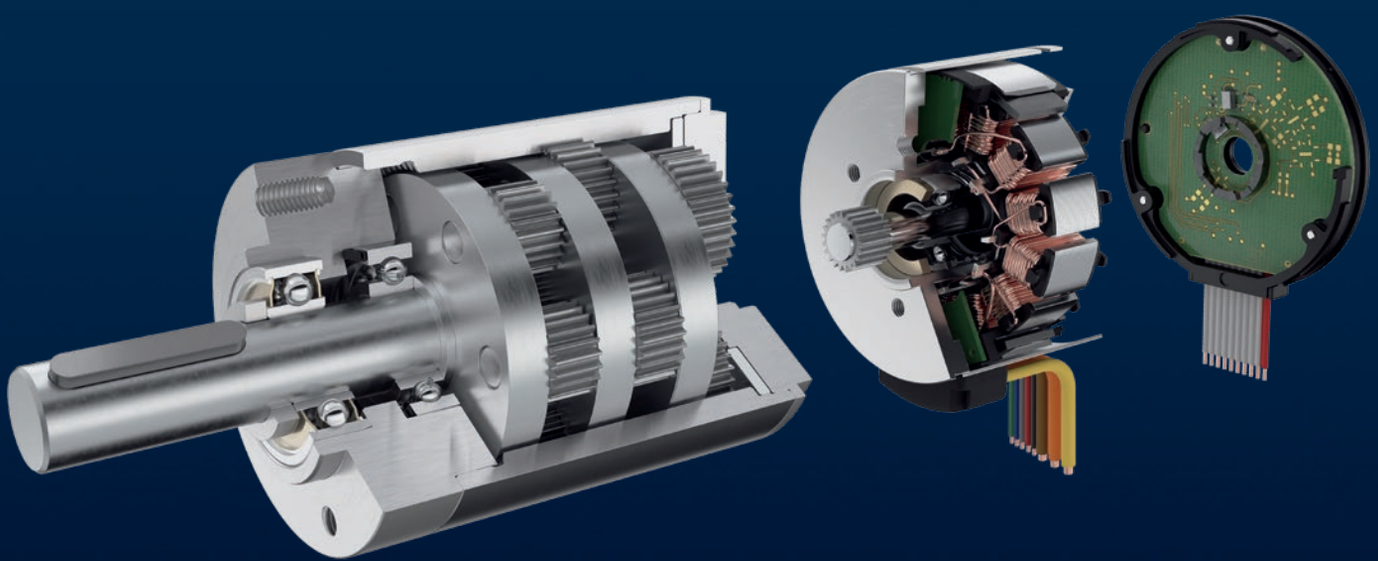
FAULHABER

Technische Informationen



WE CREATE MOTION

DE

Impressum

Version:
17. Auflage, 2022

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.

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

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

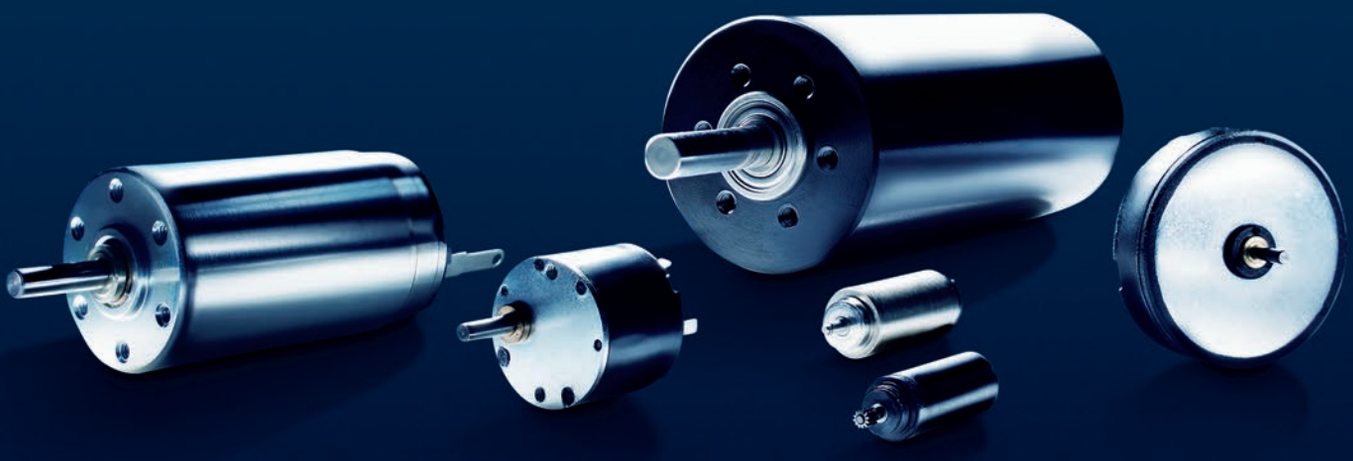
FAULHABER

Inhaltsübersicht

DC-Motoren	DC-Kleinstmotoren DC-Flachmotoren & DC-Getriebemotoren	4 – 25
Bürstenlose DC-Motoren	Bürstenlose DC-Servomotoren Bürstenlose DC-Flachmotoren & DC-Getriebemotoren	26 – 51
Motoren mit integrierter Elektronik	Bürstenlose DC-Motoren mit integriertem Speed Controller Bürstenlose DC-Servomotoren mit integriertem Motion Controller	52 – 87
Schrittmotoren	Schrittmotoren	90 – 99
Lineare DC-Servomotoren	Lineare DC-Servomotoren	100 – 107
Präzisionsgetriebe	Präzisionsgetriebe	108 – 121
Lineare Komponenten	Spindeln und Optionen	122 – 125
Encoder	Encoder – 2 Kanäle Encoder – 3 Kanäle Encoder – Absolutencoder	126 – 139
Steuerungen	Speed Controller Motion Controller	140 – 159

FAULHABER

DC-Motoren



WE CREATE MOTION

Allgemeine Angaben

Die FAULHABER-Wicklung:
Die von Dr. Fritz Faulhaber senior entwickelte und 1958 patentierte freitragende, eisenlose Rotorspule mit Schrägwicklung ist das Kernstück der FAULHABER DC-Motoren. Die revolutionäre Technologie hat mit ihrer Dynamik auf kleinstem Raum und bei niedrigstem Gewicht, ihrer Präzision und Zuverlässigkeit neue Wege für zahlreiche Anwendungsgebiete eröffnet. Die wesentlichen Vorteile dieser einzigartigen Antriebstechnologie sind:

- Kein Rastmoment, wodurch ein präziser Positionierbetrieb sowie sehr gute Drehzahlregelung ermöglicht und ein insgesamt höherer Wirkungsgrad im Vergleich zu anderen DC-Motortypen erreicht wird
- Extrem hohes Drehmoment und hohe Leistung im Verhältnis zu Größe und Gewicht des Motors
- Absolut lineares Verhältnis von Last zu Drehzahl, Strom zu Drehmoment und Spannung zu Drehzahl
- Ein geringes Rotorträgheitsmoment garantiert eine hervorragende Dynamik bei Start- und Stopbetrieb
- Extrem niedrige Welligkeit und geringe elektromagnetische Störungen

DC-Motoren:
FAULHABER DC-Motoren sind mit zwei verschiedenen Kommutierungssystemen verfügbar: Edelmetallkommutierung und Graphitkommutierung.

Der Begriff Edelmetallkommutierung bezieht sich auf die in den Bürsten und im Kommutator verwendeten Materialien, die aus Hochleistungs-Edelmetalllegierungen bestehen. Diese Art des Kommutierungssystems wird hauptsächlich aufgrund seiner geringen Größe, des sehr niedrigen Übergangswiderstandes und des präzisen Kommutierungssignals verwendet. Das Kommutierungssystem eignet sich besonders für Anwendungen mit kleiner Strombelastung wie z. B. batteriebetriebene Geräte.

Generell haben edelmetallkommutierte Motoren ihren optimalen Arbeitspunkt für Dauerbetrieb bei Last am Punkt oder nahe ihres höchsten Wirkungsgrades.

Der Begriff Graphitkommutierung bezieht sich auf das verwendete Bürstenmaterial in Kombination mit einem Kommutator aus einer Kupferlegierung. Dieses Kommutierungssystem ist sehr robust und eignet sich besser für dynamische Hochleistungsapplikationen mit schnellem Start- / Stopbetrieb oder periodischen Überlastbedingungen.

Magnete:
FAULHABER DC-Motoren gibt es mit einer Vielzahl verschiedener Magnete, perfekt abgestimmt auf die Performance des jeweiligen Motortyps. Diese Materialien schließen AlNiCo-Magnete sowie hochwertige Seltene-Erden-Typen, wie z. B. SmCo und NdFeB, ein.

Lebensdauer:
Die Lebensdauer eines FAULHABER DC-Motors hängt im Wesentlichen vom gewählten Arbeitspunkt und den Umgebungsbedingungen in der Anwendung ab. Die Gesamtlebensdauer kann daher stark variieren – von einigen hundert Stunden unter Extrembedingungen bis hin zu über 25.000 Stunden unter optimalen Voraussetzungen. Unter typischen Lastbedingungen hat ein FAULHABER DC-Motor eine Gesamtlebensdauer im Bereich von 1.000 bis 5.000 Stunden.

Im Allgemeinen wird die Lebensdauer eines FAULHABER DC-Motors durch die Auswirkungen des elektrischen und mechanischen Verschleißes des Kommutators und der Bürsten bestimmt. Der elektrische Verschleiß (Funkenbildung) hängt stark von der elektrischen Last und der Motordrehzahl ab. Bei zunehmender Last und Drehzahl reduziert sich in der Regel die typische Lebensdauer eines Motors. Die Auswirkungen des elektrischen Verschleißes sind für Motoren mit Edelmetallkommutierung ausgeprägter und variieren je nach Nennspannung der Wicklung. Soweit erforderlich, werden FAULHABER DC-Motoren mit einer integrierten Funkenunterdrückung ausgerüstet, wodurch die negativen Auswirkungen der Funkenbildung auf die Lebensdauer minimiert werden.

Der mechanische Verschleiß des Kommutierungssystems hängt von der Motordrehzahl ab und nimmt mit steigenden Drehzahlen zu. Im Allgemeinen kann bei Applikationen mit über den Spezifikationen liegenden Drehzahlen und Lasten mit graphitkommutierten Motoren eine längere Lebensdauer erzielt werden. Außerdem ist es wichtig, die zulässige Belastung für die Lagerung gemäß Datenblatt im Dauerbetrieb nicht zu überschreiten, da ansonsten die Lebensdauer ebenfalls negativ beeinflusst wird.

Andere, die Lebensdauer beeinträchtigenden Auswirkungen sind Umgebungsbedingungen wie extreme Feuchtigkeit und Temperatur, starke Vibrationen und Erschütterungen sowie eine falsche oder nicht optimale Montage des Motors in der Applikation.

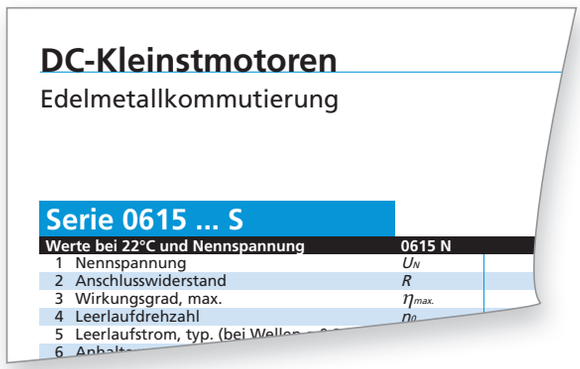
Darüber hinaus hat die Art der Regelung des Motors einen großen Einfluss auf die Lebensdauer. Wenn z. B. ein PWM-Signal für die Regelung verwendet wird, empfiehlt FAULHABER eine Mindestfrequenz von 20 kHz.

Modifikationen:
FAULHABER ist auf die Anpassung seiner Standardprodukte für kundenspezifische Anwendungen spezialisiert. Folgende Standardoptionen sind für FAULHABER DC-Motoren verfügbar:

- Zusätzliche Spannungstypen
- Anschlussleitungen (PTFE und PVC) und Stecker
- Konfigurierbare Wellenlänge und zweites Wellenende
- Modifizierte Wellengeometrie und Ritzelkonfigurationen wie z. B. Flächen, Zahnräder, Scheiben und Exzenter
- Erweiterter Temperaturbereich
- Vakuumtauglichkeit (z. B. 10^{-5} Pa)
- Modifizierungen für Applikationen mit hohen Drehzahlen und/oder hohen Lasten
- Modifizierungen für Motoren mit erhöhten elektrischen oder mechanischen Toleranzanforderungen

Produktkombinationen
FAULHABER bietet für seine DC-Motoren die branchenweit größte Auswahl an maßgeschneiderten Kombinationsmöglichkeiten, unter anderem mit:

- Präzisionsgetriebe (Planetengetriebe, Stirnrad- und spielarme Stirnradgetriebe)
- Hochauflösende Encoder (Inkremental- und Absolutencoder)
- Leistungsfähige Steuerungen (Speed Controller, Motion Controller)


DC-Kleinstmotoren
Edelmetallkommutierung
Serie 0615 ... S

Werte bei 22°C und Nennspannung	0615 N
1 Nennspannung	U_N
2 Anschlusswiderstand	R
3 Wirkungsgrad, max.	$\eta_{max.}$
4 Leerlaufdrehzahl	n_0
5 Leerlaufstrom, typ. (bei Wellen	
6 Anhalt	

Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Werte wurden bei Nennspannung und einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet.

Nennspannung U_N [V]
Die Spannung, bei der alle anderen angegebenen Leistungsmerkmale gemessen und klassifiziert werden.

Anschlusswiderstand R [Ω] ±12%
Der über die Motoranschlüsse gemessene Widerstand. Der Wert ändert sich mit der Wicklungstemperatur. (Temperaturkoeffizient: α_{22} = 0,004 K^{-1}).
Diese Art der Messung ist für graphitkommutierte Motoren aufgrund des Übergangswiderstandes der Bürsten nicht möglich.

Wirkungsgrad $\eta_{max.}$ [%]
Das maximale Verhältnis zwischen der aufgenommenen elektrischen Leistung und der abgegebenen mechanischen Leistung des Motors.

$$\eta_{max.} = \left(1 - \sqrt{\frac{I_o \cdot R}{U_N}}\right)^2$$

Leerlaufdrehzahl n_o [min^{-1}] ±12%
Beschreibt die Motordrehzahl im Leerlauf im eingeschwungenen Zustand bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C. Falls nicht abweichend definiert, gilt für die Leerlaufdrehzahl eine Toleranz von ±12%.

$$n_o = \frac{U_N - (I_o \cdot R)}{2\pi \cdot k_M}$$

Leerlaufstrom (typisch) I_o [A]
Beschreibt die Stromaufnahme des unbelasteten Motors in eingeschwungenem Zustand bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C.

Der Leerlaufstrom ist drehzahl- und temperaturabhängig. Änderungen der Umgebungstemperatur oder der Kühlbedingungen beeinflussen den Wert. Darüber hinaus wird der

Leerlaufstrom des Motors durch Änderungen an der Welle, der Lagerung, der Schmierung und des Kommutierungssystems sowie Kombinationen mit anderen Komponenten wie z. B. Getrieben oder Encodern beeinflusst.

Anhaltemoment M_H [mNm]
Das vom Motor bei Stillstand (stehender Rotor) und Nennspannung entwickelte Drehmoment. Dieser Wert kann sich durch Magnettyp und -temperatur sowie der Wicklungstemperatur ändern.

$$M_H = k_M \cdot \frac{U_N}{R} - M_R$$

Reibungsdrehmoment M_R [mNm]
Durch die Reibung von Bürsten, Kommutator und Lagerung verursachte Drehmomentverluste. Dieser Wert ist temperaturabhängig.

$$M_R = k_M \cdot I_o$$

Drehzahlkonstante k_n [min^{-1}/V]
Die Drehzahländerung pro an die Motoranschlüsse angelegtem Volt bei konstanter Last.

$$k_n = \frac{n_o}{U_N - I_o \cdot R} = \frac{1}{k_E}$$

Generator-Spannungskonstante k_E [mV/min^{-1}]
Die Konstante, die das Verhältnis zwischen induzierter Spannung und Drehzahl beschreibt.

$$k_E = 2\pi \cdot k_M$$

Drehmomentkonstante k_M [mNm/A]
Die Konstante, die das Verhältnis zwischen Motordrehmoment und aufgenommenem Strom beschreibt.

Stromkonstante k_I [A/mNm]
Beschreibt das Verhältnis des Stroms in der Motorwicklung und dem an der Abtriebswelle abgegebenen Drehmoment.

$$k_I = \frac{1}{k_M}$$

Steigung der n-/M-Kennlinie $\Delta n/\Delta M$ [min^{-1}/mNm]
Das Verhältnis der Drehzahländerung zur Drehmomentänderung. Je kleiner der Wert, desto leistungsfähiger ist der Motor.

$$\frac{\Delta n}{\Delta M} = \frac{R}{k_M^2} \cdot \frac{1}{2\pi}$$

Anschlussinduktivität L [µH]
Die an den Motoranschlüssen bei 1 kHz gemessene Induktivität.

Mechanische Anlaufzeitkonstante τ_m [ms]
Die Zeit, die der Motor ohne Last benötigt, um vom Stillstand auf 63% der Enddrehzahl zu kommen.

$$\tau_m = \frac{R \cdot J}{k_M^2}$$

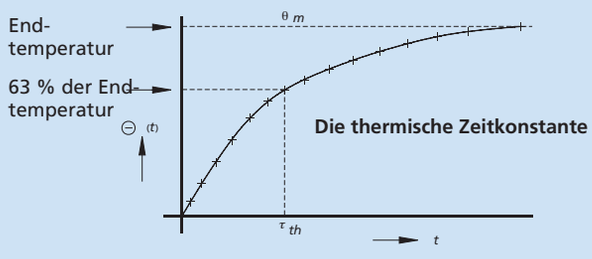
Rotorträgheitsmoment J [gcm^2]
Das Massenträgheitsmoment des Rotors.

Winkelbeschleunigung $\alpha_{max.}$ [rad/s^2]
Die Beschleunigung aus dem Stillstand ohne Last und bei Nennspannung.

$$\alpha_{max.} = \frac{M_H}{J}$$

Wärmewiderstand R_{th1}; R_{th2} [K/W]
R_{th1} entspricht dem Wärmewiderstand zwischen Wicklung und Gehäuse.
R_{th2} entspricht dem Wärmewiderstand zwischen Gehäuse und Umgebung. R_{th2} kann reduziert werden, indem ein Wärmeaustausch zwischen Motor und Umgebung ermöglicht wird (z. B. durch den Einsatz eines Kühlkörpers und/oder durch eine Zwangsbelüftung).

Thermische Zeitkonstante τ_{w1}; τ_{w2} [s]
Beschreibt die Zeit, die die Wicklung (τ_{w1}) und das Gehäuse (τ_{w2}) benötigen, um eine Temperatur von 63% des endgültigen Wertes im eingeschwungenen Zustand zu erreichen.



Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Standard-Betriebstemperatur des Motors sowie die höchstzulässige Temperatur der Standardmotorwicklung an.

Wellenlagerung
Die für die DC-Kleinstmotoren verwendeten Lager.

Wellenbelastung, max. zulässig [N]
Die max. zulässige Wellenbelastung bei angegebenem Wellendurchmesser für die Abtriebswelle. Die Werte für Belastung und Lebensdauer von Motoren mit Kugellagern basieren auf den Herstellerangaben. Dieser Wert gilt nicht für das hintere oder zweite Wellenende.

Wellenspiel [mm]
Spiel zwischen Welle und Lagerung einschließlich des zusätzlichen Lagerspiels bei Kugellagern.

Gehäusematerial
Das Gehäusematerial und die Oberflächenbehandlung.

Masse [g]
Die typische Masse des Standardmotors.

Drehrichtung
Drehrichtung der Abtriebswelle vom Wellenende auf die Abtriebsseite des Motors gesehen. Wenn an der Anschlussfahne (+) des Motors eine positive Spannung angelegt wird, dreht sich die Motorwelle im Uhrzeigersinn. Alle Motoren eignen sich für den Betrieb im (CW) und gegen (CCW) den Uhrzeigersinn; die Drehrichtung ist reversibel.

Drehzahl bis $n_{max.}$ [min^{-1}]
Die maximal empfohlene Motordrehzahl bei Dauerbetrieb. Dieser Wert basiert auf dem empfohlenen Betriebsbereich für die serienmäßigen Motorlager, die Wicklung und das Kommutierungssystem. Alle höheren Werte haben negative Auswirkungen auf die maximal erreichbare Lebensdauer des Motors.

Anzahl der Polpaare
Gibt die Anzahl der Polpaare des Standardmotors an.

Magnetmaterial
Beschreibt den Grundtyp des Magneten, der im Standardmotor verwendet wird.

Längenmaße ohne mechanische Toleranzangaben
Toleranzen gemäß ISO 2768.

≤	6	= ± 0,1 mm
≤	30	= ± 0,2 mm
≤	120	= ± 0,3 mm

Die Toleranzen nicht spezifizierter Werte erhalten Sie auf Anfrage.

Alle mechanischen Abmessungen der Motorwelle werden mit axialer Wellenbelastung in Richtung Motor gemessen.

Nennwerte für Dauerbetrieb

Die folgenden Werte werden bei Nennspannung und einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet.

Nenndrehmoment M_N [mNm]

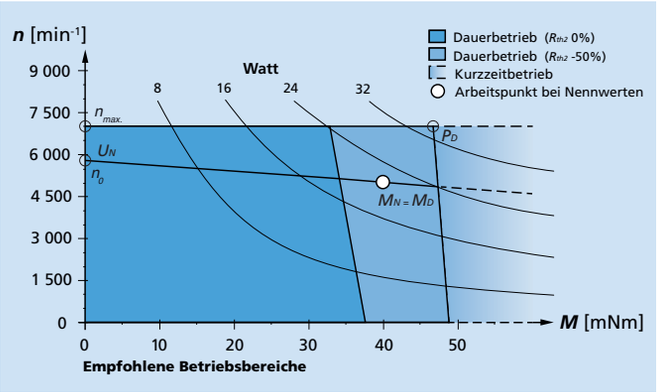
Für DC-Motoren mit Edelmetallkommutierung:
Das maximale Dauerdrehmoment bei Nennspannung, bei dem im eingeschwungenen Zustand durch die resultierenden Ströme und Drehzahlen die Belastbarkeit der Bürsten und die Grenzen des Kommutierungssystems nicht überschritten werden. Das Nenndrehmoment wird ohne eine Reduzierung des R_{th2}-Wertes angegeben (ohne externe Kühlung). Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt. Das Nenndrehmoment wird bei einzelnen Motoren durch die resultierende Untergrenze der Nenndrehzahl (< 2 500 min^{-1}) bei Nennspannung begrenzt.

Hinweis: Motoren mit Edelmetallkommutierung haben ihren optimalen Arbeitspunkt für Dauerbetrieb am Punkt oder nahe ihres höchsten Wirkungsgrades.
Für Betriebsbedingungen, bei denen der Motor nah an seinen thermischen Grenzen arbeiten muss, wird ein DC-Motor mit Graphitkommutierung empfohlen.

Für DC-Motoren mit Graphitkommutierung:
Das maximale Dauerdrehmoment (S1-Betrieb) bei Nennspannung, bei dem im eingeschwungenen Zustand die Temperatur die maximal zulässige Wicklungstemperatur und/oder den Betriebstemperaturbereich des Motors nicht überschreitet. Der Motor ist mit einer Reduzierung des R_{th2}-Wertes um 25% angegeben, was in etwa der Kühlung des Motors in einer typischen Montagesituation entspricht. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nennstrom (thermische Grenze) I_N [A]
Der typische maximale Dauerstrom in eingeschwungenem Zustand, der aus dem Nenndrehmoment bei Dauerbetrieb resultiert. Dieser Wert beinhaltet eine geringere k_M (Drehmomentkonstante), da der Temperaturkoeffizient der Wicklung sowie die thermischen Eigenschaften des eingesetzten Magnetmaterials berücksichtigt werden. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, bei Start-/Stopbetrieb, in der Anlaufphase und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt. Bei bestimmten Baureihen sowie manchen Niederspannungstypen ist dieser Strom durch die Belastbarkeit der Bürsten und die Grenzen des Kommutierungssystems limitiert.

Nenndrehzahl n_N [min^{-1}]
Die typische Drehzahl in eingeschwungenem Zustand, die sich aus dem gegebenen Nenndrehmoment ermittelt. Dieser Wert schließt die Effekte der Motorerwärmung auf die Steigung der *n*/*M*-Kennlinie ein. Höhere Drehzahlen können durch Erhöhung der Versorgungsspannung zum Motor erreicht werden.



Beispiel: Leistungsdiagramm für Nennwerte bei Dauerbetrieb (Graphitkommutierung)

Erläuterungen zum Leistungsdiagramm

Das Leistungsdiagramm zeigt den Bereich der möglichen Arbeitspunkte eines Antriebs bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C und beinhaltet sowohl den Betrieb im thermisch isolierten wie auch im gekühlten Zustand. Dargestellt werden die möglichen Drehzahlbereiche in Abhängigkeit zum Wellendrehmoment.

Der gestrichelt dargestellte Sektor beschreibt mögliche Arbeitspunkte, in denen der Antrieb im intermittierenden Betrieb oder bei erhöhter Kühlung zum Einsatz kommen kann.

Dauerdrehmoment M_D [mNm]
Beschreibt das max. empfohlene Dauerdrehmoment im eingeschwungenen Zustand bei Nennspannung und thermischer Reduzierung des R_{th2} Wertes um 25% bei Graphitkommutierung und 0% bei Edelmetallkommutierung. Das Dauerdrehmoment entspricht bei bürstenbehafteten Motoren dem jeweiligen Nenndrehmoment M_N. Der Wert ist unabhängig von der Dauerleistung und kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird und/oder mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Dauerleistung P_D [W]
Beschreibt die max. mögliche Leistung im Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei thermischer Reduzierung des R_{th2} Wertes um 50%. Der Wert ist unabhängig vom Dauerdrehmoment und kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird und/oder mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nennspannungskennlinie U_N [V]
Die Nennspannungskurve beschreibt die Arbeitspunkte bei U_N im ungekühlten und gekühlten Zustand. Im eingeschwungenen Zustand entspricht der Startpunkt der Leerlaufdrehzahl n_0 des Antriebs. Betriebspunkte oberhalb dieser Kurve können durch eine Erhöhung, Betriebspunkte unterhalb durch eine Reduzierung der Nennspannung erreicht werden.

Auswahl des geeigneten DC-Kleinstmotors

Dieser Abschnitt beschreibt Schritt für Schritt die Vorgehensweise zur Auswahl eines DC-Kleinstmotors für eine Anwendung mit Dauerbetrieb unter konstanten Last- und Umgebungsbedingungen. Das Beispiel beschreibt die erforderlichen Berechnungen zur Erstellung eines Diagramms mit den wichtigsten Motorkennlinien, um das Verhalten des Motors in der Anwendung aufzuzeigen. Zur Vereinfachung der Berechnung setzt dieses Beispiel Dauerbetrieb und optimale Lebensdauerleistung voraus; die Einflüsse von Temperatur und Kommutierungssystem sowie Toleranzen wurden vernachlässigt.

Anwendungsdaten:
Die für jede Anwendung wesentlichen Daten sind:

Erforderliches Drehmoment		M
Erforderliche Drehzahl		n
Einschaltdauer		δ
Verfügbare Versorgungsspannung, max.		U
Verfügbarer Strom, max.		I
Verfügbarer Platz, max.	Durchmesser/Länge	
Wellenbelastung	radial/axial	
Umgebungstemperatur		

Das vorliegende Beispiel geht von folgenden Anwendungsdaten aus:

Abtriebsdrehmoment		M	= 3	mNm
Drehzahl		n	= 5 500	min^{-1}
Einschaltdauer		δ	= 100	%
Versorgungsspannung		U	= 20	V
Stromquelle, max.		I	= 0,5	A
Max. verfügbarer Platz	Durchmesser		= 25	mm
	Länge		= 50	mm
Wellenbelastung	radial		= 1,0	N
	axial		= 0,2	N
Umgebungstemperatur			= 22 °C	konstant

Vorauswahl
Der erste Schritt besteht darin, die zu erbringende Leistung des Motors zu berechnen:

$$P_2 = M \cdot 2\,\pi n$$

$$P_2 = 3\ \text{mNm} \cdot 5\,500\ \text{min}^{-1} \cdot 2\pi \quad = 1{,}73 \quad \text{W}$$

Vergleichen Sie in einem zweiten Schritt die Abmessungen (Durchmesser und Länge) mit den Motorgrößen in den Datenblättern. Vergleichen Sie anschließend anhand der verfügbaren Motorgrößen das geforderte Abtriebsdrehmoment mit dem Diagramm für die empfohlenen Einsatzgebiete für die fraglichen Motortypen. Bitte wählen Sie einen Motortyp, bei dem das geforderte Abtriebsdrehmoment und die Drehzahl deutlich innerhalb der im Diagramm angegebenen Grenzen liegen. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse wird empfohlen, dem Motor nahe dem im Diagramm angegebenen „Betriebspunkt beim

Nennwert" zu betreiben. Bitte beachten Sie, dass das Diagramm im Datenblatt ein repräsentatives Beispiel im Hinblick auf eine Nennspannung ist und nur der Orientierung dienen sollte.

Für diese spezielle Anwendung wurde aus dem Katalog der **Motor 2224 U 024 SR** mit den folgenden Daten gewählt:

Nennspannung	U_N	= 24	V
Abmessungen:	Ø	= 22	mm
	L	= 24	mm
Max. Wellenbelastung:	radial	= 1,5	N
	axial	= 0,2	N
Leerlaufstrom	I_o	= 0,007	A
Leerlaufdrehzahl	n_o	= 7 800	min^{-1}
Anhaltemoment	M_H	= 19	mNm

Optimierung des Betriebspunktes
Um Betrieb und Lebensdauer des Motors zu optimieren, muss die gewünschte Drehzahl n bei Nennspannung gleich oder höher sein als die halbe Leerlaufdrehzahl n_o, und das Lastmoment M muss gleich oder niedriger sein als die Hälfte des Anhaltemoments M_H.

$$n \geq \frac{n_o}{2} \qquad M \leq \frac{M_H}{2}$$

Der Motor **2224 U 024 SR** zeigt, dass die Parameter die gestellten Forderungen erfüllen.

n = 5 500 min^{-1}	ist höher als	$\frac{7\,800\ min^{-1}}{2}$ = 3 900 min^{-1}	$= \frac{n_o}{2}$
M = 3 mNm	ist geringer als	$\frac{19\ mNm}{2}$ = 9,5 mNm	$= \frac{M_H}{2}$

Dieser Motor ist eine gute erste Wahl und sollte für die vorliegende Anwendung getestet werden. Ist die geforderte Drehzahl niedriger als die halbe Leerlaufdrehzahl n_o und liegt das Lastmoment M unter dem halben Anhaltemoment M_H, sollte der Motor mit der nächsthöheren Nennspannung U_N gewählt werden. Wenn das geforderte Drehmoment M erfüllt, die geforderte Drehzahl n jedoch niedriger ist als die halbe Leerlaufdrehzahl n_o, sollte ein Motor mit niedrigerer Nennspannung U_N oder kleineren Gehäuseabmessungen gewählt werden. Liegt die geforderte Drehzahl deutlich unter der halben Leerlaufdrehzahl und/oder ist das Lastmoment M größer als das halbe Anhaltemoment M_H, sollte ein Getriebe benutzt oder ein Motor mit größeren Abmessungen gewählt werden.

Leistungskennlinien bei Nennspannung (24 V)
Eine graphische Darstellung der Motorkennlinien erhält man durch Berechnung des Haltestroms I_H und des Drehmoments $M_{opt.}$ bei maximalem Wirkungsgrad.
Alle anderen Parameter sind direkt dem Datenblatt für den ausgewählten Motor zu entnehmen.

Haltestrom

$$I_H = \frac{U_N}{R}$$

$$I_H = \frac{24\ V}{36{,}3\ \Omega} = 0{,}661\ A$$

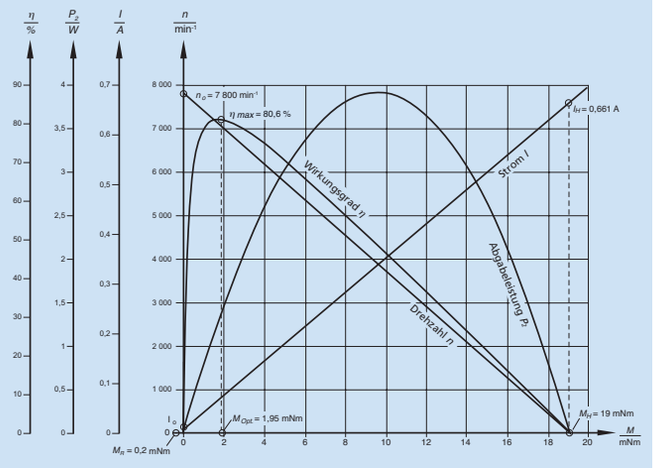
Drehmoment bei maximalem Wirkungsgrad

$$M_{opt.} = \sqrt{M_H \cdot M_R}$$

$$M_{opt.} = \sqrt{19\ mNm \cdot 0{,}2\ mNm} = 1{,}95\ mNm$$

Jetzt können die Motorkennlinien graphisch dargestellt werden (Diagramm 1).

Diagramm 1



Berechnung der wichtigsten Parameter
In der vorliegenden Anwendung ist die verfügbare Versorgungsspannung niedriger als die Nennspannung des ausgewählten Motors. Die Berechnung unter Last wird deshalb mit 20 V ausgeführt.

Leerlaufdrehzahl n_o bei 20 V

$$n_o = \frac{U - (I_o \cdot R)}{2\pi \cdot k_M}$$

mit den Werten

Versorgungsspannung	U	=	20 V
Anschlusswiderstand	R	=	36,3 Ω
Leerlaufstrom	I_o	=	0,007 A
Drehmomentkonstante	k_M	=	29,1 mNm / A

$$n_o = \frac{20\ \text{V} - (0{,}007\ \text{A} \cdot 36{,}3\ \Omega)}{2\pi \cdot 29{,}1\ \text{mNm / A}} = 6\,481\ \text{min}^{-1}$$

Haltestrom I_H

$$I_H = \frac{U}{R}$$

$$I_H = \frac{20\ \text{V}}{36{,}3\ \Omega} = 0{,}551\ \text{A}$$

Anhaltemoment M_H

$$M_H = k_M \left(\frac{U}{R} - I_o\right)$$

$$M_H = 29{,}1\ \text{mNm / A} \cdot \left(\frac{20\ \text{V}}{36{,}3\ \Omega} - 0{,}007\ \text{A}\right) = 15{,}83\ \text{mNm}$$

Wirkungsgrad, max. $\eta_{max.}$

$$\eta_{max.} = \left(1 - \sqrt{I_0 \cdot \frac{R}{U}}\right)^2$$

$$\eta_{max.} = \left(1 - \sqrt{0{,}007\ \text{A} \cdot \frac{36{,}3\ \Omega}{20\ \text{V}}}\right)^2 = 78{,}9\ \%$$

Drehmoment bei maximalem Wirkungsgrad ist:

$$M_{opt.} = \sqrt{M_H \cdot M_R}$$

mit den Werten

Reibungsdrehmoment	M_R	=	0,2 mNm
und			
Anhaltemoment bei 20 V	M_H	=	15,83 mNm

$$M_{opt.} = \sqrt{15{,}83\ \text{mNm} \cdot 0{,}2\ \text{mNm}} = 1{,}78\ \text{mNm}$$

Berechnung des Betriebspunktes bei 20 V
Unter Berücksichtigung des Drehmoments (M=3 mNm) am Arbeitspunkt können I, n, P_2 und η wie folgt berechnet werden:

Strom am Betriebspunkt

$$I_{Last} = \frac{M + M_R}{k_M}$$

$$I_{Last} = \frac{3\ \text{mNm} + 0{,}2\ \text{mNm}}{29{,}1\ \text{mNm / A}} = 0{,}11\ \text{A}$$

Drehzahl am Betriebspunkt

$$n = \frac{U - R \cdot I_{Last}}{2\pi \cdot k_M}$$

$$n = \frac{20\ \text{V} - 36{,}3\ \Omega \cdot 0{,}11\ \text{A}}{2\pi \cdot 29{,}1\ \text{mNm / A}} = 5\,253\ \text{min}^{-1}$$

Abgabeleistung am Betriebspunkt

$$P_2 = M \cdot 2\pi \cdot n$$

$$P_2 = 3\ \text{mNm} \cdot 2\pi \cdot 5\,253\ \text{min}^{-1} = 1{,}65\ \text{W}$$

Wirkungsgrad am Betriebspunkt

$$\eta = \frac{P_2}{U \cdot I}$$

$$\eta = \frac{1{,}65\ \text{W}}{20\ \text{V} \cdot 0{,}11\ \text{A}} = 75{,}0\ \%$$

Im vorliegenden Beispiel entspricht die errechnete Drehzahl am Arbeitspunkt nicht der geforderten Drehzahl, deshalb muss die Versorgungsspannung geändert und die Berechnung wiederholt werden.

Versorgungsspannung am Betriebspunkt
Der genaue Wert für die Versorgungsspannung am Betriebspunkt ergibt sich nun aus folgender Gleichung:

$$U = R \cdot I_{Last} + 2\pi \cdot n \cdot k_M$$

$$U = 36{,}3\ \Omega \cdot 0{,}11\ \text{A} + 2\pi \cdot 5\,500\ \text{min}^{-1} \cdot 29{,}1\ \text{mNm / A} = 20{,}75\ \text{V}$$

Zusammenfassend sind die Parameter im vorliegenden Beispiel wie folgt:

Versorgungsspannung	U	= 20,75	V
Drehzahl	n	= 5 500	min^{-1}
Nennmoment	M_N	= 3	mNm
Strom	I	= 0,11	A
Abgabeleistung	P_2	= 1,73	W
Wirkungsgrad	η	= 75,7	%

Schätzung der Temperatur der Motorwicklung im Betriebszustand:
Um sicherzustellen, dass der Motor in einem zulässigen Temperaturbereich arbeitet, ist es erforderlich, die Temperatur von Wicklung und Gehäuse unter Last zu berechnen. Berechnen Sie zunächst die angenäherten Motorverluste mit folgender Formel:

$$P_{Verlust} = I_{Last}^2 \cdot R$$

mit den Werten

Strom	I_{Last}	= 0,11 A
Widerstand	R	= 36,3 Ω

$$P_{Verlust} = (0{,}11\ A)^2 \cdot 36{,}3\ \Omega = 0{,}44\ W$$

Multiplizieren Sie dann den Wert für die Verluste mit den kombinierten Wärmewiderständen des Motors, um die lastbedingte Temperaturänderung des Motors zu schätzen.

$$\Delta T = P_{Verlust} \cdot (R_{th1} + R_{th2})$$

mit den Werten

Thermischer Widerstand 1	R_{th1}	= 5 K/W
Thermischer Widerstand 2	R_{th2}	= 20 K/W

$$\Delta T = 0{,}44\ W \cdot (5\ K/W + 20\ K/W) = 11\ K$$

Addieren Sie die resultierende Temperaturänderung ΔT zur Umgebungstemperatur, um die Motorwicklungstemperatur unter Last zu schätzen.

$$T_{Wicklung} = \Delta T + T_{Umg}$$

$$T_{Wicklung} = 11\ K + 22\ °C = 33\ °C$$

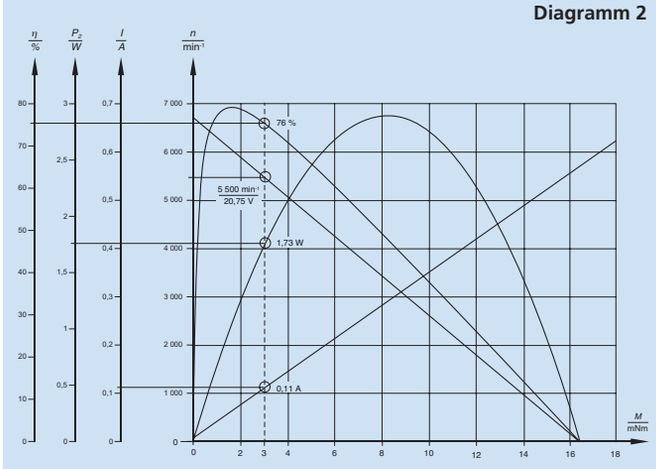
Diese Berechnung bestätigt, dass sich die Temperatur ausreichend innerhalb des spezifizierten Standard-Betriebstemperaturbereiches befindet, ebenso wie die maximale Wicklungstemperatur.

Die o. a. Berechnung dient nur zu Zwecken einer schnellen Schätzung. Die nichtlinearen Einflüsse der Temperatur auf den Widerstand der Wicklung und die aufgrund des Temperaturkoeffizienten des verwendeten Magnetmaterials resultierende Drehmomentkonstante (k_M) des Motors wurden nicht in Betracht gezogen; sie können einen erheblichen Einfluss auf die Motorleistung bei höheren Temperaturen haben. Wenn der Motor in der Nähe seiner thermischen Grenzen betrieben werden soll, muss eine genauere Berechnung durchgeführt werden.

Motorkennlinien
Die verschiedenen Parameter für ein bestimmtes Drehmoment können dem Diagramm 2 entnommen werden.

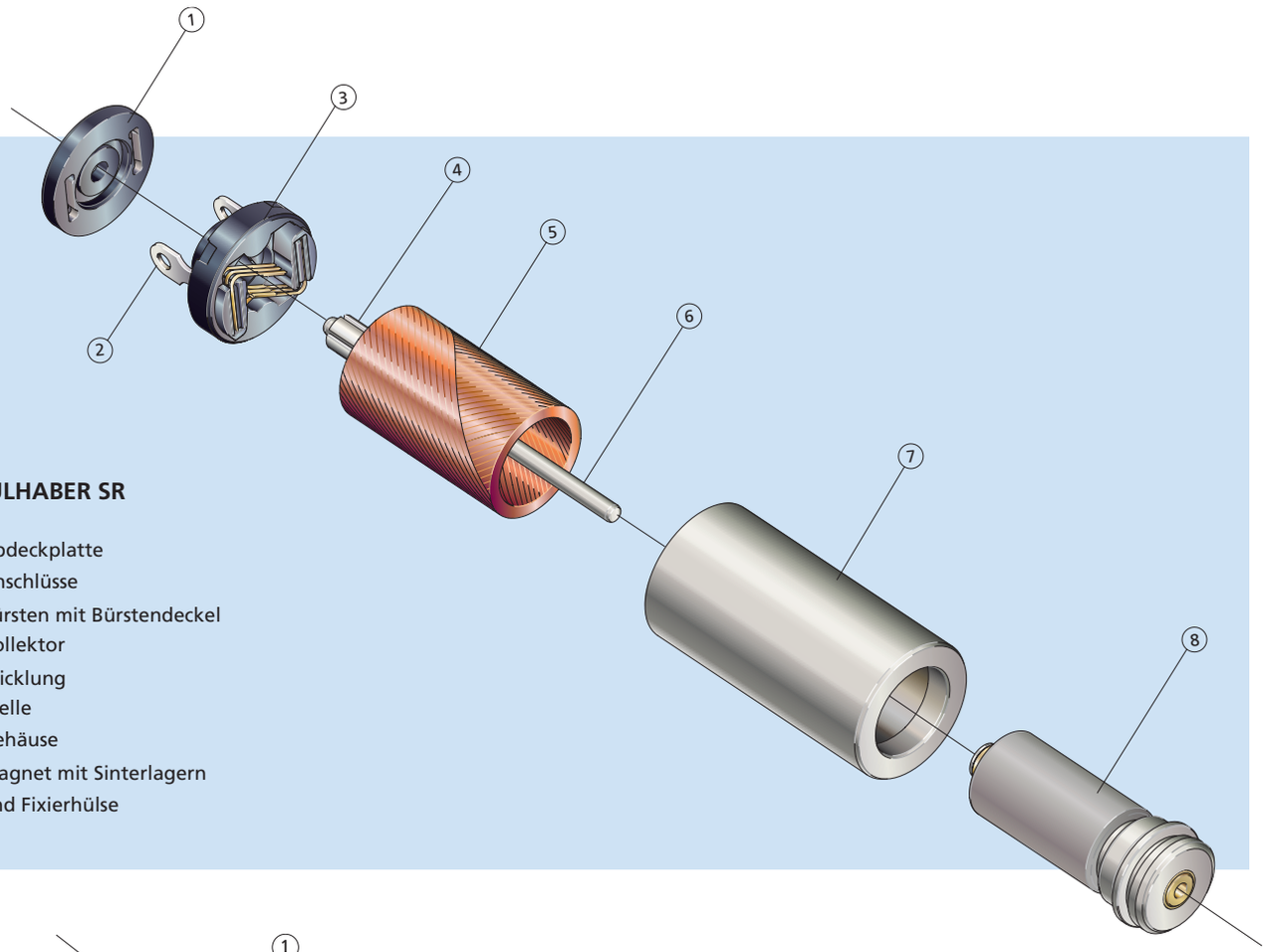
Zur Vereinfachung der Berechnung wurden die Einflüsse von Temperatur und Toleranzen bewusst vernachlässigt.

Diagramm 2



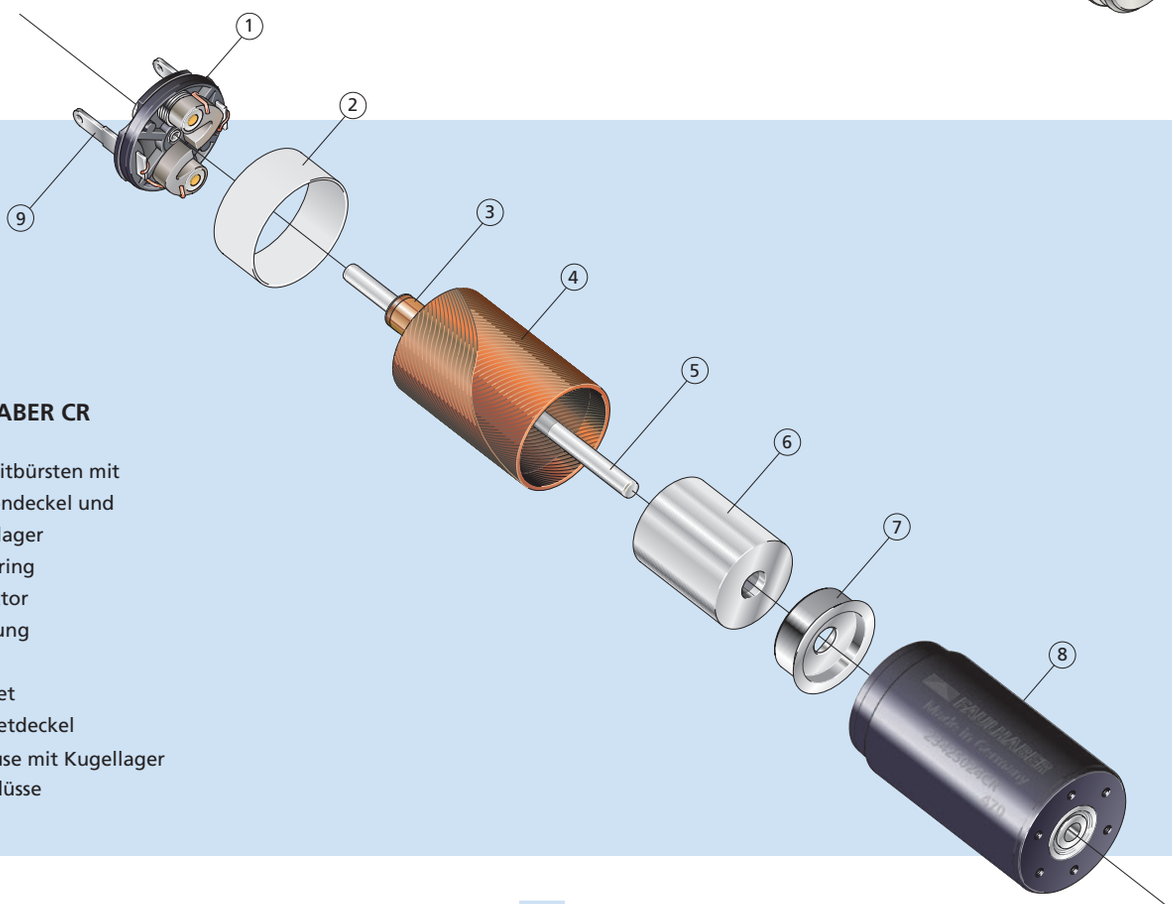
DC-Kleinstmotoren

Prinzipieller Aufbau



FAULHABER SR

① Abdeckplatte
② Anschlüsse
③ Bürsten mit Bürstendeckel
④ Kollektor
⑤ Wicklung
⑥ Welle
⑦ Gehäuse
⑧ Magnet mit Sinterlagern und Fixierhülse

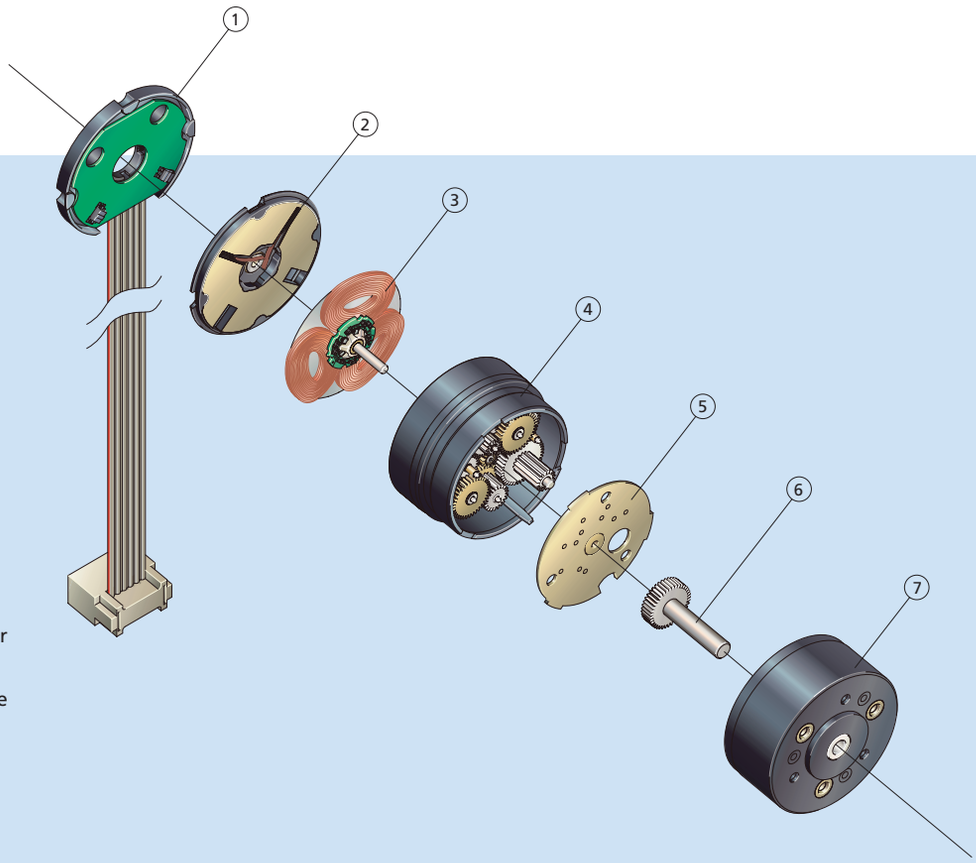


FAULHABER CR

① Graphitbürsten mit Bürstendeckel und Kugellager
② Isolierring
③ Kollektor
④ Wicklung
⑤ Welle
⑥ Magnet
⑦ Magnetdeckel
⑧ Gehäuse mit Kugellager
⑨ Anschlüsse

DC-Flachmotoren

Prinzipieller Aufbau



FAULHABER SR-Flat

① Abdeckplatte mit Platine
② Bürstendeckel mit Sinterlager
③ Wicklung mit Kollektor
④ Gehäuse mit Stirnradgetriebe und Sinterlager
⑤ Zwischenplatte mit Lager
⑥ Welle
⑦ Getriebedeckel mit Lager

Notizen

DC-Kleinstmotoren mit Edelmetallkommutierung

Herausragend in dieser Produktfamilie ist in erster Linie der Rotor, bestehend aus einer freitragenden, in Schrägwicklung hergestellten Kupferwicklung ohne Eisenkern. Das daraus resultierende geringe Gewicht gewährleistet ein minimales Trägheitsmoment. In Verbindung mit dem rastmomentfreien Lauf bestechen diese Motoren durch einzigartige Dynamik.

Kompaktheit, niedrige Stromaufnahme, ein präzises störungsarmes Kommutierungssignal sowie einfache Regelbarkeit prädestinieren diese Produktfamilie für den Einsatz in unterschiedlichsten Marktsegmenten wie z.B. motorisierte Handgeräte, Pumpen, Automatisierungstechnik, Optik oder Gerätebau.

Kombinierbar mit einer Vielzahl von Getrieben, Encodern und Ansteuerungen bietet FAULHABER die passende Systemlösung auch für anspruchsvollste Anforderungen.

Serien dieser Baureihe

0615 … S	1219 … G
1516 … S	1624 … S
2230 … S	2233 … S

Eckdaten

Motordurchmesser	6 ... 22 mm
Motorlänge	15 ... 33 mm
Nennspannung	1,5 ... 40 V
Drehzahl	bis 24.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 5,9 mNm
Dauerleistung	bis 8 W

Produktkennzeichnung

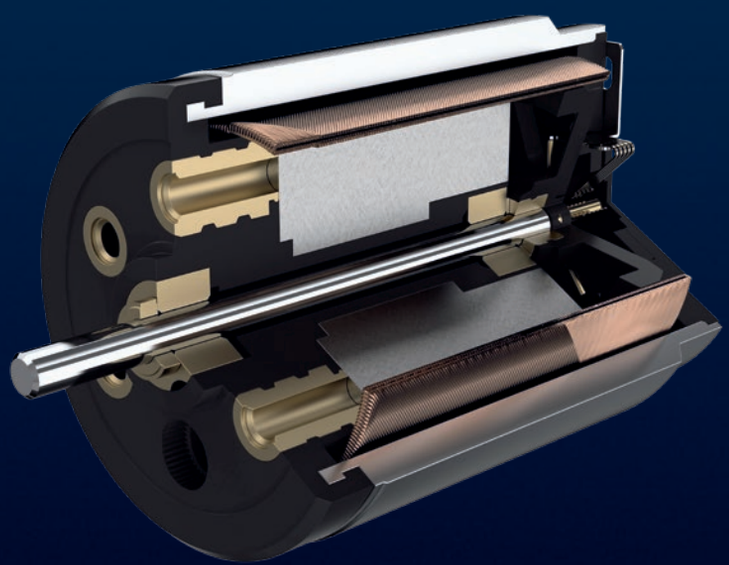
22	Motordurchmesser [mm]
30	Motorlänge [mm]
T	Abtriebsart
012	Nennspannung [V]
S	Produktfamilie

FAULHABER

FAULHABER S/G

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Hochleistungs-Magnete
- Weiter Betriebstemperaturbereich
- Ganzstahlgehäuse mit korrosionsbeständiger Beschichtung
- Kein Rastmoment, hohe Dynamik, präziser Gleichlauf
- Geringe Stromaufnahme – niedrige Anlaufspannung
- Extrem kompakte und leichte Bauform



DC-Kleinstmotoren mit Edelmetallkommutierung

Für exakte Positionieraufgaben bilden bei der Baureihe SR kompakte, edelmetallkommutierte DC-Kleinstmotoren, eine hochauflösende Encodertechnologie sowie ein umfangreiches Sortiment von hochpräzisen Planeten- und Stirnradgetrieben eine perfekt aufeinander abgestimmte Arbeitsgemeinschaft.

