



Bürstenlose DC-Servomotoren

Serien

2232...BX4(S)

2250...BX4(S)

# Bedienungsanleitung **DE**

## Impressum

---

Version:  
6. Auflage, 18.03.2013

Copyright  
by Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG  
Daimlerstr. 23/25 · 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.

Diese Bedienungsanleitung wurde mit Sorgfalt erstellt.  
Die Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG übernimmt jedoch  
für eventuelle Irrtümer in diesem Gerätehandbuch 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 Funkent-  
störung sowie die Vorgaben dieses Gerätehandbuches zu  
beachten.

Änderungen vorbehalten.

Die jeweils aktuelle Version dieser Bedienungsanleitung  
finden Sie auf der Internetseite von FAULHABER:  
[www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Wichtige Hinweise</b>	<b>5</b>
1.1	In dieser Bedienungsanleitung verwendete Symbole	5
1.2	Sicherheitshinweise	6
1.3	Dokumentationen	6
1.4	Umgebungsbedingungen	7
1.5	Wartung/Instandhaltung	8
1.6	Störungshilfe	8
<b>2</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>9</b>
2.1	Allgemeine Produktbeschreibung	9
2.1.1	Motor ohne Anbau	9
2.1.2	Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L	10
2.1.3	Motor mit Absolutencoder AES	11
2.1.4	Motor mit Speed Controller SC	12
<b>3</b>	<b>Installation</b>	<b>13</b>
3.1	Montage	13
3.2	EMV-gerechte Installation	14
3.2.1	Beschreibung der EMV-Maßnahmen	14
3.3	Anschlussbelegung	16
3.3.1	Motor ohne Anbau	16
3.3.2	Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L	17
3.3.3	Motor mit Absolutencoder AES	18
3.3.4	Motor mit Speed Controller SC	19
3.4	Anschlussbeispiele	20
3.4.1	Motor ohne Anbau	20
3.4.2	Motor mit Encoder IE3	20
3.4.3	Motor mit Encoder IE3 L	21
3.4.4	Motor mit Absolutencoder AES	22
3.4.5	Motor mit Speed Controller SC	23
<b>4</b>	<b>Funktionsbeschreibung</b>	<b>24</b>
4.1	Motor ohne Anbau	24
4.1.1	Anschlussfunktionen bei digitalen Hallensoren (Standardausführung)	24
4.1.2	Anschlussfunktionen bei analogen Hallensoren (Option 3692)	26
4.2	Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L	28
4.2.1	Anschlussfunktionen	28
4.3	Motor mit Absolutencoder AES	32
4.3.1	Anschlussfunktionen	32

# Inhaltsverzeichnis

---

4.4	Motor mit Speed Controller SC	34
4.4.1	Anschlussfunktionen	34
4.4.2	Konfiguration	36
4.4.3	Sonderkonfigurationen	38
4.4.4	Parametereinstellungen	40
4.4.5	Technische Informationen	42
<b>5</b>	<b>Betrieb</b>	<b>44</b>
5.1	Inbetriebnahme	44
<b>6</b>	<b>EG-Richtlinien zur Produktsicherheit</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Gewährleistung</b>	<b>46</b>

# 1 Wichtige Hinweise

In dieser Bedienungsanleitung werden die Handhabung und die technischen Merkmale der bürstenlosen DC-Servomotoren der Serien 22xx...BX4 von FAULHABER beschrieben.

Antriebe der Serien 22xx...BX4 sind wahlweise mit integrierten Encodern, Encodern mit Linedriver, Absolutencodern oder Speedcontrollern zu kompletten Antriebseinheiten kombinierbar.

- Bitte lesen Sie die Bedienungsanleitung vor dem Einsatz des Motors vollständig durch.
- Bewahren Sie diese Bedienungsanleitung für den späteren Gebrauch auf.

Die Angaben in dieser Bedienungsanleitung beziehen sich auf die Standardausführung der Motoren. Eventuelle Abweichungen der Angaben durch eine kundenspezifische Motoren-Modifikation entnehmen Sie bitte dem gegebenenfalls vorhandenen Beilageblatt.

## 1.1 In dieser Bedienungsanleitung verwendete Symbole

### **WARNUNG!**



### **Warnung!**

Dieses Piktogramm mit dem Hinweis „Warnung!“ weist auf eine drohende Gefährdung hin, die eine Körperverletzung zur Folge haben kann.

- ▶ Dieser Pfeil weist Sie auf die entsprechende Maßnahme hin, um die drohende Gefährdung abzuwenden.

### **VORSICHT!**



### **Vorsicht!**

Dieses Piktogramm mit dem Hinweis „Vorsicht!“ weist auf eine drohende Gefährdung hin, die eine leichte Körperverletzung oder Sachschaden zur Folge haben kann.

- ▶ Dieser Pfeil weist Sie auf die entsprechende Vorsichtsmaßnahme hin.

### **VORSCHRIFT!**



### **Vorschriften und Richtlinien**

Dieses Piktogramm mit dem Hinweis „Vorschrift“ weist auf eine gesetzliche Vorschrift oder Richtlinie hin, die im jeweiligen Textzusammenhang beachtet werden muss.

### **HINWEIS**



### **Hinweis**

Dieses Piktogramm „Hinweis“ gibt Ihnen Tipps und Empfehlungen zur Verwendung und Handhabung des Bauteils.

# 1 Wichtige Hinweise

## 1.2 Sicherheitshinweise

Das Beachten der folgenden Sicherheitshinweise ist Voraussetzung für einen störungsfreien und gefahrlosen Betrieb des Motors. Lesen Sie deshalb bitte alle Hinweise sorgfältig durch und befolgen diese beim Einsatz des Motors.

### Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Der Servomotor ist konzipiert als Antrieb für kleine Mechaniken, sowie für Dauerlauf- und Positionier-Anwendungen wie z. B. Pumpen- und Scanner-Antriebe, oder in der Dosier-technik.

- Zum Betrieb der Motoren ohne integrierten Speed Controller ist eine externe Steuerungselektronik erforderlich.
- Der Motor enthält magnetische und elektromagnetische Bauteile. Eventuelle Auswirkungen sowie die landesspezifisch gültigen Vorschriften sind beim Einsatz zu berücksichtigen.
- Der Motor darf nicht in Umgebungen mit Kontaktmöglichkeiten zu Wasser, Chemie und/oder Staub, sowie in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden!
- Die auf den Motor wirkenden Kräfte, Drehmomente und Beschleunigungen sind begrenzt.
- Informationen über den individuellen Einsatz unter besonderen Umgebungsbedingungen erfragen Sie bitte beim Hersteller.

## 1.3 Dokumentationen

Einen Überblick über die Dokumentationen zu den in dieser Bedienungsanleitung beschriebenen FAULHABER Elektronik-Produkten gibt folgende Tabelle:

Produkte Serie	Datenblätter										Bedienungsanleitungen		
	2232...BX4	2232...BX4S	2232...BX4 mit Encoder	2232...BX4S mit Encoder	2232...BX4 SC	2232...BX4S SC	2250...BX4	2250...BX4S	2250...BX4 mit Encoder	2250...BX4S mit Encoder	2250...BX4 SC	2250...BX4S SC	BX4 22 mm (MA00016)
2232...BX4	X												X
2232...BX4S		X											X
2232...BX4 IE3			X										X
2232...BX4S IE3				X									X
2232...BX4 IE3 L			X										X
2232...BX4S IE3 L				X									X
2232...BX4 AES			X										X
2232...BX4S AES				X									X
2232...BX4 SC					X								X
2232...BX4S SC						X							X
2250...BX4							X						X
2250...BX4S								X					X
2250...BX4 IE3									X				X
2250...BX4S IE3										X			X
2250...BX4 IE3 L									X				X
2250...BX4S IE3 L										X			X
2250...BX4 AES									X				X
2250...BX4S AES										X			X
2250...BX4 SC											X		X
2250...BX4S SC												X	X

Die Dokumentationen sind erhältlich auf Anfrage oder auf der Internetseite von FAULHABER ([www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)).

# 1 Wichtige Hinweise

## 1.4 Umgebungsbedingungen

### **VORSICHT!**



#### **Stoßbelastung**

Grundsätzlich gilt, dass sich die Geräuschaussendung erhöht und die Lebensdauer der Kugellager und damit des Servomotors eingeschränkt werden, wenn diese Stößen ausgesetzt werden.

- ▶ Der Servomotor ist noch funktionsfähig, wenn er nicht höheren Schockbelastungen ausgesetzt wird, als nach DIN EN 60068-2-27 definiert.
- ▶ Der Servomotor darf nicht höheren Schwingungsbelastungen ausgesetzt werden, als nach DIN EN 60068-2-6 definiert.

### **VORSICHT!**



#### **Beschädigungsgefahr**

Bei Montage des Servomotors am Befestigungsflansch kann bei hoher radialer Belastung des Servomotors oder bei mit zu hohem Drehmoment angezogenen Schrauben der Befestigungsflansch beschädigt werden.

- ▶ Den Servomotor am hinteren Ende nicht mit einer radialen Kraft von mehr als 30 N belasten.
- ▶ Die Schrauben mit maximal 50 Ncm anziehen. Festigkeit der Schrauben beachten!

### **HINWEIS**



#### **Lebensdauer**

Die volle Lebensdauer wird erreicht, wenn der Servomotor keiner Schock- oder Schwingungsbelastung ausgesetzt wird.

### **VORSICHT!**



#### **Beschädigungsgefahr**

Bei zu starker statischer oder dynamischer Belastung kann es zu Schäden an den Flachbandkabeln kommen.

**Für Kabel mit Rastermaß 1,27 AWG28 gilt:**

- ▶ Der Zug am Kabel darf 30 N in jede Richtung nicht überschreiten. Bei ständiger Zugbelastung am Kabel liegt die Grenze bei 17 N.
- ▶ Bei häufigem Biegen wird empfohlen den Biegeradius von 10 mm nicht zu unterschreiten. Die mögliche Anzahl an Biegezyklen steigt mit zunehmendem Biegeradius.
- ▶ Bei kleinen Radien darf das Kabel nicht mehrmals gebogen werden, da sonst die Litzen brechen. Die Biegeradien bei einmaligem Verlegen müssen größer als 1,2 mm sein.
- ▶ Bei Temperaturen  $< -10\text{ °C}$  darf das Kabel nicht gebogen werden.

# 1 Wichtige Hinweise

---

## 1.5 Wartung / Instandhaltung

Der Servomotor ist bauartbedingt wartungsfrei. Es sind keine Maßnahmen zur Instandhaltung erforderlich.

## 1.6 Störungshilfe

Der Servomotor ist bauartbedingt unter Einhaltung der in dieser Bedienungsanleitung angegebenen Parameter störungsfrei. Sollte es dennoch zu einer Fehlfunktion kommen, nehmen Sie bitte Kontakt mit dem Hersteller auf.

Zentrale: +49(0)7031/638-0

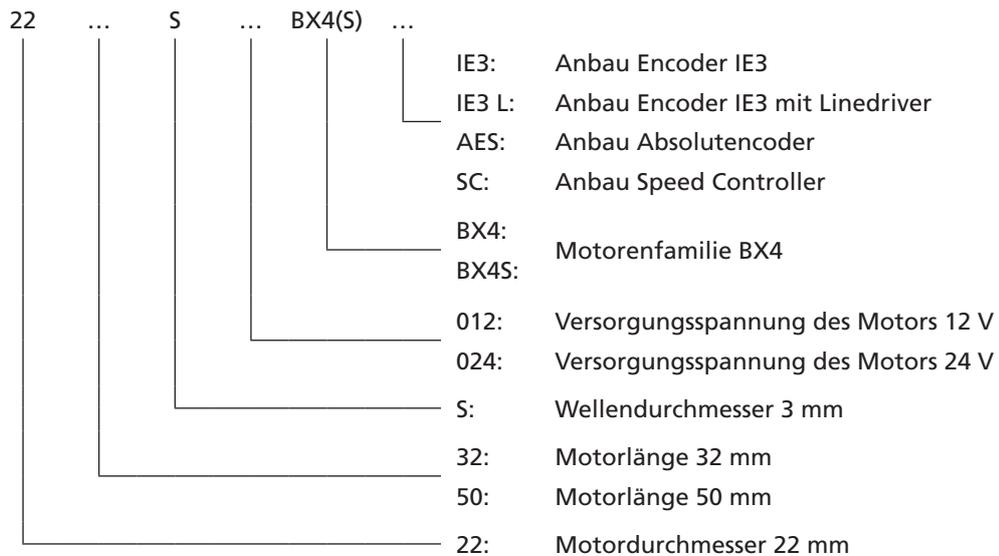
E-Mail: [info@faulhaber.de](mailto:info@faulhaber.de)

Internet: [www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)

## 2 Beschreibung

### 2.1 Allgemeine Produktbeschreibung

#### Produktinformation



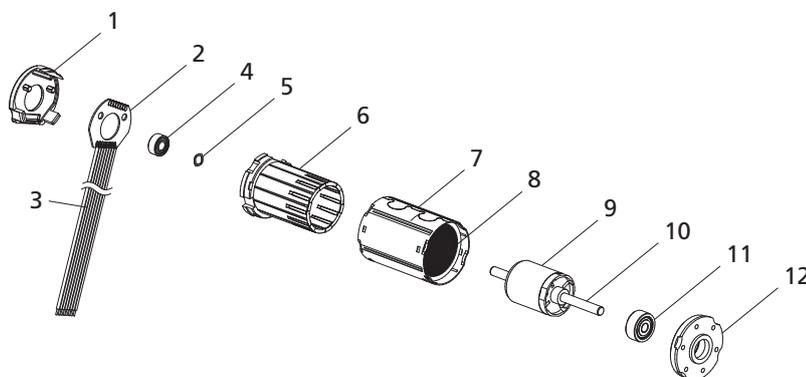
#### 2.1.1 Motor ohne Anbau

Der Servomotor ist ein elektronisch kommutierter (bürstenloser) DC-Motor. Im Vergleich zu mechanisch kommutierten Elektromotoren zeichnet er sich durch eine vielfach höhere Lebensdauer aus.

