsreglermodus HIGH=Stromreglermodus</p>
pos_nr	<p><i>INT4</i> Positionssatz (binär) welcher angefahren werden soll. Die Positionssätze (1-15) werden mit dem Toolfenster „Positionierungssätze“ im Tool „Manuellbetrieb“ der Parametriersoftware „afagTools“ vorkonfiguriert. Achtung: Wenn über die Positionssätze gefahren wird, werden die Werte der Objekte „mode“, „move_relative“, „target_position“, „velocity“, „deceleration“, „acceleration“ und „target_current“ ignoriert!</p>

jog_pos		<i>BOOL</i>	Bei gesetztem Eingang beschleunigt der Antrieb mit der für den Jog Betrieb eingestellten Beschleunigung auf eine ebenfalls vorparametrierte positive Fahrgeschwindigkeit. Bei einer fallenden Flanke an diesem Eingang bremst der Antrieb mit der für den Quickstopp hinterlegten Bremsbeschleunigung in den Stillstand ab. Während einer Referenz-, Positions- oder Stromfahrt hat dieser Eingang keine Auswirkung.
jog_neg		<i>BOOL</i>	Bei gesetztem Eingang beschleunigt der Antrieb mit der für den Jog Betrieb eingestellten Beschleunigung auf eine ebenfalls vorparametrierte negative Fahrgeschwindigkeit. Bei einer fallenden Flanke an diesem Eingang bremst der Antrieb mit der für den Quickstopp hinterlegten Bremsbeschleunigung in den Stillstand ab. Während einer Referenz-, Positions- oder Stromfahrt hat dieser Eingang keine Auswirkung.
move_relativ		<i>BOOL</i>	Umstellung zwischen absolut und relativ. LOW=absolut, HIGH=relativ
target_position	[μm] [°/1000]	<i>INT32</i>	Soll-Position Der Positionssollwert wird in Abhängigkeit des Signals „move_relative“ als absolute oder relative Angabe interpretiert.
velocity	[mm/s] [°/s]	<i>INT16</i>	Soll-Verfahrgeschwindigkeit
deceleration	[mm/s²] [°/s²]	<i>INT16</i>	Soll-Bremsbeschleunigung
acceleration	[mm/s²] [°/s²]	<i>INT16</i>	Soll-Beschleunigung
target_current	[%]	<i>INT16</i>	Zielstromwert Der Momentsollwert wird von der übergeordneten Steuerung (in % von der Strombegrenzung positiv) vorgegeben. Er bestimmt, mit welchem Moment der Antrieb fahren soll.

5.3.2.2 Eingangstelegramm Servoregler SE-24

RX PDO 1 (2 Byte)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
drive_enable / fault_res	start/stop_ref	start/stop_move	mode	pos_nr_bit0	pos_nr_bit1	pos_nr_bit2	pos_nr_bit3	jog_pos	jog_neg	move_relative					

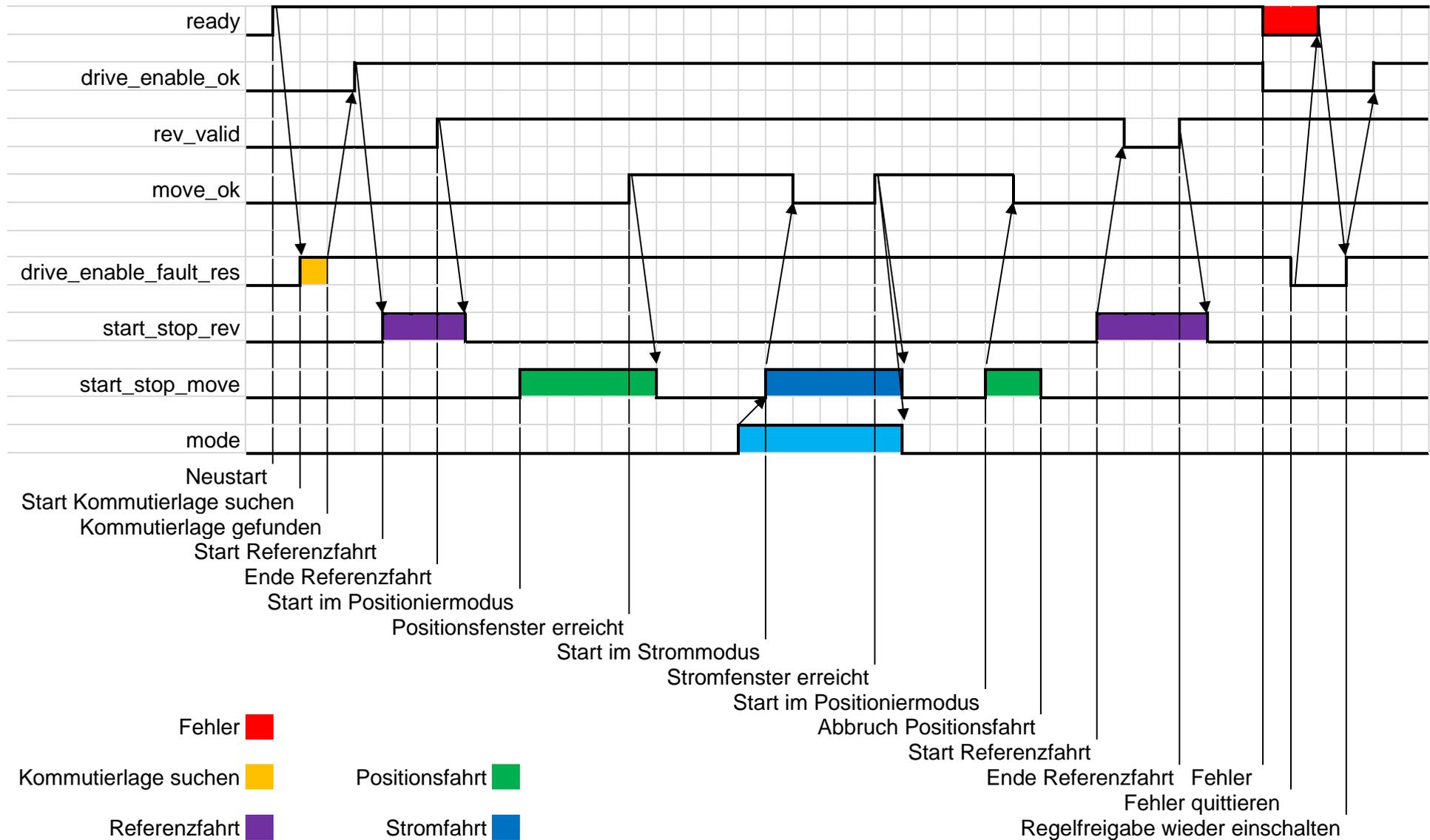
RX PDO 2 (4 Byte)																															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
target_position (µm, °/1000, 32bit)																															

RX PDO 3 (2 Byte)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
velocity (mm/s, °/s 16bit)															

RX PDO 4 (4 Byte)																															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
deceleration (mm/s ² , °/s ² , 16bit)																acceleration (mm/s ² , °/s ² , 16bit)															

RX PDO 5 (2 Byte)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
target_current (% , 16bit)															

6 Signaldiagramm





Afag Automation AG
Luzernstrasse 32
CH-6144 Zell

Schweiz

Tel.: +41 (0)62 959 86 86

Fax.: +41 (0)62 959 87 87

e-mail: sales@afag.com

Internet: www.afag.com