Diese Art des Kommutierungssystems besticht durch seine geringe Größe, den äußerst niedrigen Übergangswiderstand und das präzise, störungsarme Kommutierungssignal. Es eignet sich besonders für Anwendungen mit geringerer Strombelastung und dem Einsatz in batteriebetriebenen Applikationen.

Die lineare Charakteristik der Motoren sowie ein minimales Rotorträgheitsmoment gewährleisten eine einfache und gleichzeitig hochdynamische Regelung.

Kombinierbar mit einer Vielzahl von Getrieben, Encodern und Ansteuerungen bietet FAULHABER die passende Systemlösung auch für anspruchsvollste Anforderungen.

Serien dieser Baureihe

0816 … SR	1016 … SR
1024 … SR	1224 … SR
1319 … SR	1331 … SR
1516 … SR	1524 … SR
1717 … SR	1724 … SR
2224 … SR	2232 … SR

Eckdaten

Motordurchmesser	8 ... 22 mm
Motorlänge	16 ... 32 mm
Nennspannung	3 ... 36 V
Drehzahl	bis 17.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 10 mNm
Dauerleistung	bis 8,5 W

Produktkennzeichnung

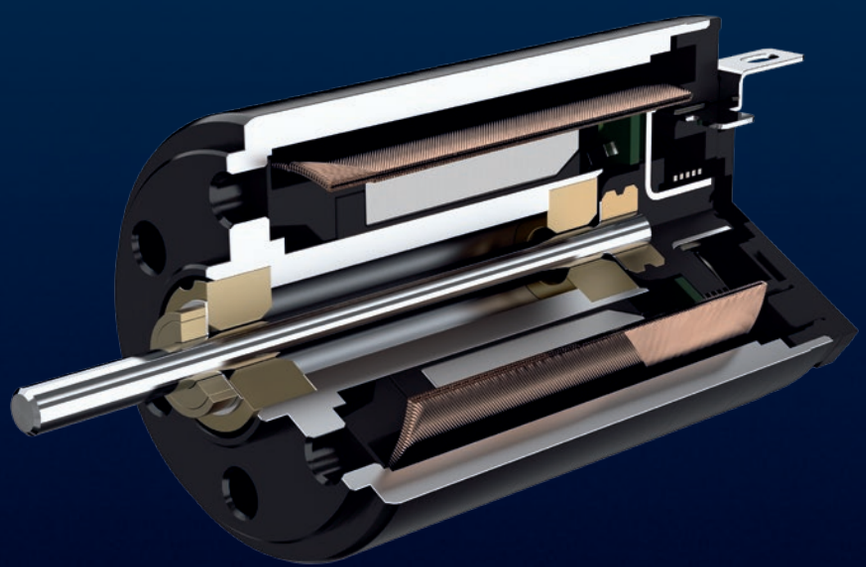
15	Motordurchmesser [mm]
24	Motorlänge [mm]
T	Abtriebsart
012	Nennspannung [V]
SR	Produktfamilie

FAULHABER

FAULHABER SR

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Hochleistungs-Selten-Erd-Magnete
- Weiter Betriebstemperaturbereich: -30 °C bis +85 °C (optional -55 °C bis +125 °C)
- Ganzstahlgehäuse mit korrosionsbeständiger Beschichtung
- Kein Rastmoment, hohe Dynamik, präziser Gleichlauf
- Geringe Stromaufnahme – niedrige Anlaufspannung
- Extrem kompakte und leichte Bauform mit integriertem Encoder



DC-Kleinstmotoren mit Graphitkommutierung

Die Baureihe CXR kombiniert Kraft, Robustheit und Kontrolle in kompakter Bauform. Dafür sorgen eine Graphitkommutierung, hochwertige Neodym-Magnete und die bewährte Wicklung des FAULHABER-Rotors.

Der leistungsstarke Neodym-Magnet verleiht den Motoren eine hohe Leistungsdichte mit einem Dauerdrehmomentbereich von 3,6 bis 40 mNm. Die überzeugenden Leistungsdaten und die kompakte Größe eröffnen ein großes Spektrum möglicher Anwendungen zu optimiertem Preis-/Leistungsverhältnis. Für die Auslegung auf Anwendungen mit präziser Drehzahlregelung oder Positionieraufgaben kann der Antrieb standardisiert durch den Anbau von hochauflösenden optischen oder magnetischen Encodern kombiniert werden. Ein breites und optimal abgestimmtes Getriebeprogramm steht zur Erweiterung der Anforderung zur Verfügung.

Serien dieser Baureihe

1336 … CXR	1727 … CXR
1741 … CXR	2237 … CXR
2642 … CXR	2657 … CXR

Eckdaten

Motordurchmesser	13 ... 26 mm
Motorlänge	27 ... 57 mm
Nennspannung	6 ... 48 V
Drehzahl	bis 10.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 40 mNm
Dauerleistung	bis 34 W

Produktkennzeichnung

26	Motordurchmesser [mm]
57	Motorlänge [mm]
W	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
CXR	Produktfamilie

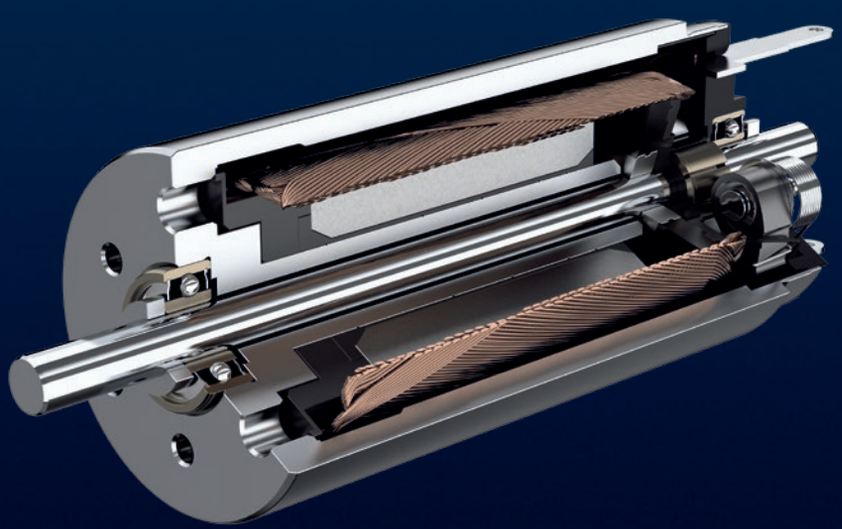
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER CXR

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Hohe Dynamik dank minimalem Rotorträgheitsmoment
- Erschütterungsfestes Ganzstahlgehäuse mit korrosionsbeständiger Beschichtung
- Hochleistungs-Selten-Erd-Magnet
- Weiter Betriebstemperaturbereich: -30 °C bis 100 °C (optional -55 °C)
- Langlebige Graphitkommutierung
- Rastmomentfrei
- Sehr hohe Leistungsdichte



DC-Kleinstmotoren mit Graphitkommutierung

Für die enorme Power der Baureihe CR sorgen eine Graphitkommutierung mit großer Stabilität und geringem Verschleiß, sehr leistungsstarke Neodym-Magnete und ein besonders hoher Kupferanteil in der Wicklung des FAULHABER-Rotors. Der kraftvolle Leistungsbereich von 19 bis 224 mNm beeindruckt bei Hochleistungsapplikationen mit schnellen Start-/Stopp oder periodischen Überlastbedingungen. Dank der höchsten Leistungsdichte sowie der höchsten Dynamik mit minimalem Rotorträgheitsmoment, ist die CR-Familie die leistungsstärkste Produktfamilie des gesamten DC-FAULHABER Portfolios. Für die Auslegung auf Anwendungen mit präziser Drehzahlregelung oder Positionieraufgaben kann der Antrieb standardisiert durch den Anbau von hochauflösenden optischen oder magnetischen Encodern kombiniert werden. Ein breites und optimal abgestimmtes Getriebeprogramm steht zur Erweiterung der Anforderung zur Verfügung.

Serien dieser Baureihe

2342 … CR	2642 … CR
2657 … CR	2668 … CR
3242 … CR	3257 … CR
3272 … CR	3863 … CR
3890 … CR	

Eckdaten

Motordurchmesser	23 ... 38 mm
Motorlänge	42 ... 90 mm
Nennspannung	6 ... 48 V
Drehzahl	bis 11.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 224 mNm
Dauerleistung	bis 160 W

Produktkennzeichnung

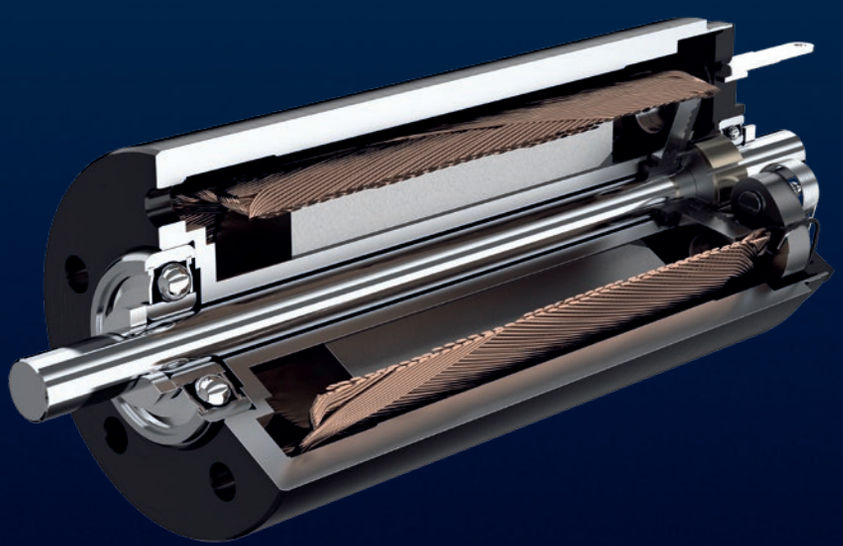
32	Motordurchmesser [mm]
72	Motorlänge [mm]
G	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
CR	Produktfamilie

FAULHABER

FAULHABER CR

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Höchste Dynamik dank minimalem Rotorträgheitsmoment
- Erschütterungsfestes Ganzstahlgehäuse mit korrosionsbeständiger Beschichtung
- Hochleistungs-Selten-Erd-Magnet
- Weiter Betriebstemperaturbereich: -30 °C bis 125 °C (optional -55 °C, Wicklung bis 155 °C)
- Langlebige Graphitkommutierung
- Rastmomentfrei
- Höchste Leistungsdichte



DC-Flachmotoren und DC-Getriebemotoren

Edelmetallkommutierte DC-Kleinstmotoren mit einer einzigartig flachen Spulentechnologie mit drei flachen freitragenden Kupferwicklungen bilden bei der Baureihe SR-Flat die Basis für Antriebssysteme in Anwendungsbereichen mit sehr geringem Bauraum. Mit Hochleistungs-Selten-Erd-Magneten liefern die Motoren eine Dauerleistung von 0,8 W bis 4 W und haben dabei ein nur minimales Trägheitsmoment. Die Motoren sind mit integrierten Getrieben und optischen Encodern verfügbar – beides auf die Motoren abgestimmt in extrem flacher Bauform. In Verbindung mit integrierten Getrieben und Encodern steht damit ein sehr kompaktes Antriebssystem mit erhöhtem Abtriebsmoment zur Verfügung.

Serien dieser Baureihe

1506 … SR	1506 … SR IE2-8
1512 … SR	1512 … SR IE2-8
2607 … SR	2607 … SR IE2-16
2619 … SR	2619 … SR IE2-16

Eckdaten

Motordurchmesser	15 ... 26 mm
Motorlänge	6 ... 19 mm
Nennspannung	3 ... 24 V
Drehzahl	bis 16.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 100 mNm
Dauerleistung	bis 4 W

Produktkennzeichnung

15	Motordurchmesser [mm]
12	Motorlänge [mm]
U	Abtriebsart
006	Nennspannung [V]
SR	Produktfamilie
324:1	Getriebeuntersetzung

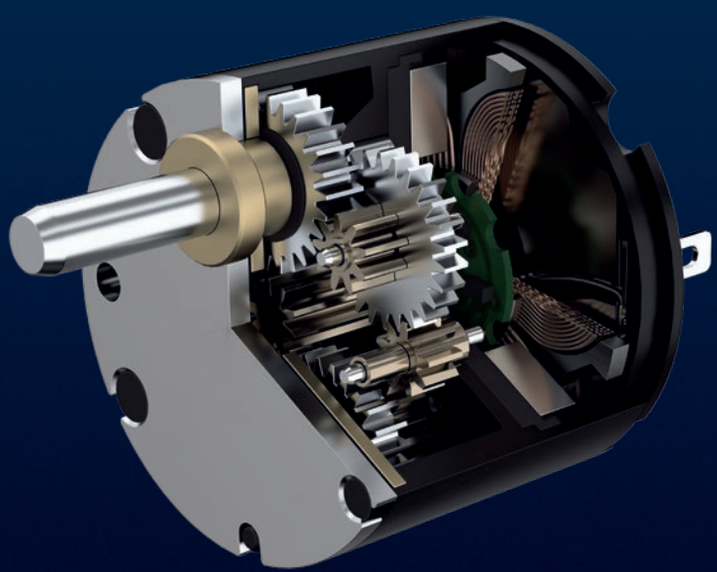
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER SR-Flat

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Extrem flache Bauweise.
  Längenbereich von 6 mm bis 19 mm
- 4-Pol-Bauweise
- Minimales Trägheitsmoment
- Integrierte Stirnradgetriebe minimaler Länge mit hohen Untersetzungsverhältnissen lieferbar
- Verfügbar mit integrierten optischen Encodern



FAULHABER

Bürstenlose DC-Motoren

WE CREATE MOTION

Bürstenlose DC-Servomotoren

Technische Informationen

Allgemeines

Die FAULHABER-Wicklung:
Das ursprünglich von Dr. Fritz Faulhaber sen. erfundene und 1958 patentierte FAULHABER System mit der fortschrittlichen eisenlosen, freitragenden, schräg gewickelten Rotorspule bildet das Herzstück jedes FAULHABER DC-Motors. Diese revolutionäre Technologie veränderte die Industrie und erschuf neue Möglichkeiten für Kundenanwendungen von DC-Motoren, in denen die größte Leistung, die besten dynamischen Eigenschaften, eine möglichst kleine Baugröße und eine geringe Masse verlangt werden. Bei der Anwendung in einem dreiphasigen bürstenlosen Motor rotiert die Wicklung nicht mehr, sondern wird vielmehr die Grundlage eines nutenlosen Stators. Die wesentlichen Vorteile dieser einzigartigen Technologie sind:

- Kein Rastmoment, wodurch ein präziser Positionierbetrieb sowie eine sehr gute Drehzahlregelung ermöglicht und ein insgesamt höherer Wirkungsgrad im Vergleich zu anderen bürstenlosen Motortypen erreicht wird
- Extrem hohes Drehmoment und hohe Leistung im Verhältnis zu Baugröße und Masse des Motors
- Absolut lineares Verhältnis von Last zu Drehzahl, Strom zu Drehmoment und Spannung zu Drehzahl, mit hochempfindlichem Strom- / Drehmomentverhalten
- Extrem niedrige Drehmomentwelligkeit

Bürstenlose DC-Motoren:
Ob 4-Pol DC-Servomotoren mit hohem Drehmoment, hocheffiziente DC-Flachmotoren oder kompakte nutenlose Motoren, FAULHABER ist darauf spezialisiert, die beste Leistung aus der kleinsten Bauform herauszuholen.

Aufgrund ihres Designs sind die bürstenlosen DC-Motoren von FAULHABER ideal für Hochleistungs-Servoanwendungen mit häufigen Überlastbedingungen sowie für Anwendungen im Dauerbetrieb, bei denen eine maximale Lebensdauer erforderlich ist.

Die hochpräzisen 2-Pol bürstenlosen DC-Servomotoren von FAULHABER sind dreiphasige nutenlose Motoren mit breitem Drehzahl- und Drehmomentbereich. Sie sind ideal für Anwendungen mittlerer und hoher Drehzahl, die eine gleichmäßige Drehzahlregelung, einen hohen Wirkungsgrad und eine lange Lebensdauer erfordern.

FAULHABER BHx Motoren sind dreiphasige nutenlose und bürstenlose Motoren, die ein außerordentlich hohes Leistungs-Volumen-Verhältnis und hohen Wirkungsgrad für kühlen Betrieb bei sehr hohen Drehzahlen bieten. Sie besitzen eine sechsphasige Spule für dreiphasigen Betrieb, die die Motorleistung bei gleichbleibendem Wirkungsgrad deutlich steigert. Sie sind für hohe bis höchste Drehzahlen ausgelegt. „High-Speed“ (BHS) und „High-Torque“ (BHT) Ausführungen sind erhältlich, um je nach Anwendung möglichst hohe Geschwindigkeiten oder Drehmomente zu erzielen.

Für hochdynamische Servoanwendungen, die sehr hohes Drehmoment in höchst kompakten Abmessungen fordern, sind die 4-poligen DC-Servomotoren der FAULHABER BX4 und BP4 Serie ideal. Ihr robustes Design mit nur wenigen Bauteilen ohne verklebte Komponenten bedeutet, dass sie äußerst langlebig und gut für raue Umgebungsbedingungen geeignet sind, wie beispielsweise extreme Temperaturen und hohe Schwing- und Schocklasten.

Die FAULHABER BP4-Familie 4-poliger nutenloser bürstenloser Motoren eignet sich perfekt für Anwendungen in denen ein hohes Spitzen-Drehmoment und sehr dynamische Drehzahlregelung gefordert sind.

Bürstenlose DC-Flachmotoren von FAULHABER sind dreiphasige nutenlose Motoren mit axialem Flussspalt und rotierendem Eisenrückschluss. Sie haben einen viel höheren Wirkungsgrad als andere flache bürstenlose Motoren und ihr rotierender Eisenrückschluss verleiht ihnen ein hohes Rotorträgheitsmoment, das ideal für Anwendungen ist, in denen eine niedrige Drehmomentwelligkeit und eine hochpräzise kontinuierliche Drehzahlregelung erforderlich sind.

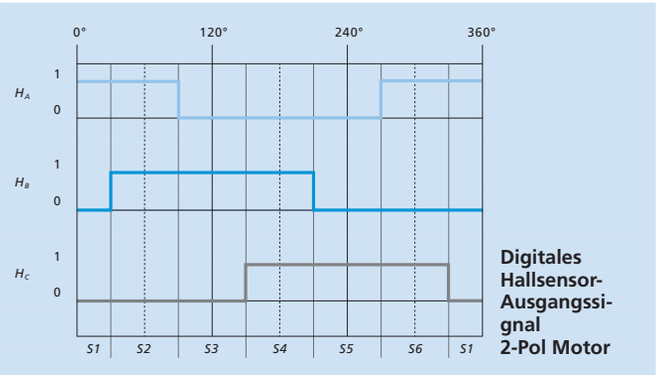
Die FAULHABER BXT-Familie flacher genuteter bürstenloser Motoren bietet ein möglichst hohes Drehmoment in sehr kompakter Bauform.

FAULHABER bietet auch eine Palette zweipoliger bürstenloser Motoren mit einem zylindrischen rotierenden Eisenrückschluss an, die auch als eisenlose Außenläufermotoren bezeichnet werden. Der FAULHABER Motor hebt sich dabei durch das nutenlose Design hervor, das das Rastmoment eliminiert. Das hohe Trägheitsmoment des Rotors macht diese Motoren ideal für Dauerbetriebsanwendungen, die hochpräzise Drehzahlregelung erfordern. Diese Motoren haben auch eine integrierte Drehzahlregelung, die für verschiedene Drehzahlprofile konfiguriert werden kann.

Bürstenlose DC-Servomotoren

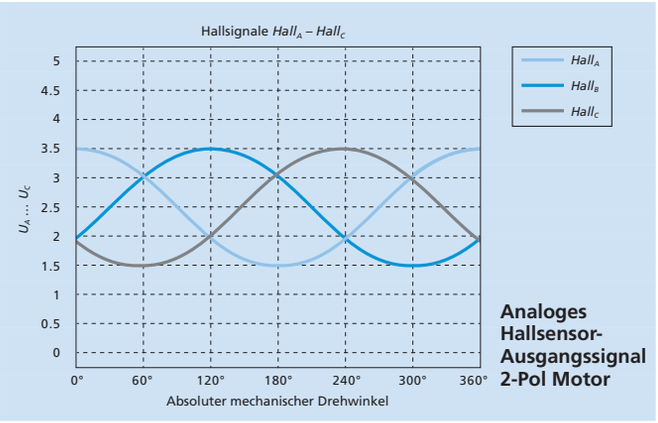
Technische Informationen

Sensoren:
FAULHABER 2-Pol oder 4-Pol DC-Servomotoren und bürstenlose DC-Flachmotoren sind standardmäßig mit 3 diskreten digitalen Hallsensoren mit einer Phasenverschiebung von 120° ausgestattet.



Digitales Hallsensor-Ausgangssignal 2-Pol Motor

Optional sind die meisten FAULHABER bürstenlosen DC-Servomotoren mit analogen (linearen) Hallsensoren erhältlich.



Analoges Hallsensor-Ausgangssignal 2-Pol Motor

Diese Sensoren können in vielen Anwendungen die Notwendigkeit eines hochauflösenden Encoders ersetzen und die grundlegenden Kommutierungssignale für die bürstenlosen DC-Servomotoren in Kombination mit FAULHABER Motion Controllern bereitstellen.

In manchen Fällen wie z.B. bei der FAULHABER BHx-Familie werden einzelne Sensoren durch eine Kommutierungs-Platine ersetzt, die Hall-Signale zur Verfügung stellt sowie in manchen Fällen auch Signale zur Sinus-Kommutierung.

Magnete:
Die bürstenlosen DC-Servomotoren sind mit einer Reihe unterschiedlicher Magnettypen verfügbar, um der jeweiligen Leistung des gegebenen Motortyps oder den Anwendungsbedingungen gerecht zu werden. Zu diesen Materialien zählen hochleistungsfähige Seltene-Erden-Magnettypen, wie z.B. SmCo und NdFeB.

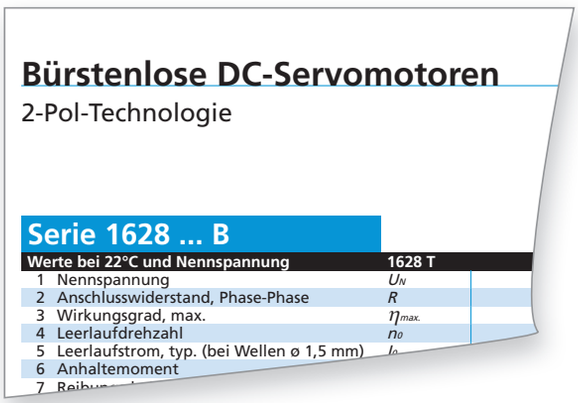
Lebensdauer:
Da die Motorkommutierung nicht mechanisch, sondern elektronisch durchgeführt wird, hängt die Lebensdauer eines bürstenlosen DC-Servomotors von FAULHABER hauptsächlich von der Lebensdauer der Motorlager ab. FAULHABER verwendet hochpräzise vorgespannte Kugellager in jedem seiner bürstenlosen DC-Servomotoren von 6 mm Durchmesser aufwärts. Die Faktoren, die die Lebensdauer der Motorlager beeinflussen, sind die statischen und dynamischen axialen und radialen Lagerbelastungen, die thermischen Umgebungsbedingungen, die Drehzahl, Schwing- und Schockbelastungen sowie die Präzision, mit der die Welle an die gegebene Anwendung gekoppelt ist. Wenn bürstenlose DC-Servomotoren gemäß Datenblatt betrieben werden, übertrifft ihre Lebensdauer die von mechanisch kommutierten (bürstenbehafteten) DC-Motoren um ein Vielfaches.

Modifikationen:
FAULHABER ist auf die Anpassung seiner Standardprodukte für kundenspezifische Anwendungen spezialisiert. Folgende Standardoptionen sind für FAULHABER bürstenlose DC-Servomotoren verfügbar:

- Zusätzliche Spannungstypen
- Anschlussleitungen (PTFE und PVC) und Stecker
- Konfigurierbare Wellenlängen und zweites Wellenende
- Modifizierte Wellengeometrie und Ritzelkonfigurationen, wie z.B. Flächen, Zahnräder, Scheiben und Exzenter
- Erweiterter Temperaturbereich
- Vakuumtauglichkeit (z.B. 10^{-5} Pa)
- Modifizierungen für Applikationen mit hohen Drehzahlen und/oder hohen Lasten
- Modifizierung für hohe Schwing- und Schockbelastungen
- Autoklavierbarkeit
- Modifizierung für Motoren mit erhöhten elektrischen oder mechanischen Toleranzanforderungen

Produktkombinationen:
FAULHABER bietet für seine bürstenlosen DC-Servomotoren die branchenweit größte Auswahl an maßgeschneiderten Kombinationsmöglichkeiten, unter anderem mit:

- Präzisionsgetriebe (Planetengetriebe, Stirnrad- und spielarme Stirnradgetriebe)
- Hochauflösende Encoder (Inkremental- und Absolutencoder)
- Leistungsfähige Steuerungen (Speed Controller, Motion Controller)
- Integrierte Steuerungen (Speed Controller, Motion Controller)



Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Werte werden bei Nennspannung ohne integrierte Steuerungen und bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet. Nicht alle technischen Daten sind für alle Motoren relevant und variieren zudem je nach Motortechnik und -typ.

Nennspannung U_N [V]
Diese Spannung wird zwischen zwei Wicklungsphasen mittels Blockkommutierung angelegt. Bei dieser Spannung werden die anderen Kennwerte im Datenblatt gemessen bzw. berechnet. Je nach geforderter Drehzahl kann innerhalb der gegebenen Grenzen eine höhere oder niedrigere Spannung am Motor angelegt werden.

Anschlusswiderstand, Phase-Phase R [Ω] ±12 %
Beschreibt den Widerstand zwischen zwei Motorphasen ohne Anschlussleitungen. Dieser Wert ändert sich mit der Wicklungstemperatur (Temperaturkoeffizient: $\alpha_{22} = 0{,}004\ K^{-1}$).

Wirkungsgrad $\eta_{max.}$ [%]
Das maximale Verhältnis zwischen der aufgenommenen elektrischen Leistung und der abgegebenen mechanischen Leistung des Motors.

$$\eta_{max.} = \left(1 - \sqrt{\frac{I_o \cdot R}{U_N}}\right)^2$$

Leerlaufdrehzahl n_o [min^{-1}] ±12 %
Beschreibt die Motordrehzahl im Leerlauf im eingeschwungenen Zustand bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C. Falls nicht abweichend definiert, gilt für die Leerlaufdrehzahl eine Toleranz von ±12 %.

$$n_o = \frac{U_N - (I_o \cdot R)}{2\pi \cdot k_M}$$

Leerlaufstrom, typ. I_o [A]
Beschreibt die Stromaufnahme des unbelasteten Motors in eingeschwungenem Zustand bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C.

Der Leerlaufstrom ist drehzahl- und temperaturabhängig. Änderungen der Umgebungstemperatur oder der Kühlbedingungen beeinflussen den Wert. Darüber hinaus wird der Leerlaufstrom des Motors durch Änderungen an der Welle, der Lagerung, der Schmierung und des Kommutierungssystems sowie Kombinationen mit anderen Komponenten wie z.B. Getrieben oder Encodern beeinflusst.

Anhaltemoment M_H [mNm]
Das vom Motor bei Stillstand (stehender Rotor) und Nennspannung entwickelte Drehmoment. Dieser Wert kann sich durch Magnettyp und -temperatur sowie der Wicklungstemperatur ändern.

Anlaufmoment M_A [mNm]
Drehmoment, welches der Motor bei Raumtemperatur und Nennspannung beim Anlauf kurzzeitig maximal erzeugen kann. Dieser Wert kann sich durch mögliche Strombegrenzungen in der Steuerungselektronik ändern.

Sowohl das Anhaltemoment M_H als auch das Anlaufmoment M_A können mit der folgenden Formel grob berechnet werden:

$$M_H = M_A = k_M \cdot \frac{U_N}{R} - C_o$$

Reibungsdrehmoment C_o [mNm]
Das Drehmoment, das durch statische mechanische Reibung der Kugellager und magnetischer Hysterese des Stators verursacht wird.

Dynamischer Reibungskoeffizient C_V [mNm/min^{-1}]
Dieser Faktor ergibt sich aus dem Drehmoment aufgrund des Reibungskoeffizienten der Kugellager und aus den Wirbelströmen, die durch die zyklischen Veränderungen im Magnetfeld des Stators verursacht werden. Diese Verluste sind proportional zur Drehzahl des Motors.

Drehzahlkonstante k_n [min^{-1}/V]
Die Drehzahländerung pro an die Motoranschlüsse angelegtem Volt bei konstanter Last.

$$k_n = \frac{n_o}{U_N - I_o \cdot R} = \frac{1}{k_E}$$

Gegen-EMK-Konstante k_E [mV/min^{-1}]
Die Konstante, die das Verhältnis zwischen induzierter Spannung und Drehzahl beschreibt.

$$k_E = 2\pi \cdot k_M$$

Drehmomentkonstante k_M [mNm/A]
Die Konstante, die das Verhältnis zwischen Motordrehmoment und aufgenommenem Strom beschreibt.

Stromkonstante k_I [A/mNm]
Beschreibt das Verhältnis des Stroms in der Motorwicklung und dem an der Abtriebswelle abgegebenen Drehmoment.

$$k_I = \frac{1}{k_M}$$

Steigung der n-/M-Kennlinie $\Delta n/\Delta M$ [min^{-1}/mNm]
Das Verhältnis der Drehzahländerung zur Drehmomentänderung. Je kleiner der Wert, desto leistungsfähiger ist der Motor.

$$\frac{\Delta n}{\Delta M} = \frac{R}{k_M{}^2} \cdot \frac{1}{2\pi}$$

Anschlussinduktivität, Phase-Phase *L* [µH]
Die zwischen zwei Phasen bei 1 kHz gemessene Induktivität.

Mechanische Zeitkonstante τ_m [ms]
Die Zeit, die der Motor ohne Last benötigt, um vom Stillstand auf 63 % der Enddrehzahl zu kommen.

$$\tau_m = \frac{R \cdot J}{k_M{}^2}$$

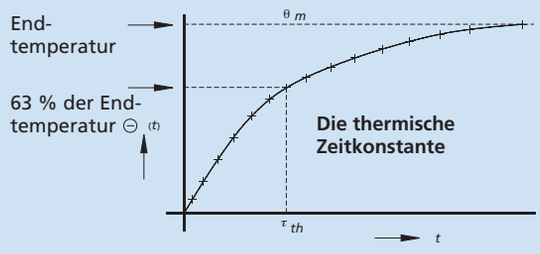
Rotorträgheitsmoment *J* [gcm^2]
Das dynamische Massenträgheitsmoment des Rotors.

Winkelbeschleunigung $\alpha_{max.}$ [rad/s^2]
Die Beschleunigung aus dem Stillstand ohne Last und bei Nennspannung.

$$\alpha_{max.} = \frac{M_H}{J}$$

Wärmewiderstand $R_{th\,1}$; $R_{th\,2}$ [K/W]
R_{th1} entspricht dem Wärmewiderstand zwischen Wicklung und Gehäuse. R_{th2} entspricht dem Wärmewiderstand zwischen Gehäuse und Umgebung. R_{th2} kann reduziert werden, indem ein Wärmeaustausch zwischen Motor und Umgebung ermöglicht wird (z.B. durch den Einsatz eines Kühlkörpers und/oder durch eine Zwangsbelüftung).

Thermische Zeitkonstante τ_{w1}; τ_{w2} [s]
Beschreibt die Zeit, die die Wicklung (τ_{w1}) und das Gehäuse (τ_{w2}) benötigen, um eine Temperatur von 63 % des endgültigen Wertes im eingeschwungenen Zustand zu erreichen.



Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Standard-Betriebstemperatur des Motors sowie die höchstzulässige Temperatur der Standardmotorwicklung an.

Wellenlagerung
Die für die bürstenlosen DC-Motoren verwendeten Lager.

Wellenbelastung, max. zulässig [N]
Die max. zulässige Wellenbelastung bei angegebenem Wellendurchmesser für die Abtriebswelle. Die Werte für Belastung und Lebensdauer von Motoren mit Kugellagern basieren auf den Herstellerangaben. Dieser Wert gilt nicht für das hintere oder zweite Wellenende.

Wellenspiel [mm]
Spiel zwischen Welle und Lagerung einschließlich des zusätzlichen Lagerspiels bei Kugellagern.

Gehäusematerial
Das Gehäusematerial und die Oberflächenbehandlung.

Masse [g]
Die typische Masse des Standardmotors.

Drehrichtung
Die Motoren eignen sich für den Betrieb im (CW) und gegen (CCW) den Uhrzeigersinn; die Drehrichtung ist reversibel.

Bitte beachten Sie, dass die Drehrichtung bei Motoren mit integrierter Elektronik evtl. nicht umkehrbar ist.

Drehzahl bis $n_{max.}$ [min^{-1}]
Die maximal empfohlene Drehzahl für Dauerbetrieb bei einem definierten Kühlfaktor. Dieser Wert beruht auf dem empfohlenen Betriebsbereich der Standard-Motorlager und der Wicklung. Alle höheren Werte haben negative Auswirkungen auf die maximal erreichbare Lebensdauer des Motors.

Anzahl der Polpaare
Gibt die Anzahl der Polpaare des Standardmotors an.

Hallsensoren
Beschreibt den Typ der Sensorik zur Motorkommutierung im Standardmotor.

Magnetmaterial
Beschreibt den Grundtyp des Magneten, der im Standardmotor verwendet wird.

Längenmaße ohne mechanische Toleranzangaben:
Toleranzen nach ISO 2768.

≤ 6	= ± 0,1 mm
≤ 30	= ± 0,2 mm
≤ 120	= ± 0,3 mm

Die Toleranzen nicht spezifizierter Werte erhalten Sie auf Anfrage.

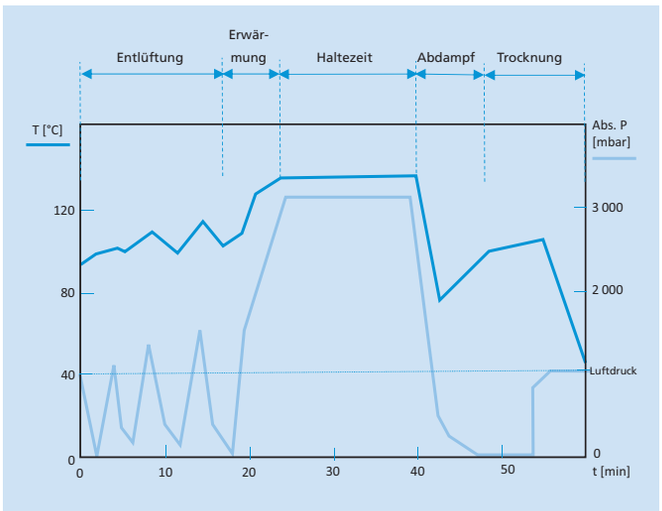
Alle mechanischen Abmessungen der Motorwelle werden mit axialer Wellenbelastung in Richtung Motor gemessen.

Autoklavierbar

Bürstenlose DC-Motoren von FAULHABER mit der Spezifikation „für Sterilisation im Autoklav“ wurden speziell für den Gebrauch in Dampfsterilisationsverfahren entwickelt. Folgender Sterilisationsprozess wurde als Referenz verwendet:

Referenz-Prozess für Sterilisation im Autoklav:
Sterilisator, Dampfsterilisator unter gepulstem Vakuum

Entlüftung	Schrittweise Entlüftung vor Vakuum
Haltetemperatur	134°C
Haltedruck	ca. 3.100 mbar abs.
Relative Luftfeuchtigkeit	100 %
Haltezeit	18 Minuten
Trocknung	Nach-Vakuum-Trocknung



Der oben aufgeführte Sterilisationsprozess beinhaltet keine Vorbereitungstätigkeiten wie z.B. Säuberung (Reinigung) oder Desinfizierung. Die typische Anzahl der Sterilisationszyklen, die ein bürstenloser DC-Motor verkraftet, sind auf dem Datenblatt angegeben. Wird der Motor in der Endmontage fest umhaust, erhöht sich dieser Wert ggf.

Nennwerte für Dauerbetrieb

Die folgenden Werte werden bei Nennspannung ohne integrierte Steuerungen und bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen.

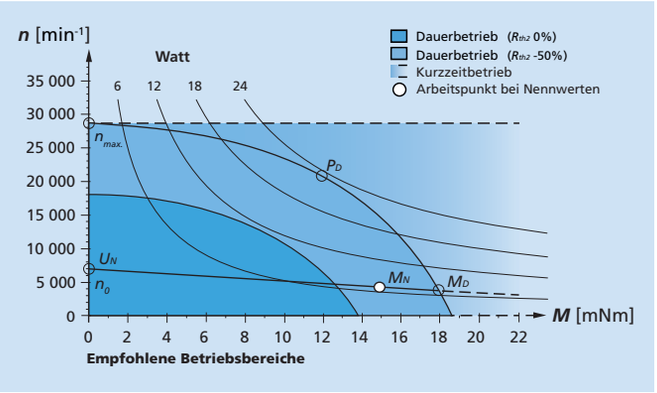
Nenndrehmoment M_N [mNm]
Das maximale Dauerdrehmoment (S1-Betrieb) bei Nennspannung, bei dem im eingeschwungenen Zustand die Temperatur die maximal zulässige Wicklungstemperatur und/oder den Betriebstemperaturbereich des Motors nicht überschreitet. Zudem ist entweder der R_{th2}-Werts um 25 % reduziert oder die Motoren sind mit einer zusätzlichen Befestigungsmöglichkeit am Metallflansch ausgestattet. Beide Diagramm-Arten geben einen groben Wert der Motorkühlung bei einer typischen Einbausituation wieder. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z.B. im S2-Betrieb und/ oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nennstrom (thermische Grenze) I_N [A]
Der typische maximale Dauerstrom in eingeschwungenem Zustand, der aus dem Nenndrehmoment bei Dauerbetrieb resultiert. Dieser Wert enthält eine geringere k_M (Drehmomentkonstante), da er vom Temperaturkoeffizient der Wicklung abhängt, von Verlusten aus den Effekten des dynamischen Reibungswerts einschließlich Wirbelstrom-Verlusten sowie von den thermischen Eigenschaften des gegebenen Magnetmaterials. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, bei Start-/Stopbetrieb, in der Anlaufphase und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nenndrehzahl n_N [min^{-1}]
Die typische Nenndrehzahl in eingeschwungenem Zustand, die sich aus dem gegebenen Nenndrehmoment ermittelt. Dieser Wert schließt die Effekte der Motorverluste auf die Steigung der *n*/*M*-Kennlinie ein.

Nennsteigung der *n*-*M* Kurve
Eine Annäherung der Steigung der Kurve bei einem gegebenen Nennarbeitspunkt. Dieser Wert setzt sich aus der Leerlaufdrehzahl und der Drehzahl unter Last zusammen.

$$\frac{n_o - n_N}{M_N}$$



Beispiel: Leistungsdiagramm für Nennwerte bei Dauerbetrieb.

Erläuterungen zum Leistungsdiagramm

Das Leistungsdiagramm zeigt den Bereich der möglichen Arbeitspunkte eines Antriebs bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C und beinhaltet sowohl den Betrieb im thermisch isolierten wie auch im gekühlten Zustand. Dargestellt werden die möglichen Drehzahlbereiche in Abhängigkeit zum Wellendrehmoment.

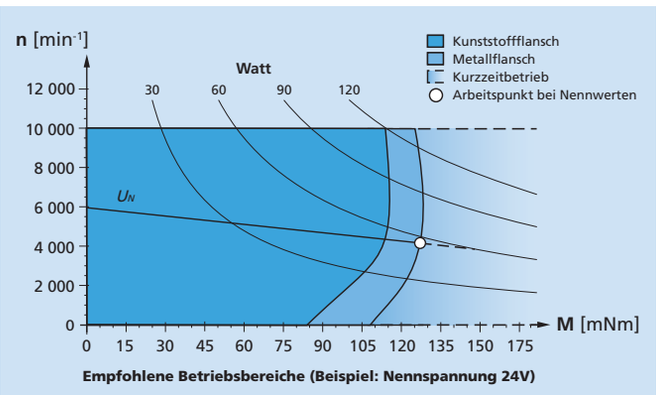
Der gestrichelt dargestellte Sektor beschreibt mögliche Arbeitspunkte, in denen der Antrieb im intermittierenden Betrieb oder bei erhöhter Kühlung zum Einsatz kommen kann.

Dauerdrehmoment M_D [mNm]
Beschreibt das max. empfohlene Dauerdrehmoment im eingeschwungenen Zustand bei Nennspannung und thermischer Reduzierung des R_{th2}-Wertes um 50 %. Die Dauerdrehzahl verhält sich linear zum Dauerdrehmoment. Bei flachen genuteten bürstenlosen Motoren wird dieser Wert bei Montage des Motors an einem Metallflansch angegeben und entspricht dem Wert M_N. Das Dauerdrehmoment ist unabhängig von der Dauerleistung und kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z.B. im S2-Betrieb, und/ oder mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

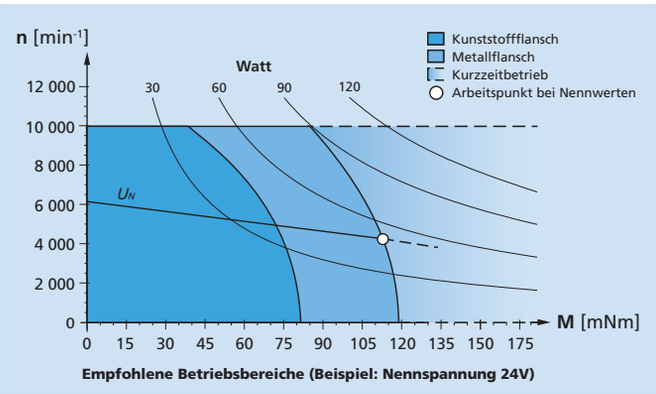
Dauerleistung P_D [W]
Beschreibt die max. mögliche Abgabeleistung bei Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei thermischer Reduzierung des R_{th2}-Wertes um 50 %. Der Wert ist nicht vom Dauerdrehmoment abhängig, verhält sich linear zum Kühlfaktor und kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z.B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nennspannungskennlinie U_N [V]
Die Nennspannungskennlinie beschreibt die Arbeitspunkte bei U_N im ungekühlten und gekühlten Zustand. Im eingeschwungenen Zustand entspricht der Startpunkt der Leerlaufdrehzahl n_0 des Antriebs. Betriebspunkte oberhalb dieser Kurve können durch eine Erhöhung, Betriebspunkte unterhalb durch eine Reduzierung der Nennspannung erreicht werden.

Zusatzinformationen für flache genutete bürstenlose Motoren
Die Leistungskurven genuteter Motoren mit Gehäuse unterscheiden sich deutlich von Diagrammen von Motoren ohne Gehäuse. Motoren ohne Gehäuse haben typischerweise eine höhere Leistung da sie durch die Umgebungsluft gekühlt werden.



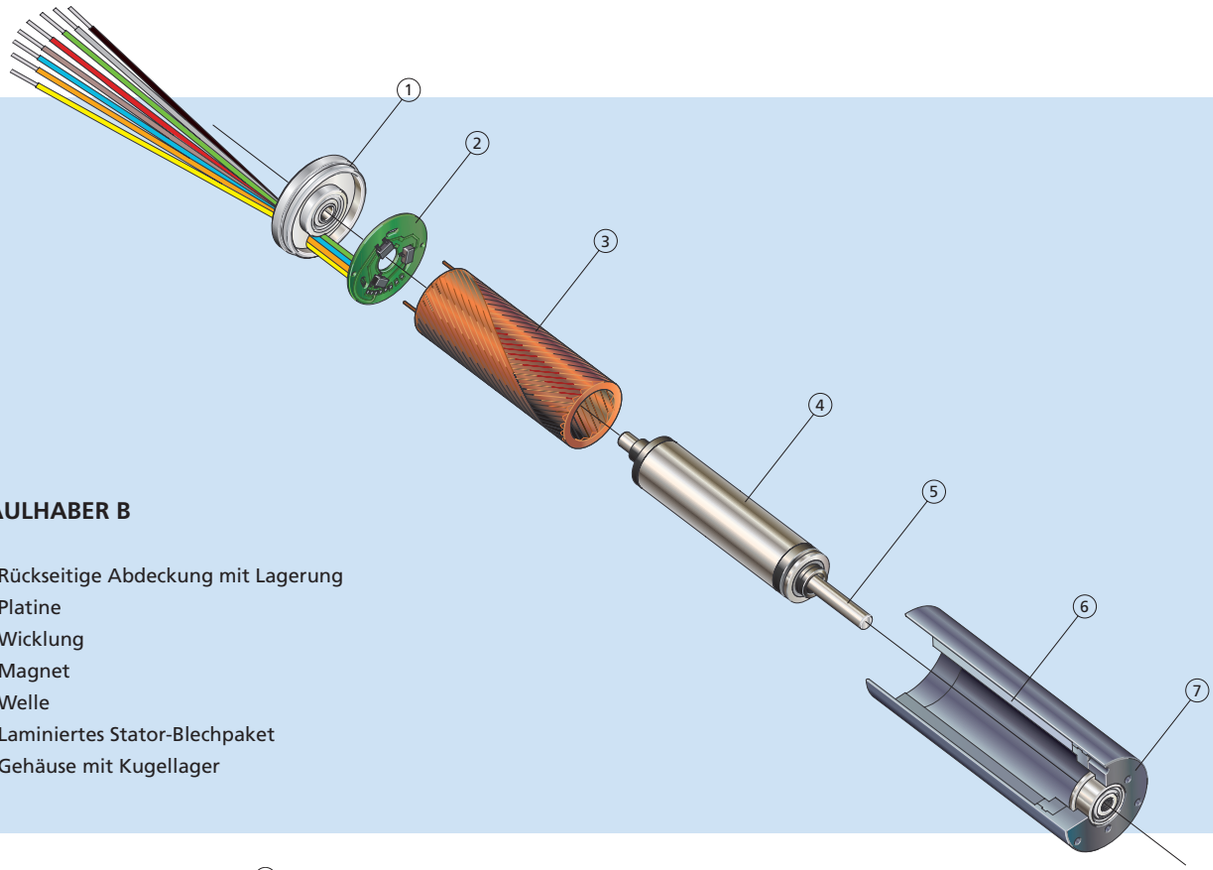
Beispiel: Leistungsdiagramm für Nennwerte bei Dauerbetrieb. (BXT R)



Beispiel: Leistungsdiagramm für Nennwerte bei Dauerbetrieb. (BXT H)

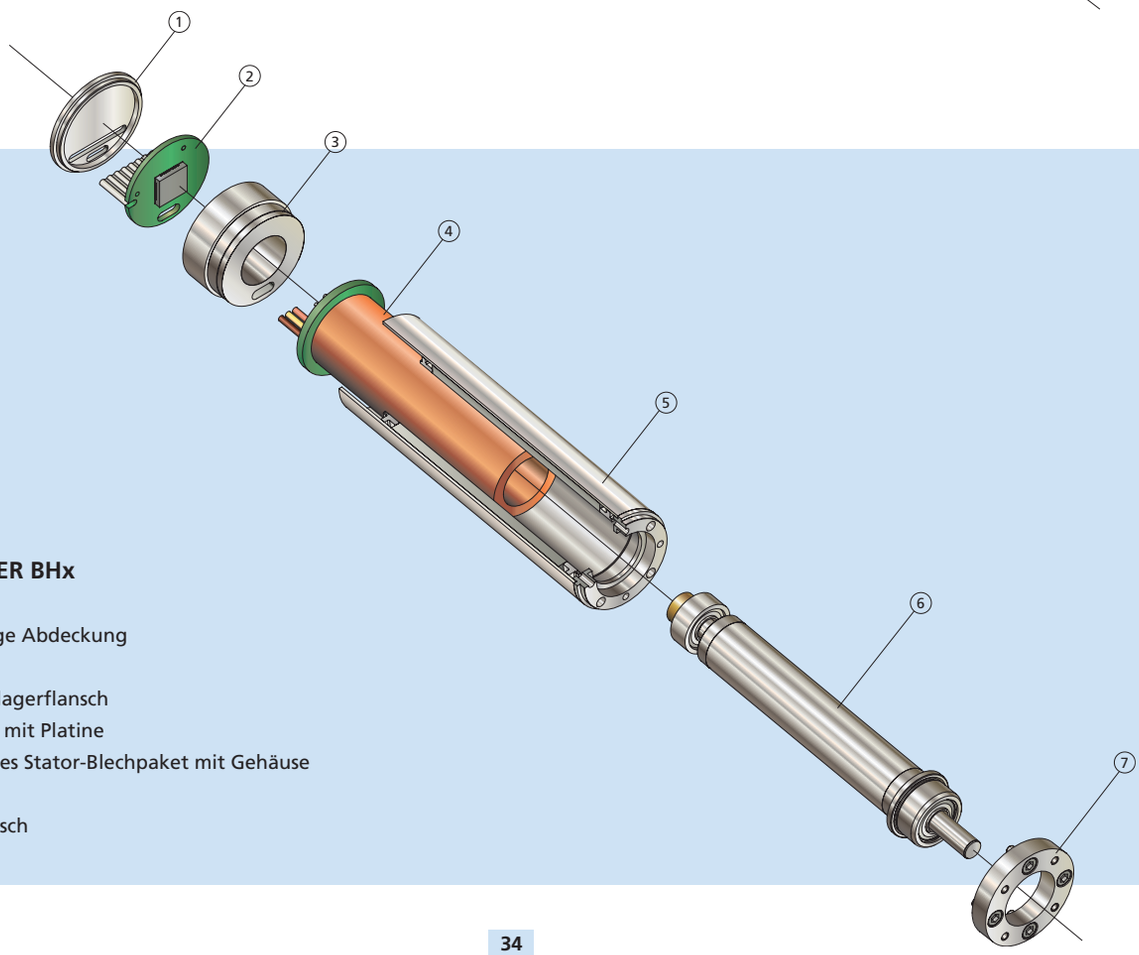
Bürstenlose DC-Servomotoren

Prinzipieller Aufbau



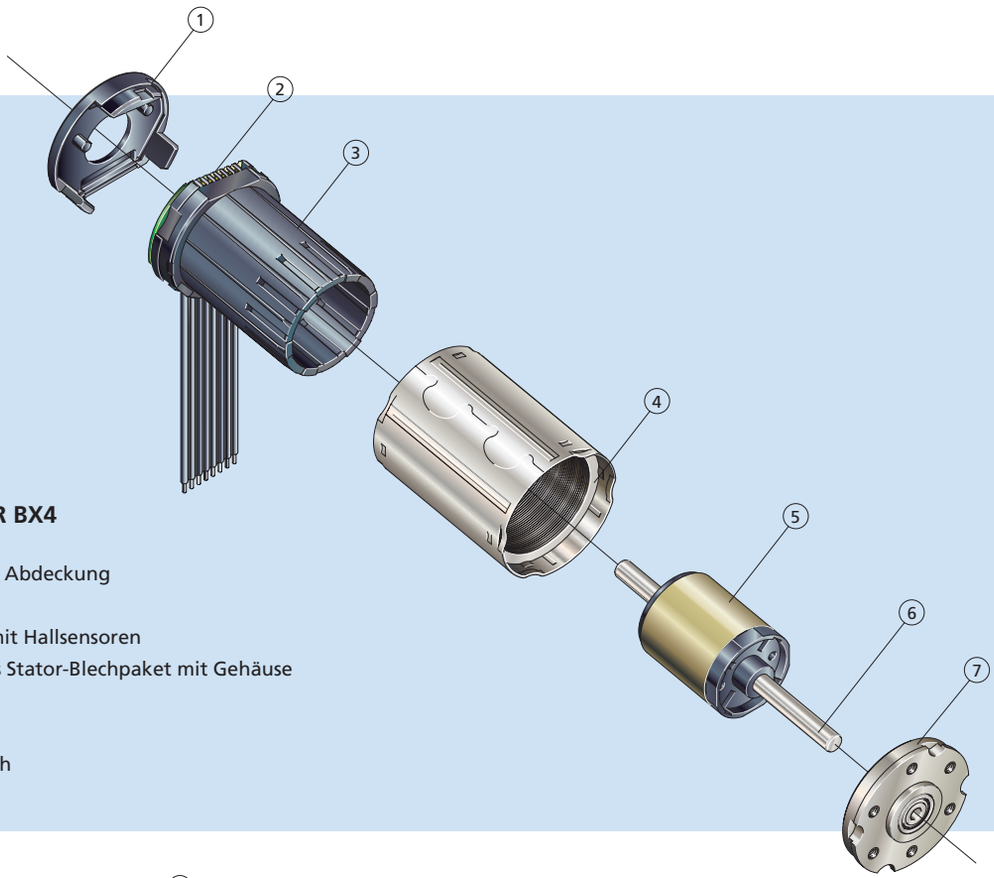
FAULHABER B

① Rückseitige Abdeckung mit Lagerung
② Platine
③ Wicklung
④ Magnet
⑤ Welle
⑥ Laminiertes Stator-Blechpaket
⑦ Gehäuse mit Kugellager



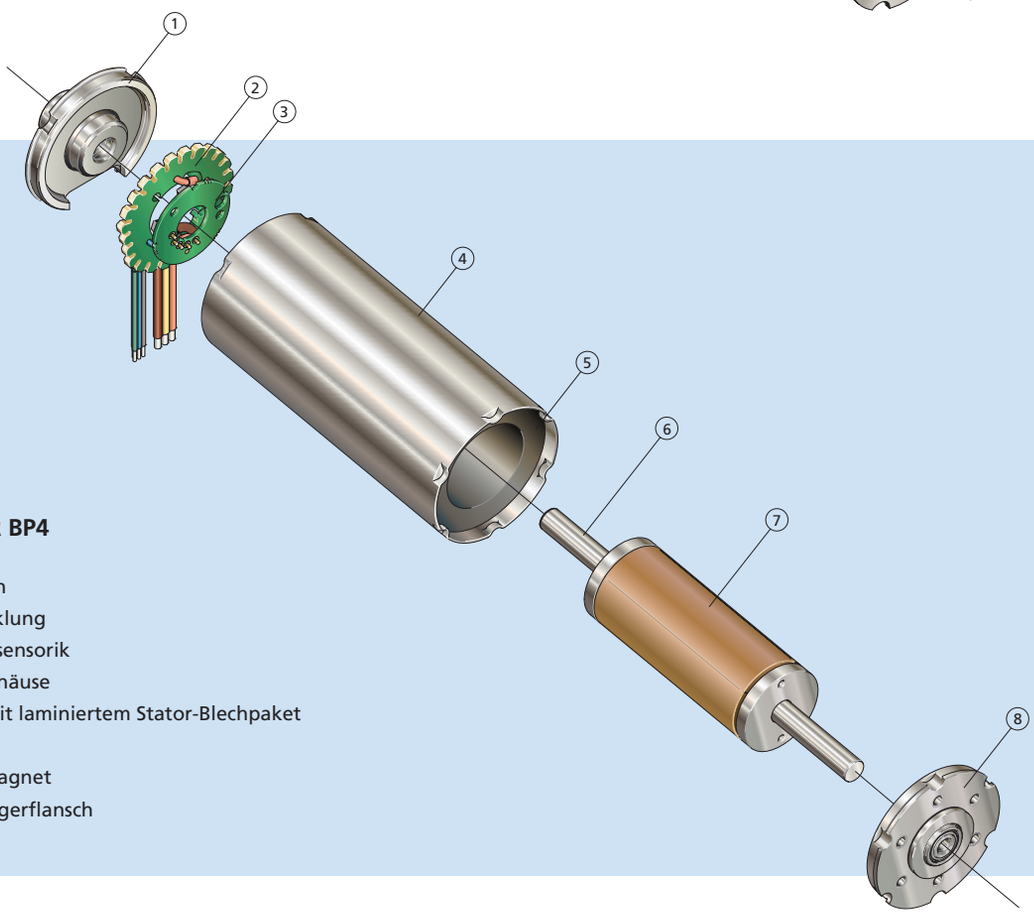
FAULHABER BHx

① Rückseitige Abdeckung
② Platine
③ Zwischenlagerflansch
④ Wicklung mit Platine
⑤ Laminiertes Stator-Blechpaket mit Gehäuse
⑥ Rotor
⑦ Lagerflansch



FAULHABER BX4

① Rückseitige Abdeckung
② Platine
③ Wicklung mit Hallsensoren
④ Laminiertes Stator-Blechpaket mit Gehäuse
⑤ Magnet
⑥ Welle
⑦ Lagerflansch

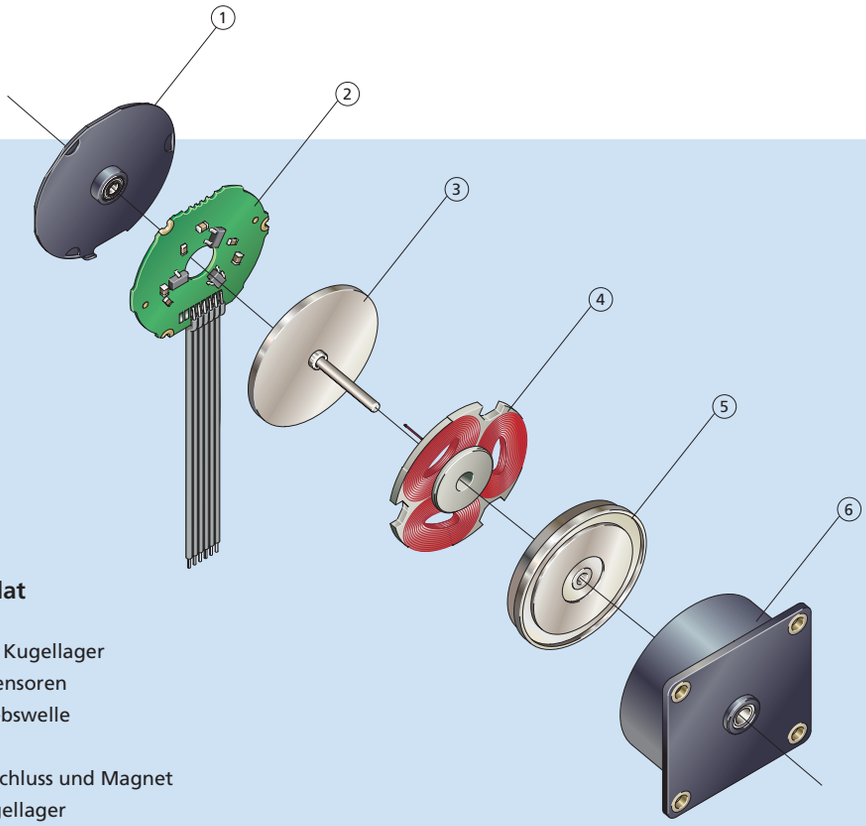


FAULHABER BP4

① Lagerflansch
② Platine Wicklung
③ Platine Hallsensorik
④ Edelstahlgehäuse
⑤ Wicklung mit laminiertem Stator-Blechpaket
⑥ Welle
⑦ 4-poliger Magnet
⑧ Vorderer Lagerflansch

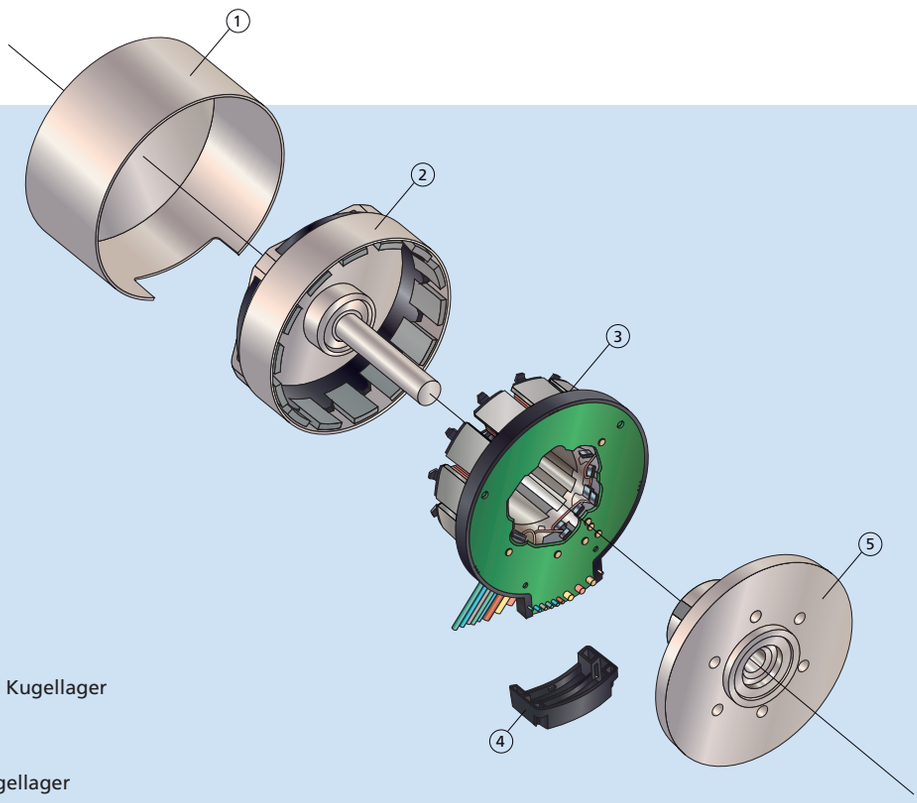
Bürstenlose DC-Flachmotoren

Prinzipieller Aufbau



FAULHABER B-Flat

① Motordeckel mit Kugellager
② Platine mit Hallsensoren
③ Rotor und Abtriebswelle
④ Statorwicklung
⑤ Rotor, Eisenrückschluss und Magnet
⑥ Gehäuse mit Kugellager



FAULHABER BXT

① Gehäuse (für BXT H)
② Rotor mit Welle und Kugellager
③ Stator mit Platine
④ Abdeckung
⑤ Frontflansch mit Kugellager

Notizen

Bürstenlose DC-Servomotoren 2-Pol-Technologie, sensorlos

Die bürstenlosen sensorlosen DC-Micro-Motoren finden selbst in anspruchsvollsten Anwendungen mit kleinstem verfügbarem Bauraum Platz. Nur durch mehrjährige Entwicklungsarbeit und Erfahrungen in der Mikrosystemtechnik konnten sämtliche Komponenten und Baugruppen auf ein Minimum reduziert werden, um selbst bei geringsten Abmessungen eine zuverlässige Antriebsfunktion zu liefern. Die bürstenlosen DC-Micro-Motoren sind sensorlos und mit passenden hochkompakten Getrieben zur Steigerung des Abtriebsmoments und Speed Controllern verfügbar. Die bürstenlosen DC-Micro-Motoren liefern eine Technologiebasis, die für Projekte kundenspezifisch modifiziert werden kann.