Der Motor ist auf der selbsttragenden Spulentechnologie, System FAULHABER, aufgebaut und besteht im Wesentlichen aus einer dreiphasigen Wicklung (Stator) und einem vierpoligen Permanentmagneten (Rotor). Die Kommutierung erfolgt über eine zusätzliche externe Steuerung.

Die Erfassung der Rotorlage erfolgt durch 3 digitale oder optional analoge Hallensensoren.

Zum Betrieb des Servomotors werden die Steuerungen SC 2804/SC 5008 bzw. MCBL 3006 (in Verbindung mit analogen Hallensensoren) von FAULHABER empfohlen.



- |                       |                               |                             |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 Deckel              | 5 Feder                       | 9 Rotor mit Permanentmagnet |
| 2 Adapterplatine      | 6 Wicklung mit Hallensensoren | 10 Welle                    |
| 3 Flachbandkabel      | 7 Gehäuse                     | 11 Vorderes Motorlager      |
| 4 Hinteres Motorlager | 8 Eisenrückschluss            | 12 Befestigungsflansch      |

## 2 Beschreibung

### 2.1 Allgemeine Produktbeschreibung

#### 2.1.2 Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L

Der in [Kapitel 2.1.1](#) beschriebene Servomotor besitzt in dieser Ausstattungsvariante einen Encoder mit 3 Ausgangskanälen (IE3). Ein Permanentmagnet auf der Welle erzeugt ein bewegtes Magnetfeld, welches mittels eines Winkelsensors erfasst und weiterverarbeitet wird. An den Ausgängen des Encoders stehen zwei um 90°e phasenverschobene Rechtecksignale mit bis zu 1024 Impulsen und einem Indeximpuls pro Motorumdrehung zur Verfügung.

Der Encoder ist mit verschiedenen Impulszahlen (32, 64, 128, 256, 512 oder 1024 Impulse/Umdrehung) erhältlich. Die Impulszahl ist aus der Motorbezeichnung ersichtlich. Weitere Auflösungen von 1 – 127 Impulsen sind auf Anfrage erhältlich.

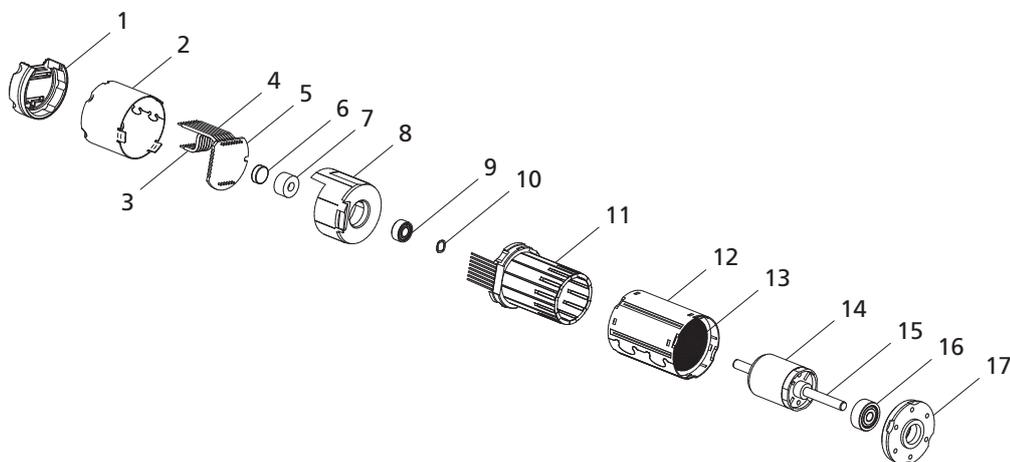
#### Beispiel

Motor: 2232 ... BX45 IE3-128 L

Ausstattung: Motor 2232 ... BX45 mit Encoder, 128 Impulse/Umdrehung, Linedriver

#### Linedriver

Encoder mit einem „L“ in der Encoderbezeichnung verfügen über differentielle Encodersignalausgänge gemäß TIA 422. Damit können Gleichtaktstörungen unterdrückt und längere Zuleitungen ermöglicht werden. Auf der Anschlussseite müssen diese differentiellen Signale mit einem Empfängerbaustein wieder zusammengeführt werden. Die genaue Funktionsweise wird im [Kapitel 4.2 „Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L“](#) beschrieben.



- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 1 Deckel              | 10 Feder                     |
| 2 Anbaugehäuse        | 11 Wicklung mit Hallsensoren |
| 3 Flachbandkabel 1    | 12 Gehäuse                   |
| 4 Flachbandkabel 2    | 13 Eisenrückschluss          |
| 5 Encoderplatine      | 14 Rotor mit Permanentmagnet |
| 6 Sensormagnet        | 15 Welle                     |
| 7 Magnethalter        | 16 Vorderes Motorlager       |
| 8 Anbauflansch        | 17 Befestigungsflansch       |
| 9 Hinteres Motorlager |                              |

## 2 Beschreibung

### 2.1 Allgemeine Produktbeschreibung

#### 2.1.3 Motor mit Absolutencoder AES

Der in [Kapitel 2.1.1](#) beschriebene Servomotor besitzt in dieser Ausstattungsvariante einen Absolutencoder mit serieller Schnittstelle.

Ein Permanentmagnet auf der Welle erzeugt ein bewegtes Magnetfeld, welches mittels eines Single-Chip Winkelsensors erfasst und weiterverarbeitet wird.

An den Ausgängen stehen absolute Winkelinformationen mit einer Auflösung von 4096 Schritten zur Verfügung, die über eine serielle Schnittstelle (SSI) abgefragt werden können. Absolut bedeutet, dass jeder Wellenposition innerhalb einer Umdrehung ein eindeutiger Winkelwert zugeordnet ist. Dieser ist bereits nach dem Einschalten direkt verfügbar.

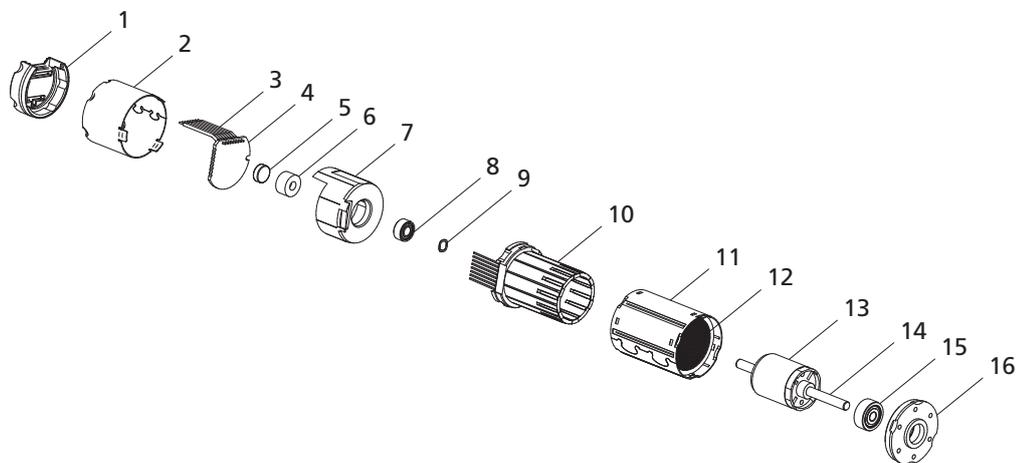
Der Absolutencoder eignet sich optimal zur Kommutierung, Drehzahl- und Positionsregelung. Es ist damit auch eine Sinuskommutierung möglich. Der Vorteil hierbei ist, dass der Motor effizienter betrieben und Drehmomentrippel minimiert werden.

Der Anschluss erfolgt über nur ein Flachbandkabel (im Gegensatz zur Variante mit Incrementalencoder).

#### Beispiel

Motor: 2232 ... BX4 AES-4096

Ausstattung: Motor 2232 ... BX4 mit Absolutencoder, Auflösung 4096 Schritte/Umdrehung



- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 1 Deckel              | 9 Feder                      |
| 2 Anbaugehäuse        | 10 Wicklung mit Hallsensoren |
| 3 Flachbandkabel      | 11 Gehäuse                   |
| 4 Encoderplatine      | 12 Eisenrückschluss          |
| 5 Sensormagnet        | 13 Rotor mit Permanentmagnet |
| 6 Magnethalter        | 14 Welle                     |
| 7 Anbauflansch        | 15 Vorderes Motorlager       |
| 8 Hinteres Motorlager | 16 Befestigungsflansch       |

## 2 Beschreibung

### 2.1 Allgemeine Produktbeschreibung

#### 2.1.4 Motor mit Speed Controller SC

Der in [Kapitel 2.1.1](#) beschriebene Servomotor besitzt in dieser Ausstattungsvariante eine integrierte Kommutierungselektronik (Speed Controller SC), die vielfältige Möglichkeiten der Motorsteuerung zur Verfügung stellt.

Der Motor bietet folgende Funktionen:

- Regelung der Drehzahl über Sollwerteingang oder Steuerung der Drehzahl über Motorspannung.
- Umschalten der Drehrichtung über Schalteingang.
- Auslesen des Drehzahlsignals über Frequenzausgang.

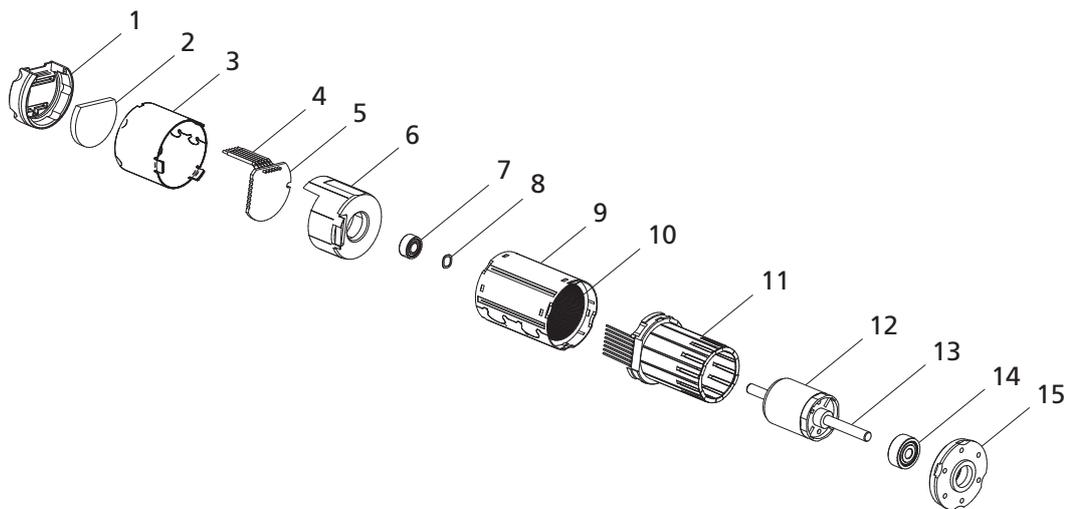
#### VORSICHT!



#### Beschädigungsgefahr

Zu schnelles wiederholtes Umschalten der Drehrichtung des Motors (Reversierbetrieb) kann zu Beschädigung führen.

- ▶ Den Speed Controller nicht für einen Reversierbetrieb verwenden.



- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 1 Deckel              | 9 Gehäuse                    |
| 2 Wärmeleitpad        | 10 Eisenrückschluss          |
| 3 Anbaugehäuse        | 11 Wicklung mit Hallensoren  |
| 4 Flachbandkabel      | 12 Rotor mit Permanentmagnet |
| 5 Controllerplatine   | 13 Welle                     |
| 6 Anbauflansch        | 14 Vorderes Motorlager       |
| 7 Hinteres Motorlager | 15 Befestigungsflansch       |
| 8 Feder               |                              |

## 3 Installation

### 3.1 Montage

Der Servomotor ist zur Vermeidung von Funktionsstörungen und Beschädigungen nach bestimmten Vorgaben zu montieren.

#### VORSICHT!



#### **Materialschaden**

*Durch eine falsche Montage oder eine Montage mit falschem Befestigungsmaterial kann die Funktion gestört und/oder der Motor beschädigt werden.*

► Die folgenden Montageanweisungen einhalten.

#### **Einsatzumgebung**

Der Servomotor kann je nach Einsatz sehr heiß werden. Möglichkeiten zur Wärmeabfuhr müssen entsprechend vorgesehen werden.

#### **Wellenbelastung**

Beim Aufpressen von Teilen auf die Motorwelle muss diese an der gegenüber liegenden Seite gegengehalten werden. Andernfalls sind die maximal zulässigen Belastungswerte (Axial im Stillstand) zu beachten.

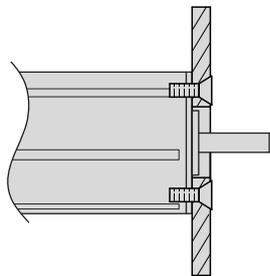
#### **Befestigungsflansch**

Bei der Befestigung des Servomotors am vorderen Flansch sind die Schrauben zu sichern, da sie sich bei hohen Temperaturen lösen können. Die maximale Länge der Befestigungsschrauben ist zu beachten, da der Motor sonst zerstört wird.

**Die max. zulässige Einschraubtiefe gemäß Produktdatenblatt darf nicht überschritten werden.**

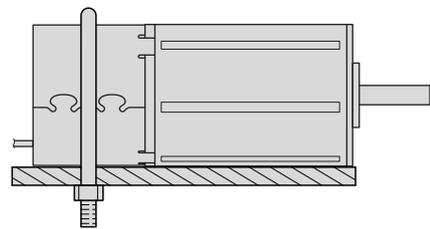
#### **Richtig**

Die Befestigung des Motors erfolgt über Schrauben am Befestigungsflansch.