Serien dieser Baureihe

0308 … B	0515 … B

Eckdaten

Motordurchmesser	3 ... 5 mm
Motorlänge	8 ... 15 mm
Nennspannung	3 ... 6 V
Drehzahl	bis 96.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 0,13 mNm
Dauerleistung	bis 0,44 W

Produktkennzeichnung

05	Motordurchmesser [mm]
15	Motorlänge [mm]
G	Abtriebsart
006	Nennspannung [V]
B	Produktfamilie

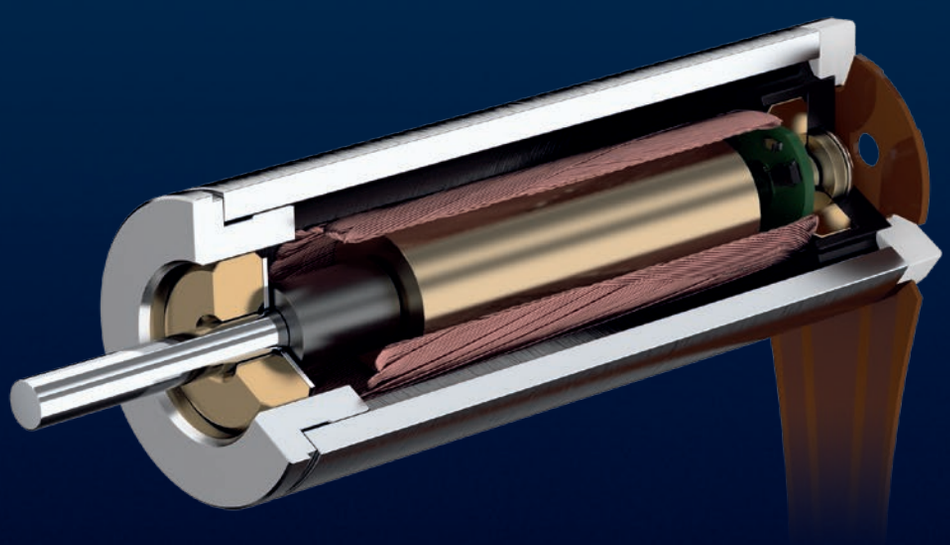
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER B-Micro

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Extrem kompakte Bauweise. Durchmesserbereich von 3 mm bis 5 mm
- Für Anwendungsbereiche mit geringstem verfügbarem Bauraum
- 2-Pol-Bauweise mit mittleren bis höheren Drehzahlen
- Passende hochkompakte Getriebe verfügbar
- Passender Speed Controller lieferbar



Bürstenlose DC-Servomotoren 2-Pol-Technologie

Bürstenlose Original-DC-Servomotoren von FAULHABER. Diese eisenlosen Motoren wurden für den Einsatz in sehr anspruchsvollen Anwendungsbereichen und für Umgebungsbedingungen konzipiert, die vom Vakuum des Weltraums bis zur Medizingerätetechnik reichen. Sie zeichnen sich durch Präzision, eine extrem lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit aus. Sie sind mit einer Vielzahl von Komplementärprodukten wie hoch auflösenden Encodern und Präzisionsgetrieben erhältlich. Um einen maximalen Integrations- und Miniaturisierungsgrad zu erzielen, können die serienmäßigen digitalen Hallsensoren in den Motoren durch optionale analoge (lineare) Hallsensoren ersetzt werden, die einen Encoder in den meisten Anwendungen überflüssig machen können.

Serien dieser Baureihe

0620 … B	0824 … B
1028 … B	1218 … B
1226 … B	1628 … B
2036 … B	2057 … B
2057 … BA	2444 … B
3056 … B	3564 … B
4490 … B	4490 … BS

Eckdaten

Motordurchmesser	6 ... 44 mm
Motorlänge	18 ... 90 mm
Nennspannung	24 ... 48 V
Drehzahl	bis 100.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 217 mNm
Dauerleistung	bis 282 W

Produktkennzeichnung

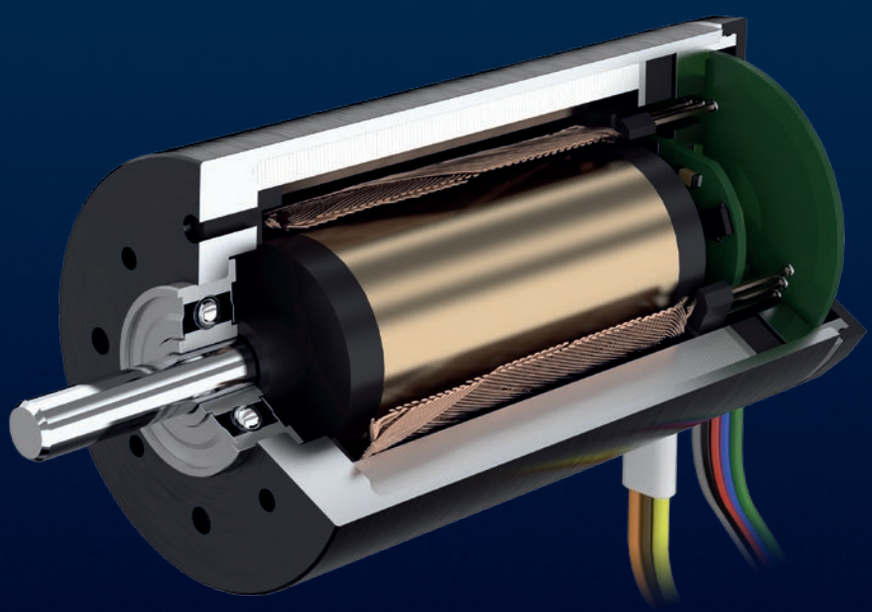
35	Motordurchmesser [mm]
64	Motorlänge [mm]
K	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
B	Produktfamilie

FAULHABER

FAULHABER B

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Eisenloses System mit hoher Leistungsdichte und FAULHABER-Wicklung
- Digitale oder analoge Hallsensoren lieferbar
- Extrem gleichmäßige Drehzahlregelung
- Empfindliche Positioniersteuerung



Bürstenlose DC-Servomotoren 2-Pol-Technologie

Die BHx-Serie, in der die bürstenlose 2-Pol-Technologie zur Anwendung kommt, basiert auf einem innovativen und robusten Design und liefert trotz ihrer kompakten Bauweise hohe Leistungen. Diese Motoren werden in 2 verschiedenen Versionen angeboten, die den Anforderungen unterschiedlichster Anwendungen gerecht werden: Die BHT-Variante ist für ein hohes Drehmoment bei großen Impulszyklen ausgelegt, während die BHS-Variante vor allem in Dauerbetriebsanwendungen mit sehr hohen Drehzahlen eingesetzt wird.

Die Motoren der BHx-Serie können variable Lasten bei minimalen Drehzahlschwankungen antreiben und gewährleisten ein laufruhiges Betriebsverhalten mit konstanter Drehzahl. Darüber hinaus bieten ihr geringes Trägheitsmoment und ihre kurze Ansprechzeit eine hohe Dynamik. Mit diesen Eigenschaften eignet sich die BHx-Serie ideal sowohl für den Betrieb mit hohen Drehzahlen als auch für schnelle und genaue Positionierungsanwendungen, insbesondere im intermittierenden Betrieb und in Kombination mit einem integrierten Encoder hoher Auflösung. Die BHx-Serie zeichnet sich durch einen vibrationsarmen und leisen Lauf aus, was Ermüdung und Stress ihrer Benutzer in der Anwendungsumgebung gering hält. Ihr hoher Wirkungsgrad minimiert die Freisetzung von Wärme und trägt zur Erhöhung des Komforts beim Einsatz in Handwerkzeugen bei.

Serien dieser Baureihe

1645 … BHS	1660 … BHS
1660 … BHT	

Eckdaten

Motordurchmesser	16 mm
Motorlänge	45 ... 60 mm
Nennspannung	24 ... 48 V
Drehzahl	bis 100.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 18,7 mNm
Dauerleistung	bis 96 W

Produktkennzeichnung

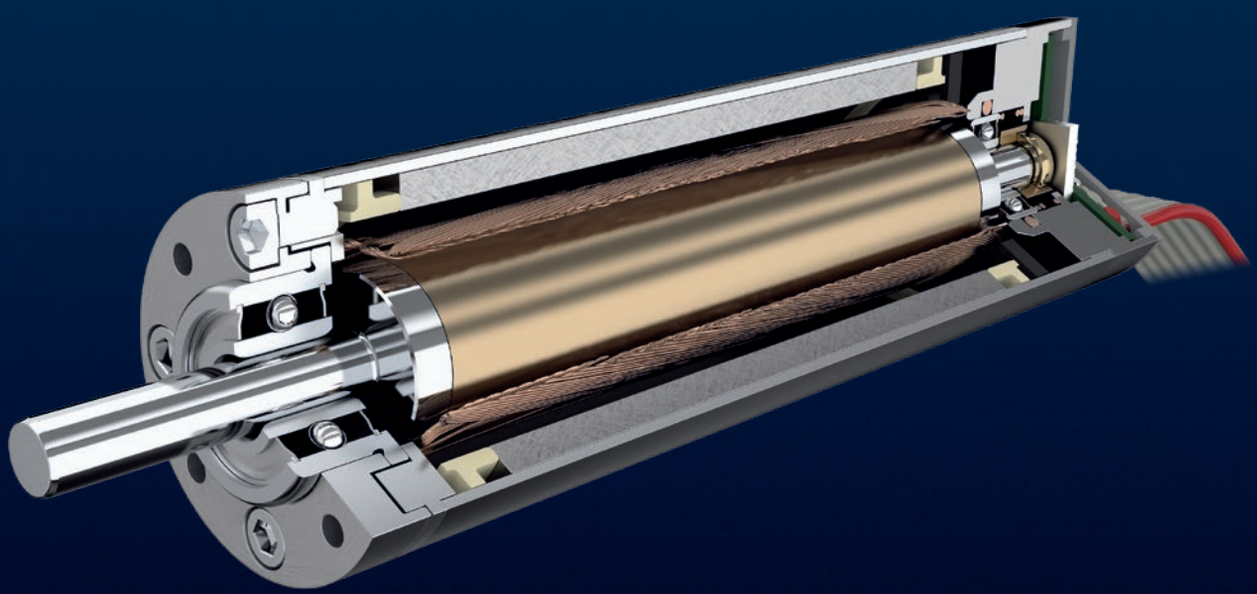
16	Motordurchmesser [mm]
60	Motorlänge [mm]
S	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BHT	Produktfamilie

FAULHABER

FAULHABER BHx

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Hohe Leistung von bis zu 96 W bei geringem Durchmesser
- Hohe Drehzahl von fast 100.000 min^{-1} (BHS-Version)
- Sehr hohes Impulsdrehmoment von mehr als 30 mNm (BHT-Version)
- Sehr dynamisch und reaktionsschnell bei niedrigem Trägheitsmoment
- Durch geringe Vibration und hohe Laufruhe für Handwerkzeuge geeignet
- Optionaler integrierter Encoder



Bürstenlose DC-Servomotoren 4-Pol-Technologie

Vom dynamischen Start-Stopp-Betrieb, über Drehzahlregelung bis hin zur hochpräzisen integrierten Positionsregelung auf kleinstem Bauraum – kombinierbar mit einer Vielzahl von Getriebeanbauten bietet das flexible und modulare Baukastenprinzip BX4 für eine Vielzahl von Applikationen maßgeschneiderte Lösungen.

Weiterhin sind eine lange Lebensdauer, hohes Drehmoment und ein innovatives sowie kompaktes Design herausragende Merkmale dieser 4-poligen Produktfamilie.

Ruhiges Laufverhalten, Vibrations- und Geräuscharmut ermöglichen neben Marktsegmenten wie Automatisierungstechnik, der Robotik oder dem Maschinenbau auch den Einsatz in sensitiven Märkten wie z.B. Medizintechnik.

Serien dieser Baureihe

2232 … BX4	2250 … BX4
3242 … BX4	3268 … BX4

Eckdaten

Motordurchmesser	22 ... 32 mm
Motorlänge	32 ... 68 mm
Nennspannung	6 ... 48 V
Drehzahl	bis 29.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 96 mNm
Dauerleistung	bis 62 W

Produktkennzeichnung

22	Motordurchmesser [mm]
50	Motorlänge [mm]
S	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BX4	Produktfamilie

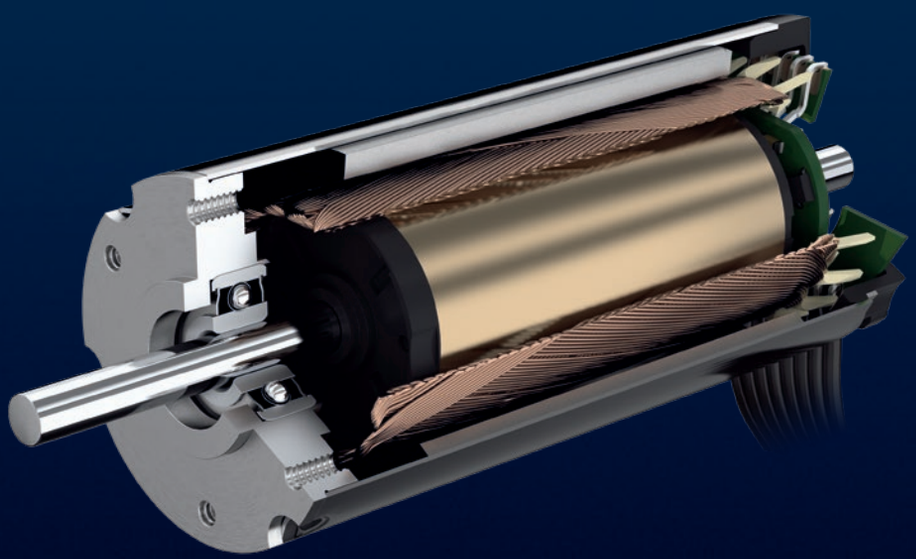
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER BX4

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Hohes Drehmoment und Drehzahlsteifigkeit durch 4-Pol-Technologie
- Positionsregelung auf kleinstem Bauraum durch optionale analoge Hallsensoren
- Modulares durchmesserkonformes Anbaukonzept für hochauflösende magnetische und optische Encoder
- Versionen mit integrierten Speed- oder Motion Controllern verfügbar
- Hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer
- Dynamisch gewuchteter Rotor, ruhiger Lauf



Bürstenlose DC-Servomotoren 4-Pol-Technologie

Die vierpoligen bürstenlosen DC-Servomotoren der Serie BP4 bestechen durch höchste Drehmomente – und das trotz kompakter Bauform in Durchmesser 22 mm und 32 mm und geringem Gewicht. Herzstück der Motoren ist eine neuartige innovative Wicklungstechnologie, die nicht nur einen sehr hohen Kupferanteil im Stator erlaubt, sondern auch eine hohe elektrische und geometrische Wicklungssymmetrie aufweist.

Das führt zu geringen Verlusten und zu einem sehr hohen Wirkungsgrad. Die Serie BP4 ist überlastfähig und eignet sich für Anwendungen mit höchsten Leistungen bei möglichst geringem Gesamtgewicht und Bauraum und für den dynamischen Start-Stopp-Betrieb.

Serien dieser Baureihe

2264 ... BP4	3274 ... BP4

Eckdaten

Motordurchmesser	22 ... 32 mm
Motorlänge	64 ... 74 mm
Nennspannung	12 ... 48 V
Drehzahl	bis 34.500 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 162 mNm
Dauerleistung	bis 150 W

Produktkennzeichnung

22	Motordurchmesser [mm]
64	Motorlänge [mm]
W	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BP4	Produktfamilie

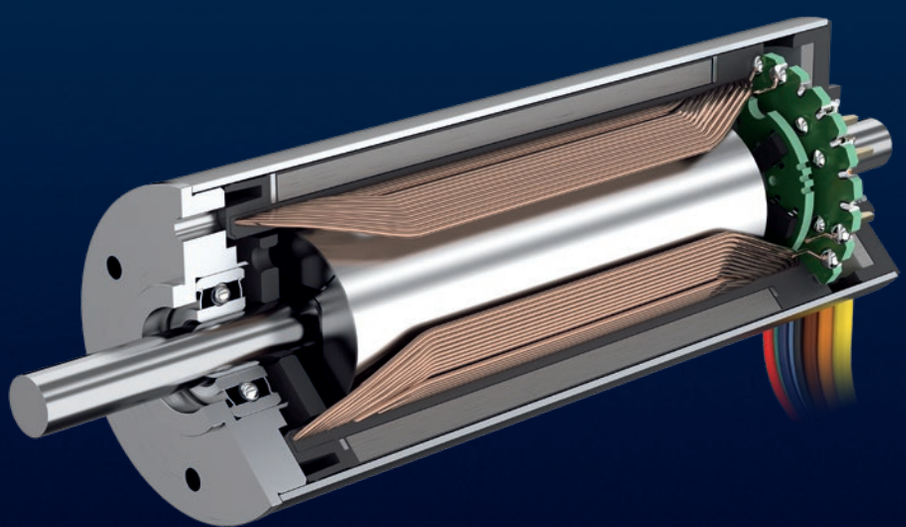
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER BP4

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- High Power Motoren mit höchstem Drehmoment
- Dauerleistung von 133 W bis 150 W
- Hervorragendes Verhältnis von Drehmoment zu Gewicht und Bauvolumen
- Sehr hoher Wirkungsgrad von bis zu 91 %
- Vollintegrierte analoge Hallsensoren und passende Encoder, Getriebe und Steuerungen verfügbar
- Für dynamischen Start-Stopp-Betrieb



Bürstenlose DC-Flachmotoren und DC-Getriebemotoren

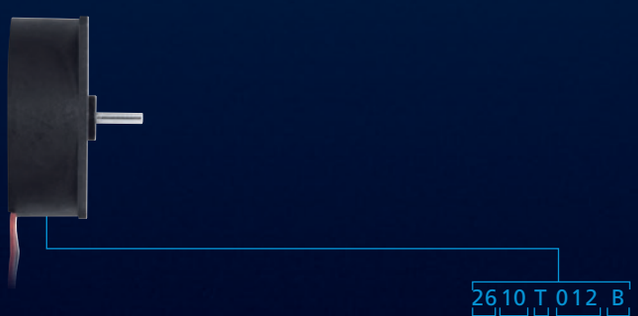
Die vierpoligen bürstenlosen DC-Servomotoren mit einer einzigartig flachen Spulentechnologie mit drei flachen freitragenden Kupferwicklungen bilden bei der Baureihe B-Flat die Basis für Antriebssysteme in Anwendungsbereichen mit sehr geringem Bauraum. Mit Hochleistungs-Selten-Erd-Magneten liefern die Motoren eine Dauerleistung von 1,5 W bis 9 W und haben dabei ein nur minimales Trägheitsmoment. In Kombination mit den integrierten Getrieben in extrem flacher Bauform steht ein sehr kompaktes Antriebssystem mit erhöhtem Abtriebsmoment zur Verfügung. Durch die elektronische Kommutierung der Antriebe ist die Lebensdauer im Vergleich zu mechanisch kommutierten Motoren um ein Vielfaches höher.

Serien dieser Baureihe

1509 … B	1515 … B
2610 … B	2622 … B

Eckdaten

Motordurchmesser	15 ... 26 mm
Motorlänge	9 ... 22 mm
Nennspannung	6 ... 12 V
Drehzahl	bis 40.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 100 mNm
Dauerleistung	bis 9 W



Produktkennzeichnung

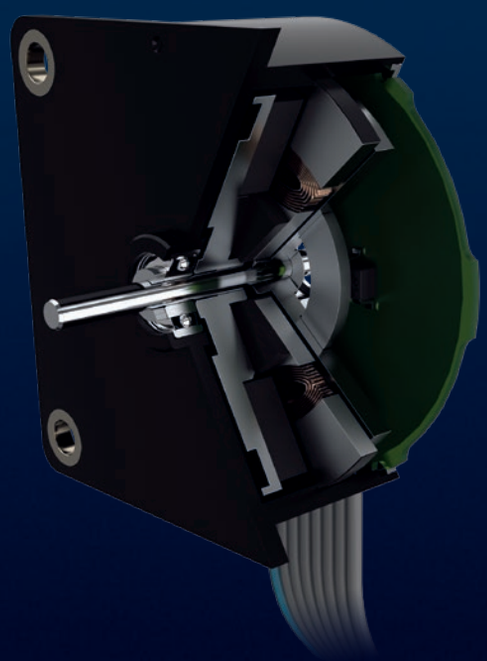
26	Motordurchmesser [mm]
10	Motorlänge [mm]
T	Abtriebsart
012	Nennspannung [V]
B	Produktfamilie

FAULHABER

FAULHABER B-Flat

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Extrem flache Bauweise.
  Längenbereich von 9 mm bis 22 mm
- 4-Pol-Bauweise
- Elektronische Kommutierung mit
  3 digitalen Hallsensoren
- Integrierte Stirnradgetriebe minimaler
  Länge mit hohen Untersetzungsverhältnissen
  lieferbar
- Präziser Gleichlauf



Bürstenlose DC-Flachmotoren mit Außenläufer-Technologie

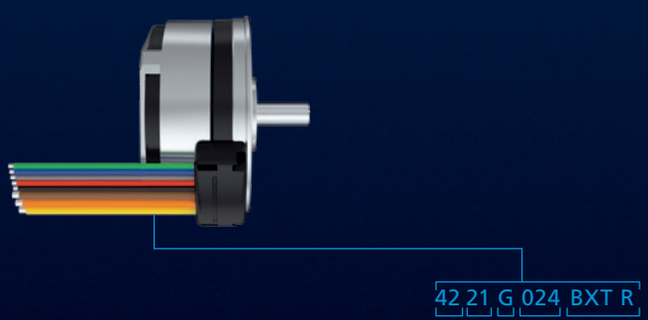
Die Außenläufer-Motoren der Baureihe BXT setzen neue Maßstäbe: Dank innovativer Wicklungstechnik und optimaler Auslegung liefern die BXT Motoren ein Drehmoment bis zu 134 mNm. Das Verhältnis von Drehmoment zu Gewicht und Bauvolumen ist einzigartig. Die eisenbehafteten Motoren mit 14 Hochleistungs-Selten-Erd-Magneten auf dem Rotor und 12 Zähnen auf dem Stator sind nur 14 mm, 16 mm bzw. 21 mm lang und sind damit für Anwendungen geeignet, die eine kurze Antriebslösung mit hohem Drehmoment erfordern. In Verbindung mit optischen und magnetischen Encodern, Getrieben und Steuerungen steht ein kompaktes Antriebssystem zur Verfügung.

Serien dieser Baureihe

2214 … BXT R	2214 … BXT H
3216 … BXT R	3216 … BXT H
4221 … BXT R	4221 … BXT H

Eckdaten

Motordurchmesser	22 ... 42 mm
Motorlänge	14 ... 21 mm
Nennspannung	6 ... 48 V
Drehzahl	bis 10.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 134 mNm
Dauerleistung	bis 100 W



Produktkennzeichnung

42	Motordurchmesser [mm]
21	Motorlänge [mm]
G	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BXT	Produktfamilie
R	Offene Bauweise

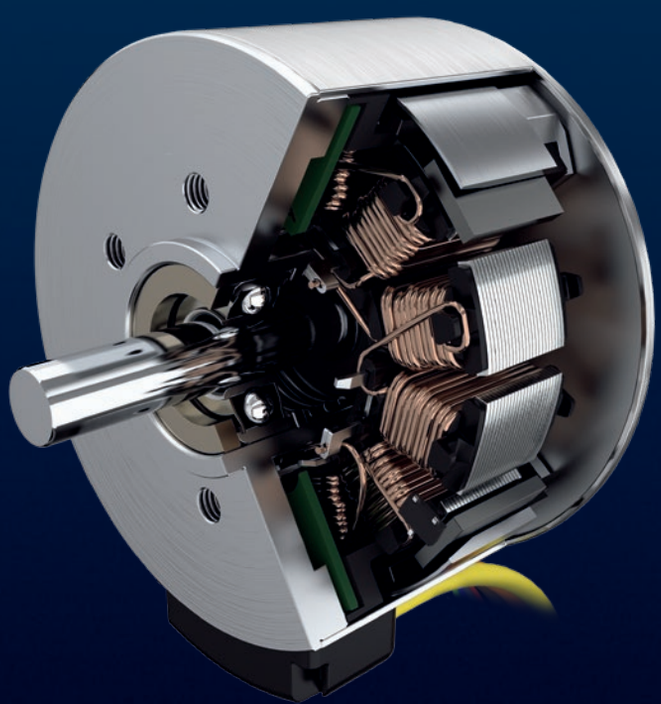
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER BXT

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Außenläufer-Motoren mit sehr hohem Drehmoment
- Dauerleistung bis 100 W
- Hervorragendes Verhältnis von Drehmoment zu Gewicht und Bauvolumen
- Flache Bauweise für platzkritische Anwendungen. Längenbereich von 14 bis 21 mm.
- Passende optische und magnetische Encoder, Getriebe und Steuerungen verfügbar
- 14-Pol-Bauweise



FAULHABER

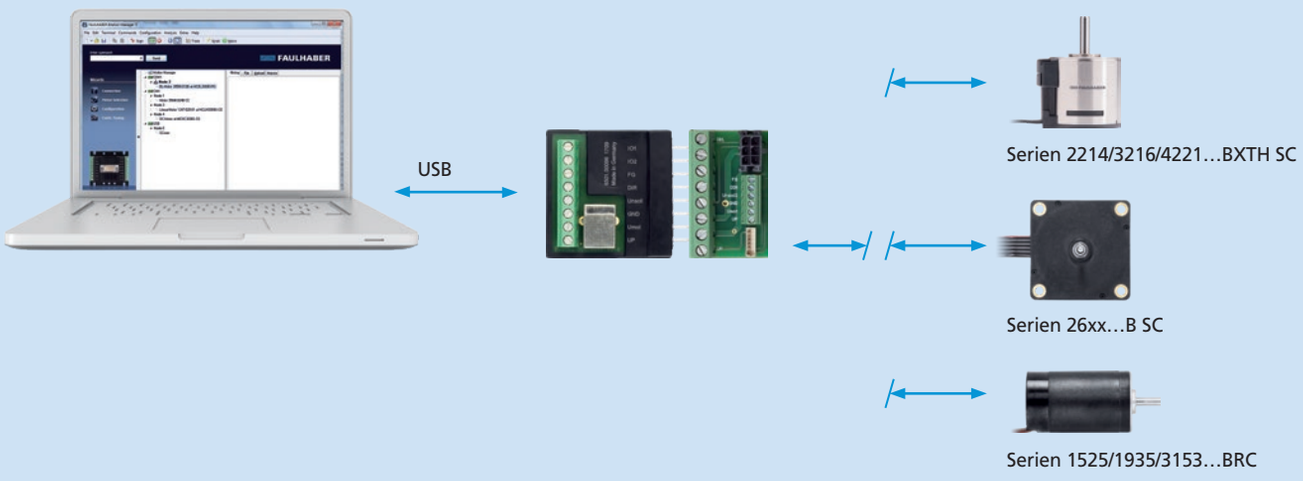
Motoren mit integrierter Elektronik

WE CREATE MOTION

Speed Control Systems

Technische Informationen

Anschlussvarianten



Allgemeine Angaben

FAULHABER Speed Control Systems sind hochdynamische Antriebssysteme mit geregelter Geschwindigkeit. Die Antriebselektronik ist bereits integriert und auf den jeweiligen Motor abgestimmt.

Die kompakte Integration der Speed Controller sowie die flexiblen Anbindungsmöglichkeiten eröffnen ein breites Einsatzgebiet in Bereichen wie Labortechnik und Gerätebau, Automatisierungstechnik, Handling- und Werkzeugmaschinen oder Pumpen.

Die Integration der Ansteuerelektronik in bauraumoptimierte Anbausysteme verringert den Platzbedarf und vereinfacht die Installation und Inbetriebnahme.

Die integrierte Elektronik ermöglicht die Drehzahlregelung mittels PI-Regler mit externer Sollwertvorgabe. Die Drehrichtung kann über einen separaten Schalteingang umgeschaltet, das Drehzahlsignal über den Frequenzausgang ausgelesen werden.

Die Motoren sind optional als Spannungssteller oder im Fixdrehzahlmodus betreibbar.

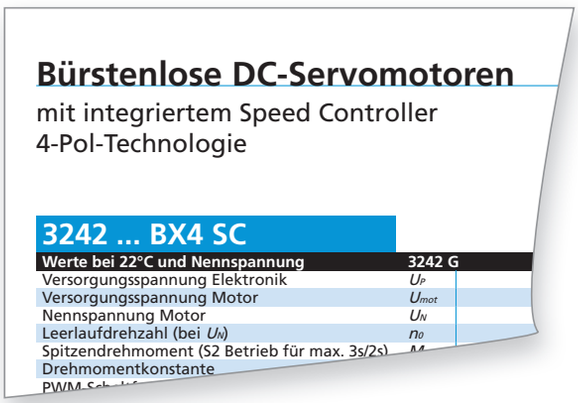
Speed Control Systems können über den FAULHABER Motion Manager an die Anwendung angepasst werden. Einstellbar sind die Art und Skalierung der Sollwertvorgabe, die Betriebsart und die Reglerparameter. Zur Konfiguration wird der USB Programmieradapter für Speed Controller und eine Kontaktierhilfe zum Anschluss der Flachbandleitungen verwendet.

Schnittstellen – Diskrete I/O

- Analoger Eingang als Sollwerteingang zur Vorgabe der Drehzahl über PWM oder analogen Spannungswert
- Digitaler Eingang als Schalteingang zur Festlegung der Drehrichtung des Motors
- Digitaler Ausgang, wahlweise programmierbar als Frequenz- oder Fehlerausgang

Hinweis

Gerätehandbücher zur Installation und Inbetriebnahme sowie die Software „FAULHABER Motion Manager“ sind auf Anfrage oder im Internet unter www.faulhaber.com erhältlich.



Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Datenblattwerte der Speed Control Systems werden bei Nennspannung und einer Umgebungstemperatur von 22°C gemessen bzw. berechnet.

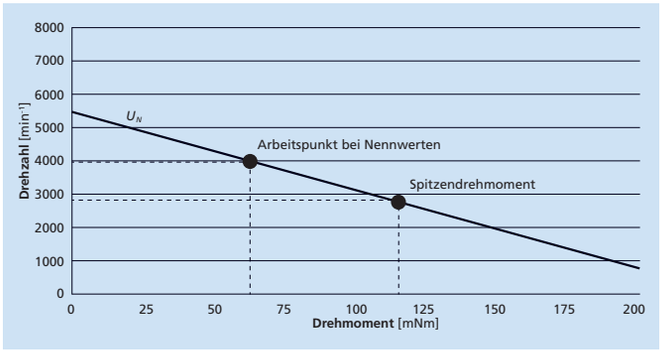
Versorgungsspannung Elektronik U_P [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für die Steuerelektronik.

Versorgungsspannung Motor U_{mot} [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für den im Gesamtsystem integrierten Basismotor.

Nennspannung Motor U_N [V]
Die zwischen zwei Wicklungsphasen angelegte Spannung. Bei dieser Spannung werden die Kennwerte im Datenblatt gemessen bzw. berechnet. Je nach geforderter Drehzahl kann innerhalb des zulässigen Bereichs der Versorgungsspannung eine höhere oder niedrigere Spannung angelegt werden.

Leerlaufdrehzahl n_0 [min^{-1}]
Beschreibt die Motordrehzahl im Leerlauf und eingeschwungenem Zustand bei Nennspannung.

Spitzendrehmoment $M_{max.}$ [mNm]
Gibt das Drehmoment an, das der Antrieb bei S2-Betrieb (Kaltstart ohne zusätzliche Kühlung) bei Nennspannung und -bedingungen unter konstanter Last für die im Datenblatt angegebene Zeit erreichen kann ohne das thermische Limit zu überschreiten. Falls nicht abweichend definiert gilt für den Wert des Spitzendrehmomentes eine Verdoppelung des Dauerdrehmomentes.



Beispiel: 3242...BX4 SC

Drehmomentkonstante k_m [mNm/A]
Konstante, die das Verhältnis zwischen Motordrehmoment und aufgenommenem Strom beschreibt.

Anlaufmoment [M_A]
Lastmoment, bei dem der Motor bei Raumtemperatur und Nennspannung anläuft. Dieser Wert kann sich durch Magnettyp und -temperatur sowie der Wicklungstemperatur ändern.

PWM-Schaltfrequenz f_{PWM} [kHz]
Die Pulsweitenmodulation beschreibt den Wechsel der elektrischen Spannung zwischen zwei Werten. Die in den SCS integrierten Motoren weisen eine niedrige elektrische Zeitkonstante auf. Um die PWM bedingten Verluste niedrig zu halten, ist eine hohe Schaltfrequenz notwendig.

Wirkungsgrad Elektronik η [%]
Verhältnis zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung der Steuerelektronik.

Stromaufnahme der Elektronik I_{el} [A]
Beschreibt die durch die integrierte Elektronik zusätzliche Stromaufnahme des Gesamtsystems.

Drehzahlbereich [min^{-1}]
Beschreibt die maximale Leerlaufdrehzahl für Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei erhöhter Nennspannung. Je nach geforderter Drehzahl kann innerhalb der gegebenen Systemgrenzen eine höhere oder niedrigere Spannung angelegt werden.

Montage des Systems an einem Kunststoffflansch gemäß Montageart IM B 5.

Wellenlagerung
Die für die bürstenlosen DC-Motoren verwendeten Lager.

Wellenbelastung, max. zulässig [N]
Die max. zulässige Wellenbelastung bei angegebenem Wellendurchmesser für die Abtriebswelle. Die Werte für Belastung und Lebensdauer von Motoren mit Kugellagern basieren auf den Herstellerangaben. Dieser Wert gilt nicht für ein eventuell verfügbares hinteres oder zweites Wellenende.

Wellenspiel [mm]
Spiel zwischen Welle und Lagerung einschließlich des zusätzlichen Lagerspiels bei Kugellagern.

Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Betriebstemperatur des Gesamtsystems unter Nennbedingungen wieder.

Gehäusematerial
Gehäusematerialien und ggf. die Oberflächenbehandlung.

Masse [g]
Die typische Masse des Standardsystems, kann durch unterschiedliche Bestückungsvarianten abweichen.

Längenmaße ohne mechanische Toleranzangaben:
Toleranzen nach ISO 2768:

≤	6	= ± 0,1 mm
≤	30	= ± 0,2 mm
≤	120	= ± 0,3 mm

Die Toleranzen nicht spezifizierter Werte erhalten Sie auf Anfrage.

Alle mechanischen Abmessungen der Motorwelle werden mit axialer Wellenbelastung in Richtung Motor gemessen.

Nennwerte für Dauerbetrieb

Die folgenden Werte werden bei Nennspannung, einer Umgebungstemperatur von 22 °C und in Montageart IM B 5 gemessen.

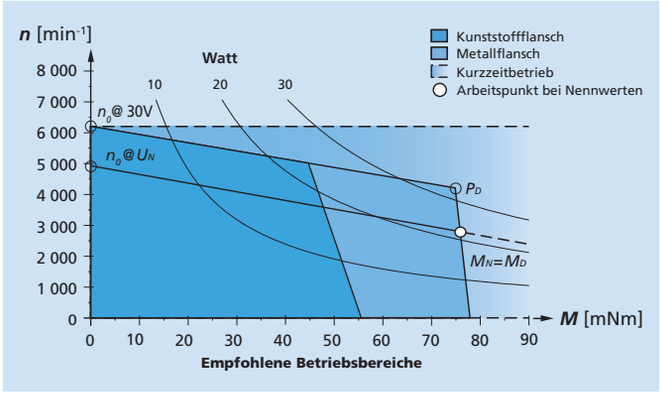
Montageart IM B 5 definiert die Anflanschung des Antriebs ohne Montagefüße, mit zwei Lagerschilden, freiem vorderen Wellenende und Montageflansch nahe am Lager.

Nenndrehmoment M_N [mNm]
Das maximale Dauerdrehmoment (S1-Betrieb) bei Nennspannung, bei dem im eingeschwungenen Zustand die Temperatur die maximal zulässige Wicklungstemperatur und/oder den Betriebstemperaturbereich des Motors nicht überschreitet. Der Motor ist dabei an einem Metallflansch befestigt, was in etwa der Kühlung des Motors in einer typischen Anbausituation entspricht. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nennstrom I_N [A]
Der typische maximale Dauerstrom in eingeschwungenem Zustand, der aus dem Nenndrehmoment bei Dauerbetrieb resultiert. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Antrieb intermittierend betrieben wird, bei Start-/Stopbetrieb, in der Anlaufphase und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nenndrehzahl n_N [min^{-1}]
Die typische Nenndrehzahl in eingeschwungenem Zustand, die sich aus dem gegebenen Nenndrehmoment ermittelt.

Dieser Wert schließt die Effekte der Motorverluste auf die Steigung der n/M-Kennlinie ein.



Beispiel: Leistungsdiagramm für Nennwerte bei Dauerbetrieb.

Erläuterungen zum Leistungsdiagramm

Das Leistungsdiagramm zeigt die möglichen Betriebspunkte der Servoantriebe.

Arbeitspunkte im dunkelblauen Bereich werden bei einer reinen Flanschmontage (IM B5) an einem Kunststoffflansch (ca. 100mm x 100mm x 10mm) und 22°C Umgebungstemperatur dauerhaft erreicht.

Arbeitspunkte im hellblauen Bereich bis zu P_D werden bei einer reinen Flanschmontage (IM B5) an einem Aluflansch (ca. 100mm x 100mm x 10mm) und 22°C Umgebungstemperatur dauerhaft erreicht.

Die maximal erreichbare Geschwindigkeit hängt von der Motorversorgungsspannung ab. Bei Nennspannung werden maximal die Arbeitspunkte auf der Nennspannungslinie durch den Leerlaufpunkt und den Nennpunkt erreicht.

Drehzahlen oberhalb der Nennspannungslinie werden mit einer angehobenen Versorgungsspannung erreicht.

Die Maximalspannung für die Elektronik oder Motorversorgung darf dabei nie überschritten werden.

Dargestellt werden die möglichen Drehzahlbereiche in Abhängigkeit zum Wellendrehmoment.

Der gestrichelt dargestellte Sektor beschreibt mögliche Arbeitspunkte, in denen der Antrieb im intermittierenden Betrieb oder bei erhöhter Kühlung zum Einsatz kommen kann.

Dauerdrehmoment M_D [mNm]
Beschreibt das max. empfohlene Dauerdrehmoment im eingeschwungenen Zustand bei Nennspannung und Montage an einem Aluflansch. Bei Speed Control Systemen entspricht das Dauerdrehmoment gleichzeitig auch dem Nennmoment.

Die Drehzahl verhält sich dabei linear zum Dauerdrehmoment. Das Dauerdrehmoment ist unabhängig von der Dauerleistung und kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb, und/oder mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Dauerleistung P_D [W]
Beschreibt die max. mögliche Abgabeleistung bei Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei Montage am Aluflansch. Der Wert ist nicht vom Dauerdrehmoment abhängig, verhält sich linear zum Kühlfaktor und kann überschritten werden, wenn der Motor periodisch betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung angewendet wird.

Nennspannungskennlinie U_N [V]
Die Nennspannungskurve beschreibt die möglichen Dauerarbeitspunkte bei U_N. Im eingeschwungenen Zustand entspricht der Startpunkt der Leerlaufdrehzahl n_0 des Antriebs. Betriebspunkte oberhalb dieser Kurve können durch eine Erhöhung, Betriebspunkte unterhalb durch eine Reduzierung der Nennspannung erreicht werden.

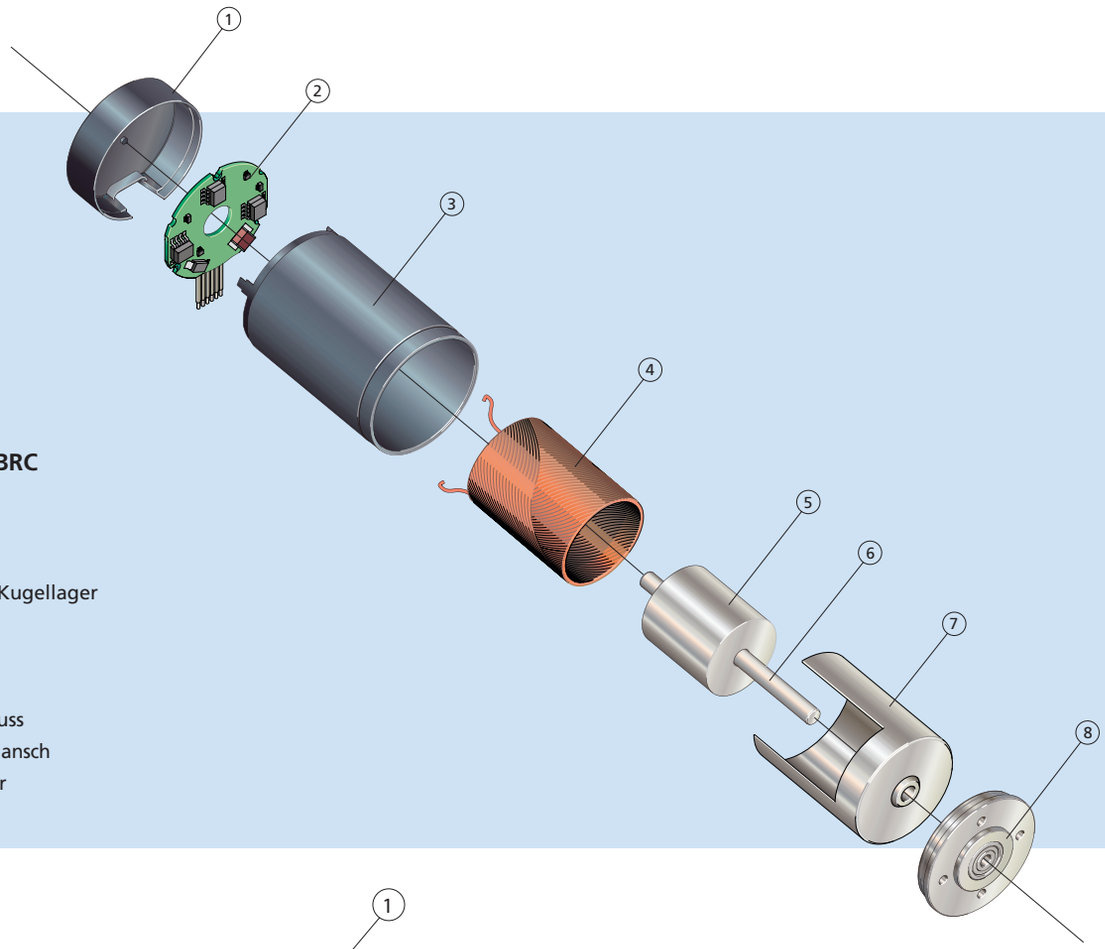
Hinweis

Einfache Inbetriebnahme mit dem neuen Motion Manager 6.

Je nach Kühlfaktor, Arbeitspunkt und Umgebungstemperatur kann eine Anpassung der Strombegrenzungsparameter mittels der Bediensoftware erforderlich sein. Details siehe Gerätehandbuch.

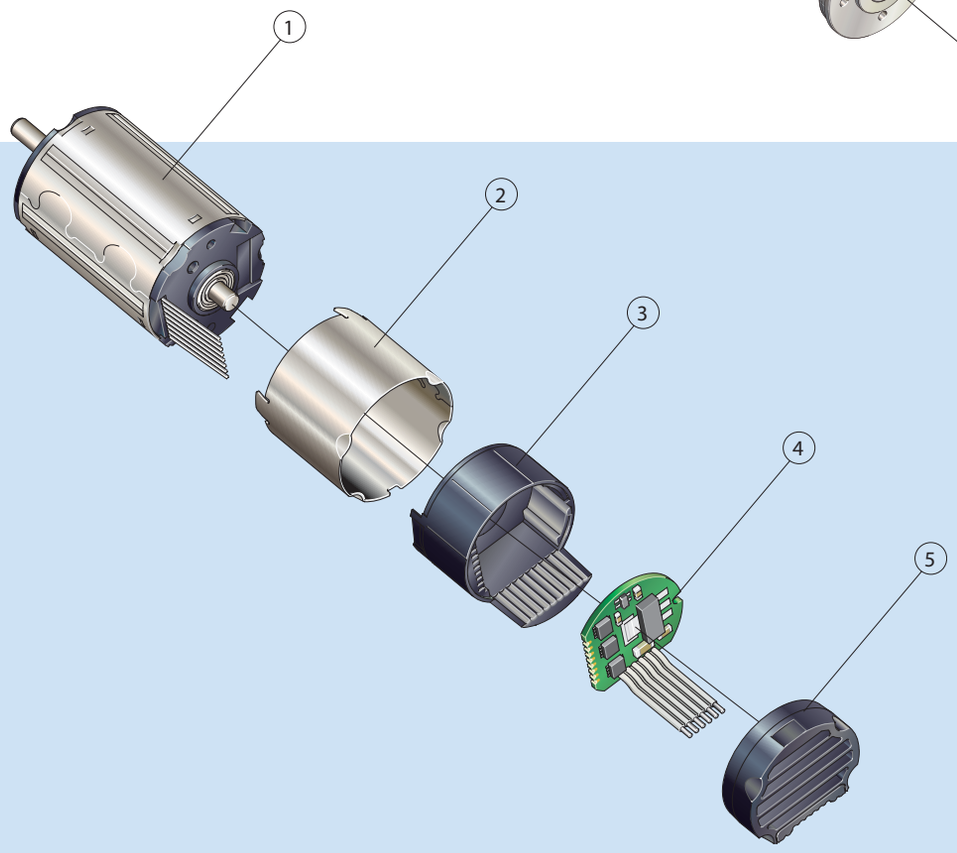
Speed Control Systems

Prinzipieller Aufbau



FAULHABER BRC

① Deckel
② Elektronik
③ Gehäuse mit Kugellager
④ Wicklung
⑤ Magnet
⑥ Welle
⑦ Eisenrückschluss
⑧ Befestigungsflansch
mit Kugellager

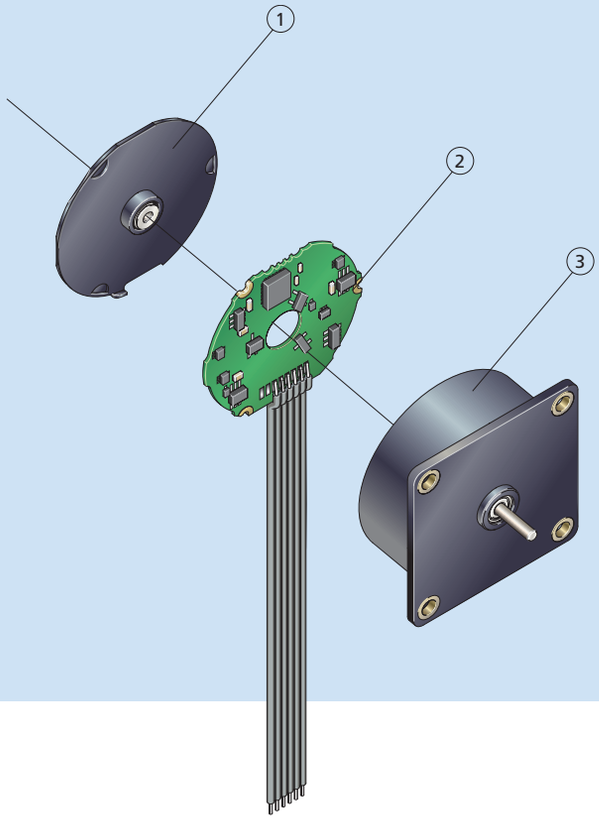


FAULHABER BX4 SC

① Motor
② Gehäuse
③ Montagesatz
④ Elektronikplatine
⑤ Deckel

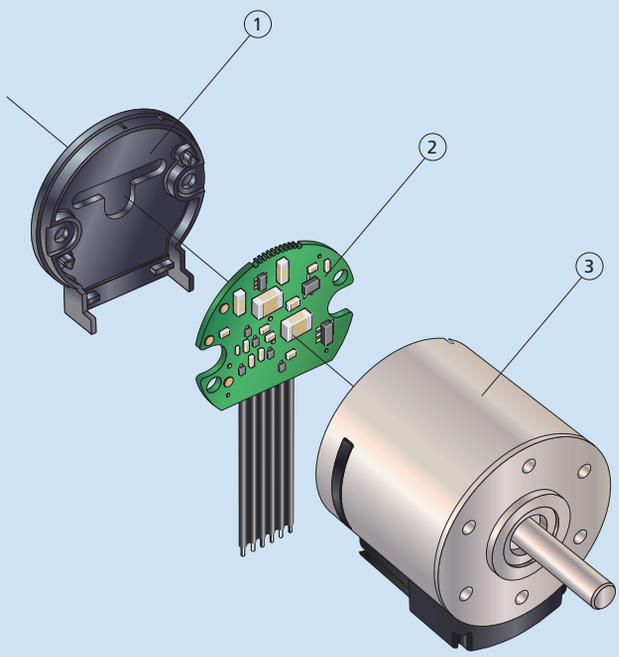
Speed Control Systems

Prinzipieller Aufbau



FAULHABER B-Flat SC

① Motor (Deckel)
② Elektronikplatine
③ Motor (Front)



FAULHABER BXTH SC

① Motor (Deckel)
② Elektronikplatine
③ Motor (Front)

Notizen

Bürstenlose DC-Motoren mit integriertem Speed Controller

Die effiziente Motorreihe mit kontinuierlich, gleichmäßig ruhigem Lauf beeindruckt mit einer außergewöhnlich langanhaltenden Lebensdauer. Die Motoren der BRC-Familie überzeugen im optimierten Dauerbetrieb durch Hochleistungslagerung und rastmomentfreiem Lauf im linearen Drehzahl- und Drehmoment Bereich. Die bürstenlosen Motoren mit integriertem Speed Controller arbeiten mit einer präzisen Drehzahlregelung.