#### **Falsch**

Der Motor wird am Anbau mit einer Bügelschraube festgeklammt.



#### **Elektrischer Anschluss**

Es ist darauf zu achten, dass das Flachbandkabel ohne Gefahr einer Beschädigung während der Installation und des Betriebs, z. B. durch Scheuern, Quetschen oder zu enge Biegeradien, verlegt ist. Die maximale Belastung des Kabels ist zu beachten (siehe [Kapitel 1.4 „Umgebungsbedingungen“](#)).

Detaillierte Informationen zum Anschluss der in dieser Anleitung beschriebenen Produkte finden Sie in den entsprechenden Datenblättern auf der Internetseite von FAULHABER ([www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com)).

## 3 Installation

### 3.2 EMV-gerechte Installation

#### VORSICHT!



#### Länge der Anschlussleitungen

Die maximale Länge der Anschlussleitungen ist begrenzt.

- ▶ Alle Anschlussleitungen dürfen eine Länge von 3 m nicht überschreiten.

Die Optimierung des Verhaltens hinsichtlich Störaussendung und Störfestigkeit setzt zusätzliche EMV-Maßnahmen voraus:

- Die Gewährleistung der notwendigen Störfestigkeit im Industriebereich kann die Verwendung einer EMV-Schutzbeschaltung erfordern.

Motorbezeichnung	Einsatzumgebung	Störungstyp	Maßnahme
Motor ohne Anbau	Industriebereich		
Motor mit Speed Controller SC	Industriebereich	Störfestigkeit	EMV-Schutzbeschaltung

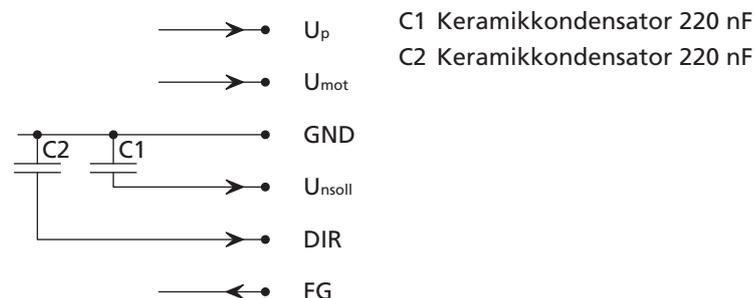
Aus dieser Tabelle geht hervor, welche zusätzlichen EMV-Maßnahmen umgesetzt werden können, um das Verhalten des Betriebsmittels in der bestimmungsgemäßen Umgebung hinsichtlich Störfestigkeit zu optimieren.

Die Geräte sind nur für den Einsatz im Industriebereich vorgesehen. Sollen die Geräte im Wohnbereich, im Geschäftsbereich, im Gewerbebereich oder in einem Kleinbetrieb verwendet werden, dann ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass die Störaussendung unterhalb des zulässigen Grenzwertes liegt.

#### 3.2.1 Beschreibung der EMV-Maßnahmen

##### Die EMV-Schutzbeschaltung (nur Motor mit Speed Controller SC)

###### Schaltplan 1



#### HINWEIS



##### Kondensator C1:

Bei Verwendung des Keramikkondensators C1 kann es im Betriebsmodus  $PWM_{nsoll}$  zu Funktionsbeeinträchtigungen kommen.

- ▶ Im Betriebsmodus  $PWM_{nsoll}$  Signalquelle mit geringem Innenwiderstand verwenden.

#### HINWEIS



##### Kondensator C2:

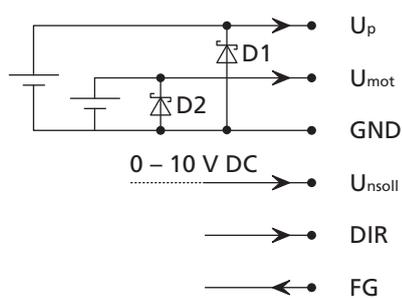
Bei Verwendung des Keramikkondensators C2 ist gegebenenfalls ein Firmware-Update mit der PC-Software Motion Manager nicht mehr möglich.

- ▶ Kondensator C2 beim Update der Firmware entfernen.

## 3 Installation

### 3.2 EMV-gerechte Installation

Schaltplan 2



Getrennte Supressordioden (D1, D2) für  $U_p$  und  $U_{mot}$  bei getrennten Versorgungsspannungen.

Wird nur eine Versorgungsspannung verwendet, (Brücke zwischen  $U_p$  und  $U_{mot}$ ), dann ist eine Supressordiode (D1) ausreichend. D1 und D2 z. B. P6KE33A von STMicroelectronics.

#### HINWEIS

#### Ausnahmen:



Eventuell ist die Umsetzung der genannten zusätzlichen EMV-Maßnahmen nicht erforderlich. Wird der Motor mit Speed Controller z. B. von einem CE-konformen Netzgerät gespeist, kann die EMV-Schutzbeschaltung entbehrlich sein. Das Netzgerät übernimmt in diesem Fall die Funktion der EMV-Schutzbeschaltung nach Schaltplan 2.

#### HINWEIS

#### Motor ohne Anbauteil:



Zum Betrieb des Servomotors wird eine Steuerung, z. B. SC2804 von FAULHABER, empfohlen.

## 3 Installation

### 3.3 Anschlussbelegung

#### 3.3.1 Motor ohne Anbau

Der Servomotor ist standardmäßig mit einem achtadrigen Flachbandkabel für die Stromversorgung der Motorphasen und der Sensorik sowie der Übertragung der digitalen (Standard) oder analogen (Option 3692) Hallensensordaten ausgestattet.

Detaillierte Informationen zu den Hallensensordaten siehe [Kapitel 4.1 „Motor ohne Anbau“](#).

#### VORSICHT!

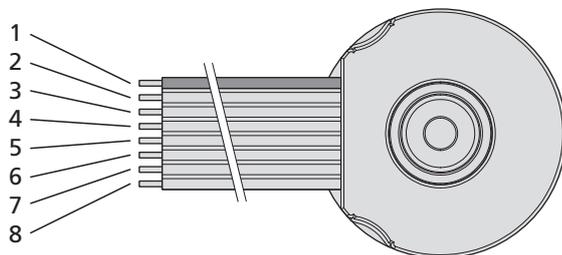


#### Elektronikschaden/ESD-Schutz

Elektrostatische Entladungen können auf der Anschlussbelegung des Flachbandkabels zur Zerstörung des Motors führen.

- ▶ Er darf nur an ESD geschützten Arbeitsplätzen verarbeitet werden.
- Durch falsches Anschließen der Adern kann die Elektronik zerstört werden.
- ▶ Flachbandkabel gemäß der Anschlussbelegung anschließen, siehe Tabelle.

#### Anschlussbelegung des Flachbandkabels



Ader	Funktion
1 (rot)	Phase C
2	Phase B
3	Phase A
4	GND
5	U <sub>DD</sub>
6	Hallsensor C
7	Hallsensor B
8	Hallsensor A

## 3 Installation

### 3.3 Anschlussbelegung

#### 3.3.2 Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L

Der Servomotor mit Encoder verfügt neben dem in [Kapitel 3.3.1](#) beschriebenen achtadrigen Anschlusskabel für die Versorgung des Motors über ein sechsadriges Flachbandkabel (zehnadrig bei Encodern mit Linedriver) für die Anschlüsse des Encoders.

#### VORSICHT!



#### Elektronikschaden/ESD-Schutz

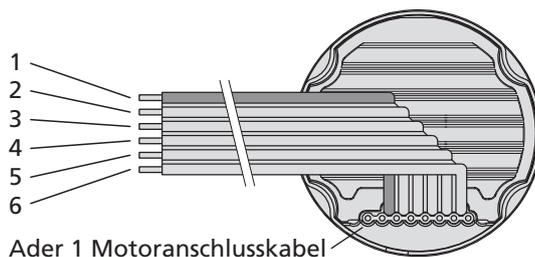
Elektrostatische Entladungen können auf der Anschlussbelegung des Flachbandkabels zur Zerstörung des Motors führen.

► Er darf nur an ESD geschützten Arbeitsplätzen verarbeitet werden.

Durch falsches Anschließen der Adern kann die Elektronik zerstört werden.

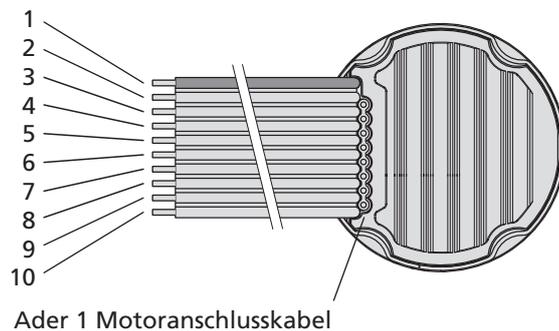
► Flachbandkabel gemäß der Anschlussbelegung anschließen, siehe Tabelle.

#### Anschlussbelegung des Flachbandkabels für Encoder ohne Linedriver (IE3)



Ader	Funktion
1 (rot)	n.c.
2	Kanal I (Index)
3	GND Enc
4	UDD Enc
5	Kanal B
6	Kanal A

#### Anschlussbelegung des Flachbandkabels für Encoder mit Linedriver (IE3 L)



Ader	Funktion
1 (rot)	n.c.
2	UDD Enc
3	GND Enc
4	n.c.
5	Kanal A
6	Kanal A
7	Kanal B
8	Kanal B
9	Kanal I (Index)
10	Kanal I (Index)

## 3 Installation

### 3.3 Anschlussbelegung

#### 3.3.3 Motor mit Absolutencoder AES

Der Servomotor mit Absolutencoder AES ist standardmäßig mit einem achtadrigen Flachbandkabel für die Stromversorgung der Phasen und des Encoders, sowie der Signalübertragung der Winkelinformationen über eine serielle Schnittstelle (SSI) ausgestattet.

#### VORSICHT!



#### Elektronikschaden/ESD-Schutz

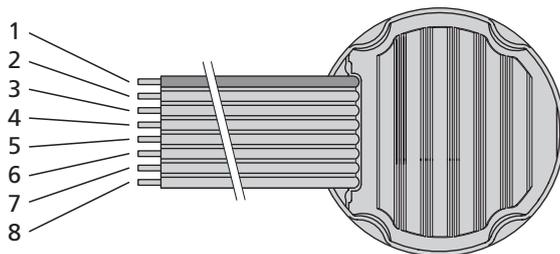
Elektrostatische Entladungen können auf der Anschlussbelegung des Flachbandkabels zur Zerstörung des Motors führen.

- ▶ Er darf nur an ESD geschützten Arbeitsplätzen verarbeitet werden.

Durch falsches Anschließen der Adern kann die Elektronik zerstört werden.

- ▶ Flachbandkabel gemäß der Anschlussbelegung anschließen, siehe Tabelle.

#### Anschlussbelegung des Flachbandkabels für Absolutencoder



Ader	Funktion
1 (rot)	Phase C
2	Phase B
3	Phase A
4	GND <sub>Enc</sub>
5	UDD <sub>Enc</sub>
6	CLK
7	Res.
8	DATA

## 3 Installation

### 3.3 Anschlussbelegung

#### 3.3.4 Motor mit Speed Controller SC

Der Servomotor mit integriertem Speed Controller SC ist mit einem sechsadrigen Flachbandkabel für die Stromversorgung und Ansteuerung der Motorfunktionen ausgestattet.

**VORSICHT!**



**Elektronikschaden/ESD-Schutz**

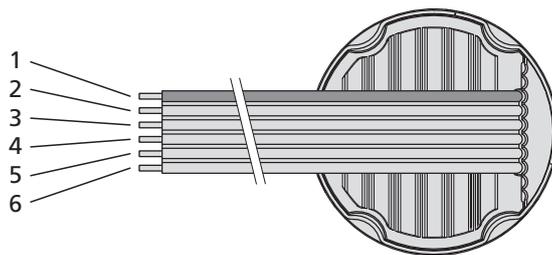
*Elektrostatische Entladungen können auf der Anschlussbelegung des Flachbandkabels zur Zerstörung des Motors führen.*

▶ *Er darf nur an ESD geschützten Arbeitsplätzen verarbeitet werden.*

*Durch falsches Anschließen der Adern kann die Elektronik zerstört werden.*

▶ *Flachbandkabel gemäß der Anschlussbelegung anschließen, siehe Tabelle.*

**Anschlussbelegung des Flachbandkabels für Speed Controller**

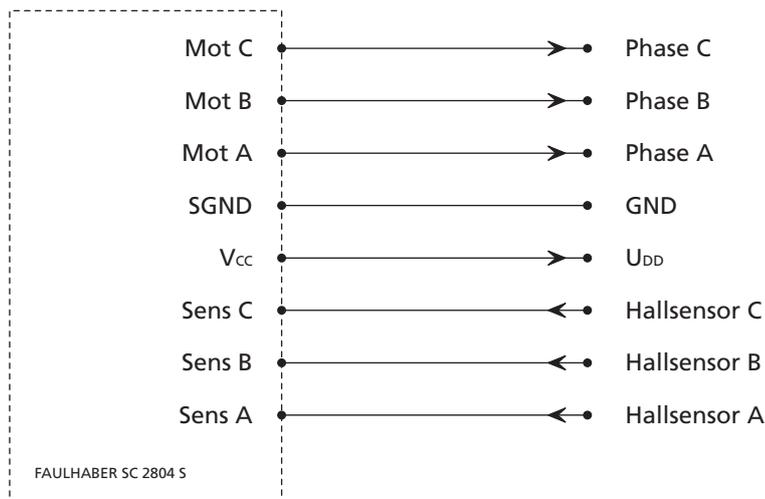


Ader	Funktion
1 (rot)	U <sub>P</sub>
2	U <sub>mot</sub>
3	GND
4	U <sub>nsoll</sub>
5	DIR
6	FG