So wird der Arbeitspunkt, wie auch das Arbeitsverhalten über eine entsprechende Software im Detail geregelt. Mit Abmessungen von 15 bis 31 mm Durchmesser sind diese Motoren für den Einbau bei sehr beengten Verhältnissen und – dank robuster Ausführung – auch für Anwendungen mit hoher Belastung geeignet. Die Motoren lassen sich ansteuerbedingt reversibel rechts- oder linksrotierend betreiben. Durch den Frequenzausgang dieser Motoren kann die Drehzahl des Motors genau wiedergegeben und bestimmt werden.

Serien dieser Baureihe

1525 … BRC	1935 … BRC
3153 … BRC	

Eckdaten

Motordurchmesser	15 ... 31 mm
Motorlänge	25 ... 53 mm
Nennspannung	6 ... 24 V
Drehzahl	bis 25.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 5,9 mNm
Dauerleistung	bis 17,5 W

Produktkennzeichnung

31	Motordurchmesser [mm]
53	Motorlänge [mm]
K	Abtriebsart
012	Nennspannung [V]
BRC	Produktfamilie

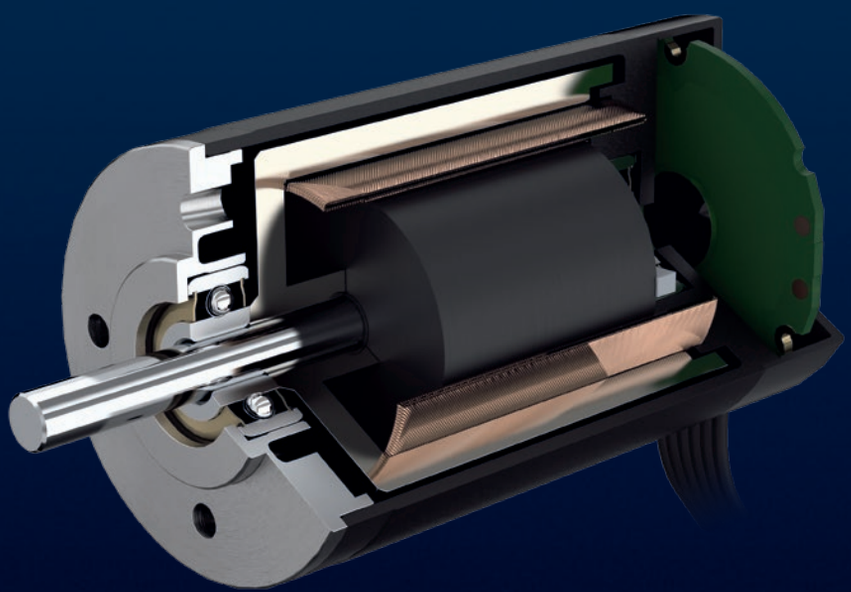
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER BRC

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Programmierbare Motorcharakteristik durch integrierten Speed Controller
- Große Zuverlässigkeit, lange Lebensdauer
- Dynamisch gewuchteter Rotor, ruhiger Lauf
- Rastmomentfrei
- Breiter linearer Drehzahl-Drehmoment-Bereich
- Gleichmäßiger Lauf



Bürstenl. DC-Servomotoren mit integriertem Speed Controller

Die Antriebe mit integriertem Speed Controller verbinden die Vorteile bürstenloser DC-Servomotoren mit einer durchmesserkonformen Regelelektronik, die im nur 18 mm langen Motoranbau Platz findet.

Kombinierbar mit diversen Präzisionsgetrieben sind sie in einer Vielzahl von Marktsegmenten wie z.B. der Labortechnik, im Gerätebau, in der Automatisierungstechnik oder im Maschinenbau einsetzbar. Die werksseitige Vorkonfiguration ermöglicht in Verbindung mit dem Motion Manager eine schnelle und einfache Inbetriebnahme des Systems.

Die wählbare Art der Hallsensorik (digital/analog) gewährleistet die optimale Abdeckung eines weiten Drehzahlbereiches. Die auf den jeweiligen Typ abgestimmte integrierte Strombegrenzung schützt den Motor vor Überlast und damit möglicher Zerstörung. Die Zweidrahtausführung SCDC ermöglicht den einfachen und komfortablen Ersatz von bürstenbehafteten DC-Motoren in bestimmten Anwendungsfällen.

Serien dieser Baureihe

2232 … BX4 SC	2250 … BX4 SC
3242 … BX4 SC	3242 … BX4 SCDC
3268 … BX4 SC	3268 … BX4 SCDC

Eckdaten

Motordurchmesser	22 ... 32 mm
Motorlänge	49,6 ... 85,4 mm
Nennspannung	12 ... 24 V
Drehzahl	bis 14.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 99 mNm
Dauerleistung	bis 53 W

Produktkennzeichnung

22	Motordurchmesser [mm]
32	Motorlänge [mm]
S	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BX4	Produktfamilie
SC	Integrierter Speed Controller

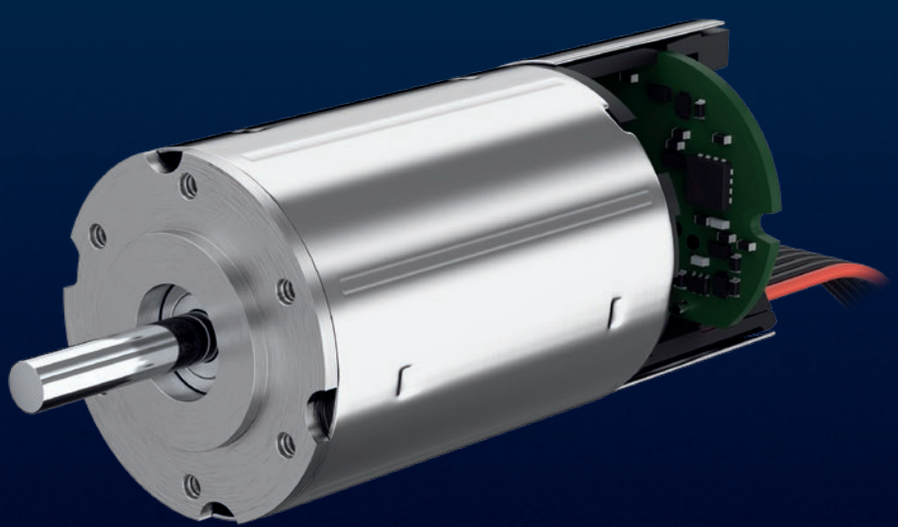
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER BX4 SC

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Hohes Drehmoment und Drehzahlsteifigkeit durch 4-Pol-Technologie
- Drehzahlregelung auf kleinstem Bauraum, durch optionale analoge Hallsensoren auch in niedrigem Drehzahlbereich ab 50 min^{-1} verfügbar
- Modulares durchmesserkonformes Anbaukonzept mit integrierter Strombegrenzung
- Einfache und komfortable Programmierung über Motion Manager und Programmieradapter
- Hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer
- Dynamisch gewuchteter Rotor, ruhiger Lauf



Bürstenl. DC-Flachmotoren und DC-Getriebemotoren mit integriertem Speed Controller

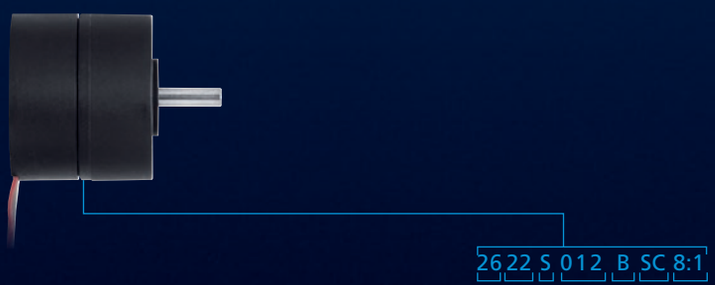
Die bürstenlosen DC-Servomotoren mit integrierter Elektronik basieren auf den Motoren der Baureihe B-Flat. Die vierpoligen bürstenlosen DC-Servomotoren mit einer einzigartig flachen Spulentechnologie mit drei flachen freitragenden Kupferwicklungen bilden bei der Baureihe B-Flat die Basis für Antriebssysteme in Anwendungsbereichen mit sehr geringem Bauraum. Als integrierte elektronische Ansteuerung steht bei diesen Motoren bereits ein Speed Controller zur Verfügung. Das Besondere: der Speed Controller ist vollintegriert auf der Motorplatine und verlängert den Motor in keiner Weise. In Kombination mit den integrierten Getrieben in extrem flacher Bauform steht ein sehr kompaktes Antriebssystem mit erhöhtem Abtriebsmoment zur Verfügung.

Serien dieser Baureihe

2610 … B SC	2622 … B SC

Eckdaten

Motordurchmesser	26 mm
Motorlänge	10,4 ... 22 mm
Nennspannung	6 ... 12 V
Drehzahl	bis 13.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 100 mNm
Dauerleistung	bis 1,6 W



Produktkennzeichnung

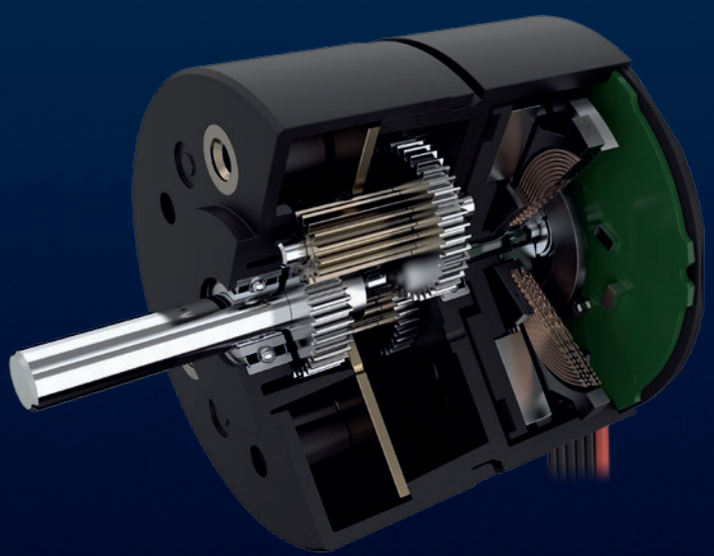
26	Motordurchmesser [mm]
22	Motorlänge [mm]
S	Abtriebsart
012	Nennspannung [V]
B	Produktfamilie
SC	Integrierter Speed Controller
8:1	Getriebeuntersetzung

FAULHABER

FAULHABER B-Flat SC

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Extrem flache Bauweise. Längenbereich von 10 mm bis 22 mm mit bereits integriertem Speed Controller
- 4-Pol-Bauweise
- Einfache Handhabung
- Integrierte Stirnradgetriebe minimaler Länge mit hohen Untersetzungsverhältnissen lieferbar
- Präziser Gleichlauf



Bürstenl. DC-Servomotoren mit integriertem Speed Controller

Die Antriebe mit integriertem Speed Controller verbinden die Vorteile bürstenloser DC-Servomotoren mit einer durchmesserkonformen Regelelektronik, die voll integriert den Motor nur um 6,2 mm verlängert.

Kombinierbar mit diversen Präzisionsgetrieben sind sie in einer Vielzahl von Marktsegmenten wie z.B. in Pumpen, Handgeräten, im Gerätebau oder der Labor- und Industrieautomation einsetzbar. Die werksseitige Vorkonfiguration ermöglicht in Verbindung mit dem Motion Manager eine schnelle und einfache Inbetriebnahme des Systems.

Die Hochpoligkeit der Motoren gewährleistet auch mit digitalen Hallsensoren die optimale Abdeckung eines weiten Drehzahlbereiches. Die auf den jeweiligen Typ abgestimmte integrierte Strombegrenzung schützt den Motor vor Überlast und damit möglicher Zerstörung. Die Kombination der BXT H Motoren mit dem integrierten Speed Controller ist die ideale Lösung, wenn auf engstem Raum Drehzahlen präzise geregelt werden müssen und gleichzeitig hohe Drehmomente gefordert sind.

Serien dieser Baureihe

2214 … BXT H SC	3216 … BXT H SC
4221 … BXT H SC	

Eckdaten

Motordurchmesser	22 / 32 / 42 mm
Motorlänge	21 / 23 / 28 mm
Nennspannung	12 ... 24 V
Drehzahl	bis 10.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 92 mNm
Dauerleistung	bis 60 W

Produktkennzeichnung

22	Motordurchmesser [mm]
14	Motorlänge [mm]
S	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BXTH	Produktfamilie
SC	Integrierter Speed Controller

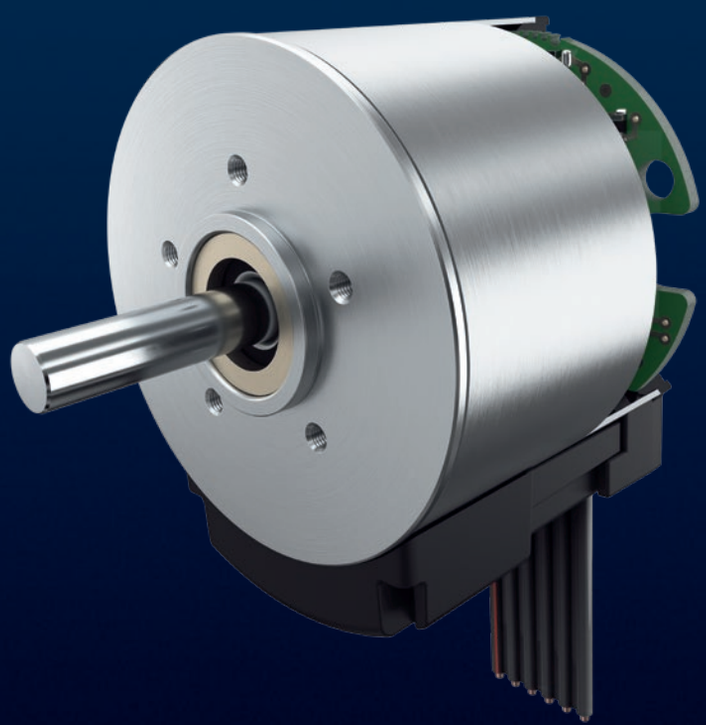
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER BXT SC

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Hohes Drehmoment und Drehzahlsteifigkeit durch 14-Pol-Technologie
- Drehzahlregelung auf kleinstem Bauraum, durch die Hochpoligkeit der Motoren auch in niedrigem Drehzahlbereich ab 200 min^{-1} verfügbar
- Modulares durchmesserkonformes Anbaukonzept mit integrierter Strombegrenzung
- Einfache und komfortable Programmierung über Motion Manager und Programmieradapter
- Hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer
- Zweites Wellenende in den Baugrößen 32 und 42 mm verfügbar



Motion Control Systems

Feature-Vergleich

Allgemeine Angaben

Die bauraumoptimierten FAULHABER Motion Control Systeme stehen in unterschiedlichen Baureihen zur Verfügung. Die verschiedenen Varianten sind für eine Vielzahl an Marktsegmenten geeignet und die flexiblen Anbindungsmöglichkeiten eröffnen ein breites Einsatzgebiet in Bereichen wie Gerätebau, Automatisierungstechnik, Handling- und Werkzeugmaschinen, Robotik oder Sondermaschinenbau. Sie können über den kostenlos zum Download bereitstehenden Motion Manager einfach und schnell in Betrieb genommen werden.

Generation V2.5

- Bewährte Technik für BL-Motoren in unterschiedlichen Baugrößen und Leistungsklassen
- Einfachste Konfiguration und Inbetriebnahme
- Vielfältige Konfigurationsmöglichkeiten
- Erfolgreich eingesetzt in Medizin- und Labortechnik, Gerätebau, Automatisierung, Medizintechnik und Luftfahrt

Generation V3.0

Eine neue Generation an integrierten Motion Controllern für Applikationen, die über den Feature- und Leistungsumfang der Baureihen V2.5 hinausgehen.

- Mehr Leistung
- Schnellere Regelung
- Neue Betriebsarten
- Flexible Verwendung der I/Os für Soll- und Istwerte
- Zusätzliche I/Os und Schnittstellen
- Ablaufprogramme programmierbar in BASIC für einfache lokale Automatisierung in allen Schnittstellentechnologien
- Erweiterte Diagnosefunktionen
- Einfache Inbetriebnahme über den Motion Manager ab Version 6.0

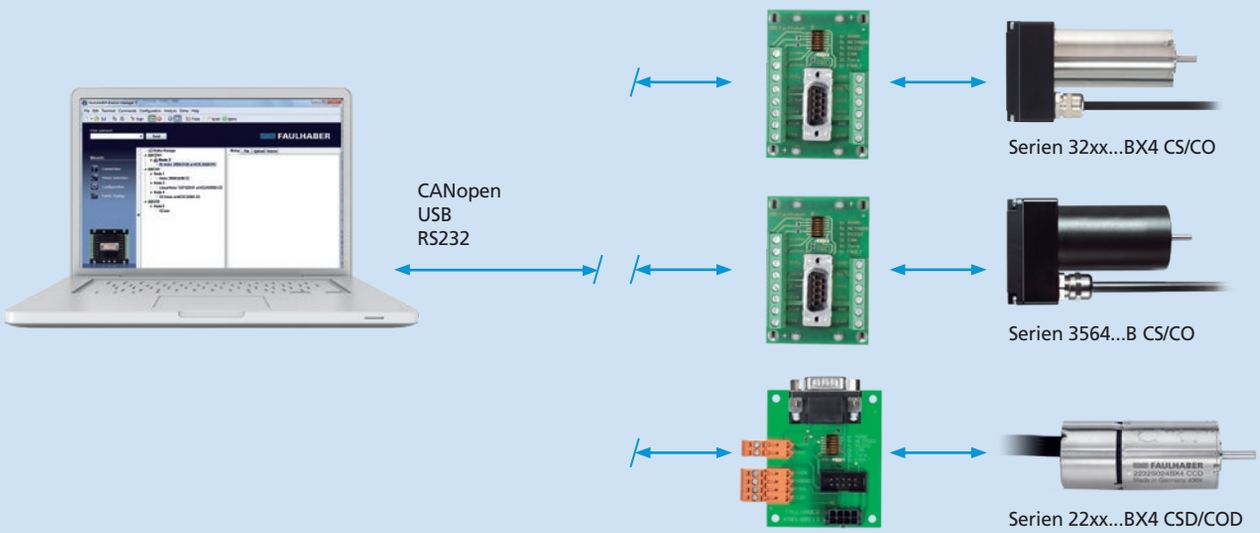
	Generation V2.5	Generation V3.0
Spannungsbereiche	■ Motor: max. 30V ■ Elektronik: max. 30V, optional getrennt	■ Motor: max. 50V ■ Elektronik: max. 50V, getrennt als Standard
PWM Schaltfrequenz	78 kHz	100 kHz
Spitzendrehmoment	bis 190 mNm	bis 320 mNm
Motortypen	22xx BX4 CxD 32xx BX4 Cx 3564 B Cx	32xx BX4 RS / CO / ET 3274 BP4 RS / CO / ET
Ein-/Ausgänge	DigIn: max. 3 DigOut: max. 1 AnIn: 1 (je nach Beschaltung nicht alle I/O`s verfügbar)	DigIn: 3 DigOut: 2 AnIn ±10V: 2 (Standard)
Kommunikation	■ RS232 ■ CANopen	■ RS232 ■ EtherCAT ■ CANopen ■ USB
Regler	Position, Geschwindigkeit, Strombegrenzung	Position, Geschwindigkeit, Strom / Moment
Betriebsarten	■ Abhängig von der Schnittstellenvariante Positions-, Geschwindigkeits- und Stromregelung mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle oder analog (RS)	■ Profile Position Mode (PP) und Profile Velocity Mode (PV) mit Berücksichtigung von Profilvorgaben ■ Cyclic Synchronuous Position, Geschwindigkeit oder Moment (CSP, CSV bzw. CST) ■ Analoge Vorgabe für Position, Geschwindigkeit, Moment oder Spannung (APC, AVC, ATC, Volt)
Profilbetrieb	Lineare Trapezprofile in allen Betriebsarten	Linear oder Sin² Geschwindigkeit im PP und PV Mode
Autonome Abläufe	Verfügbar in den Versionen mit RS232 Schnittstelle.	Bis zu 8 Ablaufprogramme in allen Versionen mit optionalem Kennwortschutz
Schutzklasse	n/a	IP 54 (optional mit Wellendichtung)

Motion Control Systems V2.5

Technische Informationen

Anschlussvarianten

Bürstenlose DC-Servomotoren mit integriertem Motion Controller und RS232 oder CAN-Schnittstelle.



Funktion

FAULHABER Motion Control Systems der Generation V2.5 sind hochdynamische Positioniersysteme. Die Antriebselektronik ist bereits integriert und auf den Motor abgestimmt. Die Funktion der Motion Control Systems ist komplett identisch zu den externen FAULHABER Motion Controllern MCBL 300x der Generation V2.5.

Neben dem Einsatz als Servoantrieb mit geregelter Position kann auch die Geschwindigkeit geregelt werden. Über eine integrierte Stromregelung wird das Drehmoment begrenzt und der Antrieb vor Überlast geschützt.

Motion Control Systems der Generation V2.5 sind mit RS232 oder mit CAN Schnittstelle verfügbar und können dadurch auch in Netzwerke eingebunden werden. Neben dem Betrieb am PC können die Systeme auch an allen üblichen Industriesteuerungen betrieben werden.

Die Integration von Motor und Ansteuerelektonik verringert den Platzbedarf und vereinfacht die Installation und Inbetriebnahme.

Nutzen und Vorteile

- Kompakte Bauform
- Modularer Aufbau, verfügbar in diversen Leistungsklassen
- Geringer Verdrahtungsaufwand
- Parametrierbar über die Software „FAULHABER Motion Manager“
- Umfangreiches Zubehör
- Adapter zum Anschluss an USB Schnittstellen
- Einfachste Inbetriebnahme

Produktkennzeichnung

3268	Motorserie
G	Abtriebsart
024	Nennspannung
BX4	Elektronische Kommutierung bürstenlos
CS	Schnittstelle Seriell RS232

3268 G 024 BX4 CS

Motion Control Systems V2.5

Konfiguration, Vernetzung, Schnittstellen

Betriebsarten

Positionierbetrieb
Der Antrieb fährt die vorgegebene Zielposition an und hält dabei die angegebenen Grenzen für Geschwindigkeit und Position ein. Die Dynamik der Regelung kann an unterschiedlichste Lasten angepasst werden. Endschalter können direkt ausgewertet werden. Die Position kann über End- oder einen Referenzschalter initialisiert werden.

Drehzahlregelung
Der Antrieb regelt die vorgegebene Zielgeschwindigkeit über einen PI-Drehzahlregler ohne bleibende Abweichung aus.

Stromregelung
Schützt den Antrieb, in dem der Motorstrom auf den eingestellten Spitzenstrom begrenzt wird. Über integrierte thermische Modelle wird der Strom im Bedarfsfall auf den Dauerstrom begrenzt.

Bewegungsprofile
Beschleunigungs- und Bremsrampe sowie die Maximalgeschwindigkeit können im Geschwindigkeits- und im Positionierbetrieb vorgegeben werden.

Autonomer Betrieb
In der Version RS können frei programmierte Abläufe im Motion Controller gespeichert werden. Der Betrieb ist dann auch ohne RS232 Schnittstelle möglich.

Schutzfunktionen

- Schutz gegen ESD
- Überlastschutz für die Elektronik und den Motor
- Selbstschutz vor Übertemperatur
- Überspannungsschutz im Generatorbetrieb

Betriebsarten (Version CS)

- Positionsregelung
  – mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle
  – mit analogem Sollwert
  – Gearing Mode
  – Schrittmotorbetrieb
- Geschwindigkeitsregelung
  – mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle
  – mit analogem Sollwert
- Drehmomentenregelung
  – mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle
  – mit analogem Sollwert
- Betrieb als Servoverstärker im Spannungssteller-Modus

Betriebsarten (Version CO)

- Profile Position Mode (PP)
- Profile Velocity Mode (PV)
- Homing Mode

Optionen

Eine getrennte Versorgung von Motor und Ansteuerelektronik ist optional möglich (wichtig für sicherheitsrelevante Anwendungen). Hierbei entfällt der 3. Eingang. Je nach Antrieb sind zusätzliche Programmieradapter und Anschlusshilfen verfügbar. Auf Anfrage ist eine spezielle Vorkonfiguration der Modi und Parameter möglich.

Schnittstellen – Diskrete I/O

Sollwerteingang
Je nach Betriebsart können Sollwerte über das Kommando Interface, über einen analogen Spannungswert, über ein PWM Signal oder über ein Quadratursignal vorgegeben werden.

Fehlerausgang (Open Collector)
Werksseitig als Fehlerausgang konfiguriert. Verwendbar auch als Digitaleingang, freier Schaltausgang, zur Drehzahlkontrolle oder Signalisierung einer erreichten Position.

Weiterer Digitaleingang
Zur Auswertung von Referenzschaltern.

Vernetzung

FAULHABER Motion Control Systems der Generation V2.5 stehen in zwei Vernetzungsvarianten zur Verfügung.

RS – Systeme mit RS232 Schnittstelle
Ideal für den Gerätebau und für alle Anwendungen, in denen der Controller auch ohne übergeordnete Steuerung eingesetzt werden soll. Die Bedienung erfolgt über einfache Kommandos. Über den Net-Mode können auch mehrere RS Controller an einer RS232 Schnittstelle betrieben werden.

CO – CANopen nach CiA 402
Die ideale Variante für den Betrieb eines FAULHABER Motion Controllers an einer SPS – direkt über das CANopen Interface oder über ein Gateway an z. B. Profibus/ProfiNET oder EtherCAT.

Schnittstellen – Busanbindung

Version mit RS232
Zur Ankopplung an einen PC mit einer Übertragungsrate von bis zu 115 kbaud. Über die RS232 Schnittstelle können auch mehrere Antriebe vernetzt an einer Steuerung betrieben werden. Auf Seiten des Steuerrechners sind dazu keine besonderen Vorkehrungen nötig. Die Schnittstelle bietet überdies die Möglichkeit, online Betriebsdaten und Werte abzufragen.

Für die Programmierung und Bedienung steht ein umfangreicher ASCII-Befehlssatz zur Verfügung. Dieser kann vom PC mit Hilfe der Software „FAULHABER Motion Manager“ oder über jeden anderen Steuerrechner vorgegeben werden.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, komplexe Abläufe aus diesen Befehlen zu erstellen und im Antrieb abzulegen. Einmal als Drehzahl- oder Positionsregler über den Analogeingang, als Schrittmotor oder elektronisches Getriebe programmiert, kann der Antrieb unabhängig von der RS232 Schnittstelle autonom betrieben werden.

Version mit CANopen CO
Für die optimale Integration in unterschiedlichste Anwendungen steht eine Controllervariante mit CANopen Schnittstelle zur Verfügung. CANopen eignet sich dabei ideal für die Vernetzung von Kleinstantrieben, da die Schnittstelle auch in kleine Elektroniken integriert werden kann. Über die Baugröße und die effizienten Kommunikationsverfahren stellt sie ein ideales Bindeglied bis in die Industrieautomatisierung dar.

Die Version CO stellt die Standardbetriebsarten nach CiA 402 zur Verfügung. Alle Parameter sind direkt im Objektverzeichnis abgelegt. Die Konfiguration kann daher sowohl über den FAULHABER Motion Manager als auch über Konfigurationstools aus der Automatisierungswelt erfolgen.

Die Version CO eignet sich besonders für Anwender, die schon unterschiedliche CANopen Geräte einsetzen oder die Motion Controller an einer SPS betreiben wollen. Über das dynamische PDO Mapping kann eine sehr effiziente Vernetzung am CAN erreicht werden.

Eigenschaften CO

	CO
NMT mit Node Guarding	•
Baudrate	Max. 1 Mbit, LSS
EMCY Objekt	•
SYNCH Objekt	•
Server SDO	1 x
PDOs	4 x Rx 4 x Tx mit je dynamischem Mapping
PDO ID	einstellbar
Konfiguration	Motion Manager ab V5
Trace	Jedes PDO
Standard Betriebsarten - Profile Position Mode - Profile Velocity Mode - Homing	•

Die Variante unterstützt das CANopen-Kommunikationsprofil nach CiA 301 V4.02. Die Einstellung von Übertragungsrate und Knoten-Nr. erfolgt über das Netzwerk gemäß des LSS-Protokolls nach CiA 305 V1.11.

Wir empfehlen dazu die Verwendung des FAULHABER Motion Managers in seiner jeweils neusten Version.

Hinweis

Gerätehandbücher zur Installation und Inbetriebnahme, Kommunikations- und Funktionshandbücher sowie die Software „FAULHABER Motion Manager“ sind auf Anfrage oder im Internet unter www.faulhaber.com erhältlich.

Motion Control Systems V2.5

Technische Informationen

Allgemeine Angaben

Systembeschreibung

Die Antriebssysteme integrieren einen bürstenlosen DC-Servomotor, einen hochauflösenden Istwertgeber und einen Motion Controller in einer kompakten, kompletten Antriebseinheit.

Da die Motorkommutierung nicht mechanisch, sondern elektronisch durchgeführt wird, hängt die Lebensdauer eines Motion Control Systems von FAULHABER hauptsächlich von der Lebensdauer der Motorlager ab.

FAULHABER verwendet hochpräzise vorgespannte Kugellager in jedem seiner Systeme mit integriertem Motion Controller. Die Faktoren, die die Lebensdauer der Motorlager beeinflussen, sind die statischen und dynamischen axialen und radialen Lagerbelastungen, die thermischen Umgebungsbedingungen, die Drehzahl, Schwing- und Schockbelastungen sowie die Präzision, mit der die Welle an die gegebene Anwendung gekoppelt ist.

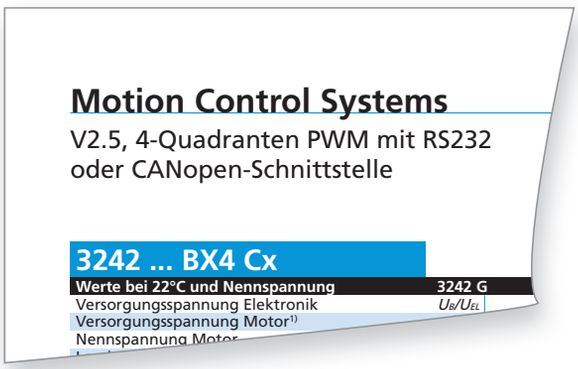
Für hochdynamische Servoanwendungen, die sehr hohes Drehmoment in höchst kompakten Abmessungen fordern, sind die integrierten 4-poligen DC-Servomotoren der FAULHABER BX4 Serie ideal. Ihr robustes Design mit nur wenigen Bauteilen ohne verklebte Komponenten bedeutet, dass sie äußerst langlebig und gut für raue Umgebungsbedingungen geeignet sind, wie beispielsweise extreme Temperaturen und hohe Schwing- und Schocklasten.

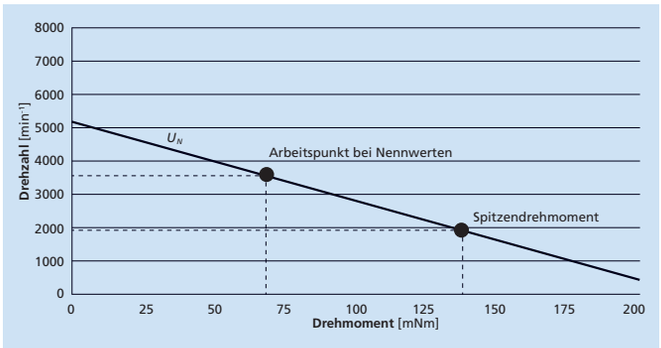
Die FAULHABER Motion Control Systems der Generation V2.5 sind durch ihre robuste Bauweise und ihr kompaktes Design perfekt für den Einsatz im Automatisierungsumfeld geeignet.

Modifikationen und Zubehör

FAULHABER ist auf die Anpassung seiner Standardprodukte für kundenspezifische Anwendungen spezialisiert. Folgende Standardoptionen und Zubehörteile sind für FAULHABER Motion Control Systems verfügbar:

- Konfigurierbare Wellenlängen
- Modifizierte Wellengeometrie und Ritzelkonfigurationen, wie z. B. Flächen, Zahnräder, Scheiben und Exzenter
- Modifizierungen für Applikationen mit höheren Drehzahlen und/oder höheren Lasten
- Kundenspezifische Sonderparametrierung und Firmware
- Getrennte Spannungsversorgung für Motor und Elektronik
- Parametrier- und Anschlussadapter





Beispiel: 3242...BX4 Cx

Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Datenblattwerte der Motion Control Systems werden bei Nennspannung und einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet.

MCS der Generation V2.5 verfügen in der Standardausführung über keine getrennten Versorgungseingänge für Motor und Elektronik, können aber optional (über 3. Eingang) damit ausgestattet werden.

Versorgungsspannung Elektronik U_B / U_{EL} [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für die integrierte Steuerelektronik.

Versorgungsspannung Motor -- / U_B [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für den im Gesamtsystem integrierten Basismotor.

Nennspannung Motor U_N [V]
Die zwischen zwei Wicklungsphasen angelegte Spannung. Bei dieser Spannung werden die Kennwerte im Datenblatt gemessen bzw. berechnet. Je nach geforderter Drehzahl kann innerhalb des zulässigen Bereichs der Versorgungsspannung eine höhere oder niedrigere Spannung angelegt werden.

Leerlaufdrehzahl n_0 [min^{-1}]
Beschreibt die Motordrehzahl im Leerlauf und eingeschwungenem Zustand bei Nennspannung und Sinuskommutierung.

Spitzendrehmoment $M_{max.}$ [mNm]
Gibt das Drehmoment an, das der Antrieb bei S2-Betrieb (Kaltstart ohne zusätzliche Kühlung) bei Nennspannung und -bedingungen unter konstanter Last für die im Datenblatt angegebene Zeit erreichen kann, ohne das thermische Limit zu überschreiten. Falls nicht abweichend definiert, gilt für den Wert des Spitzendrehmomentes eine Verdoppelung des Dauerdrehmomentes.

Drehmomentkonstante k_m [mNm/A]
Konstante, die das Verhältnis zwischen Motordrehmoment und aufgenommenem Strom beschreibt.

PWM-Schaltfrequenz f_{PWM} [kHz]
Die Pulsweitenmodulation beschreibt den Wechsel der elektrischen Spannung zwischen zwei Werten. Die in den MCS integrierten Motoren weisen eine niedrige elektrische Zeitkonstante auf. Um die PWM bedingten Verluste niedrig zu halten, ist eine hohe Schaltfrequenz notwendig.

Wirkungsgrad Elektronik η [%]
Verhältnis zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung der Steuerelektronik.

Stromaufnahme der Elektronik I_{el} [A]
Beschreibt die durch die integrierte Elektronik zusätzliche Stromaufnahme des Gesamtsystems.

Drehzahlbereich [min^{-1}]
Beschreibt die maximale Leerlaufdrehzahl für Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei erhöhter Nennspannung (30 V). Je nach geforderter Drehzahl kann innerhalb der gegebenen Systemgrenzen eine höhere oder niedrigere Spannung angelegt werden.

Montage des Systems an einem Kunststoffflansch gemäß Montageart IM B 5.

Wellenlagerung
Die für die bürstenlosen DC-Motoren verwendeten Lager.

Wellenbelastung, max. zulässig [N]
Die max. zulässige Wellenbelastung bei angegebenem Wellendurchmesser für die Abtriebswelle. Die Werte für Belastung und Lebensdauer von Motoren mit Kugellagern basieren auf den Herstellerangaben. Dieser Wert gilt nicht für ein eventuell verfügbares hinteres oder zweites Wellenende.

Wellenspiel [mm]
Spiel zwischen Welle und Lagerung einschließlich des zusätzlichen Lagerspiels bei Kugellagern.

Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Betriebstemperatur des Gesamtsystems unter Nennbedingungen wieder.

Gehäusematerial
Gehäusematerialien und ggf. die Oberflächenbehandlung.

Masse [g]
Die typische Masse des Standardsystems kann durch unterschiedliche Bestückungsvarianten innerhalb der einzelnen Schnittstellenvarianten voneinander abweichen.

Längenmaße ohne mechanische Toleranzangaben:
Toleranzen nach ISO 2768:

≤	6	= ± 0,1 mm
≤	30	= ± 0,2 mm
≤	120	= ± 0,3 mm

Die Toleranzen nicht spezifizierter Werte erhalten Sie auf Anfrage.

Alle mechanischen Abmessungen der Motorwelle werden mit axialer Wellenbelastung in Richtung Motor gemessen.

Nennwerte für Dauerbetrieb

Die folgenden Werte werden bei Nennspannung, einer Umgebungstemperatur von 22 °C und in Montageart IM B 5 gemessen.

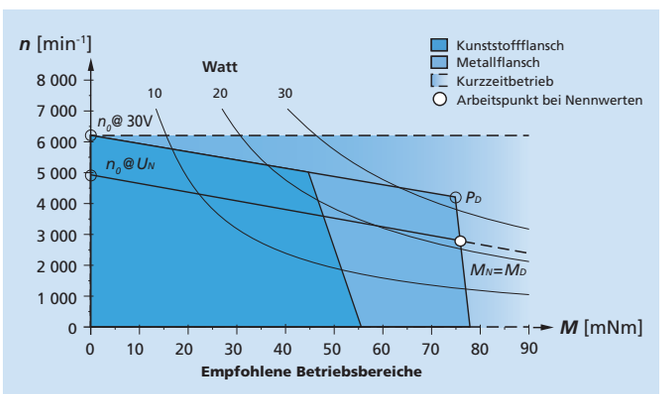
Montageart IM B 5 definiert die Anflanschung des Antriebs ohne Montagefüße mit zwei Lagerschilden, freiem vorderen Wellenende und Montageflansch nahe am Lager.

Nenndrehmoment M_N [mNm]
Das maximale Dauerdrehmoment (S1-Betrieb) bei Nennspannung, bei dem im eingeschwungenen Zustand die Temperatur die maximal zulässige Wicklungstemperatur und/oder den Betriebstemperaturbereich des Motors nicht überschreitet. Der Motor ist dabei an einem Metallflansch befestigt, was in etwa der Kühlung des Motors in einer typischen Anbausituation entspricht. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nennstrom I_N [A]
Der typische maximale Dauerstrom in eingeschwungenem Zustand, der aus dem Nenndrehmoment bei Dauerbetrieb resultiert. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Antrieb intermittierend betrieben wird, bei Start-/Stopbetrieb, in der Anlaufphase und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nenndrehzahl n_N [min^{-1}]
Die typische Nenndrehzahl in eingeschwungenem Zustand, die sich aus dem gegebenen Nenndrehmoment ermittelt.

Dieser Wert schließt die Effekte der Motorverluste auf die Steigung der n/M-Kennlinie ein.



Beispiel: Leistungsdiagramm für Nennwerte bei Dauerbetrieb.

Erläuterungen zum Leistungsdiagramm

Dargestellt werden die möglichen Drehzahlbereiche in Abhängigkeit zum Wellendrehmoment.

Das Leistungsdiagramm zeigt die möglichen Betriebspunkte der Servoantriebe.

Arbeitspunkte im dunkelblauen Bereich werden bei einer reinen Flanschmontage (IM B5) an einem Kunststoffflansch (ca. 100mm x 100mm x 10mm) und 22°C Umgebungstemperatur dauerhaft erreicht.

Arbeitspunkte im hellblauen Bereich bis zu P_D werden bei einer reinen Flanschmontage (IM B5) an einem Aluflansch (ca. 100mm x 100mm x 10mm) und 22°C Umgebungstemperatur dauerhaft erreicht.

Die maximal erreichbare Geschwindigkeit hängt von der Motorversorgungsspannung ab. Bei Nennspannung werden maximal die Arbeitspunkte auf der Nennspannungslinie durch den Leerlaufpunkt und den Nennpunkt erreicht.

Drehzahlen oberhalb der Nennspannungsline werden mit einer angehobenen Versorgungsspannung erreicht.

Die Maximalspannung für die Elektronik oder Motorversorgung darf dabei nie überschritten werden.

Der gestrichelt dargestellte Sektor beschreibt mögliche Arbeitspunkte, in denen der Antrieb im intermittierenden Betrieb oder bei erhöhter Kühlung zum Einsatz kommen kann.

Dauerdrehmoment M_D [mNm]
Beschreibt das max. empfohlene Dauerdrehmoment im eingeschwungenen Zustand bei Nennspannung und Montage an einem Aluflansch. Bei Motion Control Systemen entspricht das Dauerdrehmoment gleichzeitig auch dem Nennmoment.

Die Drehzahl verhält sich dabei linear zum Dauerdrehmoment. Das Dauerdrehmoment ist unabhängig von der Dauerleistung und kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb, und/oder mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Dauerleistung P_D [W]
Beschreibt die max. mögliche Abgabeleistung bei Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei Montage am Aluflansch. Der Wert ist nicht vom Dauerdrehmoment abhängig, verhält sich linear zum Kühlfaktor und kann überschritten werden, wenn der Motor periodisch betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung angewendet wird.

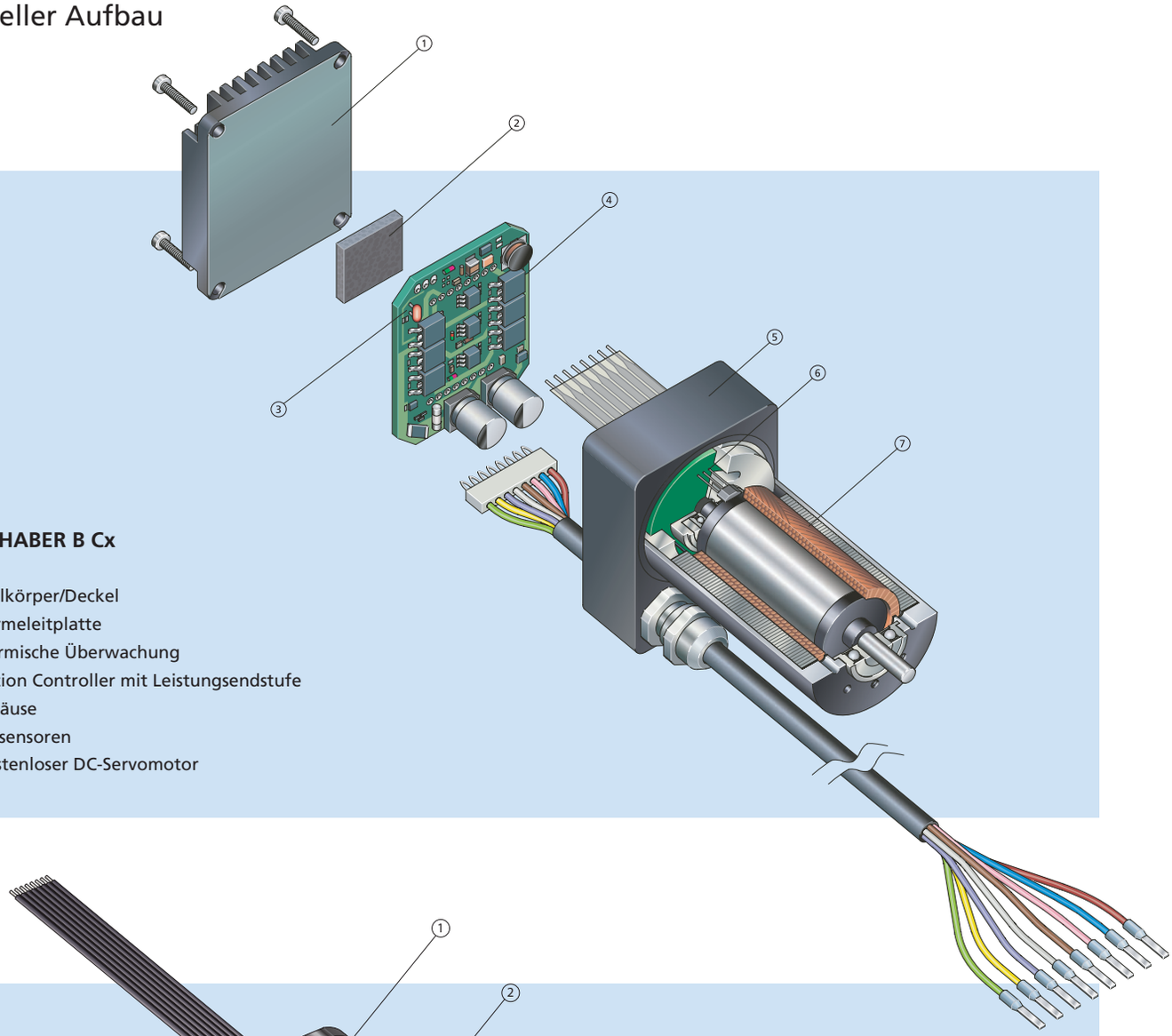
Nennspannungskennlinie U_N [V]
Die Nennspannungskurve beschreibt die möglichen Dauerarbeitspunkte bei U_N. Im eingeschwungenen Zustand entspricht der Startpunkt der Leerlaufdrehzahl n_0 des Antriebs. Betriebspunkte oberhalb dieser Kurve können durch eine Erhöhung, Betriebspunkte unterhalb durch eine Reduzierung der Nennspannung erreicht werden.

Einfache Inbetriebnahme mit dem neuen Motion Manager 6.

Je nach Kühlfaktor, Arbeitspunkt und Umgebungstemperatur kann eine Anpassung der Strombegrenzungsparameter mittels der Bediensoftware erforderlich sein. Details siehe Gerätehandbuch.

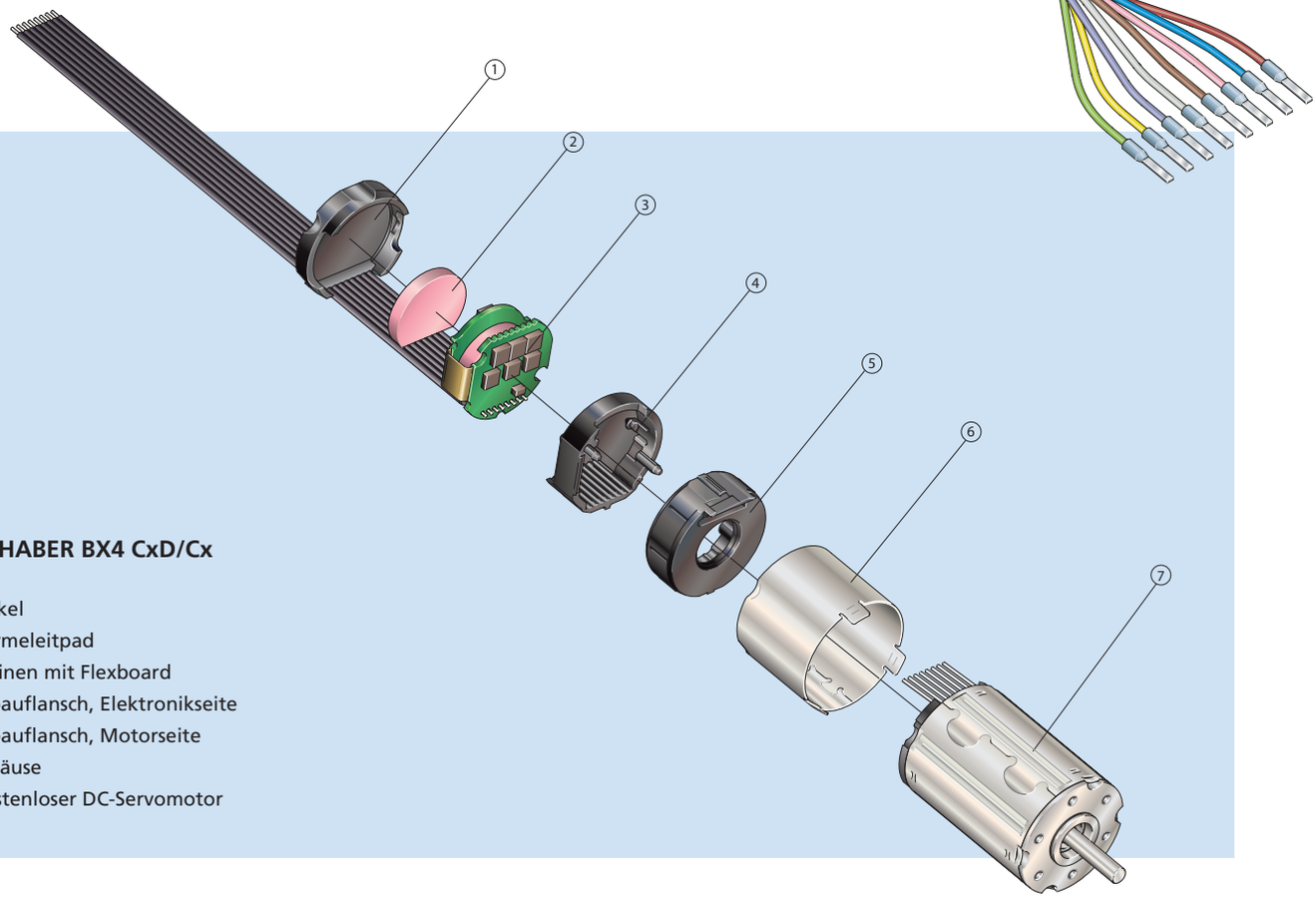
Motion Control Systems V2.5

Prinzipieller Aufbau



FAULHABER B Cx

① Kühlkörper/Deckel
② Wärmeleitplatte
③ Thermische Überwachung
④ Motion Controller mit Leistungsendstufe
⑤ Gehäuse
⑥ Hallsensoren
⑦ Bürstenloser DC-Servomotor



FAULHABER BX4 CxD/Cx

① Deckel
② Wärmeleitpad
③ Platinen mit Flexboard
④ Anbauflansch, Elektronikseite
⑤ Anbauflansch, Motorseite
⑥ Gehäuse
⑦ Bürstenloser DC-Servomotor

Motion Control Systems V3.0

Technische Informationen

Als Kommunikationsschnittstellen werden je nach Gerät RS232 oder CANopen und optional EtherCAT unterstützt. Dabei stehen alle Funktionen des Antriebs uneingeschränkt über alle Schnittstellen zur Verfügung.

FAULHABER Motion Control Systems der Generation V3.0 sind in drei Motorvarianten verfügbar und damit perfekt skalierbar:

- MCS 3242 ... BX4
- MCS 3268 ... BX4
- MCS 3274 ... BP4

Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig: Von der Laborautomation über den industriellen Gerätebau, die Automatisierungstechnik und Robotik bis hin zur Luftfahrt.

Der elektrische Anschluss der Systeme erfolgt über M12 Stecker und Verlängerungsleitungen. Das Flanschbild aller Baugrößen ist identisch.

Funktion

FAULHABER Motion Control Systems der Generation V3.0 sind hoch dynamische Positioniersysteme in 3 Motorausführungen zur Kombination mit darauf abgestimmten Getrieben und Kugelumlaufspindeln aus dem FAULHABER Produktprogramm. Die Motorparameter sind bereits werksseitig vorkonfiguriert. Die Anpassung an die Strecke erfolgt bei der Inbetriebnahme über den FAULHABER Motion Manager ab Version 6.0.

Neben dem Einsatz als Servoantrieb mit geregelter Position können auch die Geschwindigkeit oder der Strom geregelt werden. Die Istwerte für Geschwindigkeit und Position werden über die integrierten Geber ermittelt. End- und Referenzschalter können direkt angeschlossen werden.

Die Sollwerte für die Regelung können über die Kommunikationsschnittstelle, über die analogen bzw. einen PWM-Eingang vorgegeben werden oder aus intern hinterlegten Ablaufprogrammen stammen.

Nutzen und Vorteile

- Perfekt skalierbar durch diverse Baugrößen
- Sehr dynamische Regelung
- Vielfältige Sollwertschnittstellen
- Stand-Alone Betrieb in allen Varianten möglich
- Anschluss über M12 Standardstecker
- Schnelle Rückmeldung durch Zustands-LEDs
- Inbetriebnahme mit dem kostenlosen FAULHABER Motion Manager ab V6.0
- Parametrierung über Programmieradapter

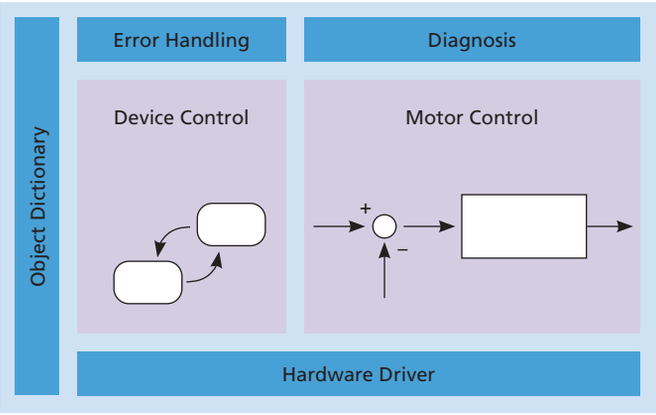
Produktkennzeichnung

MCS	Motion Control System
3268	Motorserie
G	Abtriebsart
024	Nennspannung Motor
BX4	Elektronische Kommuntierung bürstenlos
ET	Schnittstelle EtherCAT

MCS 3268 G 024 BX4 ET

Motion Control Systems V3.0

Technische Informationen



Betriebsarten

Motorregelung
Über die Reglerkaskade können Strom, Geschwindigkeit und Position des Antriebs geregelt werden. Durch die optionalen Vorsteuerpfade können auch schnellste Bewegungen sicher reproduzierbar geregelt werden. Einstellbare Filter erlauben die Anpassung an unterschiedlichste Geber und Lasten.

Bewegungsprofile
Beschleunigungs- und Bremsrampe sowie die Maximalgeschwindigkeit können im Geschwindigkeits- und im Positionierbetrieb in den Betriebsarten Profile Position Mode (PP) und Profile Velocity Mode (PV) vorgegeben werden.

Autonomer Betrieb
Bis zu 8 in BASIC erstellte Ablaufprogramme können direkt auf dem Controller gespeichert und ausgeführt werden. Eines davon kann aus der Autostart-Anwendung konfiguriert werden. Ein Zugriffsschutz kann aktiviert werden.

Schutz- und Diagnosefunktionen
FAULHABER Motion Control Systems der Generation V3.0 schützen Motor und Elektronik durch thermische Modelle vor Überlast. Die Versorgungsspannung wird überwacht und kann auch im rückspeisenden Betrieb begrenzt werden. Damit werden externe Geräte vor Überspannungen aus dem dynamischen Betrieb geschützt.

Profile Position Mode (PP) / Profile Velocity Mode (PV)
Für Anwendungen, in denen dem Regler lediglich das Ziel der Bewegung vorgegeben wird. Die Beschleunigungs- und Bremsrampe sowie eine eventuelle Maximalgeschwindigkeit werden über den integrierten Profilgenerator berücksichtigt. Profilbasierte Bewegungen eignen sich daher zur Kombination mit Standardvernetzungen wie RS232 oder CANopen.

Cyclic Synchronous Position (CSP) / Cyclic Synchronous Velocity (CSV) / Cyclic Synchronous Torque (CST)
Für Anwendungen, in denen eine übergeordnete Steuerung die Bahnplanung auch für mehrere Achsen synchronisiert übernimmt. Die Sollwerte für Position, Geschwindigkeit und Strom werden laufend aktualisiert. Übliche Aktualisierungsraten liegen im Bereich weniger Millisekunden. Cyclic Modes eignen sich daher primär zur Kombination mit EtherCAT. Auch CANopen kann verwendet werden.

Analog Position Control (APC) / Analog Velocity Control (AVC) / Analog Torque Control (ATC)
Für Anwendungen, in denen die Sollwerte der Regelung analog oder z.B. über einen direkt angeschlossenen Referenzencoder vorgegeben werden. Diese Betriebsarten eignen sich daher insbesondere für den Stand-Alone Betrieb ohne übergeordneten Master.

Spannungssteller (Voltmode)
Im Spannungssteller ist lediglich ein Strombegrenzungsregler im Einsatz. Alle Regelschleifen werden von einem übergeordneten System geschlossen. Die Sollwertvorgabe kann über das Kommunikationssystem oder über einen analogen Eingang erfolgen.

Schnittstellen – Diskrete I/O
Drei digitale Eingänge zum Anschluss von End- und Referenzschaltern oder zum Anschluss eines Referenzencoders. Die Logikpegel sind umschaltbar.

Zwei analoge Eingänge (±10V), die frei verwendbar als Soll- oder Istwert zur Verfügung stehen.

Zwei digitale Ausgänge, die frei verwendbar als Fehlerausgang, zur direkten Ansteuerung einer Haltebremse oder als flexibler Diagnoseausgang zur Verfügung stehen.

Optionen

Alle Controller können ab Werk optional mit einer EtherCAT Schnittstelle ausgestattet werden.

Für hoch dynamische Anwendungen kann der Einsatz eines Brems-Choppers zum Abbau von rückgespeister Energie sinnvoll sein.

Vernetzung

RS – Systeme mit RS232 Schnittstelle
Ideal für den Gerätebau und für alle Anwendungen, in denen der Motion Controller an einem Embedded Steuergerät betrieben werden soll. Über den Net-Mode können auch mehrere RS Controller an einer RS232 Schnittstelle betrieben werden. Die Übertragungsrate kann zwischen 9600 Baud und 115 kBaud liegen.

CO – CANopen nach CiA 402
Die ideale Variante für den Betrieb eines FAULHABER Motion Controllers an einer SPS – direkt über das CANopen Interface oder über ein Gateway an z. B. Profibus/ ProfiNET oder auch an EtherCAT. Dynamisches PDO Mapping sowie Node-Guarding oder Heatbeat werden unterstützt. Übliche Aktualisierungsraten für Soll- und Istwerte liegen hier ab 10 ms.

ET – EtherCAT
Motion Controller mit direkter EtherCAT Schnittstelle. Die Controller werden über CoE über das CiA 402 Servodrive Profile angesprochen. Ideal in Kombination mit einer leistungsfähigen Industriesteuerung, die auch die Bahnplanung und Interpolation der Bewegung für mehrere Achsen übernimmt. Aktualisierungsraten für Soll- und Istwerte ab 0,5 ms werden unterstützt.

Alle beschriebenen Betriebsarten und Funktionen stehen unabhängig von der verwendeten Kommunikationsschnittstelle zur Verfügung.

Hinweis

Gerätehandbücher zur Installation und Inbetriebnahme, Kommunikations- und Funktionshandbücher sowie die Software „FAULHABER Motion Manager“ sind auf Anfrage oder im Internet unter www.faulhaber.com erhältlich.

Allgemeine Angaben

Systembeschreibung
Die Antriebssysteme integrieren einen bürstenlosen DC-Servomotor, einen hochauflösenden Istwertgeber und einen Motion Controller in einer kompakten, kompletten Antriebseinheit.

Da die Motorkommutierung nicht mechanisch, sondern elektronisch durchgeführt wird, hängt die Lebensdauer eines Motion Control Systems von FAULHABER hauptsächlich von der Lebensdauer der Motorlager ab.

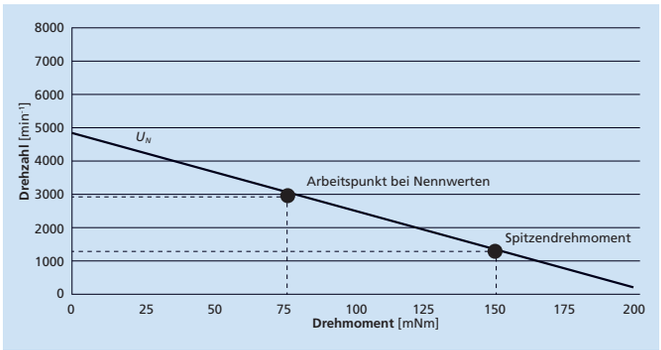
FAULHABER verwendet hoch präzise vorgespannte Kugellager in jedem seiner Systeme mit integriertem Motion Controller. Die Faktoren, die die Lebensdauer der Motorlager beeinflussen, sind die statischen und dynamischen axialen und radialen Lagerbelastungen, die thermischen Umgebungsbedingungen, die Drehzahl, Schwing- und Schockbelastungen sowie die Präzision, mit der die Welle an die gegebene Anwendung gekoppelt ist.

Für hoch dynamische Servoanwendungen, die sehr hohes Drehmoment in höchst kompakten Abmessungen fordern, sind die integrierten 4-poligen DC-Servomotoren der FAULHABER BX4 / BP4 Serien ideal. Ihr robustes Design mit nur wenigen Bauteilen ohne verklebte Komponenten bedeutet, dass sie äußerst langlebig und gut für raue Umgebungsbedingungen geeignet sind, wie beispielsweise extreme Temperaturen und hohe Schwing- und Schocklasten.

Die neuen FAULHABER Motion Control Systems sind durch ihre robuste Bauweise, ihr kompaktes Design und das Anschlusskonzept mit industrietauglichen Standardleitungen perfekt für den Einsatz im Automatisierungsumfeld geeignet.

Modifikationen und Zubehör
FAULHABER ist auf die Anpassung seiner Standardprodukte für kundenspezifische Anwendungen spezialisiert. Folgende Standardoptionen und Zubehörteile sind für FAULHABER Motion Control Systems verfügbar:

- Industrietaugliche Anschluss- und Schittstellenleitungen mit Stecker
- Konfigurierbare Wellenlängen
- Modifizierte Wellengeometrie und Ritzelkonfigurationen, wie z. B. Flächen, Zahnräder, Scheiben und Exzenter
- Modifizierungen für Applikationen mit höheren Drehzahlen und/oder höheren Lasten
- Anpassung der Schutzart über Wellendichtringe
- Anschluss- und Parametrieradapter
- Kundenspezifische Sonderparametrierung und Firmware



Beispiel: MCS 3242...BX4

Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Datenblattwerte der Motion Control Systems werden bei Nennspannung und einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet.

Motion Control Systems verfügen, bei gleichem Masseanschluss, generell über getrennte Versorgungseingänge für Motor und Elektronik, die bei Bedarf auch als gemeinsame Versorgung genutzt werden können.

Versorgungsspannung Elektronik U_P [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für die integrierte Steuerelektronik.

Versorgungsspannung Motor U_{mot} [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für den im Gesamtsystem integrierten Basismotor.

Nennspannung U_N [V]
Die zwischen zwei Wicklungsphasen mittels Blockkommutierung angelegte Spannung. Bei dieser Spannung werden die Kennwerte im Datenblatt gemessen bzw. berechnet. Je nach geforderter Drehzahl kann innerhalb des zulässigen Bereichs der Versorgungsspannung eine höhere oder niedrigere Spannung angelegt werden.

Leerlaufdrehzahl n_0 [min^{-1}]
Beschreibt die Motordrehzahl im Leerlauf und eingeschwungenem Zustand bei Nennspannung und Sinuskommutierung.

Spitzendrehmoment $M_{max.}$ [mNm]
Gibt das Drehmoment an, das der Antrieb bei S2-Betrieb (Kaltstart ohne zusätzliche Kühlung) bei Nennspannung und -bedingungen unter konstanter Last für die im Datenblatt angegebene Zeit erreichen kann, ohne das thermische Limit zu überschreiten. Falls nicht abweichend definiert, gilt für den Wert des Spitzendrehmomentes eine Verdoppelung des Dauerdrehmomentes.

Drehmomentkonstante k_m [mNm/A]
Konstante, die das Verhältnis zwischen Motordrehmoment und aufgenommenem Strom beschreibt.

PWM-Schaltfrequenz f_{PWM} [kHz]
Die Pulsweitenmodulation beschreibt den Wechsel der elektrischen Spannung zwischen zwei Werten. Die in den MCS integrierten Motoren weisen eine niedrige elektrische Zeitkonstante auf. Um die PWM bedingten Verluste niedrig zu halten, ist eine hohe Schaltfrequenz notwendig.

Wirkungsgrad Elektronik η [%]
Verhältnis zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung der Steuerelektronik.

Stromaufnahme der Elektronik I_{el} [A]
Beschreibt die durch die integrierte Elektronik zusätzliche Stromaufnahme des Gesamtsystems.

Wellenlagerung
Die für die bürstenlosen DC-Motoren verwendeten Lager.

Wellenbelastung, max. zulässig [N]
Die max. zulässige Wellenbelastung bei angegebenem Wellendurchmesser für die Abtriebswelle. Die Werte für Belastung und Lebensdauer von Motoren mit Kugellagern basieren auf den Herstellerangaben. Dieser Wert gilt nicht für ein eventuell verfügbares hinteres oder zweites Wellenende.

Wellenspiel [mm]
Spiel zwischen Welle und Lagerung einschließlich des zusätzlichen Lagerspiels bei Kugellagern.

Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Betriebstemperatur des Gesamtsystems unter Nennbedingungen wieder.

Drehzahlbereich [min^{-1}]
Beschreibt die maximale Leerlaufdrehzahl für Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei erhöhter Nennspannung (30 V). Je nach geforderter Drehzahl kann innerhalb der gegebenen Systemgrenzen eine höhere oder niedrigere Spannung angelegt werden.

Montage des Systems an einem Kunststoffflansch gemäß Montageart IM B 5.

Gehäusematerial
Gehäusematerialien und ggf. die Oberflächenbehandlung.

Schutzart
Definiert den Schutzgrad des Gehäuses gegen Berührung, Fremdkörper und Wasser. Die der Bezeichnung IP angehängten Kennziffern zeigen an, welchen Schutzumfang ein Gehäuse bezüglich Berührung bzw. Fremdkörper (erste Kennziffer) und Feuchtigkeit bzw. Wasser (zweite Kennziffer) bietet.

Bedingt durch zusätzliche Schutzmaßnahmen wie z.B. Wellendichtringe sind in definierten Zeitintervallen Wartungsmaßnahmen durchzuführen > Details siehe Gerätehandbuch.

Masse [g]
Die typische Masse des Standardsystems kann durch unterschiedliche Bestückungsvarianten innerhalb der einzelnen Schnittstellenvarianten voneinander abweichen.

Längenmaße ohne mechanische Toleranzangaben:
Toleranzen nach ISO 2768:

≤	6	= ± 0,1 mm
≤	30	= ± 0,2 mm
≤	120	= ± 0,3 mm

Die Toleranzen nicht spezifizierter Werte erhalten Sie auf Anfrage.

Alle mechanischen Abmessungen der Motorwelle werden mit axialer Wellenbelastung in Richtung Motor gemessen.

Nennwerte für Dauerbetrieb

Die folgenden Werte werden bei Nennspannung, einer Umgebungstemperatur von 22 °C und in Montageart IM B 5 gemessen.

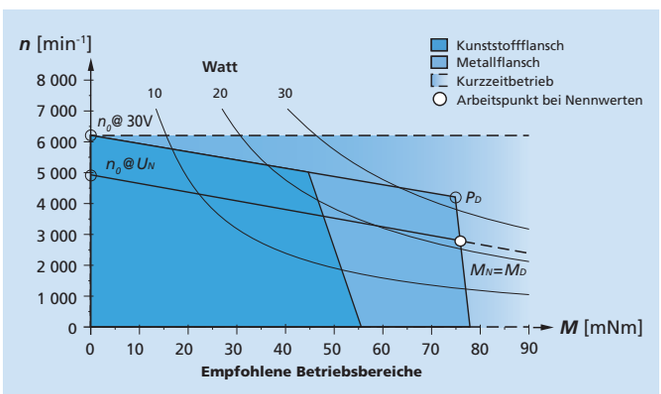
Montageart IM B 5 definiert die Anflanschung des Antriebs ohne Montagefüße mit zwei Lagerschilden, freiem vorderen Wellenende und Montageflansch nahe am Lager.

Nenndrehmoment M_N [mNm]
Das maximale Dauerdrehmoment (S1-Betrieb) bei Nennspannung, bei dem im eingeschwungenen Zustand die Temperatur die maximal zulässige Wicklungstemperatur und/oder den Betriebstemperaturbereich des Motors nicht überschreitet. Der Motor ist dabei an einem Metallflansch befestigt, was in etwa der Kühlung des Motors in einer typischen Anbausituation entspricht. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nennstrom I_N [A]
Der typische maximale Dauerstrom in eingeschwungenem Zustand, der aus dem Nenndrehmoment bei Dauerbetrieb resultiert. Dieser Wert kann überschritten werden, wenn der Antrieb intermittierend betrieben wird, bei Start-/Stopbetrieb, in der Anlaufphase und/oder wenn mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Nenndrehzahl n_N [min^{-1}]
Die typische Nenndrehzahl in eingeschwungenem Zustand, die sich aus dem gegebenen Nenndrehmoment ermittelt.

Dieser Wert schließt die Effekte der Motorverluste auf die Steigung der n/M-Kennlinie ein.



Beispiel: Leistungsdiagramm für Nennwerte bei Dauerbetrieb.

Erläuterungen zum Leistungsdiagramm

Dargestellt werden die möglichen Drehzahlbereiche in Abhängigkeit zum Wellendrehmoment. Das Leistungsdiagramm zeigt die möglichen Betriebspunkte der Servoantriebe.

Arbeitspunkte im dunkelblauen Bereich werden bei einer reinen Flanschmontage (IM B5) an einem Kunststoffflansch (ca. 100mm x 100mm x 10mm) und 22 °C Umgebungstemperatur dauerhaft erreicht.

Arbeitspunkte im hellblauen Bereich bis zu P_D werden bei einer reinen Flaschmontage (IM B5) an einem Aluflansch (ca. 100mm x 100mm x 10mm) und 22 °C Umgebungstemperatur dauerhaft erreicht.

Die maximal erreichbare Geschwindigkeit hängt von der Motorversorgungsspannung ab. Bei Nennspannung werden maximal die Arbeitspunkte auf der Nennspannungslinie durch den Leerlaufpunkt und den Nennpunkt erreicht.

Drehzahlen oberhalb der Nennspannungsline werden mit einer angehobenen Versorgungsspannung erreicht. Die Maximalspannung für die Elektronik oder Motorversorgung darf dabei nie überschritten werden.

Der gestrichelt dargestellte Sektor beschreibt mögliche Arbeitspunkte, in denen der Antrieb im intermittierenden Betrieb oder bei erhöhter Kühlung zum Einsatz kommen kann.

Dauerdrehmoment M_D [mNm]
Beschreibt das max. empfohlene Dauerdrehmoment im eingeschwungenen Zustand bei Nennspannung und Montage an einem Aluflansch. Bei Motion Control Systemen entspricht das Dauerdrehmoment gleichzeitig auch dem Nennmoment.

Die Drehzahl verhält sich dabei linear zum Dauerdrehmoment. Das Dauerdrehmoment ist unabhängig von der Dauerleistung und kann überschritten werden, wenn der Motor intermittierend betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb, und/oder mehr Kühlung zum Einsatz kommt.

Dauerleistung P_D [W]
Beschreibt die max. mögliche Abgabeleistung bei Dauerbetrieb im eingeschwungenen Zustand bei Montage am Aluflansch. Der Wert ist nicht vom Dauerdrehmoment abhängig, verhält sich linear zum Kühlfaktor und kann überschritten werden, wenn der Motor periodisch betrieben wird, z. B. im S2-Betrieb und/oder wenn mehr Kühlung angewendet wird.

Nennspannungskennlinie U_N [V]
Die Nennspannungskurve beschreibt die möglichen Dauerarbeitspunkte bei U_N. Im eingeschwungenen Zustand entspricht der Startpunkt der Leerlaufdrehzahl n_0 des Antriebs. Betriebspunkte oberhalb dieser Kurve können durch eine Erhöhung, Betriebspunkte unterhalb durch eine Reduzierung der Nennspannung erreicht werden.

Einfache Inbetriebnahme mit dem neuen Motion Manager 6.

Je nach Kühlfaktor, Arbeitspunkt und Umgebungstemperatur kann eine Anpassung der Strombegrenzungsparameter mittels der Bediensoftware erforderlich sein. Details siehe Gerätehandbuch.

Notizen

Bürstenl. DC-Servomotoren mit integriertem Motion Controller

Die Baureihe 3564 ... B Cx besticht in erster Linie durch extrem konstanten Gleichlauf, verbunden mit hoher Laufruhe.

Diese Eigenschaften prädestinieren den Servoantrieb mit kompakt integriertem Motion Controller für den Einsatz in vibrationssensitiven Applikationen wie z.B. in der Optik, im Sondermaschinenbau bei Schweiß- oder Wuchtmaschinen, sowie in Mess- oder Wiegesystemen. Eine integrierte Stromregelung begrenzt bei Bedarf das Drehmoment des Antriebs und schützt ihn zuverlässig vor Überlast.

Ausgerüstet mit RS232 oder CANopen-Schnittstelle ist auch eine Einbindung in Netzwerke problemlos möglich. Die Integration von Motor und Steuerelektronik in einer Einheit minimiert den Platzbedarf sowie den Verdrahtungsaufwand und vereinfacht damit Installation und Inbetriebnahme. Die Steuerelektronik ist bereits ab Hersteller perfekt auf den Motor abgestimmt. Die Programmierung erfolgt einfach und komfortabel über den Motion Manager.

Serien dieser Baureihe

3564 ... B Cx

Eckdaten

Motordurchmesser	▯ 40 x 54 mm
Motorlänge	84 mm
Nennspannung	24 V
Drehzahl	bis 14.000 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 71 mNm
Dauerleistung	bis 73 W

Produktkennzeichnung

35	Motordurchmesser [mm]
64	Motorlänge [mm]
K	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
B	Produktfamilie
CS	Integrierter Motion Controller, Schnittstelle RS232

WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER B Cx

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Weiter Drehzahlbereich von 1...14.000 min^{-1}
- RS232 oder CANopen-Schnittstelle, Adapter zum Anschluss an USB-Schnittstelle
- Kompaktes Anbaukonzept mit integrierter Strombegrenzung
- Einfache und komfortable Programmierung über Motion Manager und Programmieradapter
- Geringer Verdrahtungsaufwand
- Hohe Laufruhe

Bürstenl. DC-Servomotoren mit integriertem Motion Controller

Die hochdynamischen Positioniersysteme der Generation V2.5 sind in zwei Motordurchmessern mit integrierten durchmesserkonformen bzw. angebauten hoch kompakten Motion Controllern verfügbar. Die unterschiedlichen Versionen, mit hohem Drehmoment, erstklassigem Volumen/Performance-Verhältnis sowie hochdynamischen Regelungseigenschaften ausgestattet, sind für eine Vielzahl von Marktsegmenten wie z.B. Medizin- und Labortechnik, Automatisierungstechnik, Robotik oder Sondermaschinenbau geeignet. Eine integrierte Stromregelung begrenzt bei Bedarf das Drehmoment des Antriebs und schützt ihn zuverlässig vor Überlast.

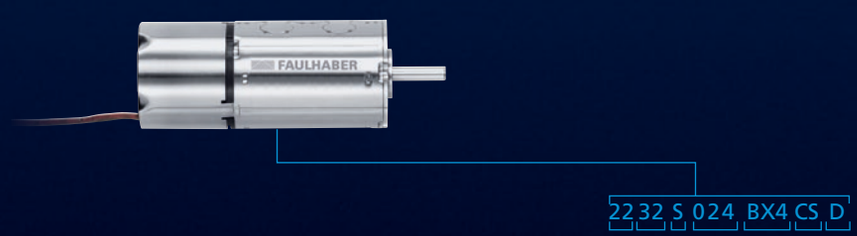
Ausgerüstet mit RS232 oder CANopen-Schnittstelle ist auch eine Einbindung in Netzwerke problemlos möglich. Die Integration von Motor und Steuerelektronik in einer Einheit minimiert den Platzbedarf sowie den Verdrahtungsaufwand und vereinfacht damit Installation und Inbetriebnahme. Die Steuerelektronik ist bereits ab Hersteller perfekt auf den Motor abgestimmt. Die Programmierung erfolgt einfach und komfortabel über den Motion Manager.

Serien dieser Baureihe

2232 … BX4 CxD	2250 … BX4 CxD
3242 … BX4 Cx	3268 … BX4 Cx

Eckdaten

Motordurchmesser	Ø22; ▯ 40 x 54 mm
Motorlänge	50 ... 90 mm
Nennspannung	12 ... 24 V
Drehzahl	bis 11.300 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 96 mNm
Dauerleistung	bis 48 W



Produktkennzeichnung

22	Motordurchmesser [mm]
32	Motorlänge [mm]
S	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BX4	Produktfamilie
CS	Integrierter Motion Controller, Schnittstelle RS232
D	Durchmesserkonform

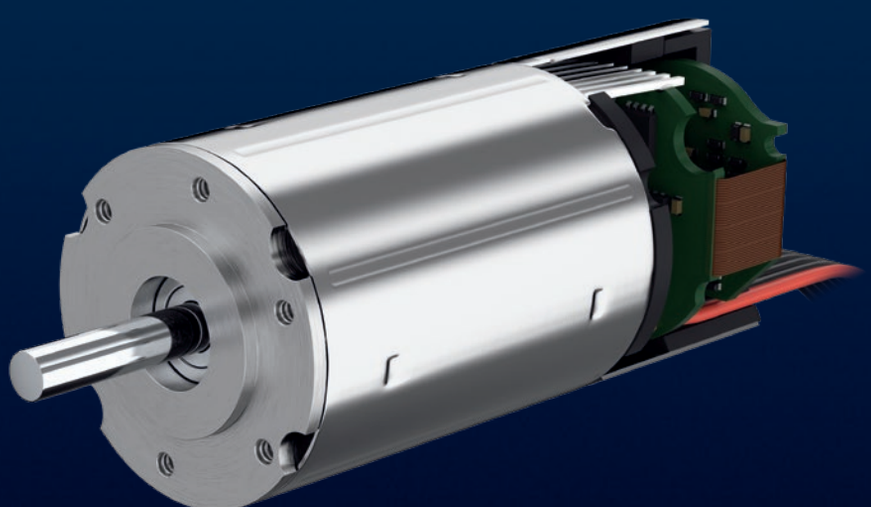
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER BX4 CxD/Cx

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Weiter Drehzahlbereich von 1...11.300 min^{-1}
- RS232 oder CANopen-Schnittstelle, Adapter zum Anschluss an USB-Schnittstelle
- Kompaktes Anbaukonzept mit integrierter Strombegrenzung
- Einfache und komfortable Programmierung über Motion Manager und Programmieradapter
- Geringer Verdrahtungsaufwand
- Hohe Laufruhe



Bürstenl. DC-Servomotoren mit integriertem Motion Controller

Die Motion Control Sytseme der neuesten Generation V3.0 sind in drei Leistungsklassen von 76 bis 160 mNm Dauerdrehmoment verfügbar. Die Antriebe integrieren einen bürstenlosen DC-Servomotor, einen hochauflösenden Istwertgeber und einen Motion Controller in einer kompletten, kompakten Antriebseinheit. Die Vielzahl der verfügbaren Kommunikationsschnittstellen, die hochdynamische Regelbarkeit, die robuste Bauweise mit Schutzart IP 54 sowie das dem Industriestandard entsprechende Anschlusskonzept über M12 Stecker ermöglichen den Einsatz in direkten Industrieumgebungen von der Automatisierungstechnik und dem industriellen Sondermaschinenbau über die Robotik bis hin zur Luftfahrt.

In Kombination mit Präzisionsgetrieben entstehen komplette Systemlösungen für eine Vielzahl von Applikationen. Die Systeme sind wahlweise über alle Schnittstellenvarianten sowohl als Stand-Alone Achsen oder auch im Slavebetrieb an diversen Mastersteuerungen einsetzbar. Unterstützt werden die flexiblen Einsatzmöglichkeiten weiterhin durch verschiedene Bibliotheken und Application Notes, die auf der Homepage zum Download bereitstehen. Dabei stehen alle Funktionen der Antriebe uneingeschränkt über alle Standardschnittstellen zur Verfügung.

Serien dieser Baureihe

MCS3242 … BX4 RS/CO	MCS3242 … BX4 ET
MCS3268 … BX4 RS/CO	MCS3268 … BX4 ET
MCS3274 … BP4 RS/CO	MCS3274 … BP4 ET

Eckdaten

Motordurchmesser	□ 42 x 50 mm
Motorlänge	75 ... 100 mm
Nennspannung	24 V
Drehzahl	bis 11.600 min^{-1}
Dauerdrehmoment	bis 160 mNm
Dauerleistung	bis 140 W

MCS 32 42 G 024 BX4 ET

Produktkennzeichnung

MCS	Motion Control System
3242	Motorserie
G	Abtriebsart
024	Nennspannung [V]
BX4	Produktfamilie
ET	Schnittstelle EtherCAT

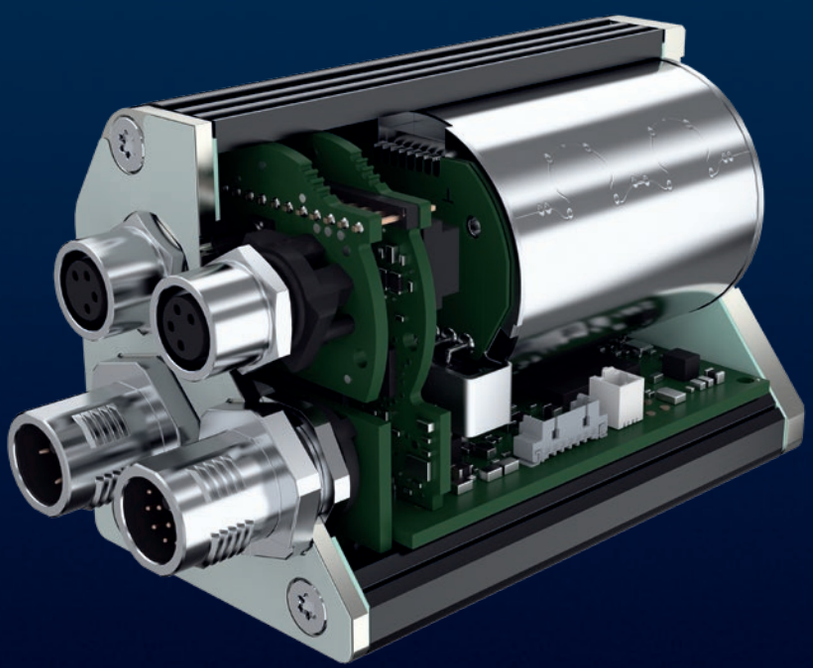
WE CREATE MOTION

FAULHABER

FAULHABER MCS

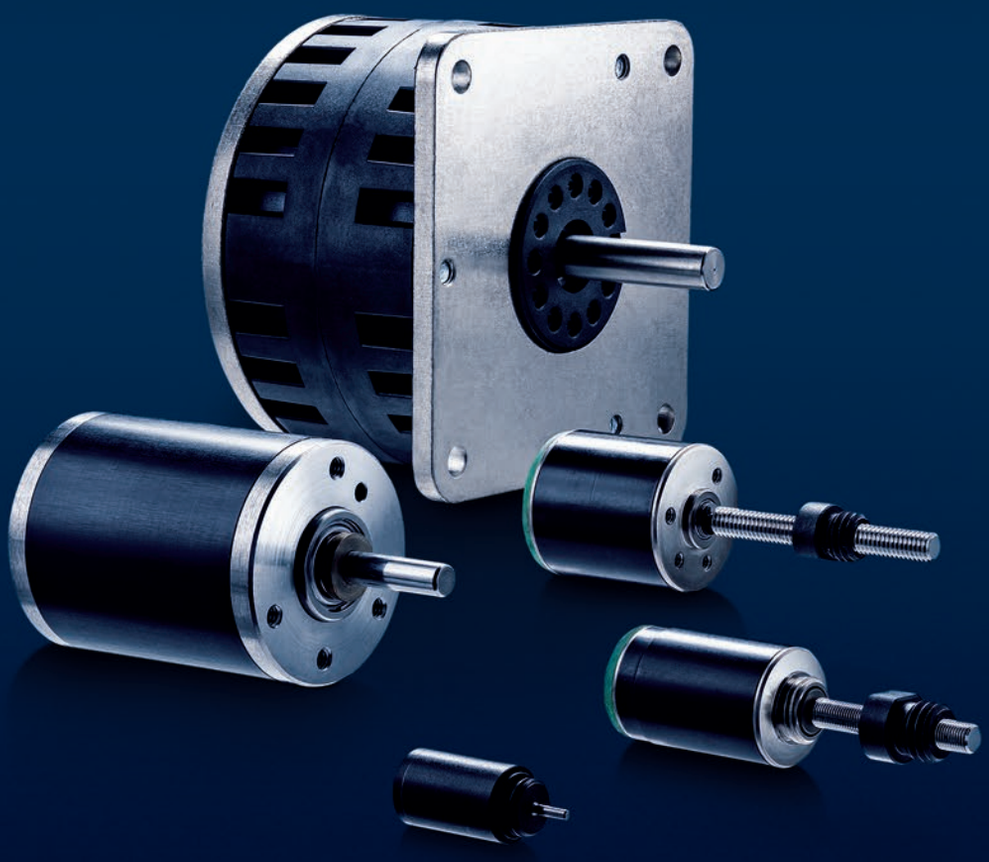
Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Höchstes Drehmoment in kompaktem Bauraum
- Schnittstellen: RS232, CANopen, EtherCAT, Parametrierung über USB
- Optional verfügbar in Schutzart IP 54
- Einfache und komfortable Programmierung über Motion Manager und Programmieradapter
- Standardisiertes Stecker- und Anschlussleitungskonzept
- Universell einsetzbar im Slave- oder Stand-Alone Betrieb
- Umfangreiche Schutz- und Diagnosefunktionen, lokale Status-LEDs



FAULHABER

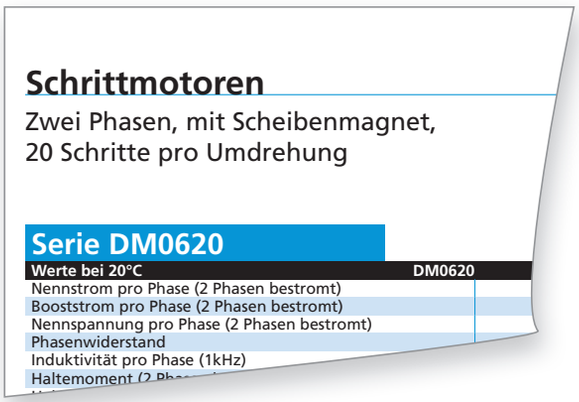
Schrittmotoren



WE CREATE MOTION

Schrittmotoren

Technische Informationen



Erläuterungen zu den Datenblättern

Nennstrom pro Phase [A]
Der Strom, den die Motorphasen bei einer Umgebungstemperatur von 20°C führen können, ohne dass die thermischen Grenzwerte des Motors überschritten werden.

Booststrom pro Phase [A]
Maximaler Strom der den Motorphasen kurzzeitig zugeführt werden kann, ohne dass die thermische Belastbarkeit des Motors überschritten wird.

Nennspannung pro Phase [V]
Spannung, die notwendig ist, um den Nennstrom pro Phase zu erreichen.

Phasenwiderstand [Ω]
Der Wicklungswiderstand pro Phase. Toleranz +/- 12%, stabiler Zustand.

Phaseninduktivität [mH]
Wicklungsinduktivität pro Phase, gemessen bei 1kHz.

Haltemoment [mNm]
Durch den Motor erzeugtes Drehmoment bei Nennstrom.

Haltemoment bei Booststrom [mNm]
Durch den Motor erzeugtes Drehmoment bei Booststrom. Der magnetische Schaltkreis des Motors wird durch diesen Booststrom nicht beeinträchtigt, allerdings sollte der Motor nur zeitweise mit diesem stärkeren Strom betrieben werden, um eine thermische Überlastung zu vermeiden.

Restdrehmoment, typ. [mNm]
Das typische Drehmoment, das an der Welle angelegt wird, um die Welle ohne Stromzufuhr zum Motor zu drehen. Das Restdrehmoment ist nützlich, um eine Position ohne jeglichen Strom zu halten, so dass die Batterielebensdauer geschont oder die Motortemperatur reduziert wird.

Amplitude der elektromotorischen Gegenkraft [V/k Schritt/s]
Amplitude der elektromotorischen Gegenkraft, gemessen bei 1000 Schritten/s.

Elektrische Zeitkonstante [ms]
Zeit, die gebraucht wird, um 63% des max. möglichen Phasenstroms an einem vorgegebenen Arbeitspunkt zu erreichen.

Rotorträgheitsmoment [kgm²]
Dieser Wert stellt die Massenträgheit des gesamten Rotors dar.

Schrittwinkel (vollständiger Schritt) [Grad]
Anzahl der Winkelgrade, um die sich der Motor bei jedem vollen Schritt bewegt.

Winkelgenauigkeit [% des vollständigen Schrittes]
Der prozentuale Positionsfehler bei jedem vollem Schritt ohne Last und bei Nennstrom. Dieser Fehler akkumuliert nicht über Schritte hinweg.

Winkelbeschleunigung, max. [rad/s²]
Maximale Beschleunigung, die der Motor im Boost-Modus und ohne Last erreichen kann.

$$\alpha_{max.} = \frac{M_{boosted}}{J}$$

Drehzahl bis [min⁻¹]
Die maximal empfohlene Motordrehzahl. Das Überschreiten dieser Geschwindigkeit kann die Unversehrtheit des Motors beeinträchtigen.

Resonanzfrequenz (ohne Last) [Hz]
Die Schrittrate, bei der der lastfreie Motor Resonanz aufweist. Die Resonanzfrequenz hängt von der Last ab. Zum Erzielen bester Ergebnisse sollte der Motor mit einer höheren Frequenz angetrieben werden, oder im Halbschritt- oder Mikroschrittmodus außerhalb der gegebenen Frequenz.

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{M}{J}}$$

Wärmewiderstand [K/W]
R_{th1} bezieht sich auf den Wert zwischen der Spule und dem Gehäuse. R_{th2} bezieht sich auf den Wert zwischen dem Gehäuse und der Umgebungsluft. R_{th2} kann reduziert werden, indem ein Wärmeaustausch zwischen dem Motor und der Umgebungsluft ermöglicht wird (beispielsweise durch die Verwendung eines Kühlkörpers oder durch Umluftkühlung). Steht nur ein Wert, R_{th}, zur Verfügung, ist es der entsprechende Widerstand zischen Wicklung und Umgebungsluft.

Thermische Zeitkonstante [s]
Die thermische Zeitkonstante gibt an, wie lange die Wicklung bzw. das Gehäuse brauchen, um eine Temperatur zu erreichen, die 63% des endgültigen Wertes im eingeschwungenen Zustand entspricht.

Betriebstemperaturbereich [°C]
Der Temperaturbereich innerhalb dessen der Motor betrieben werden kann.

Wicklungstemperatur, max. [°C]
Maximale Temperatur, die von Wicklungen und Magneten unterstützt wird.

Wellenlagerung
Selbst-schmierende Sinterlager oder vorgespannte Kugellager sind erhältlich.

Wellenbelastung, max. zulässig [N]
Die max. zulässige Wellenbelastung bei angegebenem Wellendurchmesser für die vordere Abtriebswelle. Die Werte für Belastung und Lebensdauer von Motoren mit Kugellagern basieren auf den Herstellerangaben. Dieser Wert gilt nicht für das hintere oder zweite Wellenende. Wird bei Kugellagern der Wert der Lagervorspannung überschritten, kann eine reversible Verschiebung der Welle um ~200µm eintreten.

Wellenspiel, max. [mm]
Spiel zwischen Welle und Lagerung.

Gehäusematerial
Material des Motorgehäuses.

Masse [g]
Ist die Masse des Motors in Gramm.

Magnetmaterial
Der Grundtyp des Magneten, der im Standardmotor verwendet wird.

Auswahl eines Schrittmotors

Für die Auswahl eines Schrittmotors müssen die veröffentlichten Drehmoment-Drehzahl-Kennlinien herangezogen werden, die auf den Lastparametern basieren.

Eine mathematische Überprüfung der Motorauswahl ohne Verwendung dieser Kennlinien ist nicht möglich.

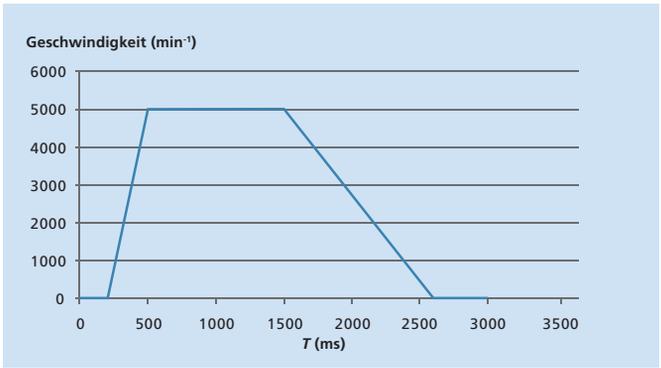
Zum Auswählen eines Motors müssen die folgenden Parameter bekannt sein:

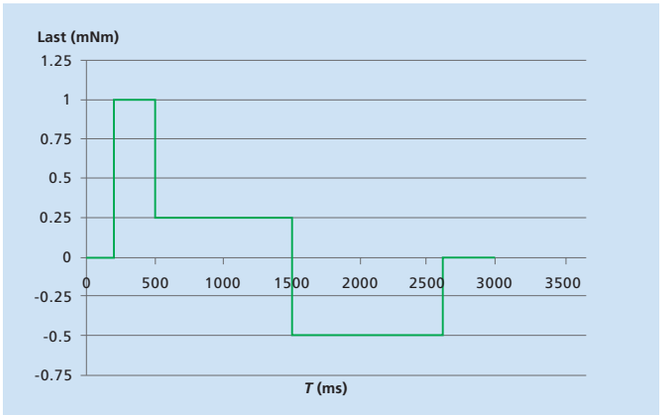
- Bewegungsprofil
- Reibmoment und Massenträgheit
- Erforderliche Auflösung
- Verfügbarer Platz
- Verfügbare Versorgungsspannung

1. Definition der Lastparameter an der Motorwelle
Bei diesem Schritt soll ermittelt werden, welches Bewegungsprofil benötigt wird, damit die Winkelbewegung im vorgegebenen Zeitrahmen ausgeführt wird, und es soll das Motordrehmoment über den gesamten Zyklus unter Verwendung der Lastparameter wie Reibung und Last-Massenträgheit berechnet werden.

Die Bewegungs- und Lastprofile der in diesem Beispiel verwendeten Bewegung sind nachstehend angegeben.

Je nach der Motorgröße, die für die Anwendung geeignet ist, muss auch das Trägheitsmoment des Motors in die Berechnung der Lastparameter einbezogen werden. Im vorliegenden Fall wird davon ausgegangen, dass ein Motor mit einem Außendurchmesser von maximal 15 mm geeignet ist und die Daten mit dem Trägheitsmoment des AM1524 errechnet wurden.





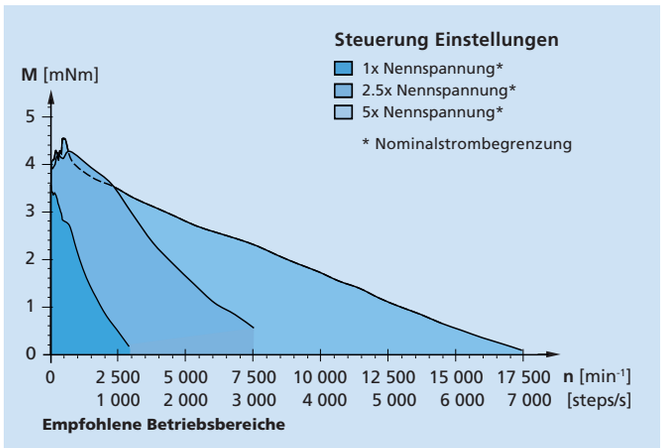
2. Überprüfung des Motorbetriebs.
In diesem Anwendungsfall befindet sich der Punkt mit dem höchsten Drehmoment/Drehzahl-Verhältnis am Ende der Beschleunigungsphase. Die maximale Drehzahl ist dann n = 5000 min^{-1}, und das Drehmoment beträgt M = 1 mNm.

Mit diesen Parametern können Sie den Punkt in die Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie des Motors eintragen, wie hier anhand der AM1524-Kennlinien dargestellt.

Damit ein ordnungsgemäßer Betrieb des Motors in der Anwendung gewährleistet ist, wird nachdrücklich empfohlen, bei der Drehmomentberechnung einen Sicherheitsfaktor von 30% anzusetzen. Im gezeigten Beispiel ist gewährleistet, dass der Motor die vorgegebenen Anwendungsbedingungen ordnungsgemäß erfüllen wird.

Eine höhere Versorgungsspannung (typisch 2,5 bis 5 Mal so hoch wie die Nennspannung) bewirkt ein größeres Drehmoment bei höherer Drehzahl (siehe Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie).

Sollte keine Lösung gefunden werden, können die Lastparameter für den Motor durch ein Untersetzungsgetriebe entsprechend angepasst werden.



3. Überprüfung der Auflösung
Es wird davon ausgegangen, dass die Anwendung eine Winkelauflösung von 9° erfordert.

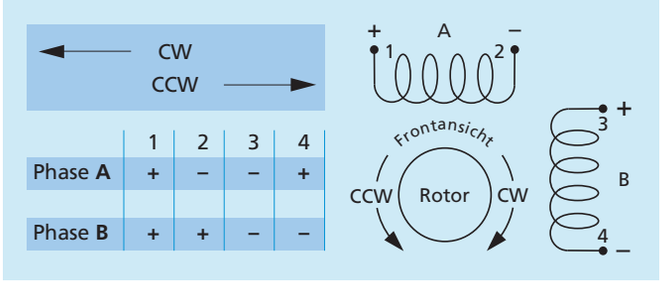
Beim ausgewählten Motor, dem AM1524, beträgt der Vollschrittwinkel 15°, so dass der Vollschrittbetrieb nicht geeignet ist. Er kann entweder im Halbschrittmodus, oder im Mikroschrittmodus betrieben werden. Durch den Mikroschrittbetrieb kann die Auflösung noch weiter erhöht werden, wobei jedoch die Genauigkeit sinkt, weil der Winkelfehler (ausgedrückt in % eines Vollschritts) unabhängig von der Anzahl der Mikroschritte konstant bleibt.

Aus diesem Grund besteht die gängigste Lösung zum Anpassen der Motorauflösung an die Anforderungen der Anwendung darin, ein Getriebe oder, wenn eine lineare Bewegung gefordert ist, eine Spindel einzusetzen.

4. Betrieb bei niedriger Drehzahl
Jeder Schrittmotor besitzt eine Resonanzfrequenz. Diese liegt typisch unter 100 Hz. Wird der Schrittmotor bei dieser Frequenz betrieben, kommt es zu unkontrollierten Störungen der Drehzahl und Drehrichtung und zu Drehmomentverlusten. Wenn die Anwendung also eine Drehzahl verlangt, die bei oder unter der Resonanzfrequenz liegt, wird empfohlen, den Motor im Mikroschrittbetrieb anzusteuern. Je höher dabei die Anzahl der Mikroschritte ist, desto besser wird das Betriebsverhalten des Motors. Dies dämpft die negativen Effekte der Resonanzfrequenz erheblich und bewirkt eine weichere Drehzahlregelung.

5. Überprüfung in der Anwendung
Jede Auslegung, die auf den obigen Überlegungen basiert, muss in der endgültigen Anwendung unter realen Bedingungen überprüft werden. Bei diesem Test muss sichergestellt sein, dass alle Lastparameter berücksichtigt werden.

Drehrichtung
Mit der folgenden Kommutierung läuft die Drehrichtung für alle Motoren gegen den Uhrzeigersinn: 1.A+B+ 2.A-B+ 3.A-B- 4.A+B-. Die einzige Ausnahme ist der Motor AM1524, der sich unter Verwendung der oben genannten Kommutierung im Uhrzeigersinn dreht.



Allgemeine Anwendungshinweise

Im Prinzip kann jeder Schrittmotor im Vollschrittmodus (eine oder zwei Phasen bestromt), im Halbschrittmodus oder im Mikroschrittmodus betrieben werden.

Das Haltemoment ist in allen Betriebsarten gleich groß, so lange die Verlustleistung (I^2R-Verluste) konstant ist. Die Theorie lässt sich am besten an einem grundlegenden Motormodell mit zwei Phasen und einem Polpaar veranschaulichen, bei dem der mechanische Winkel und der elektrische Winkel gleich sind.

- Im Vollschrittmodus (1 Phase bestromt) werden die Phasen nacheinander wie folgt bestromt:
  1. A+ 2. B+ 3. A– 4. B–.
- Der Halbschrittmodus ergibt sich durch Umschalten zwischen „1 Phase bestromt“ und „2 Phasen bestromt“, was in 8 Halbschritten pro elektrischem Zyklus resultiert:
  1. A+ 2. A+B+ 3. B+ 4. A–B+
  5. A– 6. A–B– 7. B– 8. A+B–.
- Soll jeder Halbschritt dasselbe Haltemoment erzeugen, so wird der Strom pro Phase immer dann mit $\sqrt{2}$ multipliziert, wenn nur eine Phase bestromt ist.

Die zwei Hauptvorteile des Mikroschrittbetriebs sind geringere Laufgeräusche und eine höhere Auflösung, wobei beide von der Anzahl der Mikroschritte pro Vollschritt abhängen, die durch die Leistungsfähigkeit des Controllers begrenzt ist.

Wie bereits erläutert, muss der Treiber für einen elektrischen Zyklus oder eine Umdrehung des Feldvektors (4 Vollschritte) eine bestimmte Anzahl von definierten Stromwerten liefern, die proportional zur Anzahl der Mikroschritte pro Vollschritt ist.

Beispielsweise erfordern 8 Mikroschritte 8 verschiedene Werte, die in Phase A vom Nennwert auf Null sinken würden, entsprechend der Kosinusfunktion von 0° bis 90°, und in Phase B, der Sinusfunktion folgend, von Null auf den Nennwert steigen würden.

Diese Werte werden vom Programm, das den Chopper-Treiber steuert, gespeichert und aufgerufen. Die Rotor-Zielposition wird durch die Vektorsumme der in Phase A und B erzeugten Drehmomente bestimmt:

$$M_A = k \cdot I_A = k \cdot I_o \cdot \cos \varphi$$

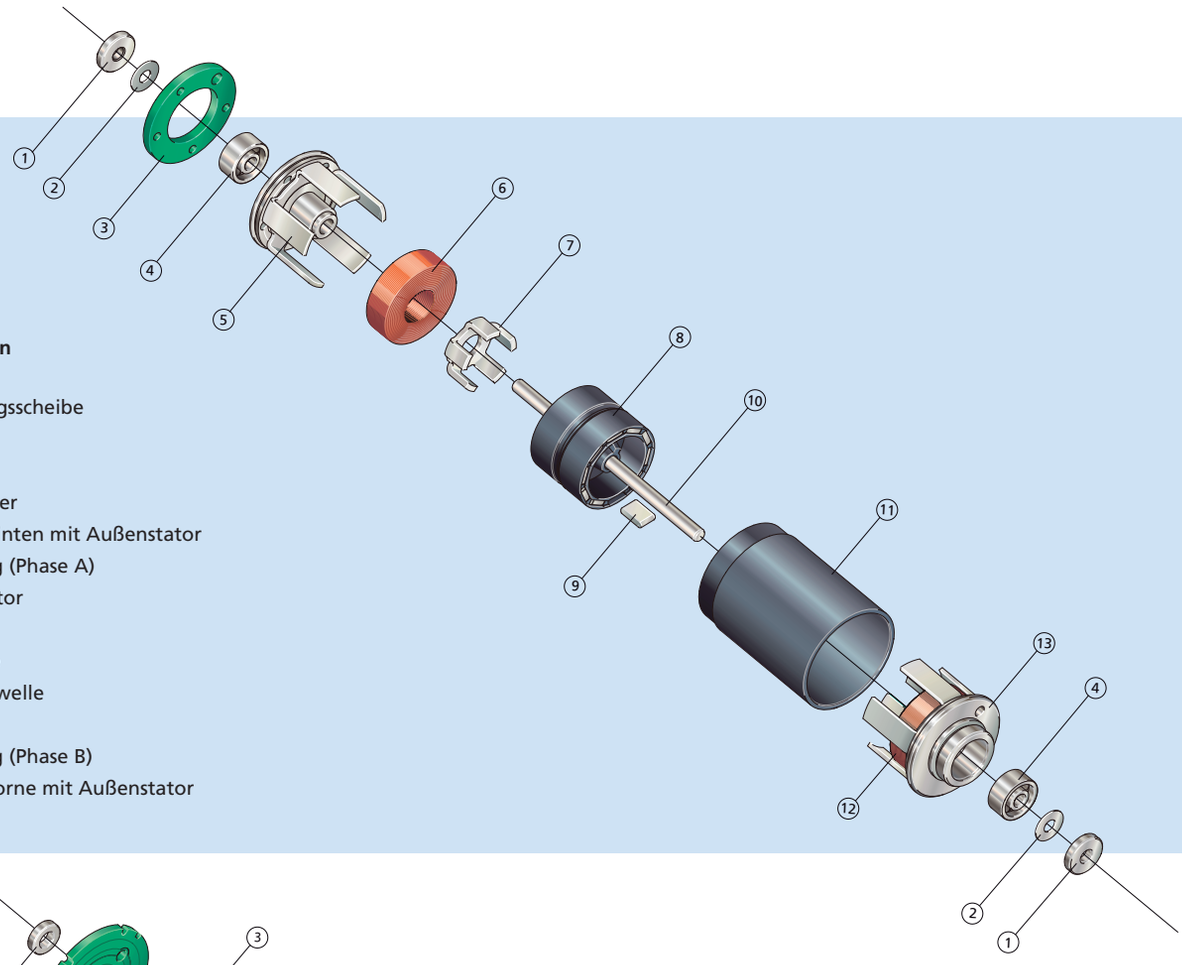
$$M_B = k \cdot I_B = k \cdot I_o \cdot \sin \varphi$$

Dabei sind M das Motor-Drehmoment, k die Drehmomentkonstante und I_o der Nennstrom der Phase.

Für den Motor ohne Last ist der Positionsfehler im Voll-, Halb- oder Mikroschrittbetrieb stets derselbe und hängt von Verzerrungen der sinusförmigen Motordrehmomentfunktion aufgrund des Rastmoments, Sättigungseffekten oder Konstruktionsdetails (und somit von der aktuellen Rotorposition) sowie von der Genauigkeit der Phasenstromwerte ab.