## 3 Installation

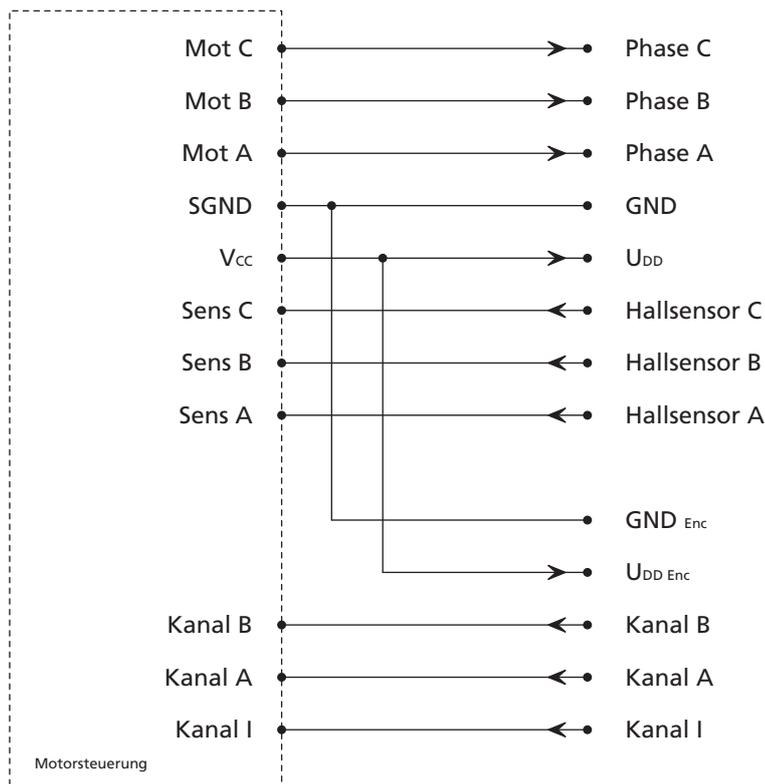
### 3.4 Anschlussbeispiele

#### 3.4.1 Motor ohne Anbau



Der Servomotor wird im Beispiel mit der FAULHABER-Steuerung SC 2804 S betrieben.

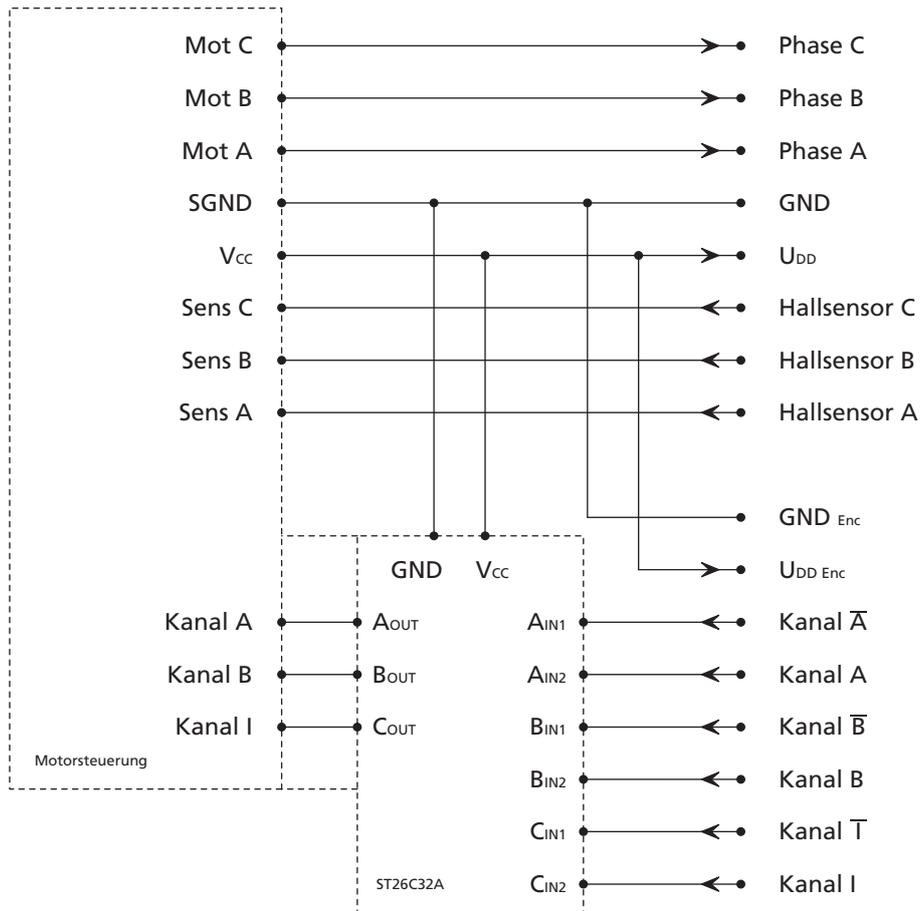
#### 3.4.2 Motor mit Encoder IE3



## 3 Installation

### 3.4 Anschlussbeispiele

#### 3.4.3 Motor mit Encoder IE3 L

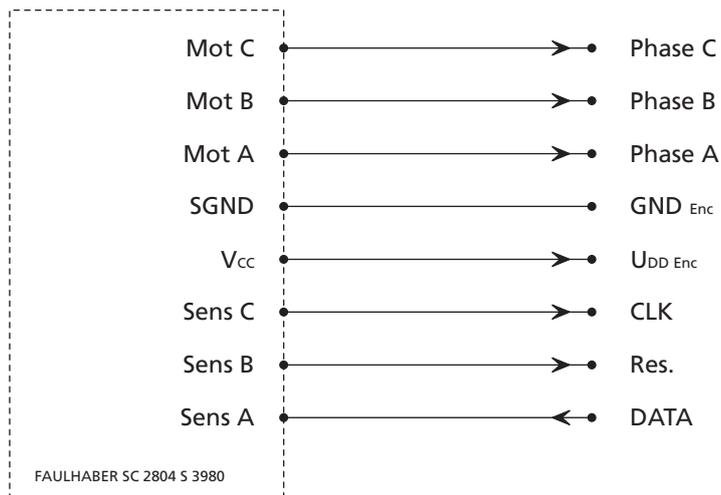


Auf der Anschlussseite werden die differentiellen Encodersignale mit einem TIA-422 kompatiblen Empfängerbaustein (hier: ST26C32A) zusammengeführt.

## 3 Installation

### 3.4 Anschlussbeispiele

#### 3.4.4 Motor mit Absolutencoder AES



Der Servomotor wird im Beispiel mit der FAULHABER-Steuerung SC 2804 S 3980 betrieben.

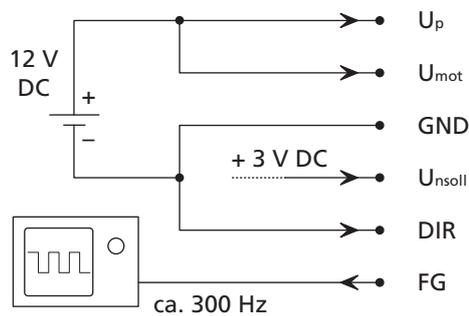
## 3 Installation

### 3.4 Anschlussbeispiele

#### 3.4.5 Motor mit Speed Controller SC

Anhand von zwei Beispielen sollen die Betriebsarten des Servomotors mit Speed Controller SC verdeutlicht werden. Die Angaben beziehen sich auf einen Motor mit einer Nennspannung von 12 V.

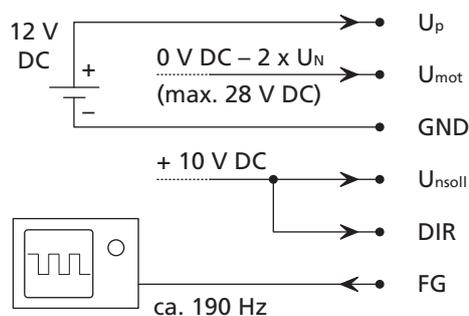
##### Elektronische Drehzahlregelung



Der Motor dreht mit ca. 3000 rpm in Richtung links, die Drehzahlregelung erfolgt elektronisch. Sollwertvorgabe 3 V bei 1000 rpm/V entspricht einer Solldrehzahl von 3000 rpm.

Die Istdrehzahl an FG ist:  $300 \text{ Hz} / 6 \text{ Impulse pro Umdrehung} \cdot 60 \text{ s} = 3000 \text{ rpm}$ . Drehrichtungsvorgabe (Linkslauf) erfolgt durch 0 V an DIR.

##### Externe Drehzahlsteuerung



Der Motor dreht z. B. mit 1900 rpm in Richtung rechts, die Drehzahl wird über die Motorspannung ( $U_{\text{mot}}$ ) gesteuert. Am Frequenzausgang (FG) werden ca. 190 Hz gemessen.

$190 \text{ Impulse/sec} = 31,66 \text{ U/sec}$ ,

$31,66 \text{ U/sec} = 1900 \text{ rpm}$ .

#### HINWEIS



Die minimale und maximale Versorgungsspannung muss beachtet werden. Siehe [Kapitel 3.3.4 „Motor mit Speed Controller SC“](#).

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.1 Motor ohne Anbau

#### 4.1.1 Anschlussfunktionen bei digitalen Hallsensoren (Standardausführung)

Der Servomotor benötigt zum Betrieb eine externe Steuerung und verfügt über die in [Kapitel 3](#) aufgeführten elektrischen Anschlussmöglichkeiten.

##### Phase C bis Phase A (Ader 1 – 3)

Das für den Betrieb des Motors benötigte Drehfeld wird an den Phasen C bis A angelegt.

Spannungsbereich: 0 V AC bis  $U_{\max}$ .

Für  $U_{\max}$  sind folgende Grenzen einzuhalten:

- Grenzdrehzahl laut Produktdatenblatt beachten.
- $U_{\max} < 50$  V AC (unterhalb der Niederspannungsrichtlinie).

#### VORSICHT!



##### Oberschwingungen

*Beim Betrieb des Servomotors mit Blockkommutierung oder PWM können Oberschwingungen entstehen, wodurch sich das Störaussendungsverhalten des Motors verschlechtern kann.*

- ▶ Für einen sichergestellten Betrieb des Motors innerhalb der EMV muss ein überschwingungsfreies Drehfeld, oder die vorgeschlagene FAULHABER Steuerung (siehe [Kapitel 3.4 „Anschlussbeispiele“](#)) verwendet werden.

##### GND (Ader 4)

Gemeinsame Masse der Hallsensoren.

##### $U_{DD}$ (Ader 5)

Versorgungsspannung der Hallsensoren.

Spannungsbereich: 2,2 ... 18 V DC.

Eingangsstrom: < 18 mA.

##### Ausgangssignale Hallsensor C bis Hallsensor A (Ader 6 – 8)

Signalausgang der Hallsensoren.

Spannungsbereich: 0,1 V DC ...  $U_{DD}$ .

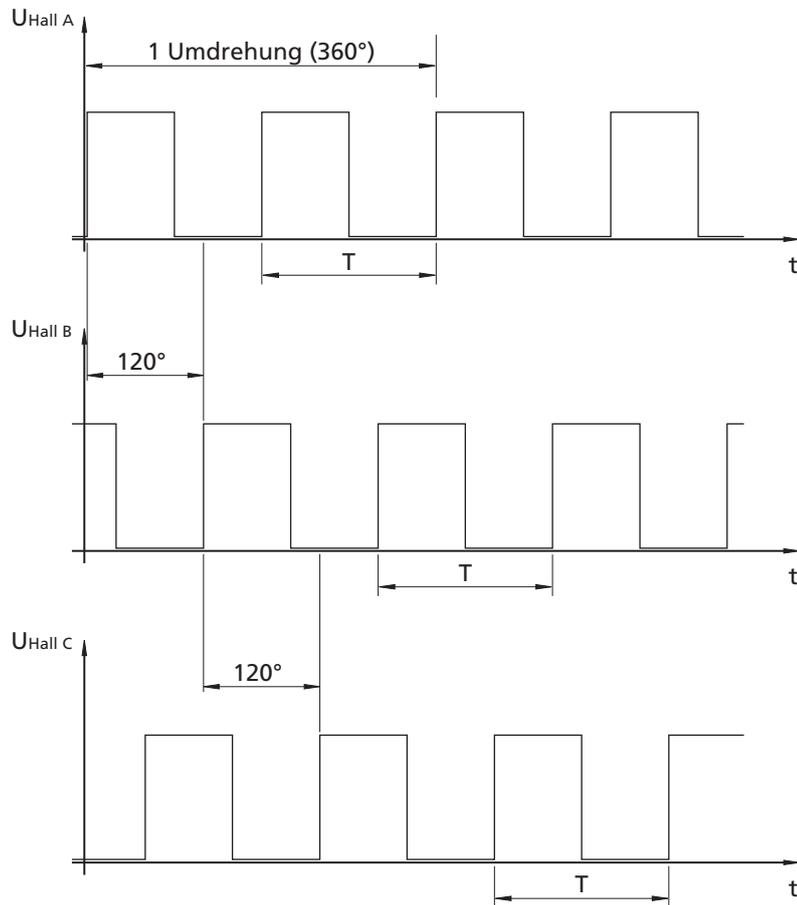
Ausgangsstrom: < 25 mA.

Der Ausgangsstrom ergibt sich aus der angelegten Pull-up-Spannung und dem verwendeten Pull-up-Widerstand.

Signalaufbau: Die Hallsignale sind entsprechend der Phasen zueinander 120° phasenverschoben. Aufgrund der 4-poligen Ausführung ist die Schaltfrequenz doppelt so groß wie die Drehzahl.