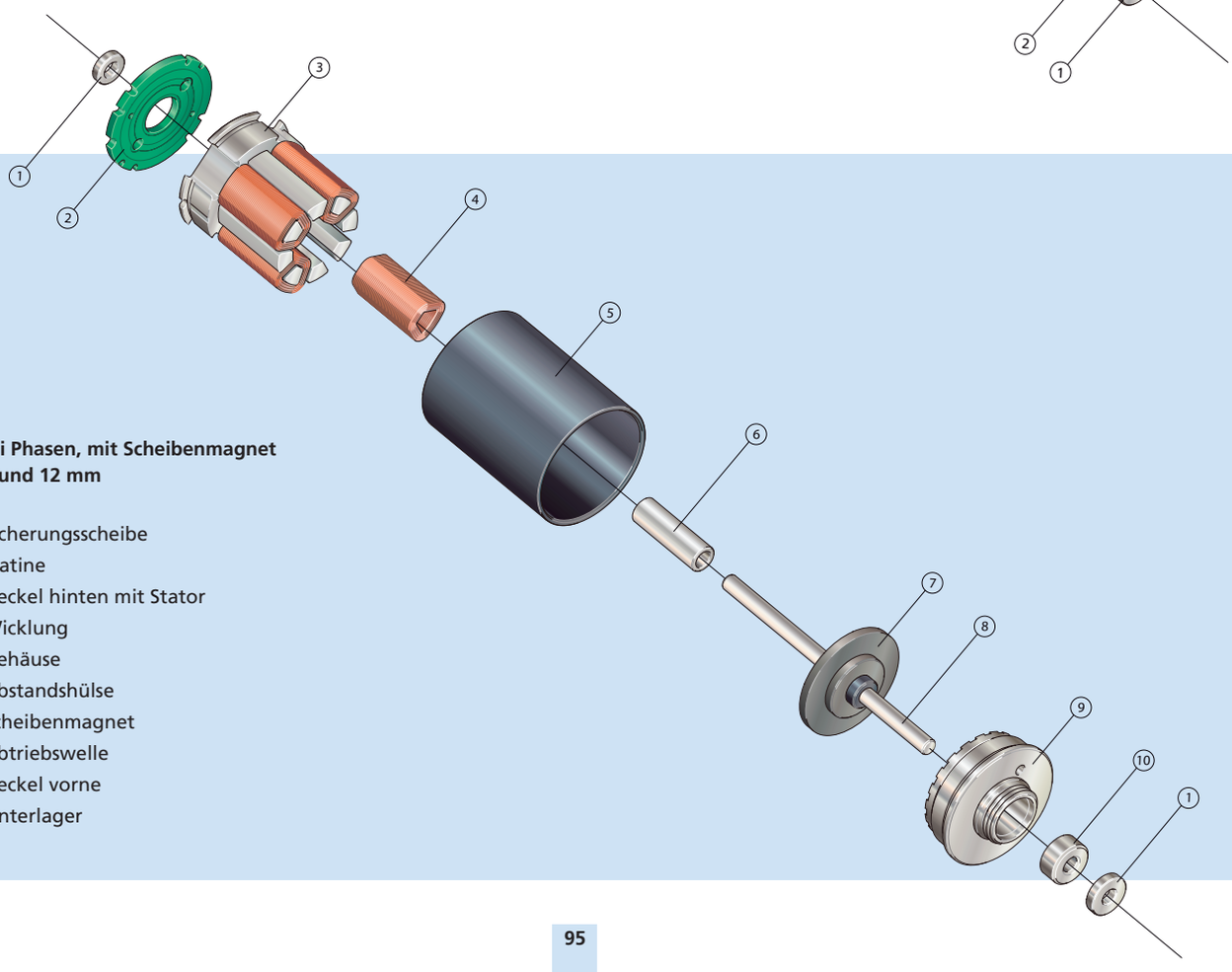
Schrittmotoren

Prinzipieller Aufbau



Zwei Phasen

① Sicherungsscheibe
② Scheibe
③ Platine
④ Kugellager
⑤ Deckel hinten mit Außenstator
⑥ Wicklung (Phase A)
⑦ Innenstator
⑧ Rotor
⑨ Magnete
⑩ Abtriebswelle
⑪ Gehäuse
⑫ Wicklung (Phase B)
⑬ Deckel vorne mit Außenstator

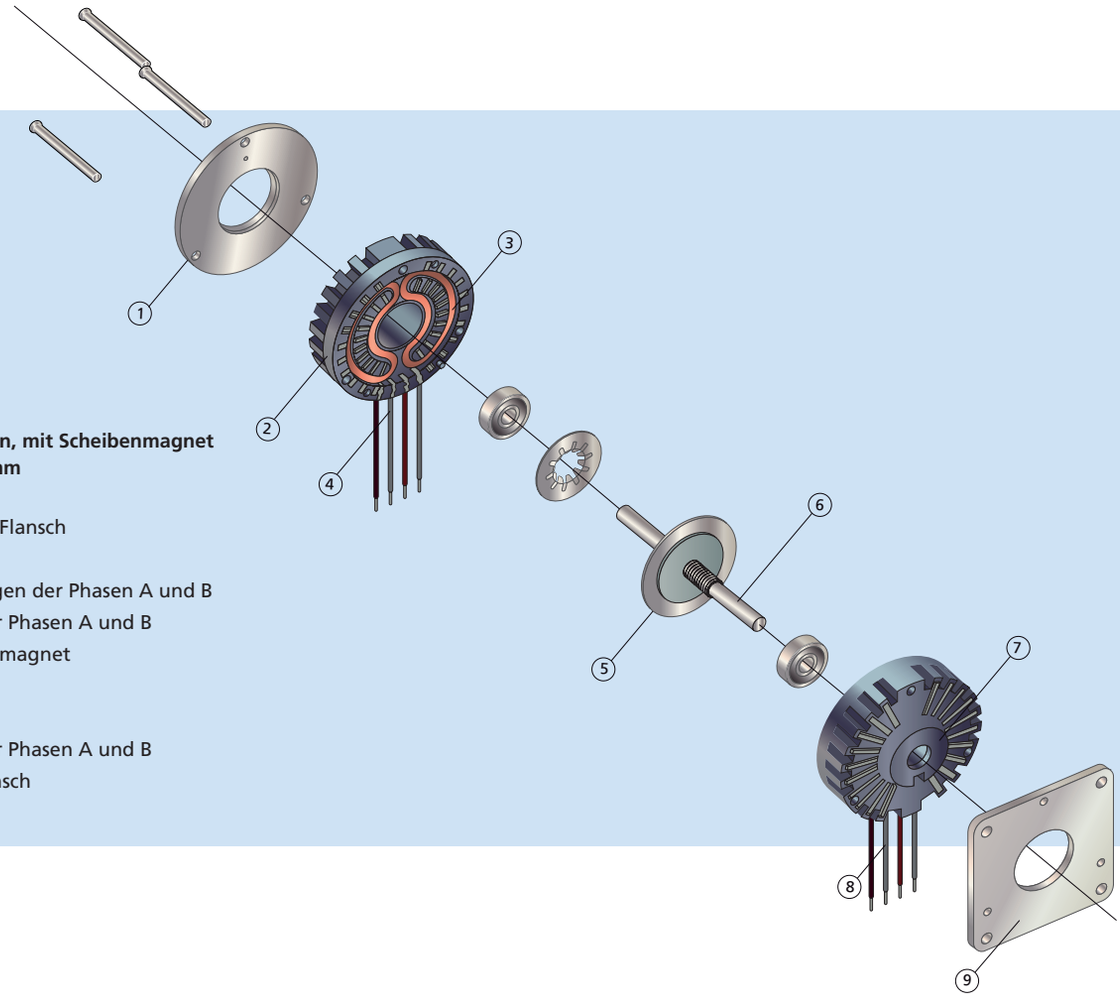


Zwei Phasen, mit Scheibenmagnet
Ø 6 und 12 mm

① Sicherungsscheibe
② Platine
③ Deckel hinten mit Stator
④ Wicklung
⑤ Gehäuse
⑥ Abstandshülse
⑦ Scheibenmagnet
⑧ Abtriebswelle
⑨ Deckel vorne
⑩ Sinterlager

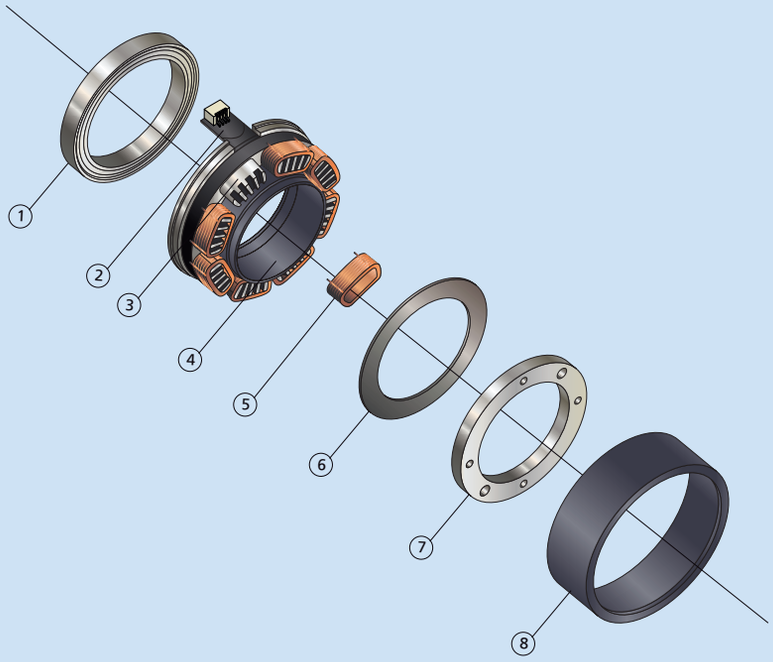
Schrittmotoren

Prinzipieller Aufbau



Zwei Phasen, mit Scheibenmagnet
Ø 40 – 52 mm

① Hinterer Flansch
② ½ Stator
③ Wicklungen der Phasen A und B
④ Kabel für Phasen A und B
⑤ Scheibenmagnet
⑥ Welle
⑦ ½ Stator
⑧ Kabel für Phasen A und B
⑨ Frontflansch



Ringmotor

① Kugellager
② Flexboard
③ Stator
④ Hohlwelle
⑤ Wicklung
⑥ Scheibenmagnet
⑦ Frontflansch
⑧ Gehäuse

Notizen

Schrittmotoren - 2 Phasen Permanentmagnet-Technologie

Die FAULHABER-Schrittmotoren sind mehrpolige Zwei-Phasen-Motoren mit Permanentmagneten. Durch den Einsatz von Seltene-Erden-Magneten wird ein außerordentlich hohes Leistungs-Volumen-Verhältnis erzielt. Das Rotordesign mit sehr niedrigem Trägheitsmoment prädestiniert die Motoren für den Einsatz in Anwendungen, die sehr hohe Beschleunigungen oder schnelle Richtungswechsel erfordern. Sie können direkt vom ersten Schritt an mit einer relativ hohen Geschwindigkeit starten, was die für die Beschleunigungsrampe benötigte Zeit weiter verkürzt. Mit ihrer geringen Länge und ihrem niedrigen Gewicht sind sie in hochintegrierten Systemen einsetzbar.

Dank robuster Ausführung sind sie auch für die schwierigsten Einsatzbedingungen geeignet. Mit der Vollschritt-, Halbschritt- oder Mikroschritt-Elektronik kann eine präzise Drehzahl- und Positionsregelung im offenen Regelkreis aufgebaut werden.

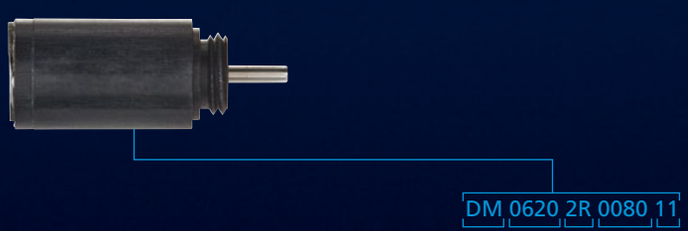
Die FAULHABER-Schrittmotoren können mit Spindeln oder Getrieben kombiniert werden und bieten damit auf dem heutigen Markt unübertroffene Funktionsfähigkeiten.

Serien dieser Baureihe

DM0620	AM2224R3
AM0820	DM40100R
AM1020	DM52100S
DM1220	DM52100R
AM1524	DM52100N
AM2224	DM66200H

Eckdaten

Außendurchmesser	6 ... 66 mm
Motorlänge	9,5 ... 32,6 mm
Schritte pro Umdrehung	20 / 24 / 100 / 200
Haltemoment	0,25 (0,39)
(Boost)	... 307 (581) mNm



Produktkennzeichnung

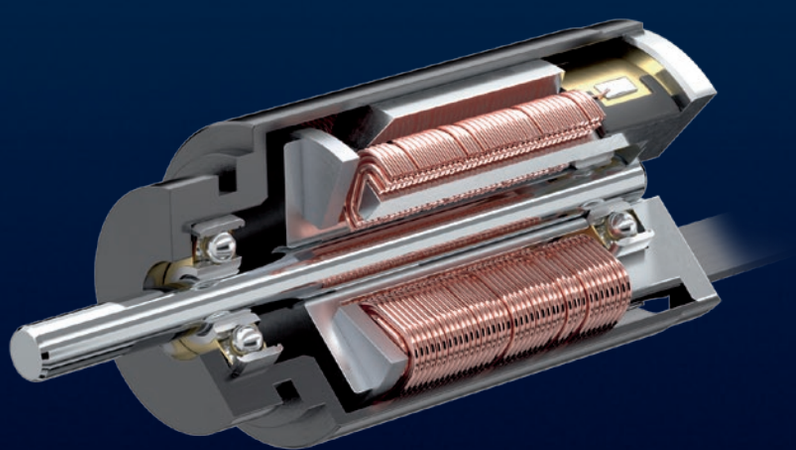
DM	Motordesign
06	Motordurchmesser [mm]
20	Schritte pro Umdrehung
_	Version (falls zutreffend)
2R	Lagerung
0080	Wicklung
11	Motorausführung

FAULHABER

FAULHABER Schrittmotoren

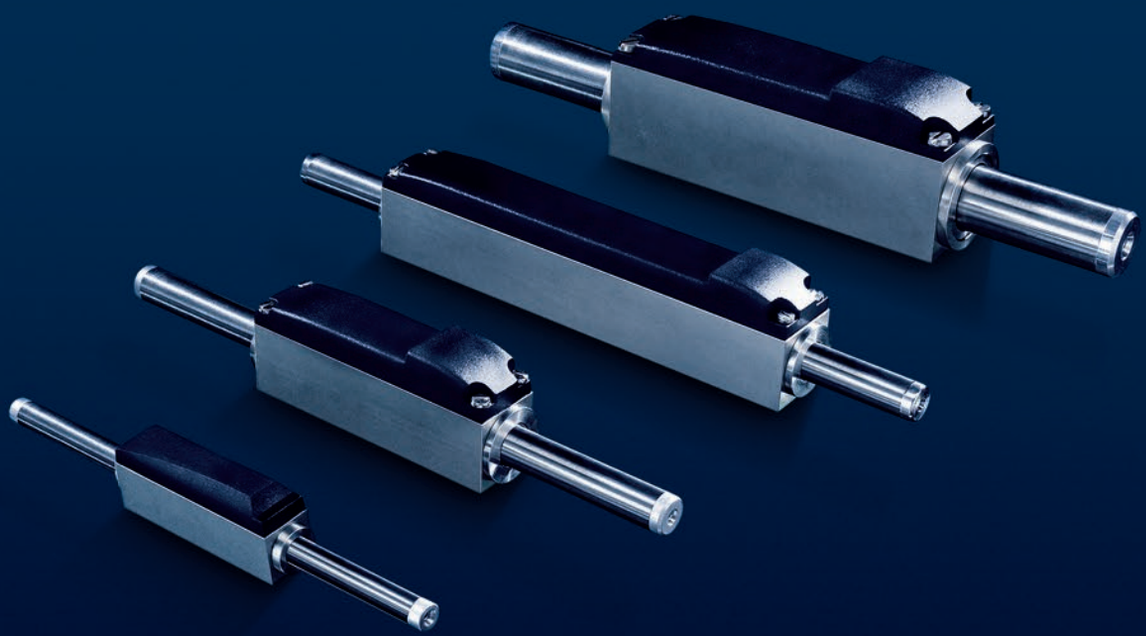
Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Kosteneffizienter Positionierantrieb ohne Encoder
- Hohe Leistungsdichte
- Sehr hohe Beschleunigung
- Extrem schnelle Richtungswechsel möglich
- Langlebig
- Weiter Betriebstemperaturbereich
- Drehzahlbereich bis 16.000 min^{-1} bei Stromansteuerung (Chopperbetrieb)
- Vollschritt-, Halbschritt- und Mikroschrittbetrieb möglich
- Extrem niedriges Rotorträgheitsmoment

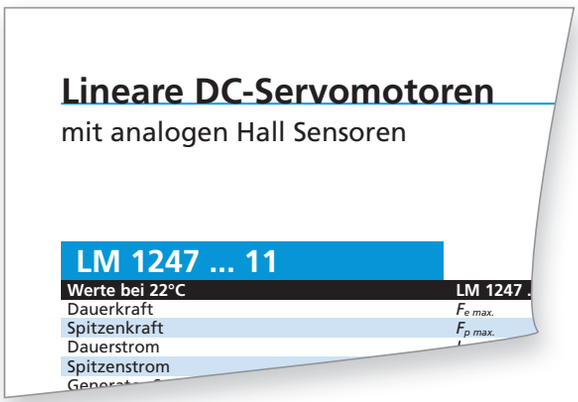


FAULHABER

Lineare DC-Servomotoren



WE CREATE MOTION



Erläuterungen zu den Datenblättern

Alle Werte bei 22°C.

Dauerkraft $F_{e\ max.}$ [N]
Die maximale Schubkraft des Motors im Dauerbetrieb bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur und mit einem reduziertem Wärmewiderstand R_{th2} um 55%.

$$F_{e\ max.} = k_F \cdot I_{e\ max.}$$

Spitzenkraft $F_{p\ max.}$ [N]
Die maximale Schubkraft des Motors im intermittierenden Betrieb (max. 1 s, 10% Arbeitszyklus) bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur und mit einem reduziertem Wärmewiderstand R_{th2} um 55%.

$$F_{p\ max.} = k_F \cdot I_{p\ max.}$$

Dauerstrom $I_{e\ max.}$ [A]
Die maximale Stromaufnahme des Motors im Dauerbetrieb bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur und mit einem reduziertem Wärmewiderstand R_{th2} um 55%.

$$I_{e\ max.} = \sqrt{\frac{T_{125} - T_{22}}{R \cdot (1 + \alpha_{22} \cdot (T_{125} - T_{22})) \cdot (R_{th\,1} + 0{,}45 \cdot R_{th\,2})}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

Spitzenstrom $I_{p\ max.}$ [A]
Die maximale Stromaufnahme des Motors im intermittierenden Betrieb (max. 1 s, 10% Arbeitszyklus) bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur und mit einem reduziertem Wärmewiderstand R_{th2} um 55%.

Gegen-EMK-Konstante k_E [V/m/s]
Die Konstante, die das Verhältnis zwischen der induzierten Spannung in den Motorphasen und der linearen Bewegungsgeschwindigkeit beschreibt.

$$k_E = \frac{2 \cdot k_F}{\sqrt{6}}$$

Kraftkonstante k_F [N/A]
Die Konstante, die dem Verhältnis zwischen der geleisteten Motorkraft und dem Motorstromverbrauch bei Sinuskommutierung entspricht.

Anschlusswiderstand, Phase-Phase R [Ω] ±12%
Der zwischen jeweils zwei Motorphasen gemessene Widerstand. Der Wert ist direkt von der Spulentemperatur abhängig (Temperaturkoeffizient: α_{22} = 0,0038 K^{-1}).

Anschlussinduktivität, Phase-Phase L [µH]
Die bei 1 kHz zwischen zwei Phasen gemessene Induktivität.

Hublänge $s_{max.}$ [mm]
Die Hublänge des Läuferstabs für die die angegebenen Datenblatt-Parameter gelten, $s_{max.}$. Somit beträgt die zulässige relative Bewegung der Läuferstabmitte zur Statormitte die Hälfte der Hublänge in beide Richtungen.

Wiederholgenauigkeit σ_r [µm]
Die typische gemessene Abweichung, wenn mehrfach die gleiche Bewegung unter gleichen Bedingungen wiederholt wird. Für die Messung wird ein FDS MC (Versionen -01, 11) und Sin/Cos Motion Controller von Drittanbietern (Versionen -02, 12) verwendet.

Genauigkeit σ_a [µm]
Typischer Positionierungsfehler. Dieser Wert entspricht der Differenz zwischen der Soll-Position und der gemessenen Position des Systems. Für die Messung wird ein FDS MC (Versionen -01, 11) und Sin/Cos-Motion Controller von Drittanbietern (Versionen -02, 12) verwendet.

Beschleunigung $a_{e\ max.}$ [m/s²]
Die maximale theoretische Beschleunigung aus dem Stillstand, ohne Last, im Dauerbetrieb.

$$a_{e\ max.} = \frac{F_{e\ max.}}{m_m}$$

Geschwindigkeit $v_{e\ max.}$ [m/s]
Die maximale theoretische Geschwindigkeit aus dem Stillstand, ohne Last, bei einem dreieckigen Geschwindigkeitsprofil und maximaler Hublänge.

$$v_{e\ max.} = \sqrt{a_{e\ max.} \cdot s_{max.}}$$

Wärmewiderstand $R_{th\,1}$; $R_{th\,2}$ [K/W]
R_{th1} entspricht dem Wert zwischen Spule und Gehäuse. R_{th2} entspricht dem Wert zwischen Gehäuse und Umgebung. Die angegebenen Werte beziehen sich auf einen Motor, der vollständig von Luft umgeben ist. Der Wert für R_{th2} kann durch den Einsatz eines Kühlkörpers und/oder durch Zwangsbelüftung reduziert werden.

Thermische Zeitkonstante τ_{w1}; τ_{w2} [s]
Die thermische Zeitkonstante der Spule (τ_{w1}) und vom Gehäuse (τ_{w2}).

Betriebstemperaturbereich [°C]
Die minimal und maximal zulässigen Betriebstemperaturwerte der Motoren.

Läuferstabmasse m_m [g]
Die Normalmasse des Läuferstabes (Zylinder mit Magneten).

Gesamtmasse m_t [g]
Die Gesamtmasse vom Linear DC-Servomotor.

Magnetischer Polabstand τ_m [mm]
Die Distanz zwischen zwei gleichen Polpaaren.

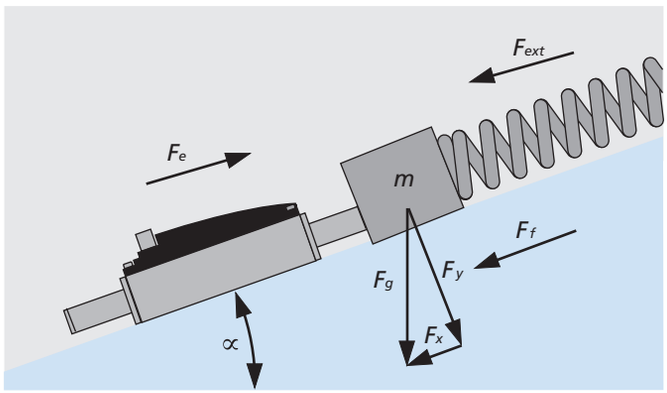
Läuferstablager
Das Material und die Ausführung der Lager.

Gehäusematerial
Das Material des Motorgehäuses.

Bewegungsrichtung
Die Bewegungsrichtung ist reversibel und wird von der Ansteuerungselektronik bestimmt.

Kräfteberechnung

Um eine Masse eine Neigung hochzubewegen, muss ein Motor eine Kraft ausüben, um die Last zu beschleunigen und alle gegen diese Bewegung wirkenden Kräfte zu überwinden.



Die Summe der in der oben stehenden Zeichnung gezeigten Kräfte muss gleich sein zu:

$$\sum F = m \cdot a \qquad [N]$$

Gibt man die verschiedenen Kräfte in diese Gleichung ein, folgt daraus:

$$F_e - F_{ext} - F_f - F_x = m \cdot a \qquad [N]$$

Dabei gilt:

F_e :	Dauerkraft des Motors	[N]
F_{ext} :	Externe Kraft	[N]
F_f :	Reibungskraft $F_f = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha)$	[N]
F_x :	Parallelkraft $F_x = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$	[N]
m :	Gesamtmasse (inkl. Läuferstab)	[kg]
g :	Gravitation	[m/s²]
a :	Beschleunigung	[m/s²]

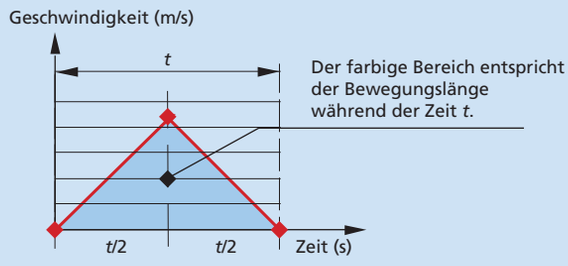
Bewegungsprofile

Das Bewegen jeder Masse von Punkt A zu Punkt B unterliegt den Gesetzen der Kinematik.

Die Formeln einer geradlinigen Bewegung und einer kontinuierlichen, beschleunigten Bewegung erlauben die verschiedenen Geschwindigkeits- und Zeitprofile zu definieren.

Bevor die vom Motor im Dauerbetrieb zu leistende Kraft berechnet werden kann, muss ein Geschwindigkeitsprofil mit den verschiedenen Lastbewegungen definiert werden.

Dreieckiges Geschwindigkeitsprofil
Das dreieckige Geschwindigkeitsprofil besteht nur aus der Beschleunigungs- und Verzögerungszeit.

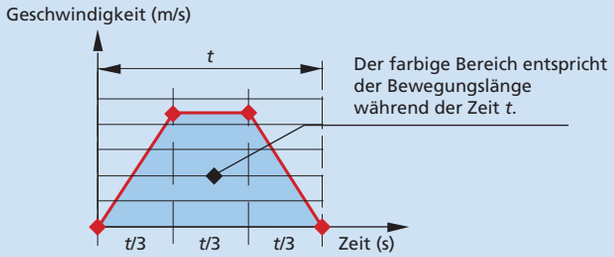


Bewegung: $$s = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t = \frac{1}{4} \cdot a \cdot t^2 = \frac{v^2}{a} \qquad [m]$$

Geschwindigkeit: $$v = 2 \cdot \frac{s}{t} = \frac{a \cdot t}{2} = \sqrt{a \cdot s} \qquad [m/s]$$

Beschleunigung: $$a = 4 \cdot \frac{s}{t^2} = 2 \cdot \frac{v}{t} = \frac{v^2}{s} \qquad [m/s^2]$$

Trapezförmiges Geschwindigkeitsprofil
Das trapezförmige Geschwindigkeitsprofil, Beschleunigung, Geschwindigkeit und Verzögerung erlauben eine einfache Berechnung, die vielen praxisnahen Anwendungen entspricht.



Bewegung: $s = \frac{2}{3} \cdot v \cdot t = \frac{1}{4{,}5} \cdot a \cdot t^2 = 2 \cdot \frac{v^2}{a}$ [m]

Geschwindigkeit: $v = 1{,}5 \cdot \frac{s}{t} = \frac{a \cdot t}{3} = \sqrt{\frac{a \cdot s}{2}}$ [m/s]

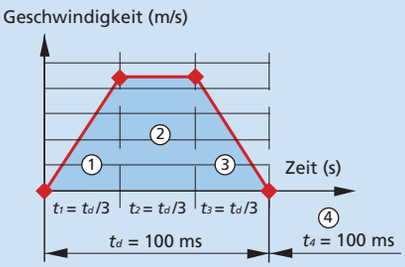
Beschleunigung: $a = 4{,}5 \cdot \frac{s}{t^2} = 3 \cdot \frac{v}{t} = 2 \cdot \frac{v^2}{s}$ [m/s²]

Auswahl eines linearen DC-Servomotors

Dieser Abschnitt beschreibt Schritt für Schritt den Vorgang zur Auswahl eines linearen DC-Servomotors.

Definition des Geschwindigkeitsprofils
Zu Beginn ist es notwendig, das Geschwindigkeitsprofil der Lastbewegungen zu definieren.

Die Eigenschaften der Bewegungen müssen zu Beginn berücksichtigt werden. Wie hoch ist die maximale Geschwindigkeit? Wie stark soll die Masse beschleunigt werden? Wie lang ist die Bewegung, welche die Masse durchführen soll? Wie lange ist die Ruhezeit?
Sind die Parameter der Bewegung nicht klar definiert, wird empfohlen, ein dreieckiges oder trapezförmiges Profil zu verwenden.
Nehmen wir eine Gesamtmasse von 500 g, die in 100 ms 20 mm weit auf einer Neigung mit einem Steigungswinkel von 20° bewegt werden muss und berücksichtigen ein trapezförmiges Geschwindigkeitsprofil.



	Einheit	①	②	③	④
s (Bewegung)	m	0,005	0,01	0,005	0
v (Geschwindigkeit)	m/s	0 ... 0,3	0,3	0,3 ... 0	0
a (Beschleunigung)	m/s²	9,0	0	–9,0	0
t (Zeit)	s	0,033	0,033	0,033	0,100

Berechnungsbeispiel
Geschwindigkeit und Beschleunigung für Teil ①

$$v_{max.} = 1{,}5 \cdot \frac{s}{t} = 1{,}5 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} = 0{,}3 \text{ m/s}$$

$$a = 4{,}5 \cdot \frac{s}{t^2} = 4{,}5 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{(100 \cdot 10^{-3})^2} = 9 \text{ m/s}^2$$

Kräfteberechnung
Unter der Annahme einer Last von 500 g und einem Reibungskoeffizienten von 0,2 ergeben sich folgende Kräfte:

			Vorwärts				Rückwärts			
Kraft	Einheit	Symbol	①	②	③	④	①	②	③	④
Reibung	N	F_f	0,94	0,94	0,94	-0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
Parallel	N	F_x	1,71	1,71	1,71	1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71
Beschleunigung	N	F_a	4,5	0	-4,5	0	4,5	0	-4,5	0
Gesamt	N	F_t	7,15	2,65	-1,85	0,77	3,73	-0,77	-5,27	-0,77

Berechnungsbeispiel
Reibungs- und Beschleunigungskräfte für Teil ①

$$F_f = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha) = 0{,}5 \cdot 10 \cdot 0{,}2 \cdot \cos(20°) = 0{,}94 \text{ N}$$

$$F_a = m \cdot a = 0{,}5 \cdot 9 = 4{,}5 \text{ N}$$

Auswahl des Motors
Da nun die Kräfte der drei Teile des Profils bekannt sind, können die erforderlichen Spitzen- und Dauerkräfte in Abhängigkeit der Zeit jedes Teils berechnet werden.

$$F_p = max.(|\mathbf{7{,}15}|, |2{,}65|, |-1{,}85|, |0{,}77|, |3{,}73|, |-0{,}77|, |-5{,}27|, |-0{,}77|) = 7{,}15 \text{ N}$$

Die Spitzenkraft ist die größte Kraft, die während des Bewegungszyklus erreicht wird.

Die Dauerkraft wird durch folgende Formel errechnet:

$$F_e = \sqrt{\frac{\Sigma\,(t \cdot F_t^{\,2})}{2 \cdot \Sigma\, t}} = \ldots$$

$$F_e = \sqrt{\frac{\begin{array}{l}0{,}033 \cdot 7{,}15^2 + 0{,}033 \cdot 2{,}65^2 + 0{,}033 \cdot (-1{,}85)^2 + 0{,}1 \cdot 0{,}77^2 \\ + 0{,}033 \cdot 3{,}73^2 + 0{,}033 \cdot (-0{,}77)^2 + 0{,}033 \cdot (-5{,}27)^2 + 0{,}1 \cdot (-0{,}77)^2\end{array}}{2 \cdot (0{,}033 + 0{,}033 + 0{,}033 + 0{,}1)}} = 2{,}98\ \text{N}$$

Mit diesen beiden Werten ist es nun möglich,
den geeigneten Motor für die Anwendung zu finden.

Linearer DC-Servomotor **LM 1247–020–11**

$s_{max.}$ = 20 mm ; $F_{e\,max.}$ = 3,6 N ; $F_{p\,max.}$ = 10,7 N

Temperaturberechnung der Spulenwicklung
Um die Temperatur der Spulenwicklung zu ermitteln, muss der Motordauerstrom berechnet werden.
Wenn man für das vorliegende Beispiel eine Kraftkonstante k_F gleich einer Dauerkraft von 6,43 N/A berücksichtigt, ergibt sich daraus:

$$I_e = \frac{F_e}{k_f} = \frac{2{,}98}{6{,}43} = 0{,}46\ \text{A}$$

Mit einem elektrischen Widerstand von 13,17 Ω, einem gesamten Wärmewiderstand von 23,2 °C/W ($R_{th1} + R_{th2}$) und einem reduzierten Wärmewiderstand R_{th2} um 55% (0,45 · R_{th2}), ergibt sich eine Spulentemperatur von:

$$T_c\,(I) = \frac{R \cdot (R_{th1} + 0{,}45 \cdot R_{th2}) \cdot \left(I_e \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot (1 - \alpha_{22} \cdot T_{22}) + T_{22}}{1 - \alpha_{22} \cdot R \cdot (R_{th1} + 0{,}45 \cdot R_{th2}) \cdot \left(I_e \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \ldots$$

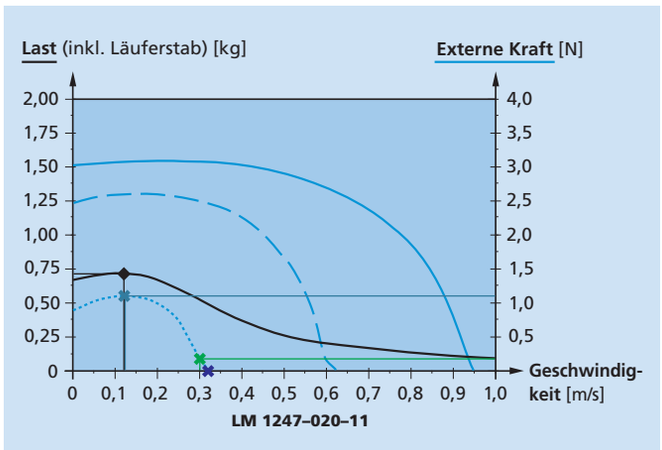
$$T_c\,(I) = \frac{13{,}17 \cdot (3{,}2 + 0{,}45 \cdot 20{,}0) \cdot \left(0{,}46 \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot (1 - 0{,}0038 \cdot 22) + 22}{1 - 0{,}0038 \cdot 13{,}17\,(3{,}2 + 0{,}45 \cdot 20{,}0) \cdot \left(0{,}46 \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right)^2} = 85{,}26\ °\text{C}$$

Motorkennlinien

Bewegungsprofil:
Trapezförmig (*t1 = t2 = t3*), vorwärts und rückwärts

Motorkennlinien-Diagramm für den linearen DC-Servomotor mit den folgenden Parametern:

Bewegungsdistanz:	20 mm
Reibungskoeffizient:	0,2
Neigungswinkel:	20°
Ruhezeit:	0,1 s



Lastkurve

Die Lastkurve ermöglicht es, die maximal zulässige Last (inkl. Läuferstab) für eine bestimmte Geschwindigkeit bei 0 N externer Kraft abzulesen.

Die Kurve zeigt, dass eine maximale Last (inkl. Läuferstab) (◆) von 0,72 kg bei einer Geschwindigkeit von 0,125 m/s liegt.

Externe Kraftkurve

Die externe Lastkurve ermöglicht es, die maximal zulässige externe Kraft bei einer bestimmten Geschwindigkeit und folgenden Lastwerten abzulesen:

- 0,1 kg
- 0,2 kg
- 0,5 kg

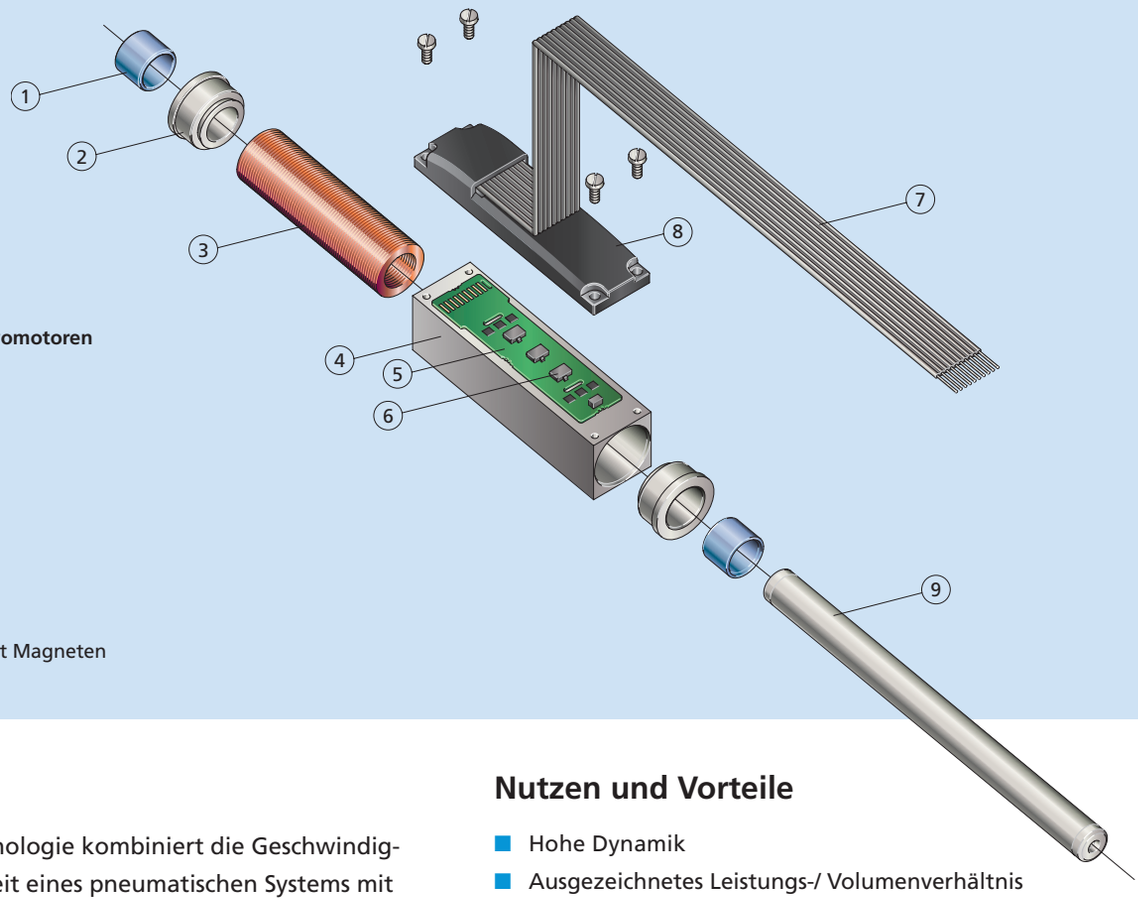
Die Kurve für 0,5kg zeigt, dass die maximal erreichbare Geschwindigkeit ohne externe Kräfte bei einer Masse von 0,5 kg bei 0,32 m/s liegt (✖).

Die maximal anzuwendende externe Kraft (✖) liegt bei einer Geschwindigkeit von 0,3 m/s bei 0,17 N.

Die externe Spitzenkraft (✖) wird bei einer Geschwindigkeit von 0,125 m/s erreicht und entspricht einer maximal anzuwendenden externen Kraft von 1,1 N.

Die Motorkennlinien sind abhängig von verschiedenen Bewegungsparametern (Bewegungsprofil, Bewegungsdistanz, Reibungskoeffizient, Neigungswinkel und Ruhezeit). Dementsprechend verändern sich die Motorkennlinien bei Änderung eines oder mehrerer dieser Eingangswerte. Beim Vergleich des obigen Diagramms mit dem Diagramm aus dem Datenblatt des LM 1247-020-11 ist sofort erkennbar, dass sich alleine durch die Veränderung des Neigungswinkels für den gleichen Linearmotor unterschiedliche Kennlinien ergeben (in diesem Beispiel sind es 20°, im Datenblatt 0°).

Lineare DC-Servomotoren



Lineare DC-Servomotoren

① Lager
② Lagerdeckel
③ Spule
④ Gehäuse
⑤ Platine
⑥ Hallsensoren
⑦ Kabel
⑧ Abdeckung
⑨ Läuferstab mit Magneten

Funktion

FAULHABER Technologie kombiniert die Geschwindigkeit und Robustheit eines pneumatischen Systems mit der Flexibilität und der Zuverlässigkeit eines elektromechanischen Linearmotors. Die innovative Konstruktion mit einer selbsttragenden Dreiphasenspule und antimagnetischem Metallgehäuse resultiert in einer außerordentlichen Leistung.

Dank dem hervorragenden linearen Kraft-/ Stromverhältnis und dem Fehlen statischer Rastmomente ist dieser Antrieb besonders ideal für den Einsatz bei Mikro-Positionieraufgaben geeignet. Die Positionskontrolle der linearen DC-Servomotoren ist über die integrierten Hallsensoren einfach zu realisieren.

Die Lebensdauer der linearen DC-Servomotoren wird hauptsächlich durch die Lebensdauer der Hülsenlager beeinflusst. Deren Verschleiß hängt stark von der Betriebsgeschwindigkeit und der Last des Läuferstabs ab.

Nutzen und Vorteile

- Hohe Dynamik
- Ausgezeichnetes Leistungs-/ Volumenverhältnis
- Keine Rastmomente vorhanden
- Antimagnetisches Metallgehäuse
- Kompakte und robuste Konstruktion
- Benötigt keine Schmierung
- Einfacher Einbau und Inbetriebnahme

Produktkennzeichnung

LM1247–020–11

LM	Linearer Motor
12	Breite des Motors □ [mm]
47	Länge des Motors [mm]
020	Hublänge [mm]
11	Sensortyp: Linear

Notizen

FAULHABER

Präzisionsgetriebe

WE CREATE MOTION

Präzisionsgetriebe

Technische Informationen

Allgemeine Angaben

Lebensdauer
Die Lebensdauer eines Getriebes und einer Motor-Getriebe-Kombination hängt von folgenden Faktoren ab:

- Eingangsdrehzahl
- Abtriebsdrehmoment
- Betriebsbedingungen
- Umgebung und Einbau in andere Systeme

Da bei jeder Anwendung außerordentlich viele Parameter mitspielen, ist es fast unmöglich, die Lebensdauer eines bestimmten Getriebes oder einer Motor-Getriebe-Kombination genau anzugeben. Um die Lebensdauer zu erhöhen, stehen zahlreiche Wahlmöglichkeiten zur Verfügung: Kugellager, ausschließlich Metallzahnräder, Sonderfettung usw.

Lager – Schmierung
Die Getriebe sind entweder mit Sinter- oder Kugellager an der Abtriebswelle lieferbar. Wo angegeben, sind Kugellager mit Federscheiben vorgespannt, um die Laufeigenschaften der Lager zu verbessern.

Eine höhere axiale Wellenbelastung oder eine höhere Aufpresskraft als in den Datenblättern spezifiziert, hebt die Vorspannung der Kugellager auf. Die Satellitenzahnräder der Planetengetriebe der Serien 38/1 und 38/2 werden einzeln auf Sintergleitlagern geführt. Die Zahnräder der Getriebeserie 38A und 44/1 laufen auf Kugel- und Nadellagern. Alle Lager sind für die vorgesehene Lebensdauer geschmiert. Ein Nachschmieren ist unnötig und zu vermeiden. Die Verwendung nicht empfohlener Schmiermittel kann sich negativ auf Funktion und Lebensdauer der Getriebe auswirken. Die Standardschmierung gewährt eine optimale Lebensdauer bei einem Minimum an Stromaufnahme im Leerlauf. Für den Betrieb in extremen Temperaturbereichen und unter Vakuum sind Getriebe mit Spezialfettung erhältlich.

Erläuterungen zu den Datenblättern

Maße ohne Toleranzangabe
Die Toleranzen entsprechen ISO 2768 mittel.

≤ 6	=	± 0,1 mm
≤ 30	=	± 0,2 mm
≤ 120	=	± 0,3 mm

Eingangsdrehzahl
Die maximale empfohlene Eingangsdrehzahl für Dauerbetrieb dient als Richtlinie. Es ist zulässig, das Getriebe mit höheren Drehzahlen zu betreiben. Im Interesse einer optimalen Lebensdauer sollte jedoch bei Anwendungen, die Dauerbetrieb und lange Lebensdauer erfordern, die empfohlene Drehzahl berücksichtigt werden.

Kugellager
Falls nicht extra aufgeführt, entsprechen die Werte für Belastung und Lebensdauer den Angaben der Kugellagerhersteller.

Betriebstemperaturbereich
Der Standardbereich ist auf den Datenblättern vorgegeben. Die Werte für Spezialausführungen mit erweiterten Temperaturbereichen können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Untersetzungsverhältnis
Die in den Tabellen aufgeführten Werte sind nominal und gerundet. Das genaue Untersetzungsverhältnis kann auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Ausgangsdrehmoment
Dauerbetrieb:
Das Dauerdrehmoment stellt die dauerhaft zulässige Belastung des Getriebes dar. Eine Überschreitung dieses Wertes verkürzt die Lebensdauer.

Kurzzeitbetrieb:
Das Kurzzeitdrehmoment kann nur für eine kurze Zeit gehalten werden. Die Intervalle sollten 5 % des Dauerbetriebszyklus nicht überschreiten.

Drehrichtung, reversibel
Alle Getriebe sind für Rechts- und Linkslauf gleich gut geeignet. Die Angabe bezieht sich auf den Drehsinn der Abtriebswelle (auf das Wellenende gesehen), wobei der Motor immer rechtslaufend ist.

Getriebespiel
Das Getriebespiel ist definiert als der Wert, um den die Weite des Zahnzwischenraums die Weite der in Eingriff befindlichen Zähne auf dem Wälzkreisdurchmesser übersteigt.

Getriebespiel ist nicht zu verwechseln mit der Elastizität oder der Torsionssteifigkeit des Systems.

Grundsätzlich dient das Spiel dazu, ein Verklemmen zu vermeiden. Ein geringes Spiel ist notwendig, um Platz für die Schmierung zu schaffen und unterschiedliche Ausdehnungen zwischen den Getriebekomponenten zu ermöglichen. Das Spiel wird an der Ausgangswelle gemessen.

Spielarme Getriebe
Die Stirnradgetriebe der Serien 08/3, 12/5, 15/8, 16/8 und 22/5 mit zwei Getriebepfaden sind als spielarm zu bezeichnen, wenn diese mit FAULHABER DC-Mikromotoren vorgespannt sind. Vorgespannte Getriebe bewirken eine geringfügige Reduzierung im gesamten Wirkungsgrad und in der Belastbarkeit.

Die Konstruktion der spielarmen Getriebe von FAULHABER bietet, mit einigen Einschränkungen, ein ausgezeichnetes sowie einzigartiges Produkt, das für viele Positionieranwendungen mit niedrigem Drehmoment und hoher Präzision einsetzbar ist.

Aufgrund der Herstelltoleranzen können vorgespannte Getriebe höhere und unregelmäßige interne Reibungsdrehmomente erzeugen, die wiederum zu einem höheren und wechselnden Stromverbrauch im Motor führen.

Die Vorspannung, insbesondere bei kleinen Untersetzungsverhältnissen ist sehr empfindlich. Die Vorspannung wird nach einem definierten Einlaufprozess für beide Drehrichtungen eingestellt. Daher sind vorgespannte Stirnradgetriebe nur mit werksseitig montierten Motoren verfügbar.

Der echte spielarme Betrieb ist nur bei neuen Getrieben möglich. In Abhängigkeit von der Applikation kann während des Betriebs ein leichtes Spiel auftreten, sobald an den Zahnrädern Verschleiß auftritt. Falls diese Abnützung nicht zu groß ist, kann ein erneutes Vorspannen in Betracht gezogen werden, um die ursprüngliche Spielarmut wiederherzustellen.

Hinweise für die Montage
Bei der Montage eines Stirnradgetriebes an einen Motor muss dieser sehr langsam laufen. Dadurch lässt sich eine Beschädigung der Eingangszahnräder durch schlechten Eingriff des Motorritzels vermeiden. Die Getriebe werden durch Verwendung eines geeigneten Klebstoffes (z. B. Loctite 638) mit dem Motor gesichert.

Planetengetriebe dürfen dagegen nicht bei laufendem Motor montiert werden. Vor der Getriebemontage müssen die Zahnräder der Eingangsstufe mit dem Motorritzel in die richtige Lage zueinander gebracht werden, um Beschädigungen zu vermeiden.

Es wird empfohlen, die Motoren und Getriebe werksseitig montieren und prüfen zu lassen. Dies stellt eine optimale Abstimmung sowie einen möglichst niedrigen Stromverbrauch sicher.

Bei stirnseitiger Befestigung eines Getriebes ist darauf zu achten, die angegebene Gewinde-Einschraubtiefe nicht zu überschreiten. Ein zu tiefes Einschrauben kann zu Beschädigungen führen. Getriebe mit Metallgehäuse können radial mit einer Stellschraube gesichert werden.

Auswahl des geeigneten Getriebes

Dieses Kapitel beschreibt Schritt für Schritt, wie bei der Auswahl des geeigneten Getriebes vorzugehen ist.

Anwendungsdaten
Die für jede Anwendung wesentlichen Daten sind:

Erforderliches Drehmoment	M	[mNm]
Erforderliche Drehzahl	n	[min^{-1}]
Einschaltdauer	δ	[%]
Max. verfügbarer Platz	Durchmesser/Länge	[mm]
Wellenbelastung	radial/axial	[N]

Das vorliegende Beispiel geht von folgenden Anwendungsdaten aus:

Abtriebsdrehmoment	M	=	120 mNm
Drehzahl	n	=	30 min^{-1}
Einschaltdauer	δ	=	100%
Max. verfügbarer Platz	Durchmesser	=	18 mm
	Länge	=	60 mm
Wellenbelastung	radial	=	20 N
	axial	=	4 N

Um die Berechnung zu vereinfachen, wird in diesem Beispiel vom Dauerbetrieb ausgegangen.

Vorauswahl
Aus dem Katalog wird ein Getriebe ausgewählt, dessen Abtriebsdrehmoment im Dauerbetrieb größer ist als das der Anwendung. Im Fall von intermittierendem Betrieb geht man bei der Auswahl des Getriebes von dem Abtriebsdrehmoment für intermittierenden Betrieb aus. Die Werte für die Wellenbelastung und Gehäuseabmessungen, Gesamtlänge mit Motor müssen ebenfalls die Mindestanforderungen erfüllen. Für diese Anwendung wird das Planetengetriebe 16/7 gewählt.

Abtriebsdrehmoment, Dauerbetrieb	$M_{max.}$	= 300 mNm
Max. empf. Eingangsdrehzahl für		
– Dauerbetrieb	n	$\leq$ 5 000 min^{-1}
– Wellenbelastung	radial	$\leq$ 30 N
	axial	$\leq$ 5 N

Berechnung des Untersetzungsverhältnis
Um das theoretische Untersetzungsverhältnis zu berechnen, teilt man die für Dauerbetrieb empfohlene maximale Eingangsdrehzahl durch die gewünschte Abtriebsdrehzahl.

$$i_N = \frac{\text{Empfohlene max. Eingangsdrehzahl}}{\text{gewünschte Abtriebsdrehzahl}}$$

Aus dem Datenblatt für das Getriebe wird ein Untersetzungsverhältnis gewählt, das gleich groß oder kleiner als die berechnete Untersetzung ist.

Im vorliegenden Beispiel wurde das Untersetzungsverhältnis 159 : 1 gewählt.

Berechnung der Eingangsdrehzahl n_{input}

$n_{input} = n \cdot i$		[min^{-1}]
$n_{input} = 30 \cdot 159$	$= 4\,770$	min^{-1}

Berechnung des Eingangsdrehmomentes M_{input}

$$M_{input} = \frac{M \cdot 100}{i \cdot \eta} \quad [mNm]$$

Der Wirkungsgrad dieses Getriebes beträgt 60 %, also ist:

$$M_{input} = \frac{120 \cdot 100}{159 \cdot 60} = 1{,}26 \text{ mNm}$$

Die Werte stehen mit der Motorberechnung in Beziehung:

Eingangsdrehzahl	n_{input}	$= 4\,770$	min^{-1}
und			
Eingangsdrehmoment	M_{input}	$= 1{,}26$	mNm

Der für das ausgewählte Getriebe geeignete Motor muss mindestens das Doppelte des erforderlichen Eingangsdrehmoments liefern können.

In dem vorliegenden Beispiel erzeugt der DC-Kleinstmotor 1624 E 024 S mit 14 V DC die gewünschte Drehzahl und das gewünschte Drehmoment.

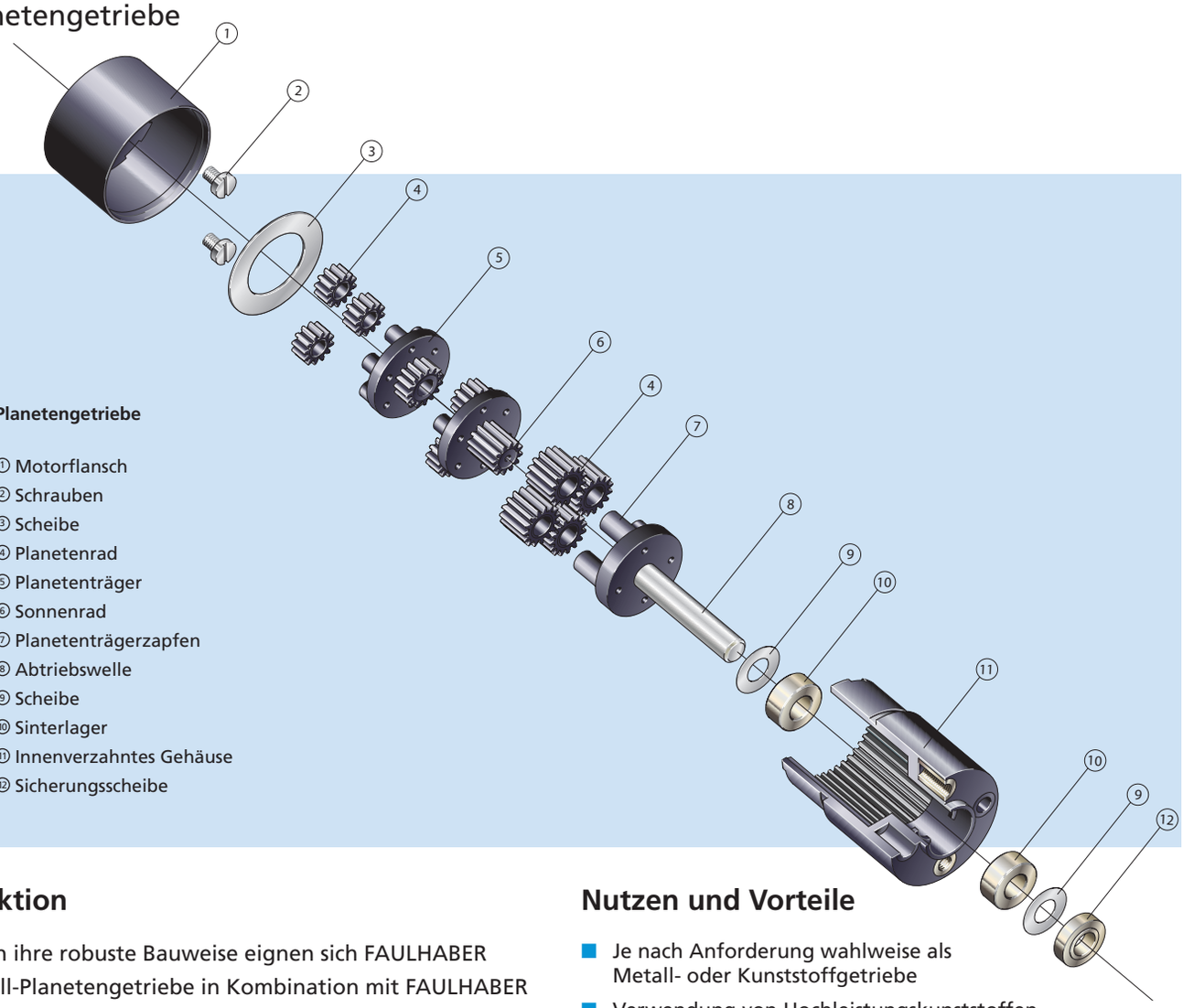
In der Praxis ist die Berechnung des idealen Motor-Getriebe-Antriebs nicht immer möglich. Detaillierte Werte für Drehmoment und Drehzahl sind meistens nicht klar definiert.

Es empfiehlt sich, geeignete Komponenten nach einer ersten Schätzung auszuwählen und die Einheiten dann in der Anwendung mit unterschiedlicher Versorgungsspannung zu testen, bis die gewünschten Werte für Drehzahl und Drehmoment erreicht sind.