## 4 Funktionsbeschreibung

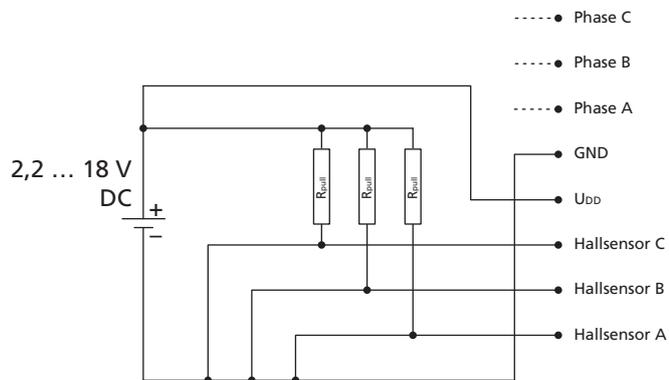
### 4.1 Motor ohne Anbau



#### HINWEIS



Die Ausgänge der Hallensoren sind als Open Collector ausgeführt. Zum Betrieb sind daher Pull-up-Widerstände erforderlich.



■  $R_{pull} \geq 820 \Omega$

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.1 Motor ohne Anbau

#### 4.1.2 Anschlussfunktionen bei analogen Hallsensoren (Option 3692)

Der Servomotor benötigt zum Betrieb eine externe Steuerung und verfügt über die in [Kapitel 3](#) aufgeführten elektrischen Anschlussmöglichkeiten.

##### Phase C bis Phase A (Ader 1 – 3)

Das für den Betrieb des Motors benötigte Drehfeld wird an den Phasen C bis A angelegt.

Spannungsbereich: 0 V AC bis  $U_{\max}$ .

Für  $U_{\max}$  sind folgende Grenzen einzuhalten:

- Grenzdrehzahl laut Produktdatenblatt beachten.
- $U_{\max} < 50$  V AC (unterhalb der Niederspannungsrichtlinie).

#### VORSICHT!



##### Oberschwingungen

Beim Betrieb des Servomotors mit Blockkommutierung oder PWM können Oberschwingungen entstehen, wodurch sich das Störaussendungsverhalten des Motors verschlechtern kann.

- ▶ Für einen sichergestellten Betrieb des Motors innerhalb der EMV muss ein überschwingungsfreies Drehfeld, oder die vorgeschlagene FAULHABER Steuerung (siehe [Kapitel 3.4 „Anschlussbeispiele“](#)) verwendet werden.

##### GND (Ader 4)

Gemeinsame Masse der Hallsensoren.

##### $U_{DD}$ (Ader 5)

Versorgungsspannung der Hallsensoren.

Spannungsbereich: 4,5 ... 5,5 V DC.

Eingangsstrom: < 18 mA.

##### Ausgangssignale Hallsensor C bis Hallsensor A (Ader 6 – 8)

Signalausgang der Hallsensoren.

Spannungsbereich maximal: 0 V DC ...  $U_{DD}$ .

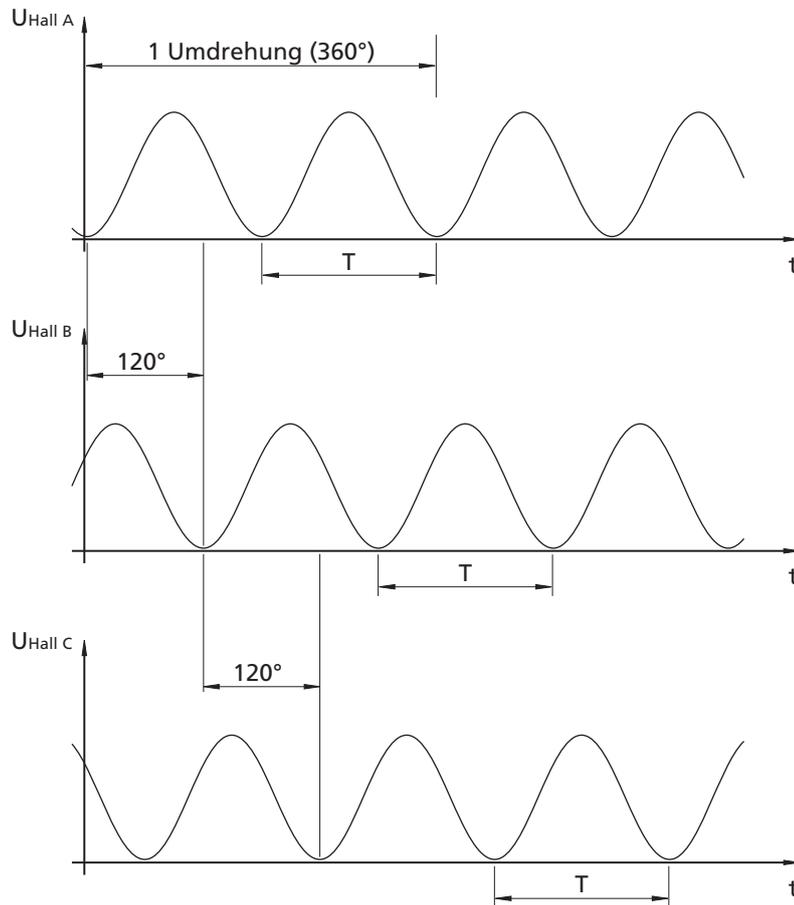
Spannungsbereich typisch:  $2,5 \pm 1,5$  V DC

Ausgangsstrom  $I_{A, \max}$ : 1 mA.

Signalaufbau: Die Hallsignale sind entsprechend der Phasen zueinander  $120^\circ$  phasenverschoben. Aufgrund der 4-poligen Ausführung ist die Schaltfrequenz doppelt so groß wie die Drehzahl.

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.1 Motor ohne Anbau

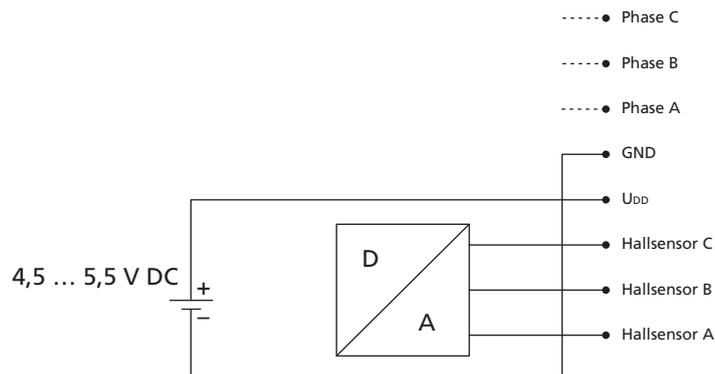


#### HINWEIS



Der Innenwiderstand der Auswerteschaltung sollte  $5\text{ k}\Omega$  nicht überschreiten.  
Eine Filterung der analogen Signale wird empfohlen.

#### Beschaltungsbeispiel



## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.2 Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L

#### 4.2.1 Anschlussfunktionen

Zusätzlich zu den in [Kapitel 4.1 „Motor ohne Anbau“](#) beschriebenen Anschlussfunktionen verfügt der Servomotor mit Encoder über ein sechsadriges Flachbandkabel (AWG28), zehnadrig bei Encodern mit Linedriver, das die hier beschriebenen Anschlussfunktionen des Encoders zur Verfügung stellt.

#### HINWEIS



Für den Motor mit IE3-512 und IE3-1024 gilt eine von [Kapitel 4.1](#) abweichende Versorgung der Hallsensoren (4,5 ... 5,5 V DC;  $U_{DD} = U_{DD\ Enc}$ ). Die Ausgänge der Hallsensoren sind hier als Push-Pull (CMOS- und TTL-kompatibel) ausgeführt. Ausgangsstrom, max. 4 mA

#### Encoder ohne Linedriver

##### Kanal I (Ader 2)

Ausgangssignal Nullimpuls.

Impulszahl: 1 Impuls/Umdrehung.

##### GND Enc (Ader 3)

Masse-Anschluss für den Encoder.

##### $U_{DD\ Enc}$ (Ader 4)

Versorgungsspannung für den Encoder.

Spannungsbereich: 4,5 ... 5,5 V DC.

IE3-32/64/128/256: Versorgung Encoder und Hallsensoren galvanisch getrennt ( $U_{DD} \neq U_{DD\ Enc}$ ).

IE3-512/1024: Versorgung Encoder und Hallsensoren verbunden ( $U_{DD} = U_{DD\ Enc}$ ).

##### Kanal B (Ader 5)

Ausgangssignal B des Impulsgebers, 90°e versetzt zu Kanal A, CMOS- und TTL-kompatibel.

Impulszahl (abhängig von Encoderaufbau): 32, 64, 128, 256, 512 oder 1024 Impulse/Umdrehung.

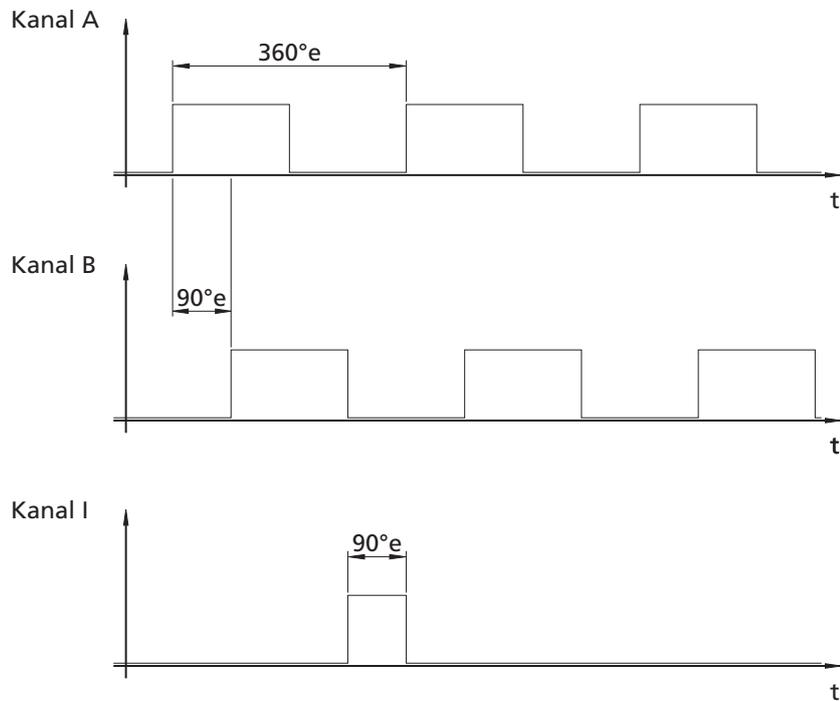
##### Kanal A (Ader 6)

Ausgangssignal A des Impulsgebers, CMOS- und TTL-kompatibel.

Impulszahl (abhängig von Encoderaufbau): 32, 64, 128, 256, 512 oder 1024 Impulse/Umdrehung.

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.2 Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L



Die Darstellung der Signale und Phasenverschiebung bezieht sich auf einen rechtsdrehenden Motor (auf Abtrieb gesehen).

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.2 Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L

#### Encoder mit Linedriver

Der Encoder mit Linedriver stellt zusätzlich zu den Ausgangssignalen Kanal A, Kanal B und Kanal I auch die invertierten Signale Kanal nicht A, Kanal nicht B und Kanal nicht I zur Verfügung. Auf der Anschlussseite müssen diese differentiellen Signale mit einem Empfängerbaustein (z. B. ST26C32A von STM) wieder zusammengeführt werden.

Mit dieser symmetrischen Schnittstelle nach TIA-422 Standard können Gleichtaktstörungen unterdrückt und längere Zuleitungen ermöglicht werden.

#### $U_{DD\ Enc}$ (Ader 2)

Versorgungsspannung für den Encoder, galvanisch getrennt vom Motor.

Spannungsbereich: 4,5 ... 5,5 V DC.

#### $GND_{\ Enc}$ (Ader 3)

Masse-Anschluss für den Encoder, galvanisch getrennt vom Motor.

#### Kanal $\bar{A}$ (Ader 5)

Invertiertes Ausgangssignal A des Impulsgebers, TIA-422-kompatibel.

Impulszahl (abhängig von Encoderaufbau): 32, 64, 128, 256, 512 oder 1024 Impulse/Umdrehung.

#### Kanal A (Ader 6)

Ausgangssignal A des Impulsgebers, TIA-422-kompatibel.

Impulszahl (abhängig von Encoderaufbau): 32, 64, 128, 256, 512 oder 1024 Impulse/Umdrehung.

#### Kanal $\bar{B}$ (Ader 7)

Invertiertes Ausgangssignal B des Impulsgebers, 90°e versetzt zu Kanal A, TIA-422-kompatibel.

Impulszahl (abhängig von Encoderaufbau): 32, 64, 128, 256, 512 oder 1024 Impulse/Umdrehung.

#### Kanal B (Ader 8)

Ausgangssignal B des Impulsgebers, 90°e versetzt zu Kanal A, TIA-422-kompatibel.

Impulszahl (abhängig von Encoderaufbau): 32, 64, 128, 256, 512 oder 1024 Impulse/Umdrehung.

#### Kanal I (Ader 9)

Invertiertes Ausgangssignal Nullimpuls.

Impulszahl: 1 Impuls/Umdrehung.

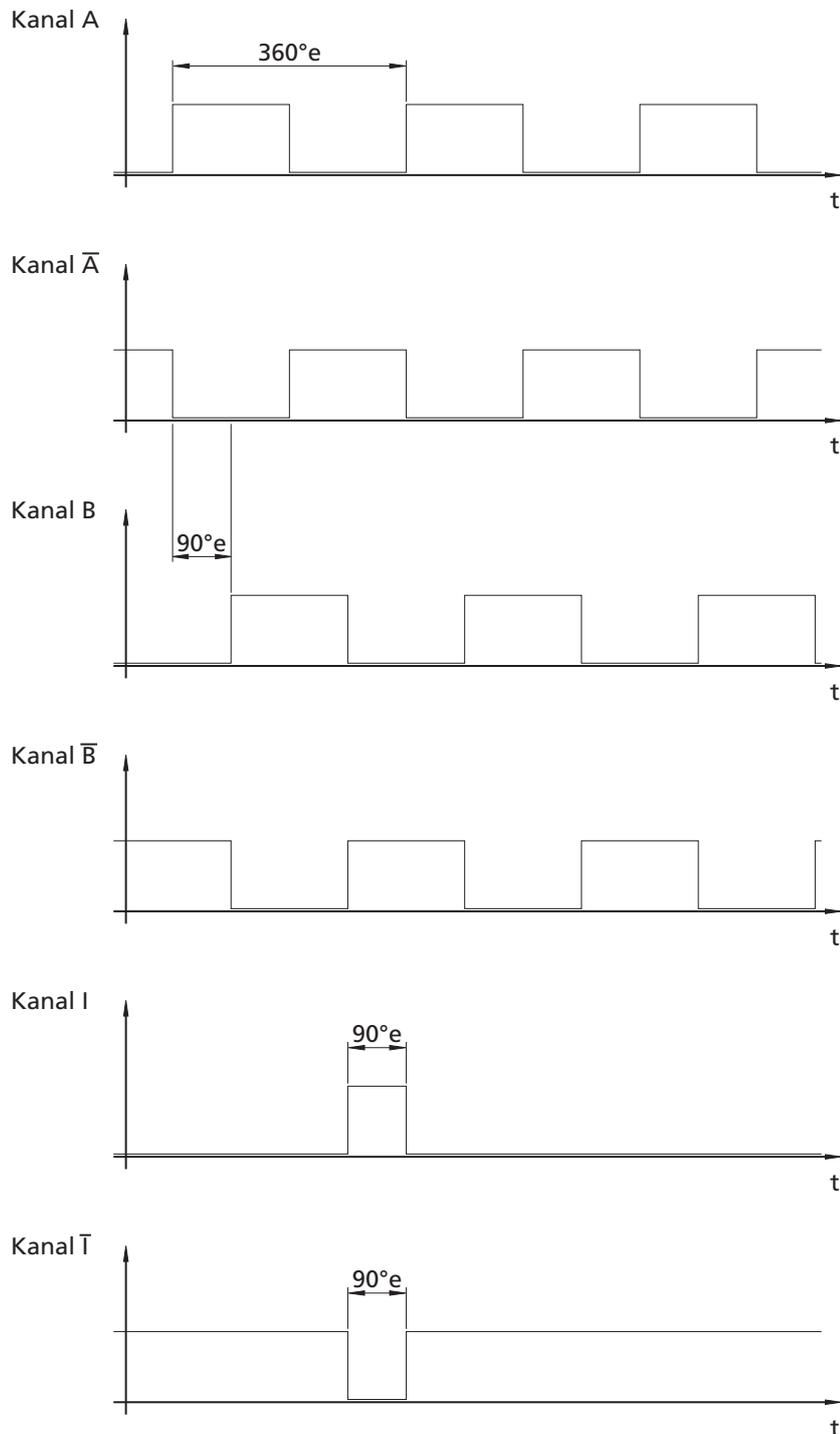
#### Kanal $\bar{I}$ (Ader 10)

Ausgangssignal Nullimpuls.

Impulszahl: 1 Impuls/Umdrehung.

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.2 Motor mit Encoder IE3 oder IE3 L



Die Darstellung der Signale und Phasenverschiebung bezieht sich auf einen rechtsdrehenden Motor (auf Abtrieb gesehen).

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.3 Motor mit Absolutencoder AES

#### 4.3.1 Anschlussfunktionen

Der Servomotor mit Absolutencoder AES benötigt zum Betrieb eine externe Steuerung und verfügt über die in [Kapitel 3 „Installation“](#) aufgeführten elektrischen Anschlussmöglichkeiten.

#### Phase C bis Phase A (Ader 1 - 3)

Das für den Betrieb des Motors benötigte Drehfeld wird an den Phasen C bis A angelegt.

Spannungsbereich: 0 V AC bis  $U_{\max}$ .

Für  $U_{\max}$  sind folgende Grenzen einzuhalten:

- Grenzdrehzahl laut Produktdatenblatt beachten.
- $U_{\max} < 50$  V AC (unterhalb der Niederspannungsrichtlinie).

#### GND<sub>Enc</sub> (Ader 4)

Masse-Anschluss für den Absolutencoder.

#### U<sub>DD Enc</sub> (Ader 5)

Versorgungsspannung für den Absolutencoder.

Spannungsversorgung: 4,5 ... 5,5 V DC.

#### CLK (Ader 6)

Eingang für das Clock-Signal der seriellen Schnittstelle (SSI).

#### Res. (Ader 7)

Eingang reserviert.

#### DATA (Ader 8)

Ausgang für die Daten der seriellen Schnittstelle (SSI).

#### **VORSICHT!**



#### **Funktionsstörung!**

*Bei Verwendung eines Anschlusskabels mit einer Länge von mehr als 30 cm zwischen Motor und Steuerung kann es zu Funktionsstörungen beim Betrieb kommen.*

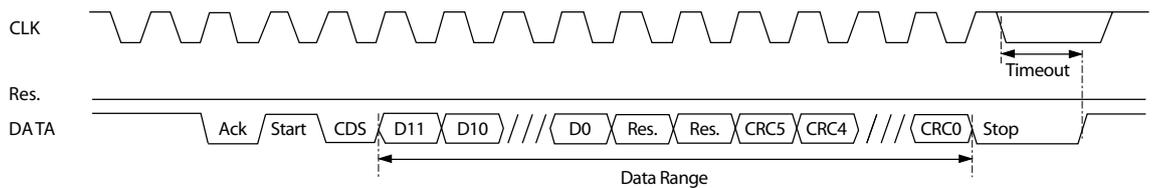
- ▶ *Die Verwendbarkeit eines längeren Anschlusskabels muss im Einzelfall geprüft werden!*

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.3 Motor mit Absolutencoder AES

#### Synchrone Serielle Schnittstelle (SSI)

Die Synchrone Serielle Schnittstelle (SSI) dient zum Auslesen der absoluten Winkelpositionen des Encoders.



Nachdem der Encoder in der fixierten Zyklus-Startsequenz das Acknowledge- (Ack), Start- und Control-Bit (CDS) gesendet hat, folgen die binären 12 Bit Sensordaten.

Anschließend folgen zwei reservierte und sechs CRC-Bits.

Werden keine weiteren Taktsignale an der CLK-Leitung gesendet, so läuft der Encoder in ein Timeout (16  $\mu$ s), der die Kommunikation beendet. Dies ist optional auch nach den 12 Bit Sensordaten bereits möglich.

Winkelpositionswerte bei Rechtslauf ansteigend.

Rechtslauf: Drehung der Abtriebswelle im Uhrzeigersinn vom Wellenende auf die Abtriebsseite des Motors gesehen.

## 4 Funktionsbeschreibung

---

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### 4.4.1 Anschlussfunktionen

Der Servomotor mit integriertem Speed Controller SC unterstützt folgende Funktionen, bzw. Betriebsmodi:

- Regelung der Drehzahl über Spannung am Sollwerteingang.
- Steuerung der Drehzahl über Spulenspannung.
- Steuerung der Drehrichtung am Schalteingang.
- Auslesen des Drehzahlsignals am Frequenz Ausgang.

#### **U<sub>P</sub> (Ader 1)**

Versorgungsspannung für die Elektronik.

Spannungsbereich: 5 ... 28 V DC.

#### **U<sub>mot</sub> (Ader 2)**

Versorgungsspannung für die Motorwicklung.

Spannungsbereich: 6 ... 28 V DC.

#### **GND (Ader 3)**

Gemeinsame Masse.

#### **U<sub>nsoll</sub> (Ader 4)**

Steuerspannung für die Soll-Drehzahl.

Spannungsbereich: 0 ... 10 V DC (für > 10 V DC ... max. U<sub>P</sub> ist kein Drehzahl Sollwert definiert).

Ist U<sub>nsoll</sub> > 10 V DC, wird die Drehzahl auf den 10 V DC entsprechenden Wert geregelt. Dieser Wert liegt oberhalb der Nenn Drehzahl, so dass es zur Vollaussteuerung kommt. Wird U<sub>mot</sub> so weit erhöht, dass die Motorist Drehzahl diesen Sollwert erreicht, wird sie durch die Drehzahlregelung auf den Wert begrenzt, der U<sub>nsoll</sub> = 10 V DC entspricht.

Die Eingangsimpedanz dieser Leitung liegt bei  $\geq 5 \text{ k}\Omega$ .

#### **DIR (Ader 5)**

Schalteingang für die Drehrichtung (direction) des Motors.

An Masse oder U < 0,5 V linksdrehend, U > 3 V = rechtsdrehend.

Maximal zulässiger Pegel = U<sub>Pmax</sub>.

Die Eingangsimpedanz dieser Leitung liegt bei  $\geq 10 \text{ k}\Omega$ .

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### FG (Ader 6)

##### Digitalausgang.

Der Digitalausgang ist ein Schalter, der nach GND schaltet (Open Collector mit integriertem Pull-up-Widerstand von 22 k $\Omega$ ).

Ausgangsspannung: max.  $U_P$ .

Ausgangsstrom: max. 15 mA.

Der Digitalausgang kann für verschiedene Aufgaben konfiguriert werden:

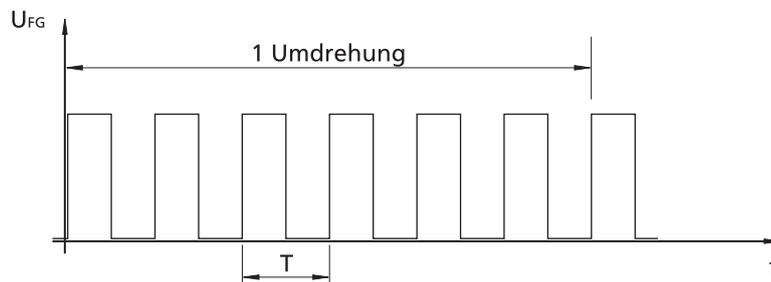
##### Fehlerausgang

- Ausgang geht auf high Pegel bei Aktivierung der Strombegrenzung. Verzögerung zwischen Aktivierung der Strombegrenzung und Aktivierung des Ausganges ist einstellbar.
- Ausgang geht auf low Pegel bei Deaktivierung der Strombegrenzung.

##### Frequenzausgang

Frequenzausgang zum Auslesen der tatsächlichen Motordrehzahl.

Signalaufbau: 6 Impulse pro Motorumdrehung.

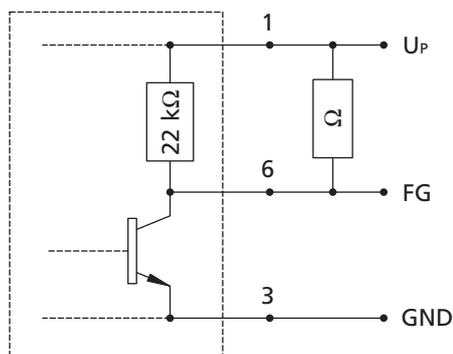


#### HINWEIS



#### Pull-up-Widerstand

Zur Erhöhung der Flankensteilheit kann ein zusätzlicher externer Pull-up-Widerstand zugeschaltet werden. Die maximale Belastbarkeit des Digitalausganges ist zu beachten. Siehe Schaltbild:



Durch die Kopplung des internen Pull-up-Widerstands zwischen FG und der Versorgungsspannung  $U_P$  können leitungsgebundene elektromagnetische HF-Störungen, die auf die Versorgungsspannung einwirken, das Frequenzsignal drastisch verschlechtern.

Die Drehzahl und der Drehsinn des Motors werden bei bestimmungsgemäßem Betrieb durch diese Störungen nicht beeinträchtigt.

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### PWM-Betrieb

Bei einer Spannungsvorgabe an  $U_{\text{Nsol}}$  am Motor wird dieser mit Drehzahlregelung betrieben. Über Pulsweitenmodulation (PWM) wird die Drehzahl geregelt, d.h. der Motor versucht eine konstante Drehzahl bei schwankender Last zu erreichen.

Aufgrund der technischen Voraussetzungen beim Motor mit Speed Controller SC kann im PWM-Betrieb bei Einhaltung der zulässigen maximalen Gehäusetemperatur das maximal mögliche Dauerdrehmoment geringer sein als bei Vollaussteuerung. Der maximal thermisch zulässige Dauerstrom sinkt entsprechend.

#### 4.4.2 Konfiguration

Die Steuerungsparameter des im Motor integrierten Speed Controllers können über einen PC individuell an die jeweilige Anwendung angepasst werden. Hierzu wird ein separat bestellbarer Programmieradapter sowie eine für den Speed Controller geeignete Version der PC-Software FAULHABER Motion Manager benötigt.

Die Software ist auf Nachfrage, oder über die FAULHABER-Homepage <http://www.faulhaber.com/MotionManager> erhältlich.

#### VORSICHT!



#### Beschädigungsgefahr

*Vor der Inbetriebnahme sind die in der Steuerung konfigurierten Parameter zu prüfen und gegebenenfalls an den angeschlossenen Motor anzupassen. Falsch eingestellte Werte können zur Zerstörung des Motors und/oder des Speed Controllers führen.*

*Insbesondere folgende Parameter müssen korrekt eingestellt sein:*

- *Dauer- und Maximalstromwert,*
- *Generator-Spannungskonstante  $k_E$  und Anschlusswiderstand  $R$ ,*
- *Reglerparameter.*

Die Standardvariante des Servomotors ist mit digitalen Hallsensoren ausgestattet, mit denen die Kommutierungssignale ermittelt werden. Der Drehzahlwert wird über den zeitlichen Abstand zwischen den Flanken der Hallsensorsignale bestimmt. Optional ist der Motor mit Speed Controller SC auch mit analogen Hallsensoren verfügbar. In dieser Ausführung können Drehzahlen ab ca. 50 rpm stabil geregelt werden.