Durch Aufzeichnung der angelegten Spannung und der Stromwerte können wir Ihnen helfen, die ideale Motor-Getriebe-Kombination zu finden.

Präzisionsgetriebe

Planetengetriebe



Planetengetriebe

① Motorflansch
② Schrauben
③ Scheibe
④ Planetenrad
⑤ Planetenträger
⑥ Sonnenrad
⑦ Planetenträgerzapfen
⑧ Abtriebswelle
⑨ Scheibe
⑩ Sinterlager
⑪ Innenverzahntes Gehäuse
⑫ Sicherungsscheibe

Funktion

Durch ihre robuste Bauweise eignen sich FAULHABER Metall-Planetengetriebe in Kombination mit FAULHABER DC-Kleinstmotoren ideal für Anwendungen, bei denen höchste Drehmomente gefragt sind. Um den Geräuschpegel bei höheren Drehzahlen zu reduzieren, sind die Zahnräder der Eingangsstufe in Kunststoff ausgeführt. Für höchste Drehmomente, Vakuumanwendungen oder hohe Temperaturen kann die Eingangsstufe in Stahl gewählt werden. Sonderfettungen unterstützen bei schwierigen Betriebsbedingungen.

Bei mittleren Abtriebsmomenten bieten FAULHABER Kunststoff-Planetengetriebe mit ihrer außergewöhnlichen Materialkombination das beste Preis-/Leistungsverhältnis. Auch bei Antrieben, bei denen das Leistungsgewicht eine Rolle spielt, fällt ein FAULHABER Kunststoffplanetengetriebe kaum ins Gewicht. Die Montage „Getriebe/Motor“ erfolgt sehr einfach über einen stirnseitig aufschraubbaren Getriebeflansch.

Metall-Planetengetriebe Serie 12/4

Nutzen und Vorteile

- Je nach Anforderung wahlweise als Metall- oder Kunststoffgetriebe
- Verwendung von Hochleistungskunststoffen und Keramikbauteilen
- Unterschiedliche Abtriebslager erhältlich (Sinter-, Kugel- oder Keramiklager)
- Sonderversionen mit Spezialfettung für erweiterten Anwendungsbereich verfügbar
- Kompetente Realisierung von kundenspezifischen Ausführungen

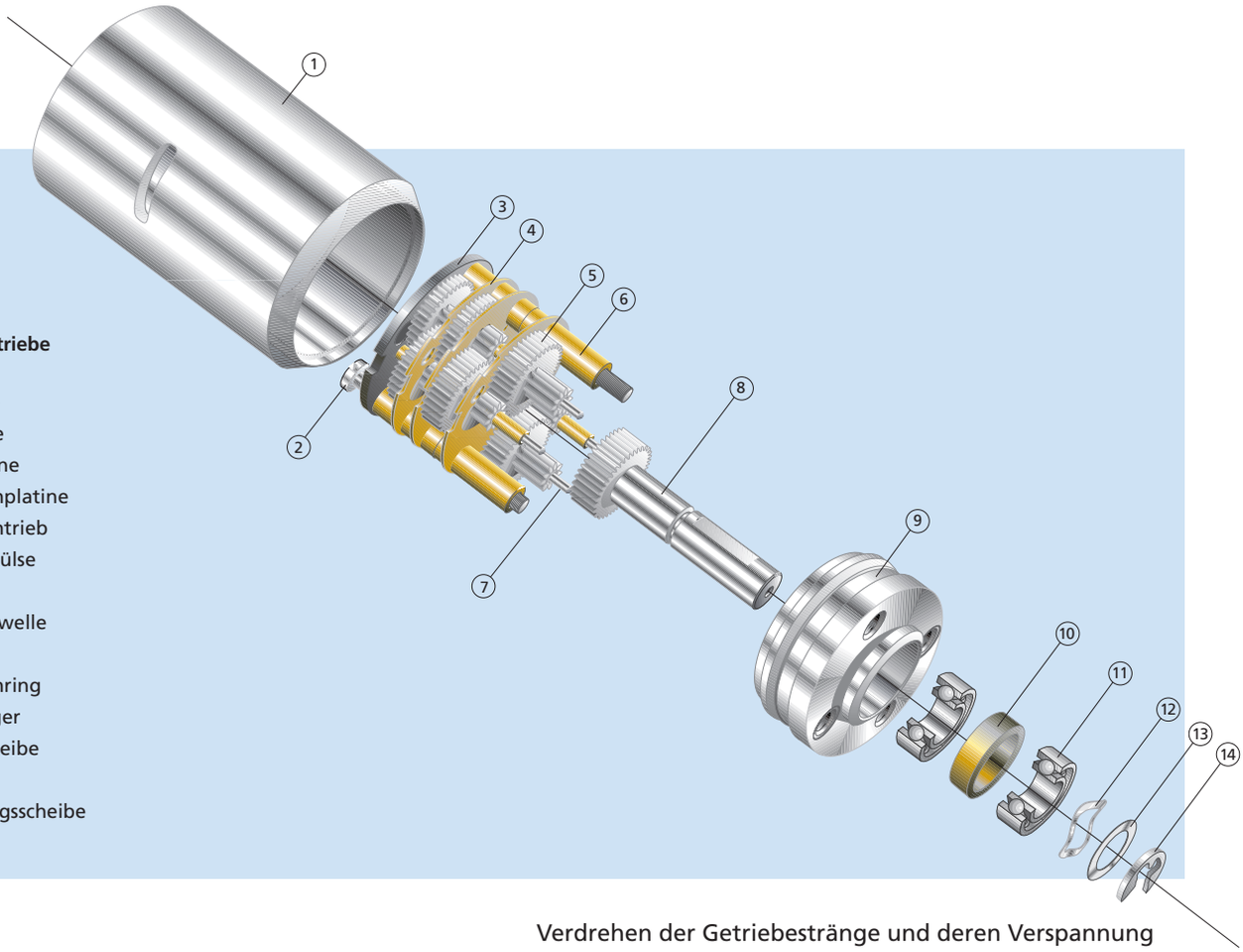
Produktkennzeichnung

26	Getriebedurchmesser [mm]
A	Getriebeausführung
64:1	Untersetzungsverhältnis

26A 64:1

Präzisionsgetriebe

Stirnradgetriebe

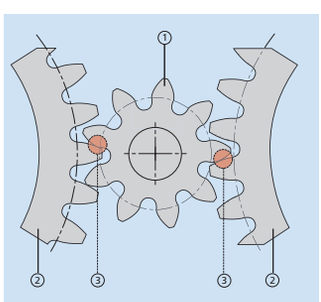


Stirnradgetriebe

① Gehäuse
② Schraube
③ Endplatine
④ Zwischenplatine
⑤ Zwischentrieb
⑥ Distanzhülse
⑦ Stift
⑧ Abtriebswelle
⑨ Deckel
⑩ Zwischenring
⑪ Kugellager
⑫ Federscheibe
⑬ Scheibe
⑭ Sicherungsscheibe

Funktion

Passend zu den FAULHABER DC-Kleinstmotoren steht eine breite Auswahl hochwertiger FAULHABER Stirnradgetriebe zur Verfügung. Die Ganzmetall-Konstruktionen überzeugen durch ihren gleichmäßigen und ruhigen Lauf. Aufgrund der außerordentlichen Präzision dieser Getriebe wird ein hoher Wirkungsgrad erzielt, wodurch eine geringe Stromaufnahme der Motor-Getriebe-Kombinationen ermöglicht wird.



Spielarme Stirnradgetriebe

① Motorritzel
② Zahnräder der Eingangsstufe
③ Spielarm vorgespannt

Eine spezielle Variante sind die spielarmen FAULHABER Stirnradgetriebe. Diese sind als zweisträngige Stirnradgetriebe mit Zahnrädern und Gehäuse aus Metall aufgebaut. Das Getriebespiel wird auf ein Minimum reduziert mittels einer Vorspannung, die durch gegensinniges Verdrehen der Getriebestränge und deren Verspannung auf dem Motorritzel eingestellt wird. Dadurch sind sie ideal für Positionieraufgaben mit hoher Genauigkeit und geringem Drehmoment geeignet. Spielarm vorgespannte Getriebe sind nur mit werksseitig montierten Motoren lieferbar.

Nutzen und Vorteile

- Sehr hohe Untersetzungen möglich
- Auch als spielarme Variante verfügbar
- Unterschiedliche Abtriebslager erhältlich (Sinter-, Kugel- oder Keramiklager)

Produktkennzeichnung

22	Getriebedurchmesser [mm]
/5	Getriebeausführung
377:1	Untersetzungsverhältnis

22/5 377:1

Planetengetriebe

Die Planetengetriebe GPT bieten ein hohes Drehmoment und eine erhöhte Eingangsdrehzahl bei kompakten Abmessungen. Ihr verbesserter Wirkungsgrad und die zahlreichen, gleichmäßig verteilten Untersetzungsverhältnisse helfen, die maximale Motorleistung auszunutzen.

Das Getriebe ist robust ausgelegt, um kurzzeitigen oder plötzlichen Lastveränderungen standzuhalten. Je nach Durchmesser können die Getriebe einer Eingangsdrehzahl von bis zu 20.000 min^{-1} oder einem Abtriebsdrehmoment von bis zu 25 Nm im intermittierendem Betrieb standhalten. Durch ihr geringes Verdrehspiel eignet sich die Produktfamilie GPT zudem besonders gut für präzise Positionierungsanwendungen.

Die Getriebe können mit einem umfangreichen Portfolio an DC- oder bürstenlosen Motoren kombiniert werden und bieten außerdem eine Vielzahl von Wellenkonfigurationen zur weiteren Individualisierung. Sie passen ideal zu verschiedenen Arten von Robotern – Inspektion, Montage, Rehabilitation oder Exoskelette – ebenso wie zur Fertigungs- und Laborautomation, zu Verpackungsmaschinen, Mess- und Testeinrichtungen oder zum Halbleiterhandling.

Serien dieser Baureihe

22GPT	32GPT
42GPT	

Eckdaten

Getriebedurchmesser	22 ... 42 mm
Werkstoff	Edelstahl
Dauerdrehmoment	0,45 ... 18 Nm
Dauereingangs-drehzahl	bis zu 15.000 min^{-1}
Kurzzeitdrehmoment	0,6 ... 25 Nm
Kurzzeiteingangs-drehzahl	bis zu 20.000 min^{-1}
Radiale Last	bis zu 390 N
Untersetzungs-verhältnis	von 3:1 bis zu 1294:1

Produktkennzeichnung

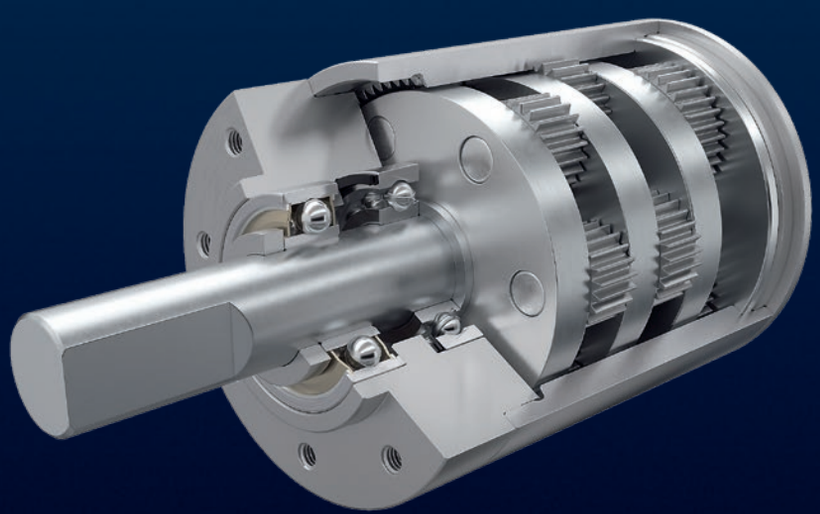
22	Getriebedurchmesser
GPT	Produktfamilie
89:1	Untersetzungsverhältnis
KS1	Standardoptionen

FAULHABER

FAULHABER GPT

Vorzüge dieser Baureihe im Überblick

- Kompakte Länge
- Hohes Dauerdrehmoment
- Sehr widerstandsfähig für intermittierende oder Impulszyklen
- Hohe Kurzzeitdrehzahl von bis zu 20.000 min^{-1}
- Spielarme Ausführung
- Viele Untersetzungsverhältnisse
- Große Auswahl an Motorkombinationen
- Viele Standardoptionen



Allgemeines

Die Metall-Planetengetriebe der Serie GPT von FAULHABER sind so optimiert, dass sie trotz ihrer kompakten Abmessungen ein hohes Drehmoment liefern. Sie bewältigen hohe Eingangsdrehzahlen und eignen sich für vielfältige Anwendungen, beispielsweise in der Robotik oder in Industriemaschinen und Laborgeräten. Die Getriebe der Produktfamilie GPT sind so ausgelegt, dass sie aus den DC-Kleinstmotoren und den bürstenlosen DC-Servomotoren von FAULHABER die maximale Leistung herausholen. Die GPT-Serie liefert aber nicht nur hohe Drehmomente, sondern eignet sich durch ihr geringes Spiel auch besonders gut für Positionierungsanwendungen.

Die Getriebe der GPT-Serie sind nicht nur für den Dauerbetrieb leistungsoptimiert, sondern auch so ausgelegt, dass sie starken Drehmomentimpulsen und großen Drehzahländerungen standhalten, wenn sie in intermittierenden Zyklen betrieben werden. Es stehen zahlreiche gleichmäßig verteilte Untersetzungsverhältnisse zur Verfügung, so dass stets die am besten geeigneten Konfigurationen für verschiedene Drehmoment- oder Drehzahlbetriebspunkte ausgewählt werden können, die für den jeweiligen Anwendungsfall erforderlich sind.

Eine große Auswahl an Optionen steht zur Verfügung, um unterschiedlichen Umgebungsbedingungen Rechnung zu tragen und die mechanische Integration in Anwendungen durch verschiedene Wellenkonfigurationen schneller und reibungsloser zu bewerkstelligen.

Die wesentlichen Vorteile der Baureihe GPT sind:

- Kompakte Bauweise bei geringer Länge
- Hohes Drehmoment und hohe Eingangsdrehzahlen
- Sehr robust mit hohem intermittierenden oder Impulsdrehmoment
- Viele Untersetzungsverhältnisse
- Minimales Spiel
- Hoher Wirkungsgrad
- Verschiedene Wellenkonfigurationen
- Große Auswahl an Motorkombinationen

Lebensdauer

Die Betriebslebensdauer einer Kombination aus Untersetzungsgetriebe und Motor wird bestimmt durch:

- Eingangsdrehzahl und Abtriebsdrehmoment, aus denen sich die Abgabeleistung ergibt
- Betriebstemperatur des Motors
- Betriebsart (Dauer-, intermittierender oder Impulsbetrieb) und Einschaltdauer
- Abtriebswellenbelastung (axial oder radial)
- Betriebsbedingungen wie Temperatur, Staub und andere Umgebungsbedingungen
- Betriebsumgebung und Integration in andere Systeme

Da in jeder Anwendung zahlreiche Parameter zu berücksichtigen sind, ist es fast unmöglich, die tatsächliche Lebensdauer anzugeben, die bei einem bestimmten Getriebetyp oder einer bestimmten Motor-Getriebe-Kombination zu erwarten ist. Zur Erhöhung der Lebensdauer stehen etliche Optionen (Kugellager, verschiedene Schmierungen usw.) für die Standarduntersetzungsgetriebe zur Verfügung.

Lager – Schmierung

Es sind Getriebe mit verschiedenen Lagern erhältlich, um unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Wo angegeben, sind die Kugellager mit Federscheiben mit begrenzter Kraft vorgespannt, um eine übermäßige Stromaufnahme zu vermeiden.

Eine axiale Wellenbelastung, die höher ist als in den Datenblättern angegeben, neutralisiert die Kugellager-Vorspannung.

Alle Lager besitzen eine Lebensdauerschmierung. Eine Nachschmierung ist nicht erforderlich und wird auch nicht empfohlen. Die Verwendung von nicht zugelassenen Schmierstoffen an den Getrieben oder Motoren oder um sie herum kann sowohl die Funktion als auch die Lebenserwartung negativ beeinflussen.

Die Standardschmierung der Untersetzungsgetriebe gewährleistet eine optimale Lebensdauer bei minimaler Stromaufnahme im Leerlauf. Für den Betrieb im erweiterten Temperaturbereich und im Vakuum sind speziell geschmierte Getriebe erhältlich.

Betriebsgrenzen

Um eine kurze Lebensdauer oder frühzeitige Beschädigungen zu vermeiden, sind die Getriebe für den Einsatz innerhalb der folgenden Betriebsgrenzen vorgesehen:

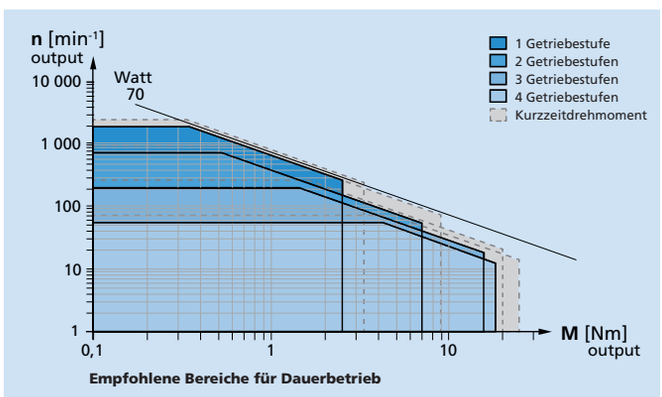
- Maximales Abtriebsdrehmoment
- und maximale Eingangsdrehzahl
- und maximale Abgabeleistung

Werte bei 22°C				
Anzahl Getriebestufen		1	2	2
Untersetzung (gerundet)[1)]		3:1 3,6:1 4,5:1 6,6:1	9:1	11:1 14:1 16:1 20:1 24:1 30:1 44:1
Dauerdrehmoment, max.	Nm	0,45	0,8	0,8
Kurzzeitdrehmoment, max.	Nm	0,6	1,1	1,1
Spitzendrehmoment	Nm	1	2,5	2,5
Dauereingangsdrehzahl, max.	min^{-1}	9 000	10 000	12 000
Kurzzeiteingangsdrehzahl, max.	min^{-1}	11 000	12 000	15 000
Dauerleistung, max.	W	21	12	12
Kurzzeitleistung, max.	W	30	18	18
Wirkungsgrad, max.	%	92	84	

Ein wichtiger Aspekt ist, dass das Getriebe nicht gleichzeitig mit maximalem Abtriebsdrehmoment und maximaler Eingangsdrehzahl arbeiten kann. Eine solche Betriebsbedingung würde zu einer Kraftübertragung führen, bei der eine übermäßige Wärmeabfuhr erzeugt und die Lebensdauer erheblich beeinträchtigt würde. Aus diesem Grund ist im Datenblatt auch eine Begrenzung der relativen maximalen Abgabeleistung spezifiziert.

Für diese Drehzahl-, Drehmoment- und Leistungsbegrenzungen gelten je nach Betriebsart - entweder für den Dauerbetrieb oder den intermittierenden Betrieb - unterschiedliche Werte, wobei sich der intermittierende Betrieb auf einen Betriebs-Arbeitszyklus mit 20% Einschaltdauer bezieht.

Diese Grenzwerte sind grafisch dargestellt und veranschaulichen den empfohlenen Betriebsbereich für den Dauer- und den intermittierenden Betrieb. Dieses Diagramm zeigt die Abtriebsdrehzahl im Verhältnis zum Abtriebsdrehmoment in doppelter logarithmischer Darstellung.



Empfohlene Bereiche für Dauerbetrieb

Die Grenzwerte variieren auch in Abhängigkeit von der Zahl der Untersetzungsstufen und hängen außerdem vom Untersetzungsverhältnis ab, was im Datenblatt durch die verschiedenen Spalten ausgedrückt wird, die die Leistung in Abhängigkeit von den Untersetzungsverhältnissen angeben.

Diese Grenzwerte beziehen sich lediglich auf das Getriebe bei einer Umgebungstemperatur von ca. 22°C und berücksichtigen keine äußeren Einflüsse in Bezug auf das Getriebe. Umgebungsbedingungen, der Einfluss der Integration in die Systemanwendung und das Betriebsverhalten des Motors wie z.B. die Motortemperatur werden bei der Festlegung dieser maximalen Betriebsgrenzen nicht berücksichtigt.

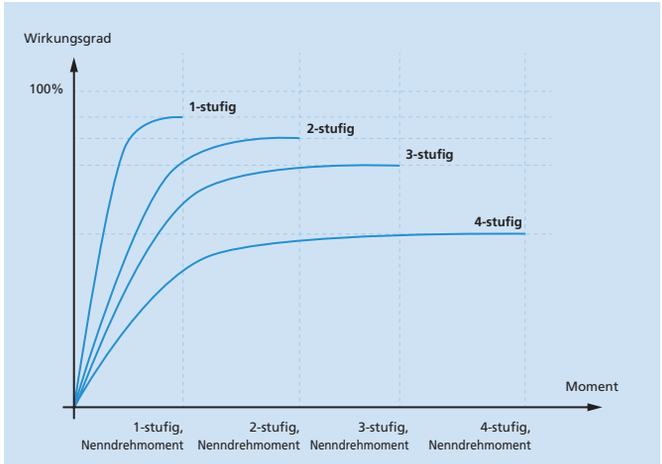
Wirkungsgrad

Die Datenblätter geben den maximalen Wirkungsgrad des Getriebes an, basierend auf dessen Konfiguration in Abhängigkeit von der Anzahl der Stufen und des Untersetzungsverhältnisses. Dieser Wirkungsgrad bezieht sich nur auf den Dauerbetrieb.

Wirkungsgrad, max.	%	92	84	82

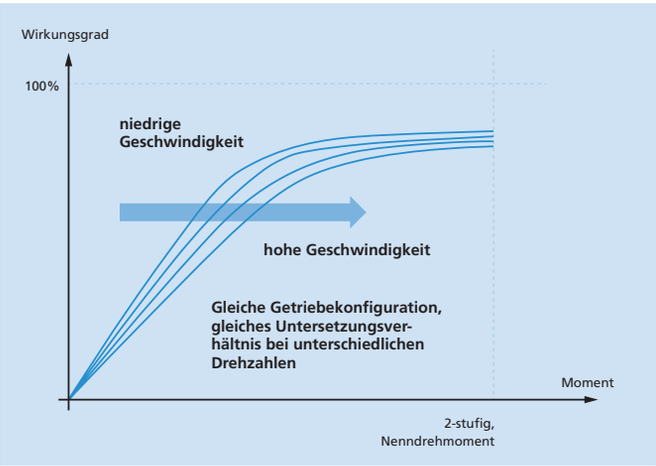
Dieser maximale Wirkungsgrad wird bei einem bestimmten Drehzahl-Drehmoment-Betriebspunkt erreicht und hängt auch von der Getriebekonfiguration und vom jeweiligen Untersetzungsverhältnis ab.

Für jede spezifische Konfiguration variiert der Wirkungsgrad des Getriebes mit der Drehzahl und dem Drehmoment. Die nachstehende Grafik gibt das typische Verhalten des Getriebewirkungsgrades wieder:



Präzisionsgetriebe

Technische Informationen



Damit ein guter Wirkungsgrad erzielt wird, sollte das Getriebe idealerweise bei einem Drehmoment von mehr als 30% des Nenndrehmoments eingesetzt werden. Der wichtigste Parameter zur Gewährleistung eines guten Wirkungsgrades ist das Drehmoment, während die Drehzahl zwar auch den Wirkungsgrad beeinflusst, jedoch nur in geringem Ausmaß. Um einen guten Wirkungsgrad zu erreichen, sollte ein Getriebe nicht bei niedrigem Drehmoment und hoher Drehzahl betrieben werden.

Der Einfluss des Wirkungsgrades ist nicht nur mit der Stromaufnahme des Motors, sondern auch mit der Wärmeableitung im Getriebe verknüpft, die auch von der vom Motor übertragenen Eingangsleistung abhängt. Diese Wärmeableitung erhöht die Getriebetemperatur und trägt dazu bei, dass sich die Wirkung des Schmierstoffs mit der Zeit verschlechtert, was sich negativ auf die Lebensdauer auswirkt.

Motorkombinationen

Die Getriebe der GPT-Serie können mit einem breiten Spektrum von DC-Motoren (4- und 2-poligen bürstenlosen Motoren) kombiniert werden, und für kleinere Durchmesser sind auch Kombinationen mit Schrittmotoren erhältlich. Diese Getriebeserie ist dafür optimiert, dass sie den Drehmoment- und Drehzahlbereich der verschiedenen FAULHABER-Motorenfamilien optimal ausnutzt.

Kombinationen mit Motoren werden werksseitig montiert geliefert. Motor-Getriebe-Kombinationen können nur im Werk montiert werden.

Wenn ein Motor mit einem Getriebe der GPT-Serie kombiniert wird, sollte ein ausreichend leistungsfähiger Motor gewählt werden, um zu vermeiden, dass der Motor auf eine zu hohe konstante Temperatur gebracht wird. Bei dieser hohen Temperatur würde zusätzliche Wärme auf das Getriebe übertragen, was die Wirksamkeit des Schmierstoffs vorzeitig verringern und die Lebensdauer der Gerätekombination verkürzen würde.

Generell sollte zur Erzielung einer langen Lebensdauer sichergestellt werden, dass der Motor im Dauerbetrieb eine Temperatur von 60°C bis 70°C nicht überschreitet. Bei diesen Motortemperaturen wird eine vorzeitige Verschlechterung der Eigenschaften des Schmierstoffs im Getriebe verhindert.

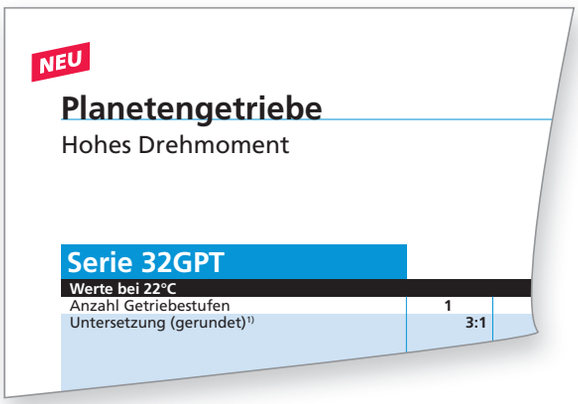
Modifikationen und Standardoptionen

Die Getriebe der GPT-Serie sind in einer großen Bandbreite von Standardoptionen und mit verschiedenen Modifikationen erhältlich. Einige dieser Optionen dienen dazu, bestimmte Anforderungen an spezifische Anwendungen mit besonderen Umgebungsbedingungen zu erfüllen, während andere die Integration des Produkts in das Anwendungssystem erleichtern oder bestimmte Leistungsparameter für spezielle Anforderungen verbessern.

Diese Produktoptionen beziehen sich auf:

- Form und Abmessungen der Abtriebswelle
- Umgebungsbedingungen wie z.B. ein besonderer Temperaturbereich oder spezielle Umgebungsbedingungen wie etwa Vakuum
- Unterschiedliche Motorkabel- oder Klemmenausrichtung bei der Integration der Gerätekombination in die Anwendung
- Andere Anforderungen in Bezug auf die Ausgangslast auf der Abtriebswelle

Die meisten Optionen sind Modifikationen am Basisprodukt, so dass dessen Eigenschaften von denen der Standardversion abweichen. Dies sollte bei der Auswahl einer Option berücksichtigt werden; eventuelle Fragen sollten an Ihren lokalen Vertriebsmitarbeiter gerichtet werden.



Erläuterungen zu den Datenblättern

Nicht spezifizierte Toleranzangaben
Durchschnittliche Toleranzen nach ISO 2768.

≤ 6	=	± 0,1 mm
≤ 30	=	± 0,2 mm
≤ 120	=	± 0,3 mm

Untersetzungsverhältnis
Die angegebenen Verhältnisse sind lediglich Nennwerte; das genaue Verhältnis für jedes Untersetzungsgetriebe kann mit Hilfe des für jeden Typ geltenden Stufenverhältnisses berechnet werden.

Abtriebsdrehmoment
Dauerbetrieb: Das Dauerdrehmoment gibt die maximal mögliche Belastung der Abtriebswelle an; eine Überschreitung dieses Wertes verkürzt die Betriebslebensdauer.

Intermittierender Betrieb: Das intermittierende Drehmoment kann kurzzeitig aufgebracht werden. Es sollte nur über kurze Intervalle hinweg genutzt werden und 20% der kontinuierlichen Einschaltdauer nicht überschreiten.

Spitzendrehmoment: Dieser Drehmomentgrenzwert gibt das absolute maximale Drehmoment an, das vom Getriebe bei unerwarteten Ereignissen aufgenommen werden kann, die zufällig auf die Abtriebswelle wirken. Dieses Spitzendrehmoment darf nicht im zyklischen Betrieb oder bei ständig wiederholten Abläufen auftreten. Dieser Parameter ist nicht als Beschränkungsgröße für die Dimensionierung beim Antreiben von Lasten gedacht. Der Getriebeausgang kann einen solchen Drehmomentwert bei einem nicht wiederkehrenden Ablauf einige hundert bis einige tausend Mal während des Betriebs aufnehmen, ohne dass die Lebensdauer beeinträchtigt wird.

Eingangsdrehzahl
Dauerbetrieb: Die empfohlene maximale Eingangsdrehzahl für den Dauerbetrieb dient lediglich der Orientierung. Das Getriebe kann auch mit höheren Drehzahlen betrieben werden. Um jedoch eine optimale Lebensdauer in Anwendungen zu erzielen, die einen Dauerbetrieb und eine lange Lebensdauer erfordern, sollte die empfohlene Drehzahl berücksichtigt werden.

Intermittierender Betrieb: Die intermittierende Eingangsdrehzahl kann kurzzeitig verwendet werden. Sie sollte nur über kurze Intervalle hinweg genutzt werden und 20% der kontinuierlichen Einschaltdauer nicht überschreiten. Ein Einsatz des Getriebes bei Drehzahlen über dem intermittierenden Maximalwert wird nicht empfohlen, da dies die Lebensdauer erheblich verkürzt und in einigen Fällen zu Frühschäden mit abruptem Stillstand führen kann.

Abgabeleistung
Dauerbetrieb: Die empfohlene maximale Abgabeleistung für den Dauerbetrieb dient lediglich zu Orientierung. Das Getriebe kann auch kurzzeitig mit höherer Abgabeleistung betrieben werden. Um jedoch eine optimale Lebensdauer in Anwendungen zu erzielen, die einen Dauerbetrieb und eine lange Lebensdauer erfordern, sollte die empfohlene Dauerabgabeleistung berücksichtigt werden.

Intermittierender Betrieb: Die intermittierende Abgabeleistung kann kurzzeitig verwendet werden. Sie sollte nur über kurze Intervalle hinweg genutzt werden und 20% der kontinuierlichen Einschaltdauer nicht überschreiten. Ein Einsatz des Getriebes mit einer Abgabeleistung über dem intermittierenden Maximalwert wird nicht empfohlen, da dies die Lebensdauer drastisch verkürzt.

Wirkungsgrad
Der maximale Wirkungsgrad bezieht sich auf den Dauerbetrieb. Dieser Wert variiert je nach der Zahl der Stufen und kann auch vom Untersetzungsverhältnis abhängen. Der Getriebewirkungsgrad variiert in Abhängigkeit vom Drehzahl-Drehmoment-Betriebspunkt. Bei einem niedrigen Drehmomentwert unter 30% vom Nenndrehmoment könnte sich der Wirkungsgrad deutlich verringern. Der Wirkungsgrad variiert zu einem geringfügigen Teil auch mit der Drehzahl; bei der höchsten Drehzahl sinkt der Wirkungsgrad leicht.

Eingangs-Trägheitsmoment
Anhand des maximalen Eingangs-Trägheitsmoments kann das Drehmoment bestimmt werden, das erforderlich ist, um eine bestimmte Beschleunigung des Getriebes zu gewährleisten, typischerweise für Positionierungsanwendungen mit hoher Dynamik. Dieser Trägheitswert bezieht sich auf den Getriebeeingang an der Motorabtriebswelle und einschließlich des Motorritzels. Dieser Wert ist abhängig von der Getriebekonfiguration (z.B. Anzahl der Planetenräder), von der Anzahl der Stufen und damit auch vom Untersetzungsverhältnis. Der angegebene Wert ist der maximale Wert unter Berücksichtigung der verschiedenen möglichen Getriebekonfigurationen.

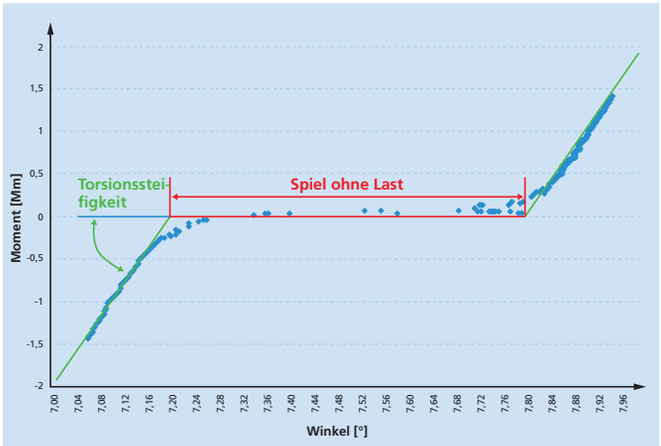
Torsionssteifigkeit
Die Torsionssteifigkeit beschreibt die Winkelsteifigkeit des gesamten Getriebes einschließlich Abtriebswelle. Dieser Parameter gibt das Abtriebsdrehmoment an, das erforderlich ist, um die Abtriebswelle bei fixiertem Getriebeeingang um ein Grad zu verdrehen. Dies ist eine typische Größe, die an mehreren Proben gemessen wird.

Getriebespiel
Getriebespiel: Das Getriebespiel ist definiert als der Betrag, um den die Breite einer Zahnlücke die Breite des eingreifenden Zahnes auf dem Teilkreis übersteigt. Das Getriebespiel ist nicht zu verwechseln mit der Elastizität oder der Torsionssteifigkeit des Systems.

Das Getriebespiel erfüllt allgemein den Zweck, ein Blockieren der Zahnräder zu verhindern, wenn sie gleichzeitig auf beiden Seiten ihrer Zähne in Berührung kommen. Ein geringes Spiel ist wünschenswert, damit etwas Platz für den Schmierstoff und die unterschiedliche Ausdehnung zwischen den Getriebekomponenten gegeben ist. Das Spiel wird auf der Abtriebswelle in der letzten Getriebestufe gemessen.

Das Getriebespiel beschreibt das Winkelspiel des gesamten Getriebes, wenn die Getriebeabtriebswelle bei fixiertem Getriebeeingang ohne Last gedreht wird. Dieses Winkelspiel berücksichtigt den Winkel zwischen der Endposition der Abtriebswelle im und gegen den Uhrzeigersinn, ohne dass ein Drehmoment aufgebracht wird. Dieser angegebene Wert wird typischerweise an mehreren Proben gemessen.

Getriebespiel unter Last: Das Getriebespiel unter Last zwischen zwei Winkelpositionen hängt von der Drehmomentbelastung in Rechts- und Linkslaufrichtung für die jeweiligen Positionen ab. Dieses Getriebespiel entspricht der Summe aus dem Spiel ohne Last und dem Beitrag der Torsionssteifigkeit in Abhängigkeit von den Drehmomentwerten an diesen beiden Lastpositionen, wie das nachstehende Diagramm veranschaulicht:



Wellenbelastung
Radiallast: Die maximale Abtriebswellenbelastung gibt die maximale dynamische Belastung (bei rotierender Abtriebswelle) an, die radial in einem bestimmten Abstand zum Abtriebsflansch aufgebracht werden kann und die das Kugellagersystem des Getriebes ohne Beeinträchtigung der Lebensdauer aufnehmen kann. Falls die Radiallast in einem anderen Abstand angelegt wird, sollte dieser Wert entsprechend hochgerechnet werden.

Axiallast: Die maximale Axiallast ist die maximale dynamische Belastung (bei rotierender Abtriebswelle), die beim Drücken der Welle zur Getriebeinnenseite hin auftritt, ohne dass das Lagersystem vorzeitig beschädigt und ohne dass die Lebensdauer beeinträchtigt wird.

Aufpresskraft
Die Aufpresskraft ist die maximale statische Kraft, die axial auf die Getriebeabtriebswelle ausgeübt werden kann, um ein Kupplungselement wie z.B. eine Riemenscheibe oder ein Ritzel zu montieren. Dabei handelt es sich um eine statische Kraft, die wirkt, während sich das Getriebe im Stillstand befindet, sich also nicht dreht. Zu beachten ist, dass sich diese Kraft nicht auf Betriebsbedingungen bezieht, denen das Getriebe beim Betrieb innerhalb der Anwendung ausgesetzt ist.

Wellenspiel
Radialspiel: Das Radialspiel ist der maximale Abstand, über den sich die Abtriebswelle radial bewegen kann, wenn er in einem bestimmten Abstand vom vorderen Flansch gemessen wird. Dieses Radialspiel hängt von der Messposition entlang der Welle und der zur Messung verwendeten Kraft ab. Beim Radialspielwert wird davon ausgegangen, dass die im Datenblatt angegebene maximale Kraft die maximale Radiallast nicht übersteigt.

Axialspiel: Das Axialspiel der Getriebeabtriebswelle ist der maximale Abstand, über den sich die Abtriebswelle in Axialrichtung bewegt, wenn die Welle zur Getriebeinnenseite hin gedrückt wird. Dieser Axialspielwert hängt vom Kugellagersystem und von der Auslegung der relativen Vorspannung ab. Beim Axialspiel wird davon ausgegangen, dass die im Datenblatt angegebene maximale axiale Belastungskraft nicht überschritten wird. Beim Ziehen der Welle in Richtung aus dem Getriebe ist ein minimales Spiel erforderlich, um ein Blockieren der Kugellager zu vermeiden, wobei dieses Spiel in Zugrichtung von der Auslegung der Lagervorspannung abhängt.

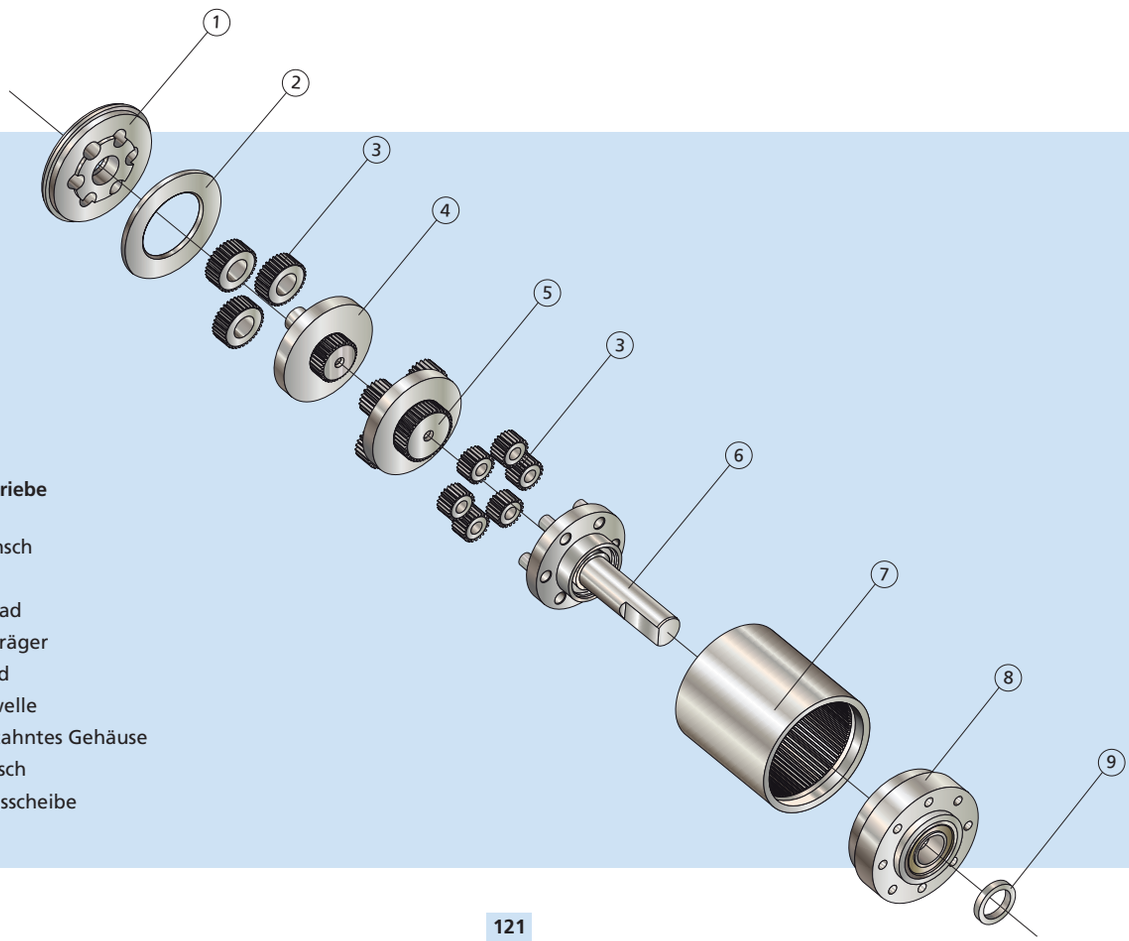
Betriebstemperaturbereich
Dies ist der in den Datenblättern angegebene Standardbereich. Die Betriebslebensdauer wird auch durch die Betriebstemperatur beeinflusst, insbesondere bei hohen Temperaturen über 70°C.

Sonderausführungen für den erweiterten Temperaturbereich sind auf Anfrage lieferbar.

Drehrichtung, reversibel
Alle Getriebe sind für Rechts- und Linkslauf konzipiert. Die Angabe bezieht sich auf die Drehrichtung, vom Wellenende aus gesehen, wobei der Motor im Uhrzeigersinn rotiert.

Kugellager
Die Bemessungswerte für die Belastung und Lebensdauer entsprechen den Angaben der Kugellagerhersteller, sofern nicht anders vermerkt.

Länge
Das im Datenblatt angegebene Maß *L2* ohne Motor ist die Länge des eigenständigen Getriebes ohne jeglichen Adapterflansch. Das Maß *L1* mit Motor gibt die Gesamtlänge der Kombination aus Motor, Kupplungsflansch und Getriebe an.



Planetengetriebe

① Motorflansch
② Scheibe
③ Planetenrad
④ Planetenträger
⑤ Sonnenrad
⑥ Abtriebswelle
⑦ Innenverzahntes Gehäuse
⑧ Lagerflansch
⑨ Sicherungsscheibe

FAULHABER

Lineare Komponenten

WE CREATE MOTION

Spindeln und Optionen

Technische Informationen

Spindelparameter

Auflösung (Weg/Schritt)
Mit einer Spindel kann in Verbindung mit einem Schrittmotor eine Positionierauflösung von 10 µm erreicht werden. Die Auflösung der Position ist von der Steigung und der Anzahl der Schritte pro Umdrehung abhängig:

$$P = \frac{P_h}{n}$$

Dabei entspricht P_h der Steigung der Spindel und n der Anzahl der Schritte pro Umdrehung des Motors.

Durch den Betrieb des Motors in Halb- oder Mikroschritten verbessert sich die Auflösung bis zu einem bestimmten Ausmaß. Die Auflösung muss mit einem weiteren Parameter abgestimmt werden: der Präzision.

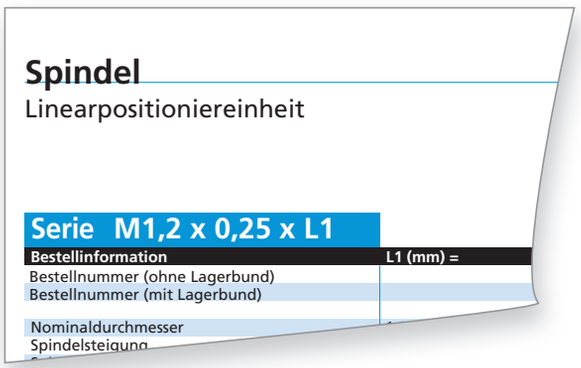
Präzision
Die Genauigkeit des Schrittwinkels des Motors sowie das Axialspiel zwischen der Spindel und der Mutter sind die maßgeblichen Parameter, die die Präzision der Linearbewegung entscheidend beeinflussen. Die Genauigkeit des Schrittwinkels schwankt zwischen ±3 und ±10 % eines vollständigen Schrittwinkels, ist vom Motormodell abhängig (siehe Zeile 9 im Datenblatt zum Motor) und bleibt auch im Mikroschrittbetrieb unverändert. Sie ist nicht zu kumulieren.

Axialspiel
Mit den in diesem Katalog angebotenen optionalen Muttern wird ein Axialspiel von bis zu 30 µm gemessen. Durch die Implementierung eines Vorspannsystems (z. B. ein Federmechanismus) in das Design kann das Axialspiel jedoch ausgeglichen werden.

Spielfreiheit zwischen der Spindel und dem Motorgehäuse wird durch das Vorspannen der Motor-Kugellager sichergestellt (in der Standardkonfiguration: Federringe am hinteren Kugellager). Ein Axialspiel von bis zu 0,2 mm tritt auf, wenn die Vorschubkraft an der Spindel die Vorspannung des Kugellagers übersteigt.

Dies führt nicht zu Motorschäden und kann behoben werden und tritt nur bei Zugbelastung an der Welle auf. Auf Anfrage kann diese Einschränkung durch eine kundenspezifische Lösung umgangen werden.

Um zu vermeiden, dass der Motor irreparabel beschädigt wird, sollte die maximale Axiallast stets unter der maximalen Schubkraft bleiben, die der Motor mit einer montierten Spindel erzeugen kann.



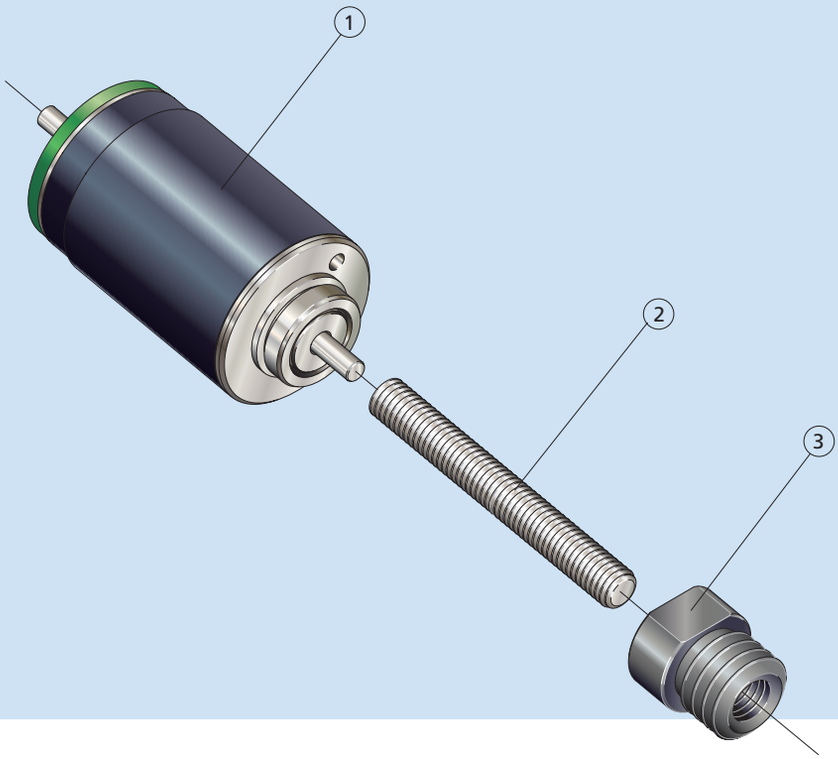
Reversierbetrieb
Ein Reversierbetrieb der Motoren bei gleichzeitiger axialer Last an der Spindel ist nicht möglich. Das Verhältnis zwischen Steigung und Durchmesser verbietet dies.

Vorschub/Geschwindigkeit-Kurven
Der Vorschub, den ein Linearpositioniersystem liefern kann, ist von der Art der ausgewählten Spindel und des ausgewählten Schrittmotors abhängig. Dieser Katalog enthält für jede einzelne Lösung die Vorschub/Geschwindigkeit-Kurven. Bei diesen Kurven sind ein Sicherheitsfaktor von 40% für das Motordrehmoment sowie ein üblicher Wirkungsgrad der Spindel in der Kalkulation bereits berücksichtigt.

Lagerbund für Lager
Im Idealfall sollten in der Anwendung die Radiallasten abgefangen werden und an der Spindel nur die Axiallasten wirken. Wenn dies nicht der Fall ist, können am vorderen Spindelende Lagerbunde für entsprechende Lager angebracht werden, um Radiallasten abfangen zu können.
In dieser Konfiguration muss besonders die Ausrichtung zwischen Motor und Lager beachtet werden, damit sich die erreichbaren Axialkräfte nicht verschlechtern. Angaben zu den geeigneten Kugellagern enthält das entsprechende Datenblatt für das optionale Zubehör.

Mutter
Die in diesem Katalog enthaltenen optionalen Muttern sind mit einer Fläche versehen, damit sie sich in der Anwendung nicht drehen können. Alternativ sind Gewindebohrungen in der Anwendung ebenfalls geeignet, da metrische Innengewinde leicht herzustellen sind.

Spindeln und Optionen



Spindeln

① Schrittmotor
② Spindel
③ Mutter

Funktion

Schrittmotoren können für mehr als nur rein rotative Applikationen eingesetzt werden. So entsteht in Kombination mit Spindeln ein hochpräzises Linearpositioniersystem, das eine Reihe von Vorzügen bietet, wie z. B. offener Regelkreis, hohe Lebensdauer, hohe Drehmomentdichte usw.

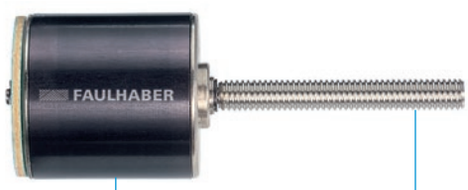
Alle mit den Schrittmotoren kombinierbaren Spindeln basieren auf metrischen Abmessungen (M1,2 bis M3) und sind speziell für den Einsatz mit Schrittmotoren konzipiert. Die Technik, mit der die Spindeln produziert werden, gewährleistet Präzision und Qualität auf allerhöchstem Niveau. Standardlängen sind in großer Auswahl ab Lager lieferbar, kundenspezifische Anpassungen sind auf Anfrage erhältlich.

Eine solche Kombination ist prädestiniert für Anwendungsbereiche, in denen eine exakte lineare Bewegung, wie z. B. bei Objektiveinstellungen (zoomen, fokussieren), für Mikroskopeinheiten oder in der Medizintechnik, benötigt wird.

Nutzen und Vorteile

- Kosteneffizienter Positionierantrieb ohne Encoder
- Hohes Maß an Genauigkeit
- Breite Palette an Spindeln verfügbar
- Kurze Lieferzeiten bei Standardlängen
- Hohe Flexibilität durch optionale Muttern und Kugellager
- Individuelle Längen auf Anfrage

Produktkennzeichnung



AM1524 2R 0075 55 M3 x 15

AM1524	Motorserie
2R	Lagerung
0075	Wicklung
55	Motorausführung

M3	Nominaldurchmesser
15	Spindellänge (mm)

Notizen

FAULHABER

Encoder

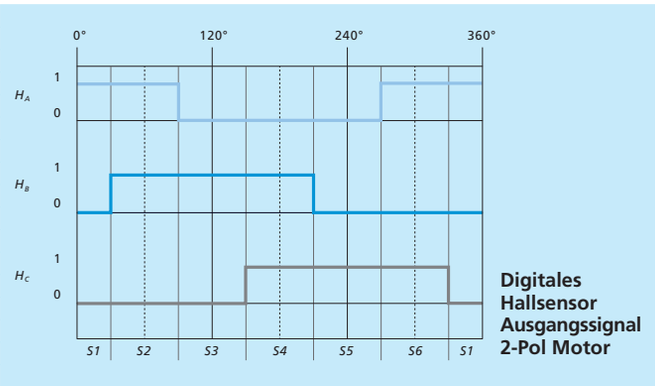
WE CREATE MOTION

Allgemeine Angaben

FAULHABER Motoren sind mit einer Vielfalt von Sensoren und Encodern verfügbar zur Lösung verschiedenster Antriebsaufgaben – von einer Drehzahlregelung bis zur hochgenauen Positionierung.

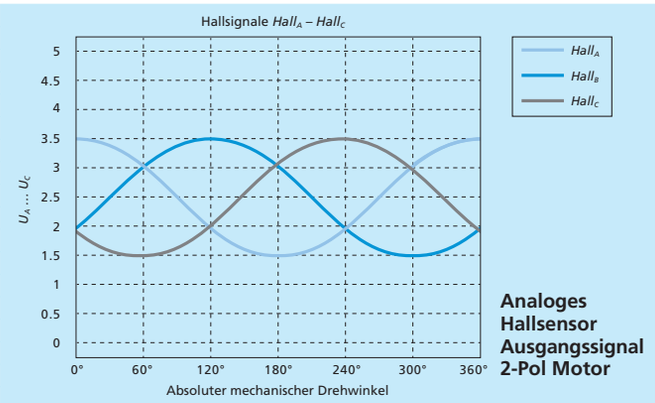
Sensoren und Encoder
FAULHABER Motoren werden in Kombination mit Sensoren und Encodern angeboten. Ein Encoder ist eine Sensorik zur Winkelmessung, die meist zur Drehzahl- oder Positionsregelung eingesetzt wird.

Mit dem Begriff Sensoren werden digitale oder analoge Hallsensoren bezeichnet, die in den FAULHABER bürstenlosen DC-Motoren meist direkt auf der Motorplatine verbaut sind. Die digitalen Hallsensoren dienen in erster Linie zur Kommutierung der bürstenlosen DC-Motoren und zu einer einfachen Drehzahlregelung. Fast alle FAULHABER bürstenlosen DC-Motoren sind mit drei integrierten digitalen Hallsensoren im Standard ausgestattet.



Digitales Hallsensor Ausgangssignal 2-Pol Motor

Außerdem sind als Option in der Regel analoge Hallsensoren verfügbar.



Analoges Hallsensor Ausgangssignal 2-Pol Motor

Die analogen Hallsensoren können aufgrund der höheren Auflösung auch zur genauen Drehzahl- oder zur Positionsregelung eingesetzt werden und sind damit eine besonders wirtschaftliche, leichte und kompakte Alternative zu Encodern. Die Option für analoge Hallsensoren ist direkt in den Datenblättern der Motoren unter der Ausführung „Controller Kombinationen“ zu finden. Bei Wahl dieser Option erübrigt sich ein Encoder. Durch den Bauraum- und Kostenvorteil sind analoge Hallsensoren die bevorzugte Lösung für einen Großteil der Positionieranwendungen mit bürstenlosen DC-Motoren. Bei Wahl dieser Option empfiehlt sich der Betrieb mit FAULHABER Steuerungen, die perfekt auf die analogen Hallsignale ausgelegt sind.

Funktionsweise

Messprinzip
Die FAULHABER Sensoren und Encoder basieren auf magnetischen oder optischen Messprinzipien.