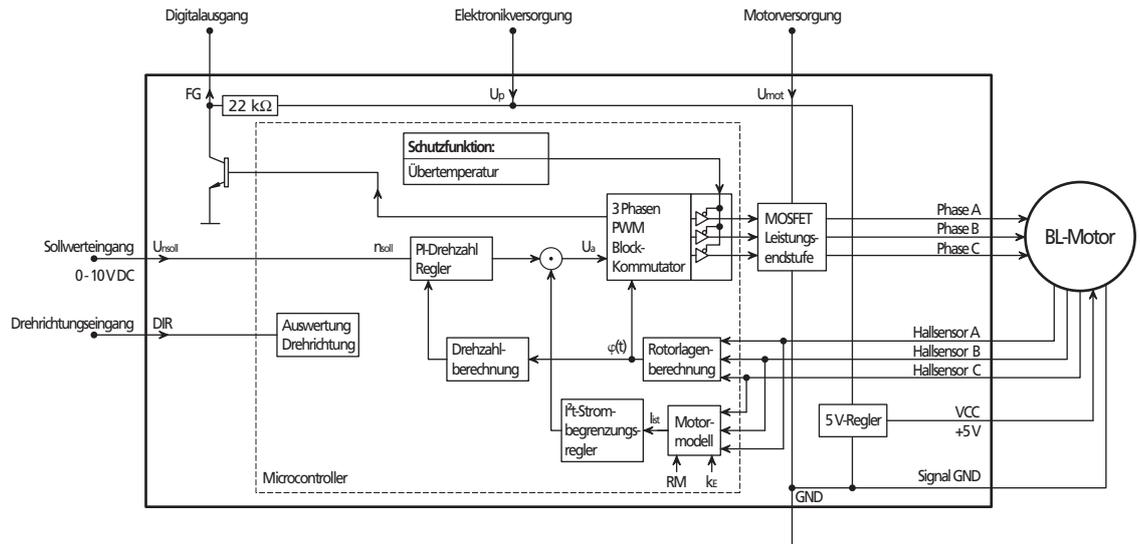
#### Voreingestellte Grundparameter:

- *Bedingt durch die Auflösung der digitalen Hallsensoren können Drehzahlen ab ca. 400 rpm (analog ca. 50 rpm) stabil geregelt werden.*
- *PWM-Frequenz an der Leistungsendstufe: ca. 96 kHz.*
- *2-Quadrantenbetrieb mit Funktion zur schnellen Drehzahlverringern: Für einen schnelleren Übergang von höheren zu niedrigeren Drehzahlen werden die Motorwicklungen kurzgeschlossen.*

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### Blockschaltbild



#### Einstellmöglichkeiten

- Konfiguration des Digitalausgangs als Fehlerausgang.
- Frequenzausgang kann auf 6 oder 2 Impulse pro Umdrehung konfiguriert werden.
- Drehzahlsollwertvorgabe über PWM-Signal am Drehzahlsolleingang. Siehe [Kapitel 4.4.3 „Sonderkonfigurationen“](#).
- Betrieb mit fixer Drehzahl (Fixdrehzahlmodus). Siehe [Kapitel 4.4.3 „Sonderkonfigurationen“](#).
- Betrieb als Spannungssteller (Voltmode). Siehe [Kapitel 4.4.3 „Sonderkonfigurationen“](#).

#### Zusätzliche Einstellmöglichkeiten mit digitalen Hallsensoren:

- Reiner 2-Quadrantenbetrieb ohne aktive Bremsmöglichkeit.  
Im Fall von Problemen beim Betrieb mit der Bremsfunktion in der Standardeinstellung kann diese deaktiviert werden.
- Filterung (Mittelung) der Hallsensorsignale.  
Zur Gewinnung eines kontinuierlicheren Drehzahlsignals bei Problemen mit der Standardeinstellung wird die Zeit einer kompletten elektrischen (halben) Motorumdrehung ausgewertet. Hierdurch kann es bei niedrigen Drehzahlen zu instabilem Motorlauf kommen, da sich die Regeldynamik verschlechtert.

#### Zusätzliche Einstellmöglichkeiten mit analogen Hallsensoren:

Die analogen Hallsensoren liefern ein kontinuierliches Drehzahlsignal. Aus diesem Grunde können in dieser optionalen Ausstattung niedrigere Drehzahlen bis zu 50 rpm stabil geregelt werden.

- 4-Quadrantenbetrieb mit aktiver Bremsmöglichkeit.

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### 4.4.3 Sonderkonfigurationen

Über die in [Kapitel 4.4.2](#) beschriebenen Konfigurationen hinaus existieren weitere Einstellmöglichkeiten.

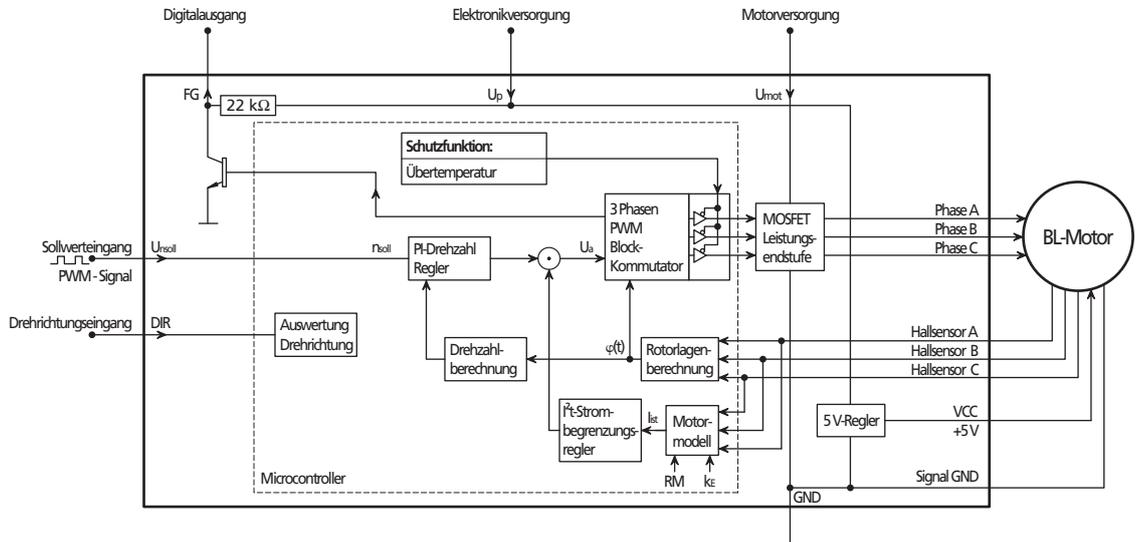
#### Drehzahlsollwertvorgabe über PWM-Signal

Bei entsprechender Konfiguration des Drehzahlsollwerteingangs  $U_{\text{Soll}}$  kann die Drehzahlsollwertvorgabe über ein PWM-Signal erfolgen. Der Drehzahlsollwert ist hierbei proportional zum Tastverhältnis.

#### Grundparameter für das Tastverhältnis

- PWM-Frequenzbereich: 500 Hz – 18 kHz.
- Motor stoppt bei Tastverhältnis < 2,0 %.
- Motor läuft bei Tastverhältnis > 3,0 %.
- Die Solldrehzahl verhält sich proportional zum Tastverhältnis. Die maximale Solldrehzahl bei 100 % kann konfiguriert werden. Siehe [Kapitel 4.4.4 „Parametereinstellungen“](#).

#### Beispielblockschaltbild (BL-Motor mit Hallensoren)



#### Einstellmöglichkeiten

- Als Schaltpegel sind TTL- und PLC-Pegel konfigurierbar:

Modus	high Pegel	low Pegel
TTL	> 3,0 V DC	< 0,5 V DC
PLC	> 7,5 V DC	< 2,0 V DC

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### Betrieb mit fixer Drehzahl (Fixdrehzahlmodus)

Für Anwendungen, in denen der Servomotor nur mit einer bestimmten Drehzahl betrieben werden soll, besteht die Möglichkeit des Fixdrehzahlmodus. Dabei wird die einzustellende Solldrehzahl über einen Parameter fest vorgegeben (siehe [Kapitel 4.4.4 „Parametereinstellungen“](#)).

#### Einstellmöglichkeiten für Drehzahlsollwerteingang $U_{\text{soll}}$

- Schnellstoppeingang (Low Pegel)
  - Motor stoppt bei  $U_{\text{soll}} < 0,15 \text{ V}$ .
  - Motor stoppt bei offenem Anschluss.
  - Motor läuft bei  $U_{\text{soll}} > 0,3 \text{ V}$
- Schnellstoppeingang invertiert (High Pegel)
  - Motor läuft bei  $U_{\text{soll}} < 2,0 \text{ V}$ .
  - Motor läuft bei offenem Anschluss.
  - Motor stoppt bei  $U_{\text{soll}} > 2,4 \text{ V}$ .
- Keine Funktion
  - Der Motor läuft immer

#### Betrieb als Spannungssteller (Voltmodus)

Der integrierte Speed Controller kann für die Funktion als Spannungssteller konfiguriert werden. Die Motorspannung wird dann proportional zur Spannung am Drehzahlsollwerteingang  $U_{\text{soll}}$  ausgegeben. Die Strombegrenzung bleibt weiterhin aktiv.

Mit dieser Konfiguration ist es möglich einen übergeordneten Regler zu verwenden. Der Speed Controller dient dann nur als Leistungsverstärker und zur Kommutierung.

#### Digitalausgang (FG)

Der Digitalausgang ist ein Schalter, der nach GND schaltet (Open Collector mit integriertem Pull-up-Widerstand von  $22 \text{ k}\Omega$ ). Er kann für verschiedene Aufgaben konfiguriert werden:

- Fehlerausgang
- Frequenzausgang

Die detaillierten Eigenschaften der Konfigurationen sind im [Kapitel 4.4.1 „Anschlussfunktionen“](#) beschrieben.

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### 4.4.4 Parametereinstellungen

Über nachfolgende Parameter kann der integrierte Speed Controller an die jeweilige Anwendung angepasst werden.

Einige Parameter haben nur in bestimmten Konfigurationen oder bei bestimmten Einstellungen eine Funktion.

#### Strombegrenzungswerte

Für die I<sup>2</sup>t-Strombegrenzung muss der Spitzenstrom ( $I_{\max}$ ) und der Motordauerstrom ( $I_{\text{cont}}$ ) vorgegeben werden. Siehe auch [Kapitel 4.4.5 „Technische Informationen“](#). Die zulässigen Werte des verwendeten Speed Controllers sowie des angeschlossenen Motors sind zu beachten.

Parameter	Bedeutung	max. Wert	Einheit
Spitzenstrom ( $I_{\max}$ )	Wert für den kurzzeitig zugelassenen Maximalstrom.	3 000*	mA
Motordauerstrom ( $I_{\text{cont}}$ )	Wert für den Dauerstrom, auf den begrenzt wird.	3 000*	mA

\* Werte sind Motortypabhängig. Die Werte können bei Bedarf angepasst werden.  
Für den Motor zulässigen Maximalwert beachten!

#### Fixdrehzahlwert

Bei Betrieb mit fixer Drehzahl wird der Drehzahlsollwert über einen einstellbaren Parameter vorgegeben. Siehe [Kapitel 4.4.3 „Sonderkonfigurationen“](#).

Parameter	Bedeutung	max. Wert	Einheit
Fixdrehzahlwert ( $N_{\text{setFix}}$ )	Drehzahlsollwert, der im Betrieb mit fixer Drehzahl vorgegeben wird.	65 535	rpm

#### Impulse pro Motorumdrehung

Es besteht die Möglichkeit, den Digitalausgang FG als Frequenzausgang zu konfigurieren (entspricht der Standardkonfiguration).

Parameter	Bedeutung	mögliche Werte	Einheit
Impulse pro Umdrehung (Pulses)	Anzahl der Impulse pro Umdrehung am Digitalausgang.	2, 6	1/rev

#### Maximaldrehzahlwert

Bei Vorgabe des Drehzahlsollwertes (als analoge Spannung oder als PWM-Signal) kann der Drehzahlwert, der bei 10 V DC bzw. bei 100% Tastverhältnis vorgegeben wird, eingestellt werden. So kann der maximale Drehzahlwert der Anwendung angepasst werden.

Je nach Betriebsart und Motortyp sind unterschiedliche Auflösungen des Maximaldrehzahlwertes und verschiedene Maximalwerte möglich.

Parameter	Bedeutung	max. Wert	Einheit
Maximaldrehzahlwert ( $N_{\text{setMax}}$ )	Maximaler Drehzahlsollwert bei 10 V bzw. 100 % Tastverhältnis am Drehzahlsollwerteingang $U_{\text{nsoll}}$ .	60 000	rpm

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### Reglerparameter

Der integrierte Speed Controller ist ab Werk so eingestellt, dass in der Regel der Betrieb problemlos möglich ist. Sollte für spezielle Anwendungen eine Anpassung des Reglers auf die Regelstrecke notwendig sein ist im Speed Controller die Möglichkeit eingebaut, entsprechende Parameter vorgeben zu können. Siehe [Kapitel 4.4.5 „Technische Informationen“](#).

Von der Anwendung hängt auch ab, welche Ziele für die Eigenschaft der Regelung gesetzt werden. Hier wird vor allem zwischen Steifigkeit der Regelung, der Gleichmäßigkeit der Drehzahl innerhalb einer Umdrehung, der erlaubten Regelabweichung, der erlaubten Überschwingungen und den geforderten Stabilitätsreserven unterschieden.

Der Regelkreis muss auch diesen Forderungen genügen, so dass die Reglerparameter auch diesbezüglich angepasst werden müssen.

Der hier verwendete PI-Drehzahlregler ermöglicht zwei Parameter einzustellen (Proportional- und Integralanteil).

Parameter	Bedeutung	max. Wert	Einheit
V	Proportionalanteil	32 767	Digit
VI	Proportionalanteil mit Integralanteil multipliziert	65 535	Digit

#### Delayed Current Error (Nur bei Fehlerausgang)

Die Aktivierung des Ausgangs kann verzögert werden. Auch wenn der Strom bereits begrenzt wird, erfolgt die Aktivierung des Ausgangs erst nach der mit DCE vorgegebenen Zeit. Dadurch können kurzzeitige Überschreitungen des Grenzstromes ignoriert werden.

Parameter	Bedeutung	max. Wert	Einheit
Delayed Current Error (DCE)	Verzögerung der Aktivierung des Fehlerausgangs	5 100	ms

## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### 4.4.5 Technische Informationen

##### I<sup>2</sup>t-Strombegrenzung

Der Servomotor mit integriertem Speed Controller SC ist mit einer Strombegrenzung ausgerüstet, die es erlaubt, einen gewissen Motorschutz zu realisieren.

- Spitzenstrom ( $I_{max}$ )

Auf den Spitzenstrom wird begrenzt, solange das thermische Strommodell eine unkritische Temperatur errechnet.

- Dauerstrom ( $I_{cont}$ )

Erreicht das thermische Strommodell eine kritische Temperatur, so wird auf den Dauerstrom umgeschaltet.

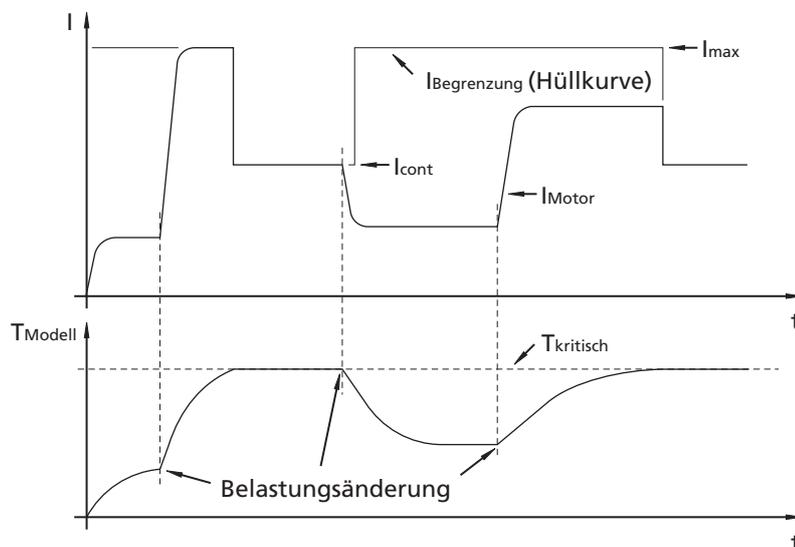
##### Arbeitsweise der Strombegrenzung:

Beim Start des Motors wird dem Stromregler der Spitzenstrom als Sollwert vorgegeben. Mit zunehmender Belastung wird der Strom im Motor immer höher, bis er schließlich den Spitzenstrom erreicht. Ab dann tritt der Stromregler in Kraft und begrenzt auf diesen Stromsollwert.

Parallel dazu läuft ein thermisches Strommodell, das aus dem aktuell fließenden Strom eine Modelltemperatur berechnet. Übersteigt diese Modelltemperatur einen kritischen Wert, so wird auf den Dauerstrom umgeschaltet und der Motorstrom auf diesen geregelt. Erst wenn die Belastung so gering wird, dass die kritische Modelltemperatur unterschritten wird, wird wieder der Spitzenstrom zugelassen.

Im folgenden Diagramm ist die Arbeitsweise der Strombegrenzung symbolisch durch eine Hüllkurve ( $I_{Begrenzung}$ ) dargestellt. Der Strom darf nicht über die Werte dieser Hüllkurve ansteigen

Das Ziel dieser sogenannten I<sup>2</sup>t-Strombegrenzung ist, den Motor bei geeigneter Wahl des Dauerstroms nicht über die thermisch zulässige Temperatur zu erhitzen. Andererseits sollte kurzzeitig eine hohe Belastung möglich sein, um sehr dynamische Bewegungen realisieren zu können.



## 4 Funktionsbeschreibung

### 4.4 Motor mit Speed Controller SC

#### Übertemperaturabschaltung

Überschreitet die Temperatur der Elektronik den Grenzwert von 100 °C, wird der Motor deaktiviert. Um den Motor wieder zu aktivieren, muss folgende Bedingung erfüllt sein:

- Temperatur unterhalb des vorgegebenen Grenzwertes

#### Einstellung der Reglerparameter

Die Reglerparameter sind bereits für gängige Anwendungen voreingestellt. Um den Regler aber optimal auf die jeweilige Anwendung anzupassen, können die Reglerparameter optimiert werden. Der digitale Regler arbeitet mit einer Abtastrate von ca. 500 µs.

#### Beispiel einer Regler-Einstellung:

1. Ausgangskonfiguration setzen.
2. Reglerverstärkung (Proportionalanteil V) erhöhen.
3. Drehzahlsprung von 1/3 der Maximaldrehzahl auf 2/3 vorgeben.
4. Drehzahlsprung von 2/3 auf 1/3 und Verhalten beobachten.
5. Schritt 2 bis 4 wiederholen, bis der Regler instabil wird. Danach Reglerverstärkung verringern, bis sichere Stabilität gegeben ist.
6. Mit Proportional-Integralanteil (VI) entsprechend den Schritten 2 bis 5 verfahren.

#### Wirkung der Pulsweitenmodulation (PWM)

Die Leistungsendstufe des integrierten Speed Controllers arbeitet mit der sogenannten Pulsweitenmodulation (PWM). Dabei wird bei einer festen Frequenz (der PWM-Frequenz) das Tastverhältnis zwischen Einschaltzeit und Ausschaltzeit entsprechend dem Reglerausgangswert eingestellt.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass in der Ansteuerelektronik nur sehr geringe Verluste entstehen. Im Gegensatz dazu sind die Verluste in einer linearen Endstufe unter Umständen sehr hoch und sie wird heiß.

Bei Verwendung der PWM dient die Induktivität des Motors als Filter für den Strom. Insofern sollte die PWM-Frequenz hoch genug sein, um den Strom ausreichend zu filtern.

#### HINWEIS



#### Tastverhältnis

*Die PWM-Frequenz des Speed Controllers ist optimal auf den angeschlossenen Motor abgestimmt. Dennoch ist zu beachten, dass bei kleinem PWM-Tastverhältnis und großer Motorbelastung verursacht durch kurzzeitig hohen Stromfluss im Motor deutlich höhere Verluste entstehen können als bei großem Tastverhältnis.*

- ▶ *Im Arbeitspunkt sollte sich ein möglichst grosses Tastverhältnis einstellen. Hierbei ist die benötigte Regelreserve zu beachten!*
- ▶ *Um dies zu erreichen, kann gegebenenfalls die Motorbetriebsspannung reduziert werden.*

#### HINWEIS



#### Wirkungsgrad

*Es muss beachtet werden, dass eine Verringerung des Wirkungsgrades am Motor auch den maximal zulässigen Strom verringert und damit auch das maximale Dauerdrehmoment.*

## 5 Betrieb

### 5.1 Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme des Servomotors zusammen mit einer Mechanik müssen folgende Punkte kontrolliert werden:

- Der Motor ist den Vorgaben entsprechend montiert.
- Das Flachbandkabel des Motors ist den Vorgaben entsprechend angeschlossen (Verpolungsgefahr!) und so verlegt, dass es auch während des Betriebs nicht beschädigt werden kann. Die maximalen Belastungswerte sind zu beachten. (Siehe [Kapitel 1.4 „Umgebungsbedingungen“](#)).
- Das Verlängern der Anschlussleitungen kann Einfluss auf die Funktion und die Eigenschaften bzgl. EMV haben. Alle Anschlussleitungen dürfen eine Länge von 3 m nicht überschreiten.
- Die angeschlossene Mechanik ist blockadefrei montiert.
- Die Belastungen auf der Welle (axial, radial und Drehmomente) liegen innerhalb der spezifizierten Werte.

#### **VORSICHT!**



#### **Verletzungsgefahr**

*Durch hervorstehende rotierende oder bewegte Teile der angetriebenen Mechanik kann eine Verletzungsgefahr entstehen.*

- ▶ *Rotierende und bewegte Teile durch entsprechende Vorrichtungen abdecken.*

#### **VORSICHT!**



#### **Verbrennungsgefahr**

*Je nach Belastung und Umgebungstemperatur können an der Geräteoberfläche sehr hohe Temperaturen auftreten.*

- ▶ *Es muss gegebenenfalls ein Berührungsschutz vorgesehen werden.*

## 6 EG-Richtlinien zur Produktsicherheit

---

### **VORSCHRIFT!**



Folgende EG-Richtlinien zur Produktsicherheit sind für den Anwender der beschriebenen Produkte von Bedeutung:

#### **Maschinenrichtlinie (2006/42/EG):**

Von elektrischen Kleinantrieben kann standardmäßig aufgrund ihrer geringen Größe keine nennenswerte Gefahr für Leib und Leben ausgehen.

Daher trifft die Maschinenrichtlinie für unsere Produkte nicht zu.

Die hier beschriebenen Produkte sind keine „unvollständigen Maschinen“.

Eine Einbauerklärung wird daher von Faulhaber standardmäßig nicht zur Verfügung gestellt.

#### **Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EG):**

Sie gilt für alle elektrischen Betriebsmittel mit einer Nennspannung von 75 bis 1 500 V DC, bzw. von 50 bis 1 000 V AC. Die in dieser Bedienungsanleitung beschriebenen Produkte fallen nicht in den Geltungsbereich dieser Richtlinie da sie für kleinere Spannungen ausgelegt sind.

#### **EMV-Richtlinie (2004/108/EG):**

Die Richtlinie über die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) gilt für alle elektronischen und elektrischen Geräte, Anlagen und Systeme, die an Endnutzer vertrieben werden. Darüber hinaus kann auch für Einbauelemente eine CE-Kennzeichnung nach EMV-Richtlinie vorgenommen werden. Die Übereinstimmung wird durch die Konformitätserklärung dokumentiert.

## 7 Gewährleistung

### Auszug aus unseren Gewährleistungsbedingungen

Produkte der Firma Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG werden nach modernsten Fertigungsmethoden hergestellt und unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle.

Sollte es wider Erwarten zu Mängeln kommen, verpflichten wir uns innerhalb der Gewährleistungszeit, Abhilfe zu schaffen.

- Mangelhafte Ware haben wir auf unsere Kosten innerhalb einer uns von Ihnen gesetzten angemessenen Frist nach unserer Wahl nachzubessern oder zu ersetzen. Ersetzte Ware wird unser Eigentum und ist an uns zurückzugeben.
- Wenn eine Nachbesserung oder Ersatzlieferung nicht möglich ist oder aus sonstigen von uns zu vertretenden Gründen innerhalb der von Ihnen bestimmten Frist nicht erfolgt oder fehlschlägt, können Sie nach Ihrer Wahl vom Vertrag über die mangelhafte Lieferung zurücktreten oder den Kaufpreis mindern.
- Wir haften nicht für Schäden der Ware, die durch natürliche Abnutzung, Verschleiß, ungeeignete, unsachgemäße oder nicht vertragsgemäße Verwendung, fehlerhafte Montage oder Inbetriebsetzung, übermäßige Beanspruchung oder unsachgemäße Änderung, Nachbesserung oder Instandsetzungsarbeiten durch Sie oder Dritte, oder durch fehlerhafte oder nachlässige Behandlung entstehen, sofern diese nicht auf unser Verschulden zurückzuführen sind.
- Weitergehende Ansprüche, insbesondere auf Schadensersatz statt der Leistung und auf Ersatz eines sonstigen unmittelbaren oder mittelbaren Schadens – einschließlich Begleit- oder Folgeschadens, gleichgültig aus welchem Rechtsgrund – sind ausgeschlossen. Dies gilt nicht, wenn
  - a) wir einen Rechts- oder Sachmangel arglistig verschwiegen oder eine Garantie für die Beschaffenheit der Ware übernommen haben,
  - b) der Schaden auf Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit von uns, unserer gesetzlichen Vertreter oder Erfüllungsgehilfen oder einer fahrlässigen Verletzung wesentlicher Vertragspflichten durch diese Personen beruht, oder
  - c) eine schuldhafte Pflichtverletzung durch uns, unsere gesetzlichen Vertreter oder Erfüllungsgehilfen zu einem Körper- oder Gesundheitsschaden geführt hat.

Im Falle einfacher Fahrlässigkeit ist jedoch unsere Ersatzpflicht der Höhe nach auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden beschränkt.

- Sämtliche Mängelansprüche einschließlich der in unseren Lieferbedingungen geregelten Schadensersatzansprüche verjähren in einem Jahr nach Ablieferung der Ware an Sie. Für Ersatzstücke und die Ausbesserung beträgt die Verjährungsfrist 1 Jahr, sie läuft aber mindestens bis zum Ablauf der ursprünglichen Verjährungsfrist für den Liefergegenstand. Die Frist für die Mängelhaftung an dem Liefergegenstand wird um die Dauer der durch die Nachbesserungsarbeiten verursachten Betriebsunterbrechung verlängert. Von dieser Verjährungsregelung bleiben Regelungen bezüglich einer etwa kürzeren Lebensdauer des Liefergegenstandes im Rahmen seiner bestimmungsgemäßen Verwendung unberührt.

Weitere Informationen entnehmen Sie bitte unseren Lieferbedingungen, die wir Ihnen auf Anfrage gerne zur Verfügung stellen.