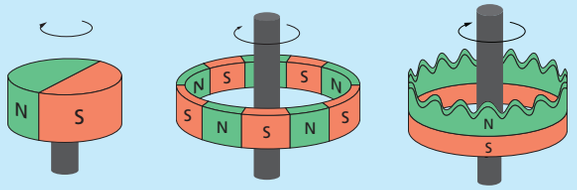
Magnetische Encoder sind besonders unempfindlich gegen Staub, Feuchtigkeit und thermischen und mechanischen Schock. In magnetischen Encodern kommen Sensoren zum Einsatz, die Veränderungen des magnetischen Feldes bestimmen. Die Veränderung des Magnetfeldes wird durch die Bewegung eines magnetischen Objektes erreicht. Das kann der Magnet des Motors oder ein zusätzlicher Gebermagnet mit einer definierten Maßverkörperung sein, der auf der Welle des Motors befestigt ist. Bei Encodern ist normalerweise ein zusätzlicher Gebermagnet notwendig.

Im Falle integrierter digitaler oder analoger Hallsensoren kann direkt die Bewegung des Rotormagneten des Motors gemessen werden. Im Normalfall ist bei den integrierten Hallsensoren deshalb ein zusätzlicher Gebermagnet nicht notwendig.

Optische Encoder zeichnen sich durch eine sehr hohe Positions- und Wiederholgenauigkeit und eine sehr hohe Signalgüte aus, aufgrund der präzisen Maßverkörperung. Außerdem sind sie unempfindlich gegenüber magnetischen Störungen. In optischen Encodern kommt eine Taktscheibe mit einer Maßverkörperung zum Einsatz, die auf der Welle des Motors befestigt ist. Es wird unterschieden in reflektive und transmissive optische Encoder. Bei reflektiven Encodern wird Licht aus einer LED von reflektierenden Flächen auf der Taktscheibe zurückgeworfen und mit Fotodetektoren aufgefangen. Reflektive optische Encoder sind besonders kompakt, da die LED, die Fotodetektoren und die Elektronik auf der gleichen Platine bzw. sogar im gleichen Chip verbaut werden können. FAULHABER setzt deshalb vor allem auf reflektive optische Encoder. Bei transmissiven Encodern fällt das Licht der LED durch Schlitze in der Taktscheibe und wird von Fotodetektoren auf der anderen Seite der Taktscheibe aufgefangen (Durchlichtverfahren).

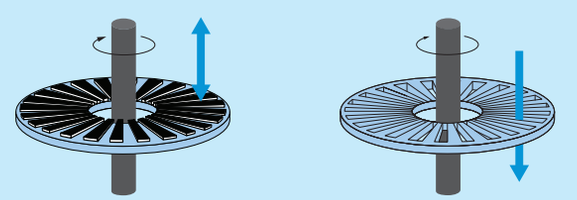
Maßverkörperung
In den FAULHABER Encodern kommen je nach Messprinzip und verfügbarem Bauraum unterschiedliche Maßverkörperungen zum Einsatz. Die Maßverkörperung hat einen wichtigen Einfluss auf die Genauigkeit und die Auflösung des Encoders: Je höher die physikalische Auflösung und die Präzision der Maßverkörperung ist, desto höher ist die Auflösung und die Genauigkeit des Encoders.

In magnetischen Encodern kommen einfache zweipolige Gebermagnete und Magnetringe zum Einsatz. Die Magnetringe weisen mehrere Signalperioden pro Umdrehung auf durch eine spezielle Zahnstruktur oder ein gezieltes Aufmagnetisieren. Die Anzahl der Signalperioden entspricht der physikalischen Auflösung der Magnetringe.



Zweipoliger Gebermagnet mit einer Signalperiode | **Mehrpoliger Magnetring mit mehreren Signalperioden** | **Magnetring mit Zahnstruktur mit mehreren Signalperioden**

In optischen Encodern kommen Maßverkörperungen in Form von Taktscheiben zum Einsatz. Bei den reflektiven Encodern bestehen diese aus einer Folge aus Licht reflektierenden und Licht absorbierenden Flächen. Bei den transmissiven Encodern bestehen die Taktscheiben aus einer Folge aus Stegen und Schlitzen. Die Anzahl der reflektierenden Flächen bzw. Schlitzen entspricht der physikalischen Auflösung. Diese ist bei optischen Encodern in der Regel deutlich höher als bei magnetischen Encodern.



Taktscheibe für reflektive Encoder mit hoher Anzahl an Signalperioden | **Taktscheibe für transmissive Encoder mit hoher Anzahl an Signalperioden**

Signalverarbeitung und Interpolation
Neben den Sensoren zur Signalerfassung beinhalten die FAULHABER Encoder auch Elektronikbausteine zur Signalaufbereitung. Diese verarbeiten die Signale der Sensoren und generieren die standardisierten Ausgangssignale der Encoder. In vielen Fällen werden die Signale außerdem interpoliert, das heißt aus einer physikalisch gemessenen Signalperiode werden durch Hochrechnung mehrere Signalperioden erzeugt. Die physikalische Auflösung der Maßverkörperung kann dadurch um ein Vielfaches erhöht werden.

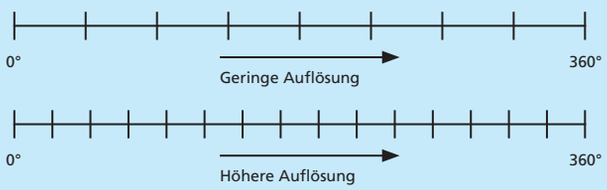
Charakteristische Encoder-Merkmale

Die Qualität eines Encoders wird maßgeblich von der Auflösung und der Genauigkeit bestimmt.

Auflösung
Die Auflösung ist die Anzahl an Flanken bzw. Schritten, die ein Encoder innerhalb einer Umdrehung wiedergibt. Die Auflösung wird über die physikalische Auflösung der Maßverkörperung und der Interpolation des physikalischen Signals über die Elektronik bestimmt. Aufgrund der hohen Anzahl an Informationen, die pro Motorumdrehung zur Verfügung steht, bietet eine hohe Auflösung für ein Antriebssystem verschiedene Vorteile:

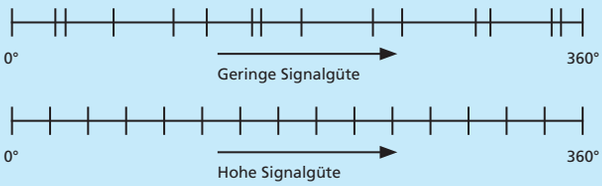
- Hoher Gleichlauf und geringe Geräuschentwicklung
- Betrieb auch bei sehr geringen Drehzahlen

Eine hohe Auflösung von über 4.000 Flanken bzw. Schritten ist vor allem dann relevant, wenn der Motor als Direktantrieb zur Positionierung eingesetzt wird oder der Motor bei sehr geringen Drehzahlen betrieben wird.



Verteilung von Encoderflanken bei Umdrehung der Motorwelle

Genauigkeit
Unabhängig von der Auflösung spielt auch die Genauigkeit eine wichtige Rolle. Die Genauigkeit wird von der physikalischen Auflösung der Maßverkörperung und der Präzision bestimmt, mit der die Maßverkörperung und der Encoder, aber auch das komplette Antriebssystem, gefertigt ist. Hat ein Encoder eine hohe Genauigkeit, gibt er die Signale in immer gleichen Abständen pro Motorumdrehung wieder und weist damit eine hohe Signalgüte auf.



Verteilung von Encoderflanken bei Umdrehung der Motorwelle

Der wichtigste Parameter für die Signalgüte der FAULHABER Encoder ist der Phasenfehler ($\Delta\Phi$). Ist der Phasenfehler gering, gibt der Encoder gleichmäßige Signale wieder. Während die magnetischen FAULHABER Encoder bereits eine hohe Signalgüte mit einem Phasenfehler von rund 45 °*e* aufweisen, bestechen die optischen FAULHABER Encoder mit einer besonders hohen Signalgüte mit einem Phasenfehler von rund 20 °e. Optische Encoder sind in der Regel noch genauer als magnetische.

Detaillierte Informationen zur Berechnung des Phasenfehlers sind in dem Kapitel „Erläuterungen zu den Datenblättern" unter Signal-Phasenverschiebung zu finden.

Eine hohe Genauigkeit bzw. eine hohe Signalqualität haben für ein Antriebssystem mehrere Vorteile:

- Genaue Bestimmung der Position und damit genaue Positionierung
- Hoher Gleichlauf und geringe Geräuschentwicklung

Eine hohe Genauigkeit ist vor allem dann relevant, wenn der Motor als Direktantrieb eingesetzt wird und eine genaue Positionierung erforderlich ist.

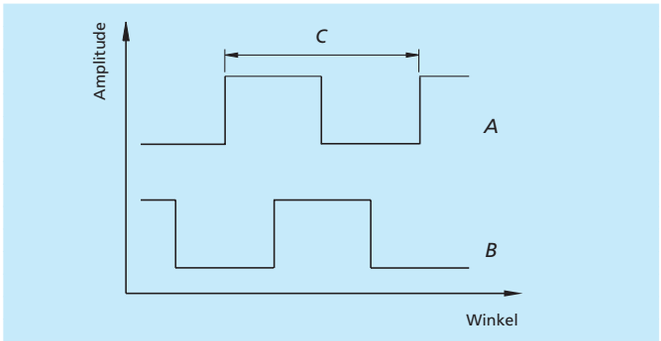
Um ein Antriebssystem genau zu positionieren, reicht ein hochgenauer Encoder nicht aus. Es müssen Toleranzen im gesamten Antriebssystem berücksichtigt werden, wie zum Beispiel die Rundlauftoleranz der Motorwelle. Die Genauigkeit und der Phasenfehler der FAULHABER Encoder wird daher in Kombinationen mit den FAULHABER Motoren bestimmt. Bei der angegebenen Positions- und Wiederholgenauigkeit handelt es sich um die Systemgenauigkeit, die eine FAULHABER Motor-Encoder Kombination in einer Anwendung real erreicht.

Ausgangssignal

Inkrementalencoder

Inkrementalencoder geben eine spezifische Anzahl an gleichmäßig verteilten Impulsen pro Umdrehung wieder. Alle FAULHABER Inkrementalencoder haben mindestens 2 Kanäle *A* und *B*. Beide Kanäle liefern ein Rechtecksignal, das zueinander 90 °e, also eine viertel Signalperiode *C*, versetzt ist. Durch den Versatz der Impulse kann die Drehrichtung des Motors bestimmt werden.

Die Auflösung von Inkrementalencodern ist nicht ihre Impulszahl, sondern die Zahl an Flanken. Bei Encodern mit mindestens 2 Kanälen wechselt aufgrund des Phasenversatzes alle 90 °*e* der Zustand des Kanals *A* oder *B*. Die Flanken, also der Zustandswechsel der Encoder Känale, werden zur Bestimmung der Position ausgewertet. Da pro Impuls 4 Flanken auftreten, beträgt die Auflösung der FAULHABER Inkrementalencoder ein Vierfaches ihrer Impulszahl. Damit weist beispielsweise ein Encoder mit 10.000 Impulsen pro Umdrehung 40.000 Flanken pro Umdrehung auf, was einer sehr hohen Winkelauflösung von 360°/40.000 = 0,009° entspricht.

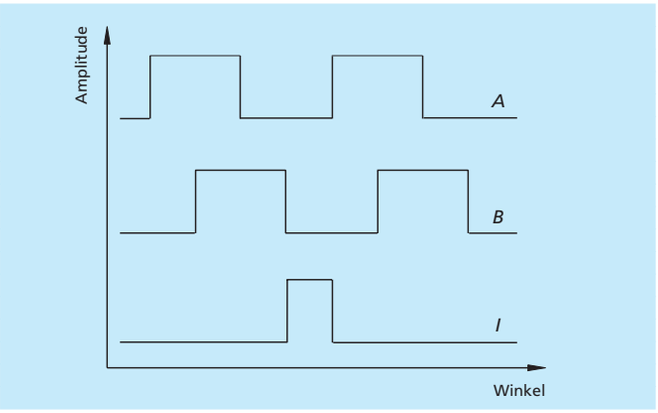


Ein Inkrementalencoder misst keine absoluten, sondern relative Positionen. Inkrementalencoder bestimmen eine Position relativ zu einer anderen Referenzposition. Dazu müssen die Signalflanken über einen Quadraturzähler entsprechend ihrer Flankenfolge über die Motorsteuerung vor bzw. zurück gezählt werden. Dieser Positionswert geht bei einer Unterbrechung der Stromversorgung verloren. Ein Positioniersystem muss deshalb bei der Inbetriebnahme oder nach einer Stromunterbrechung eine definierte Referenzposition anfahren, um den Positionszähler zu initialisieren (Homing). Zur Bestimmung der Referenzposition kommt meist eine externe zusätzliche Sensorik wie ein Referenz- oder Endlagenschalter zum Einsatz.

Um die Referenzposition besonders genau zu bestimmen, weisen die FAULHABER Drei Kanal Encoder noch einen zusätzlichen Kanal auf – den Index. Dabei wird ein einziger Indeximpuls einmal pro Umdrehung erzeugt. Externe Referenz- oder Endlagenschalter können durch Umwelteinflüsse einen vergleichbar hohen Positionsfehler aufweisen und im einen Falle etwas früher und im anderen Falle etwas später auslösen. Um trotzdem eine genaue Referenzposition zu bestimmen, kann nach dem Endlagenschalter das Antriebssystem zurückfahren, bis die erste Signalflanke des Indeximpulses auftritt. Dieser Punkt kann dann als genaue Referenzposition genutzt werden.

Der Indeximpuls hat eine Breite von 90 °*e* und tritt immer bei definierten Zuständen von Kanal *A* und *B* auf. Bei

längeren Verfahrstrecken und mehreren Umdrehungen des Encoders kann der Indeximpuls außerdem genutzt werden, um die gezählte Anzahl der Flanken zu verifizieren.



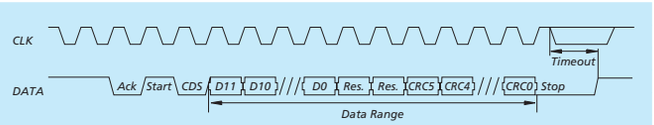
Absolutencoder
Ein Absolutencoder bestimmt im Gegensatz zum Inkrementalencoder keine relativen, sondern absolute Positionen. Nach Einschalten des Absolutencoders steht zu jeder Position der Motorwelle ein absoluter Rückgabewert zur Verfügung. Es wird unterschieden zwischen Singleturn und Multiturn Encodern.

Bei einem Singleturn Encoder entspricht jede Position der Motorwelle einem spezifischen Rückgabewert. Nach einer vollen Umdrehung der Motorwelle wiederholen sich die Signale. Der Singleturn Encoder liefert damit keine absoluten Informationen über die Anzahl der zurückgelegten Umdrehungen. Eine Positionierung über eine Umdrehung hinweg ist mit dem Singleturn Encoder trotzdem möglich. Vergleichbar mit dem Inkrementalencoder wird dazu die Anzahl der Umdrehungen über einen Zähler über die Motorsteuerung vor bzw. zurück gezählt. Ein Referenzieren ist daher nach einer Stromunterbrechung bei Verfahrstrecken über eine Motorumdrehung hinweg notwendig. Bei Verfahrstrecken innerhalb einer Motorumdrehung ist ein Referenzieren nicht notwendig.

Multiturn Encoder erfassen im Gegensatz zu Singleturn Encodern auch die Anzahl der zurückgelegten Umdrehungen über einen zusätzlichen Sensor und ein elektronisches Speicherelement oder über ein Getriebe. Damit liefern Multiturn Encoder einen absoluten Rückgabewert über mehrere Umdrehungen der Motorwelle hinweg, innerhalb einer definierten maximalen Anzahl an Umdrehungen, die durch das Speicherelement oder Getriebe erfasst werden können. Ein Referenzieren ist generell nicht notwendig, sofern die maximale Anzahl an Umdrehungen nicht überschritten wird.

Auch die analogen Hallsensoren, die als Option direkt in den FAULHABER bürstenlosen DC-Motoren verbaut sind, liefern absolute Rückgabewerte innerhalb einer Umdrehung der Motorwelle in Kombination mit den Motoren mit 2-Pol Technologie und absolute Rückgabewerte innerhalb einer halben Umdrehung der Motorwelle in Kombination mit den Motoren mit 4-Pol Technologie. Bei Verwendung der analogen Hallsensoren ist daher bei der Positionierung innerhalb einer bzw. einer halben Umdrehung der Motorwelle eine Referenzfahrt nicht notwendig.

Die Auflösung eines Absolutencoders ist über die Schrittanzahl pro Umdrehung definiert und wird in Bits angegeben. Absolutencoder generieren einen seriellen Code aus mehreren Bits. Die FAULHABER Absolutencoder unterstützen eine SSI Schnittstelle mit BISS-C Protokoll. BISS-C erlaubt eine Kommunikation mit Taktgeschwindigkeiten von bis zu 2 MHz. Dabei wird synchron zu einem von der Steuerung vorgegebenen Takt (CLK) der absolute Positionswert (DATA) übertragen.

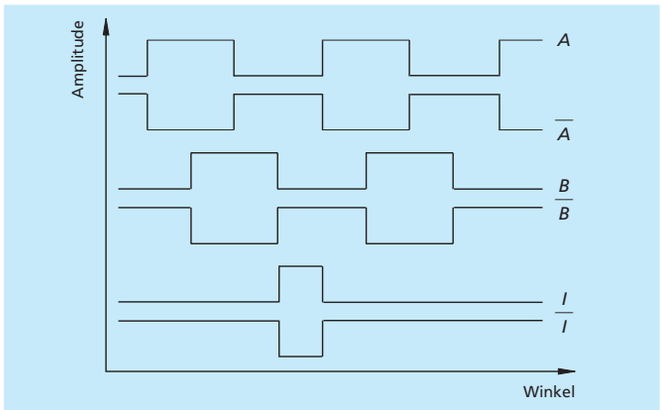


Schnittstellen-Protokoll (BISS-C) eines Absolutencoders

Line Driver
Einige der FAULHABER Encoder verfügen über einen Line Driver. Der Line Driver erzeugt für alle Kanäle ein zusätzliches differentielles Signal. Bei einem Inkrementalencoder mit drei Kanälen stehen somit *A, B, I* und $\overline{A}$, $\overline{B}$ und $\overline{I}$ zur Verfügung. Bei einem Absolutencoder sind neben *CLK* und *DATA* auch die invertierten Signale $\overline{CLK}$ und $\overline{DATA}$ verfügbar. Elektromagnetische Störungen können so bei der Signalübertragung eliminiert werden. Besonders wenn die Encodersignale über lange Distanzen von 5 m und mehr übertragen werden müssen und für Positionsregelung, empfiehlt sich daher der Einsatz eines Line Drivers.

Auf Seiten der Steuerung müssen diese differentiellen Signale mit einem Empfängerbaustein wieder zusammengeführt werden. Die tatsächlich erreichbare Leitungslänge hängt von den Umgebungsbedingungen und der Art der Auswertung ab. Idealerweise werden die Differenzsignale paarweise verdrillt sowie gegen die Motorphasen geschirmt geführt, um die eingekoppelten Störungen am Ende der Leitung möglichst fehlerfrei zu decodieren. Bei größeren Leitungslängen ist eventuell auch über eine Pufferung der Encoderspannungsversorgung auf der Encoderseite am Ende der Leitung nachzudenken, um eine stabile Spannungsversorgung sicherzustellen. Außerdem kann bei

größeren Leitungslängen ein Leitungsabschluss mit dem Wellenwiderstand (100 ... 120Ω) sinnvoll sein. Dies muss in der jeweiligen Anwendung erprobt werden. Die Line Driver von FAULHABER sind TIA-422 kompatibel. TIA-422, auch als EIA-422 oder RS-422 bezeichnet, ist ein Schnittstellen-Standard für eine leistungsgebundene differentielle serielle Datenübertragung.



CMOS und TTL
Die FAULHABER Encoder sind üblicherweise kompatibel zum CMOS und TTL-Standard. Das bedeutet, dass der niedrige Signalpegel typischerweise bei 0 V und der hohe Signalpegel typischerweise bei 5 V liegt. Im Zweifelsfall sind gegebenenfalls die Pegelfenster der verwendeten Steuerungen zu beachten.

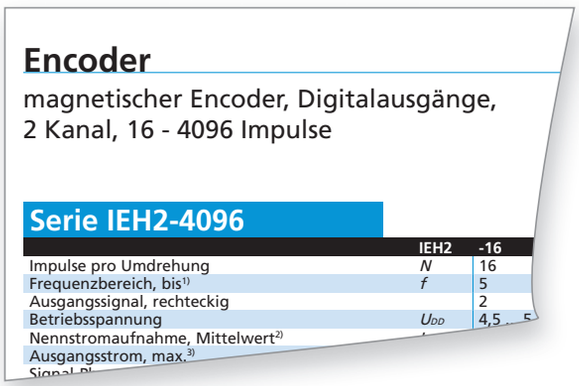
Integrierte Lösungen

FAULHABER besticht durch verschiedene Sensoren und Encoder, die direkt in den Motor integriert sind. Durch die Integration der Lösungen in den Motor sind diese besonders leicht, kompakt und wirtschaftlich.

Für die bürstenlosen DC-Motoren sind das zum einen die integrierten digitalen und analogen Hallsensoren und die Encoder IEM3-1024 und AESM-4096. Die Außenmaße der Motoren bleiben durch diese Lösungen unverändert.

Für die DC-Kleinstmotoren der Baureihe FAULHABER SR stehen folgende integrierte Encoder zur Verfügung, die die Motoren lediglich um 1,4 – 1,7 mm verlängern: IE2-400, IE2-1024, IEH2-4096 und IEH3-4096.

In Kombination mit den DC-Flachmotoren der Baureihe FAULHABER SR-Flat gibt es integrierte Encoder, die die Motoren lediglich um 2,3 mm verlängern: IE2-8 und IE2-16.


Encoder
magnetischer Encoder, Digitalausgänge, 2 Kanal, 16 - 4096 Impulse

Serie IEH2-4096

		IEH2 -16
Impulse pro Umdrehung	*N*	16
Frequenzbereich, bis[1)]	*f*	5
Ausgangssignal, rechteckig		2
Betriebsspannung	U_{DD}	4,5 ... 5
Nennstromaufnahme, Mittelwert[2)]		
Ausgangsstrom, max.[3)]		
Signal-Pi		

Erläuterungen zu den Datenblättern

Impulse pro Umdrehung *(N)*
Gibt an, wie viele Impulse pro Kanal bei jeder Motorwellenumdrehung an den Inkrementalencoderausgängen erzeugt werden. Durch den Phasenversatz der Encoderkanäle *A* und *B* stehen pro Impuls vier Flanken zur Verfügung. Die Auflösung der Inkrementalencoder beträgt damit ein Vierfaches ihrer Impulszahl. Wenn der Encoder z. B. 1.024 Impulse pro Umdrehung hat, ergibt sich eine Auflösung von 4.096 Flanken pro Umdrehung.

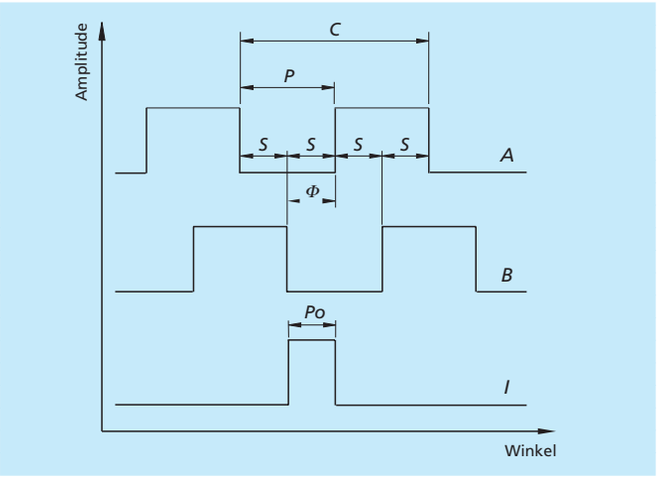
Schritte pro Umdrehung
Die Angabe „Schritte pro Umdrehung“ gibt die Anzahl der Positionswerte pro Motorwellenumdrehung an. Diese Angabe wird in der Regel bei Absolutencodern verwendet und entspricht der Auflösung bzw. Flankenzahl bei Inkrementalencodern.

Auflösung
Anzahl der binären Bits des Ausgangssignals. Die Schritte pro Umdrehung eines Absolut- bzw. Inkrementalencoders entsprechen der Auflösung $2^{\text{Anzahl Bits}}$.

Frequenzbereich, bis *(f)*
Maximal zulässige Encoderausgangsfrequenz. Das ist die maximale Frequenz, in der die Encoder-Elektronik zwischen dem niedrigen und dem hohen Signalpegel hin- und herschalten kann. Aus dieser Angabe und der Impulszahl *(N)* ergibt sich die für den Encoder maximal zulässige Betriebsdrehzahl *(n)*. Wenn dieser Frequenzbereich und die daraus resultierende Drehzahl überschritten werden, kann es zur Übertragung inkorrekter Daten oder zum frühzeitigen Ausfall des Encoders kommen. Bei sehr hochdrehenden Anwendungen muss gegebenenfalls eine entsprechend niedrige Impulszahl gewählt werden.

$$n = \frac{60 \cdot f}{N}$$

Ausgangssignal
Bei Inkrementalencodern werden Rechtecksignale ausgegeben. Zwei Kanal Encoder haben 2 Encoder Kanäle *A* und *B*. Drei Kanal Encoder haben zusätzlich noch einen Indexkanal.



Bei Absolutencodern wird ein digitales Wort ausgegeben. FAULHABER Encoder nutzen eine SSI Schnittstelle mit BISS-C Protokoll. SSI ist eine Schnittstelle für Absolutwertgeber, mit welcher über serielle Datenübertragung eine absolute Positionsinformation zur Verfügung gestellt wird.

Betriebsspannung *(U_{DD})*
Gibt den Spannungsbereich an, innerhalb dem die Versorgungsspannung der Encodersensorik liegen darf. Um eine Beschädigung des Encoders zu vermeiden, muss dieser Bereich in jedem Fall eingehalten werden.

Stromaufnahme *(I_{DD})*
Gibt den Strombedarf der Encodersensorik bei der angegebenen Betriebsspannung an. Üblicherweise sind typische und teilweise maximale Werte angegeben.

Ausgangsstrom, max. *(I_{OUT})*
Gibt den maximal zulässigen Laststrom an den Encoderausgängen an. Dieser Wert sollte gegebenenfalls mit der verwendeten Steuerung abgeglichen werden.

Pulsbreite *(P)*
Breite des Ausgangsimpulses (in °*e*) der Encoderkanäle *A* und *B*. Sie beträgt idealerweise 180 °*e*.

Index Pulsbreite *(P_0)*
Die Index Pulsbreite gibt die Breite des Indeximpulses (in °e) an und beträgt im Idealfall 90 °*e*.

Der Index Pulsbreitenfehler (ΔP_0) ist die Abweichung vom Idealwert 90 °*e*.

Zulässige Abweichung ΔP_0:

$$\Delta P_0 = \left| 90° - \frac{P_0}{P} * 180° \right|$$

Signal-Phasenverschiebung, Kanal *A* zu *B* *(Φ)*
Die Phasenverschiebung (in °*e*) zwischen den Ausgangssignalen *A* und *B* wird als Signal-Phasenverschiebung bezeichnet und beträgt im Idealfall 90 °*e*.

Der Phasenfehler ($\Delta\Phi$) ist die Abweichung zweier aufeinanderfolgenden Flanken an den Ausgängen *A* und *B* vom Idealwert 90 °*e*.

Zulässige Abweichung $\Delta\Phi$:

$$\Delta\Phi = \left| 90° - \frac{\Phi}{P} * 180° \right|$$

Mess-Schritt *(S)*
Abstand zweier benachbarten Flanken (in °*e*) zwischen den beiden Ausgängen *A* und *B*. Es gibt vier Mess-Schritte *(S)* pro Signalperiode. Idealerweise beträgt ein Mess-Schritt 90 °*e*.

Signalperiode *(C)*
Dauer einer gesamten Periode (in °*e*) auf Kanal *A* bzw. auf Kanal *B*. Üblicherweise beträgt eine Signalperiode 360 °*e*.

Signal-Anstiegs/-Abfallzeit, max. *(tr/tf)*
Maximale Zeit des Wechsels vom niedrigen zum hohen Signalpegel oder umgekehrt. Diese beschreibt die Flankensteilheit der Encodersignale. C_{LOAD} gibt die maximal zulässige Belastung der Signalleitung an, bei der die Flankensteilheit noch erreicht wird.

Clock Frequenz, max. *(CLK)*
Maximal zulässige Taktfrequenz zum Auslesen des BISS-C Protokolls.

Eingang Low / High Pegel *(CLK)*
Der Pegel des CLK-Eingangssignals muss im angegebenen Wertebereich liegen, um eine sichere Signalerkennung zu gewährleisten.

Set up Zeit nach Power on, max.
Maximale Zeitdauer bis zur Verfügbarkeit der Ausgangssignale ab Anliegen der Versorgungsspannung.

Timeout
Bezeichnet die Zeit, nach welcher die Kommunikation durch den Encoder beendet wird, nachdem der Master keinen Takt mehr sendet.

Trägheitsmoment des Gebermagneten/der Taktscheibe *(J)*
Gibt an, um welchen Betrag das Rotorträgheitsmoment des verwendeten Motors durch den Gebermagnet bzw. die Taktscheibe erhöht wird.

Betriebstemperaturbereich
Bezeichnet die minimal und maximal zulässige Betriebstemperatur des Encoders.

Positionsgenauigkeit
Gibt den mittleren Positionsfehler des Encoders in Grad mechanisch (°*m*) an. Dieser beschreibt, wie stark die Istposition von der Sollposition des Encoders abweichen kann.

Wiederholgenauigkeit
Gibt den mittleren Wiederholfehler des Encoders in Grad mechanisch (°*m*) an. Dieser beschreibt die mittlere Abweichung von mehreren Positionswerten des Encoders bei mehrfacher Positionierung auf die gleiche Position. Wiederholgenauigkeit zeigt, wie genau eine bestimmte Position nach wiederholtem Anfahren erneut erreicht werden kann.

Hysterese
Gibt den toten Winkel während eines Drehrichtungswechsels an, in dem keine Information bezüglich der Position ausgegeben wird.

Mindestflankenabstand
Der minimale Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Flanken der Kanäle *A* und *B*. Für eine zuverlässige Auswertung des Rechtecksignals ist eine Steuerung erforderlich, welche in der Lage ist, diesen Mindestflankenabstand zu erkennen. Sofern keine Angabe zum Mindestflankenabstand vorliegt, kann dieser Wert auch näherungsweise ermittelt werden.

$$T_{min} = \frac{1}{f \cdot 4} \cdot \left(1 - \frac{\Delta\Phi}{90°}\right)$$

Masse
Die typische Masse des Encoders inklusive Gehäuse und Adapterflansch mit Standardkabel ohne Stecker.

Batteriespannung
Gibt den Spannungsbereich an, in dem der Zählerstand eines Multiturnencoders über eine externe Pufferbatterie sicher detektiert und inkrementiert wird. Bei zu niedriger Batteriespannung wird ein Fehlerbit gesetzt.

Auswahl der geeigneten Sensorik

Dieses Kapitel beschreibt, wie eine geeignete Sensorik für FAULHABER Motoren ausgewählt wird. Welche Sensorik eingesetzt werden kann, hängt zunächst von der gewählten Motortechnologie ab. Es ist zu unterscheiden in:

- DC-Motoren
- Bürstenlose DC-Motoren
- Schrittmotoren
- Lineare DC-Servomotoren

Je nach Motortechnologie ist die Sensorik nicht nur für eine Drehzahl- oder Positionsregelung, sondern auch für die Kommutierung der Motoren erforderlich.

	Kommutierung	Drehzahl-regelung	Positions-regelung
DC-Motoren			
Sensorik		■ Encoder	■ Encoder
Ohne Sensorik	■ Mechanisch	■ Gegen-EMK	
Bürstenlose DC-Motoren			
Sensorik	Blockkommutierung: ■ Integrierte digitale Hallsensoren Sinuskommutierung: ■ Integrierte analoge Hallsensoren ■ Encoder	■ Integrierte digitale Hallsensoren ■ Integrierte analoge Hallsensoren ■ Encoder	■ Integrierte analoge Hallsensoren ■ Encoder
Ohne Sensorik	Blockkommutierung: ■ Gegen-EMK	■ Gegen-EMK	
Schrittmotoren			
Sensorik		■ Encoder	■ Encoder
Ohne Sensorik	■ Schrittbetrieb	■ Schrittbetrieb	■ Schrittbetrieb
Lineare DC-Servomotoren			
Sensorik	■ Integrierte analoge Hallsensoren		■ Integrierte analoge Hallsensoren

DC-Motoren

Kommutierung
Die Kommutierung von DC-Motoren mit Edelmetall- oder Graphitbürsten erfolgt mechanisch und bedarf daher weder einer Sensorik noch einer Motorsteuerung.

Drehzahl- und Positionsregelung
Bei manchen Anwendungen werden die DC-Motoren sensorlos und ohne Steuerung betrieben. Dabei wird eine spezifische Spannung an die Motoren angelegt, die bei konstanter Last eine spezifische Drehzahl erzeugt.

Um die Drehzahl regeln zu können, wird eine Steuerung notwendig. Eine einfache Drehzahlregelung ist über die Messung der rückwirkenden Generatorspannung (EMK) möglich. Für eine genaue Drehzahlregelung ist ein Encoder notwendig. Für eine Positionsregelung ist ein Encoder zwingend erforderlich.

Für die DC-Motoren steht eine große Auswahl an Inkrementalencodern zur Verfügung.

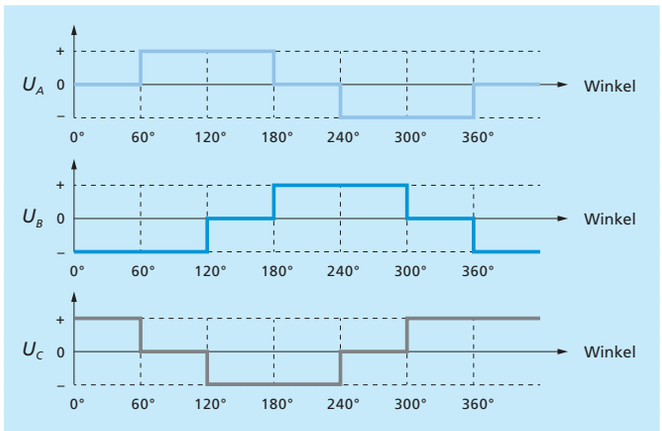
Bürstenlose DC-Motoren

Kommutierung
Die bürstenlosen DC-Motoren werden elektronisch kommutiert. Für ihren Betrieb ist daher immer eine Steuerung notwendig.

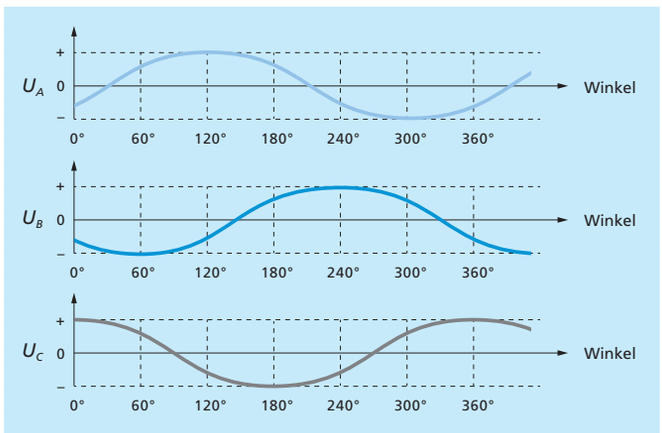
Der Großteil der FAULHABER bürstenlosen DC-Motoren ist mit drei digitalen integrierten Hallsensoren ausgestattet, die die Position der Motorwelle bestimmen und ein Kommutierungssignal liefern.

Die Ausnahme bilden Motoren für einfache Drehzahlanwendungen, die mit Hilfe der rückwirkenden Generatorspannung (EMK) kommutiert werden. Hierbei wertet die Steuerung den Nulldurchgang der Gegen-EMK aus und kommutiert den Motor dann nach einer von der Drehzahl abhängigen Verzögerung. Der Nulldurchgang der Gegen-EMK kann bei Stillstand des Motors nicht ausgewertet und die Position des Rotors damit nicht erfasst werden. Deshalb ist es möglich, dass der Motor beim Starten zunächst eine Bewegung in die falsche Richtung ausführt.

Bei Wahl von digitalen Hallsensoren oder im Sensorlosbetrieb mit Gegen-EMK werden die bürstenlosen DC-Motoren blockkommutiert. Bei der Blockkommutierung sind die Spannungsverläufe der drei 120° versetzten Wicklungen blockförmig. Die Wicklungen werden alle 60° abrupt geschaltet. Die FAULHABER Speed Controller nutzen diese Kommutierungsform.



Ein höherer Gleichlauf mit einem geringeren Drehmomentrippel wird durch Sinuskommutierung erreicht. Bei der Sinuskommutierung weisen die Phasenspannungen einen sinusförmigen Verlauf auf. Die FAULHABER Motion Controller nutzen standardmäßig diese Kommutierungsform. Für Sinuskommutierung werden analoge Hallsensoren oder Encoder benötigt.



Drehzahl- und Positionsregelung
Für eine Drehzahlregelung kommen in der Regel digitale Hallsensoren zum Einsatz. Die rückwirkende Generatorspannung ist nur für eine einfache Drehzahlregelung bei höheren Drehzahlen geeignet. Analoge Hallsensoren oder ein Encoder werden dann notwendig, wenn das Antriebssystem bei geringen Drehzahlen betrieben wird oder ein sehr hoher Gleichlauf gefordert ist.

Zur Positionsregelung bedarf es Encodern oder integrierten analogen Hallsensoren. Fast alle FAULHABER bürstenlosen DC-Motoren werden mit integrierten analogen Hallsensoren als Option angeboten. Für einen Großteil der Anwendungen empfiehlt sich der Betrieb mit den analogen Hallsensoren. Encoder werden notwendig, wenn die Anwendung nach einer höheren Auflösung oder Genauigkeit verlangt oder wenn der Motor mit sehr geringen Drehzahlen betrieben wird.

Für die bürstenlosen DC-Motoren steht eine große Auswahl an Inkremental- und Absolutencodern zur Verfügung.

Schrittmotoren

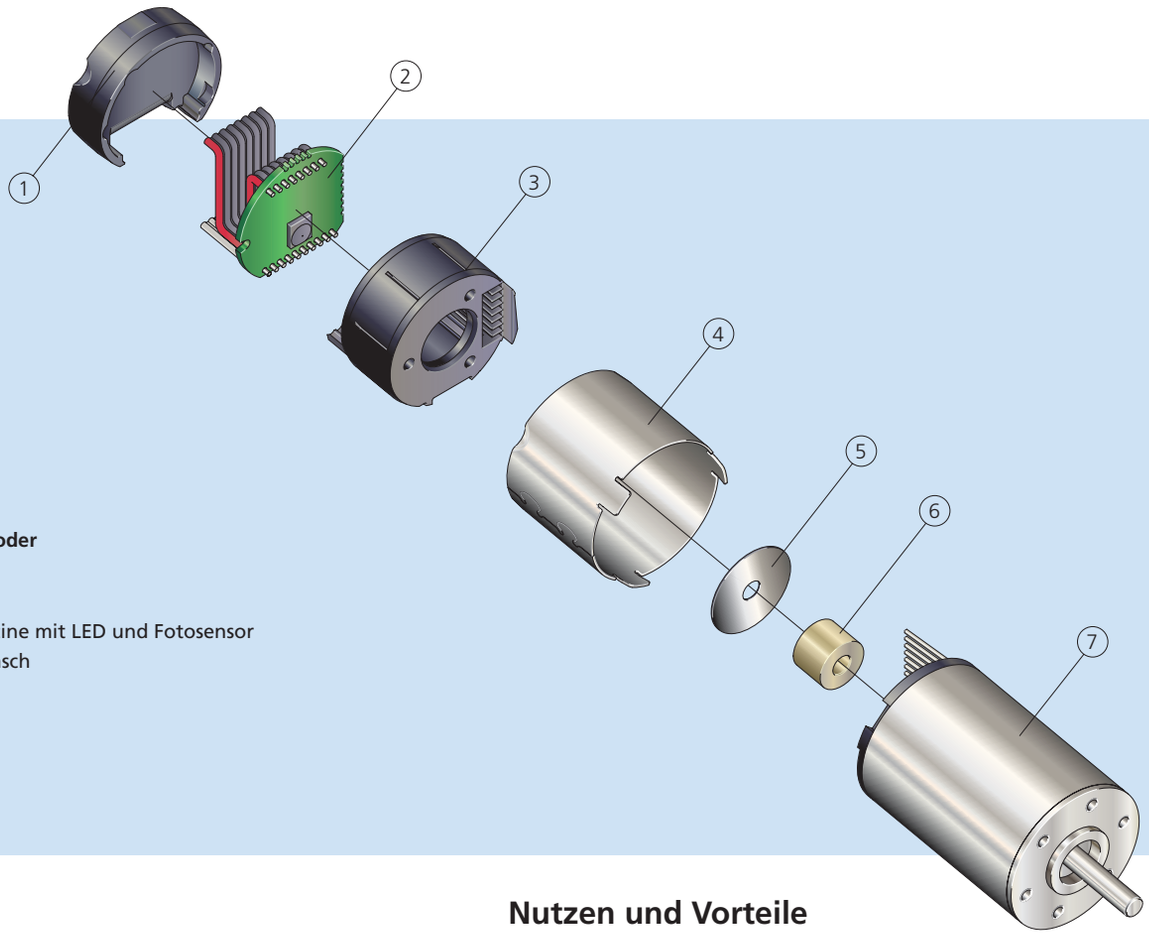
Die Ansteuerung von Schrittmotoren im Voll-, Halb- oder Mikroschrittbetrieb ermöglicht eine genaue Drehzahl- und Positionsregelung im offenen Regelkreis. In der Anwendung kann daher im Regelfall auf Sensorik verzichtet werden – ein entscheidender Kostenvorteil von Schrittmotoren. Jedoch ist in der Entwicklung oft ein geschlossener Regelkreis notwendig zur Verifizierung der Funktion oder zur Reduzierung des Stromverbrauchs und der Motorerwärmung. Das FAULHABER Produktportfolio enthält magnetische (IE3) und optische (PE22) Encoder, die kompatibel zur Schrittmotoren-Serie sind. Weitere Kombinationen von Schrittmotoren mit Encodern sind auf Anfrage möglich.

Lineare DC-Servomotoren

Die linearen DC-Servomotoren sind mit analogen Hallsensoren ausgestattet. Durch die Integration der Sensoren in den Motor ist diese Lösung sehr kompakt, leicht und wirtschaftlich. Ein zusätzlicher Encoder wird damit nicht notwendig.

Encoder

Optische Encoder



Optischer Encoder

① Deckel
② Encoderplatine mit LED und Fotosensor
③ Adapterflansch
④ Gehäuse
⑤ Taktscheibe
⑥ Nabe
⑦ Motor

Funktion

Encoder der Serie IER3-10000 (L) bestehen aus einer an der Motorwelle befestigten hochauflösenden Taktscheibe, einer Leuchtquelle und einem Fotosensor mit Interpolator und Treiberstufen. Das Licht der Leuchtquelle wird von der Taktscheibe reflektiert bzw. absorbiert. Das reflektierte Licht wird von dem Fotosensor erfasst und das Signal zu einem hochauflösenden Encodersignal verarbeitet. Am Ausgang stehen dann zwei um 90 °e phasenverschobene Rechtecksignale sowie zur Anzeige einer Antriebswellenumdrehung ein Indexsignal zur Verfügung. Ein Line Driver ist außerdem optional verfügbar.

Die hochgenauen optischen Encoder eignen sich optimal zur Positionsregelung.

Nutzen und Vorteile

- Sehr hohe Auflösung von bis zu 40.000 Flanken pro Umdrehung (entspricht 0,009° Winkelauflösung)
- Sehr hohe Positions- und Wiederholgenauigkeit und hohe Signalgüte
- Verschiedenste Auflösungen als Standard lieferbar
- Unempfindlich gegenüber magnetischen Interferenzen

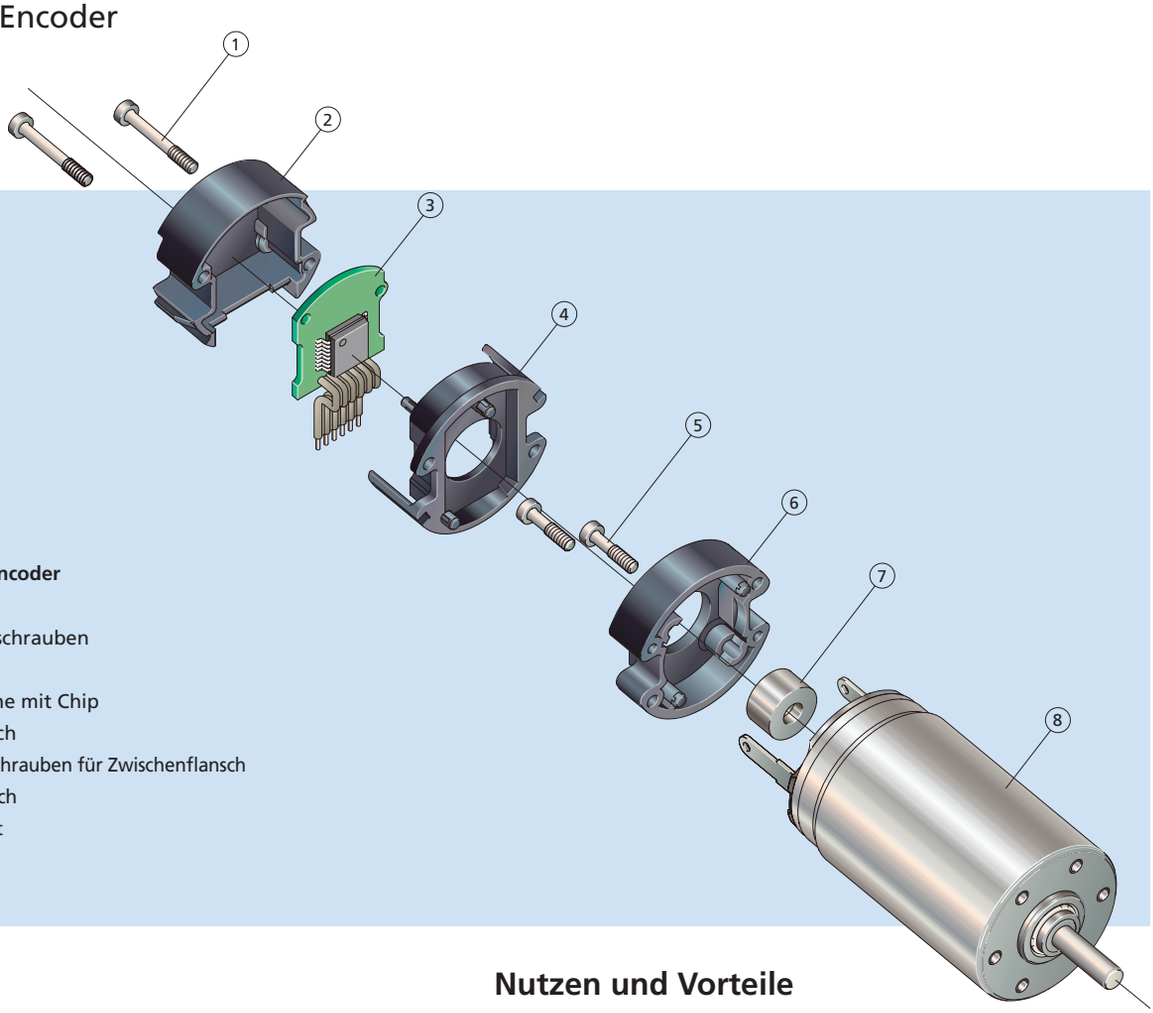
Produktkennzeichnung

IER	Encoder Serie
3	Drei Kanal
6800	Impulszahl
L	mit integriertem Line Driver

IER 3 – 6800 L

Encoder

Magnetische Encoder



Magnetischer Encoder

① Befestigungsschrauben
② Deckel
③ Encoderplatine mit Chip
④ Adapterflansch
⑤ Befestigungsschrauben für Zwischenflansch
⑥ Zwischenflansch
⑦ Gebermagnet
⑧ Motor

Funktion

Encoder der Serie IE3-1024 (L) bestehen aus einem an der Motorwelle befestigten diametral magnetisierten zweipoligen Gebermagneten. In axialer Richtung zum Gebermagnet ist ein spezieller Winkelsensor zur Erfassung der Antriebswellenposition angeordnet. Der Winkelsensor enthält alle notwendigen Funktionen wie Hallsensoren, Interpolator sowie Treiberstufen. Das von den Hallsensoren erfasste analoge Signal des Gebermagneten wird nach einer geeigneten Verstärkung dem Interpolator zugeführt. Der Interpolator erzeugt durch einen speziellen Verarbeitungsalgorithmus das hochauflösende Encodersignal.

An den Ausgängen stehen dann zwei um 90 °e phasenverschobene Rechtecksignale sowie zur Anzeige einer Antriebswellenumdrehung ein Indexsignal zur Verfügung.

Nutzen und Vorteile

- Modulare Bauweise in kompaktem Design und robustem Gehäuse
- Verschiedene Auflösungen als Standard lieferbar
- Indexkanal zur Referenzierung einer Umdrehung der Antriebswelle
- Auch als Line Driver-Version verfügbar
- Standardisierte elektronische Encoderschnittstelle
- Flexible kundenspezifische Anpassungen der Auflösung, Drehrichtung, Indexbreite und Indexposition möglich

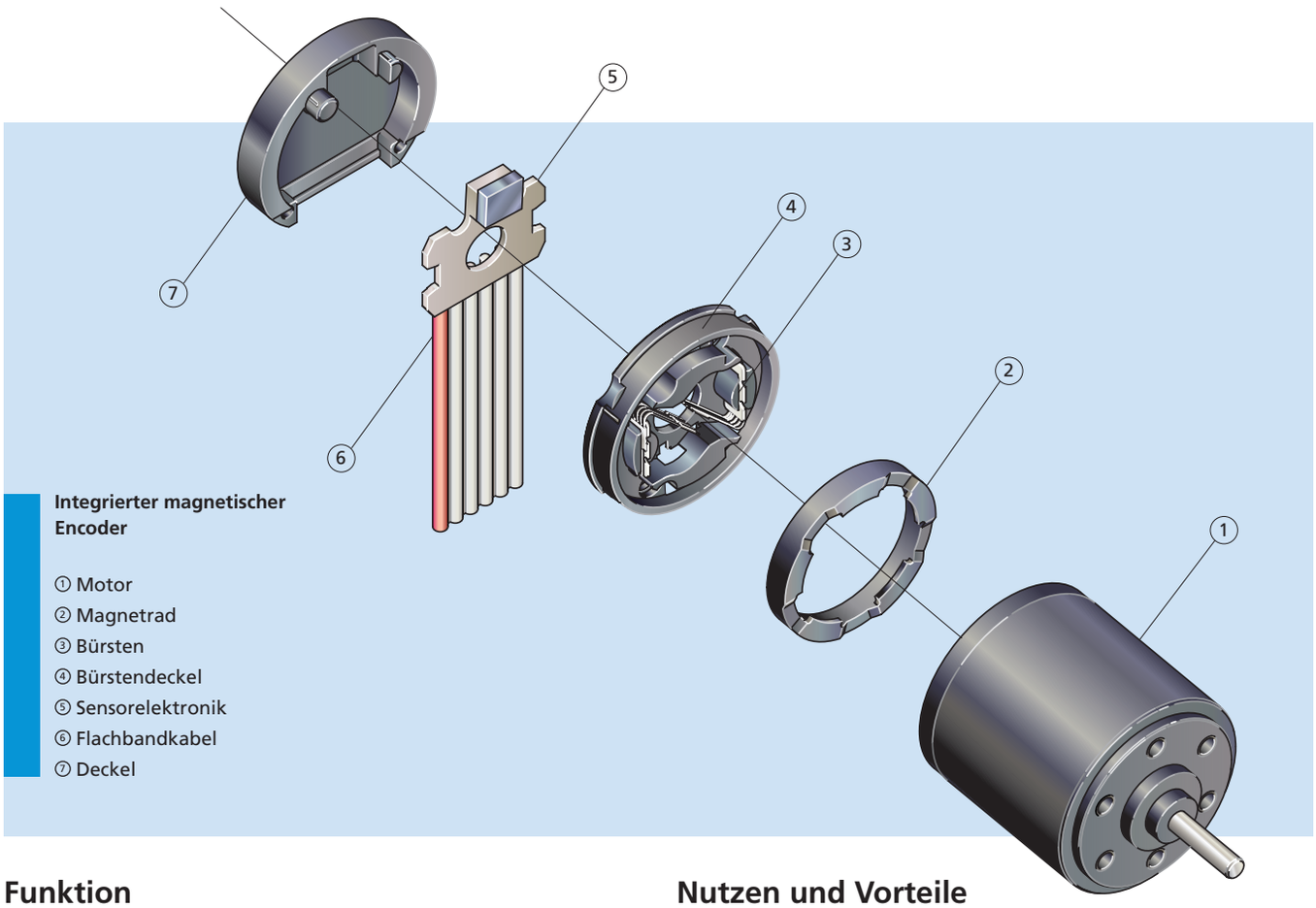
Produktkennzeichnung

IE	Encoder Serie
3	Drei Kanal
1024	Impulszahl
L	mit integriertem Line Driver

IE3 – 1024 L

Encoder

Integrierte magnetische Encoder



Integrierter magnetischer Encoder

① Motor
② Magnetrad
③ Bürsten
④ Bürstendeckel
⑤ Sensorelektronik
⑥ Flachbandkabel
⑦ Deckel

Funktion

Die Encoder der Serien IEH2-4096 und IEH3-4096 bestehen aus einem am Rotor befestigten mehrteiligen Magnetring und einem Winkelsensor. Der Winkelsensor enthält alle notwendigen Funktionen wie Hallsensoren, Interpolator sowie Treiberstufen. Die von den Hallsensoren erfassten analogen Signale des Gebermagneten werden nach einer geeigneten Verstärkung dem Interpolator zugeführt. Der Interpolator erzeugt durch einen speziellen Verarbeitungsalgorithmus das hochauflösende Encodersignal. An den Ausgängen stehen damit zwei um 90 °e phasenverschobene Rechtecksignale mit bis zu 4.096 Impulsen pro Umdrehung sowie wahlweise ein Indexsignal zur Verfügung. Der Encoder ist in den Motoren der Serie SR integriert und verlängert diese lediglich um 1,4 mm.

Nutzen und Vorteile

- Extrem kompakt
- Hohe Auflösung von bis zu 16.384 Flanken pro Umdrehung (entspricht 0,022° Winkelauflösung)
- Keine Pull-up-Widerstände an den Ausgängen erforderlich, da keine Open-Collector-Ausgänge
- Symmetrische Schaltflanken, CMOS- und TTL-kompatibel
- Verschiedene Auflösungen, je nach Encodertyp, von 16 bis 4.096 Impulsen als Standard lieferbar
- Hohe Signalgüte

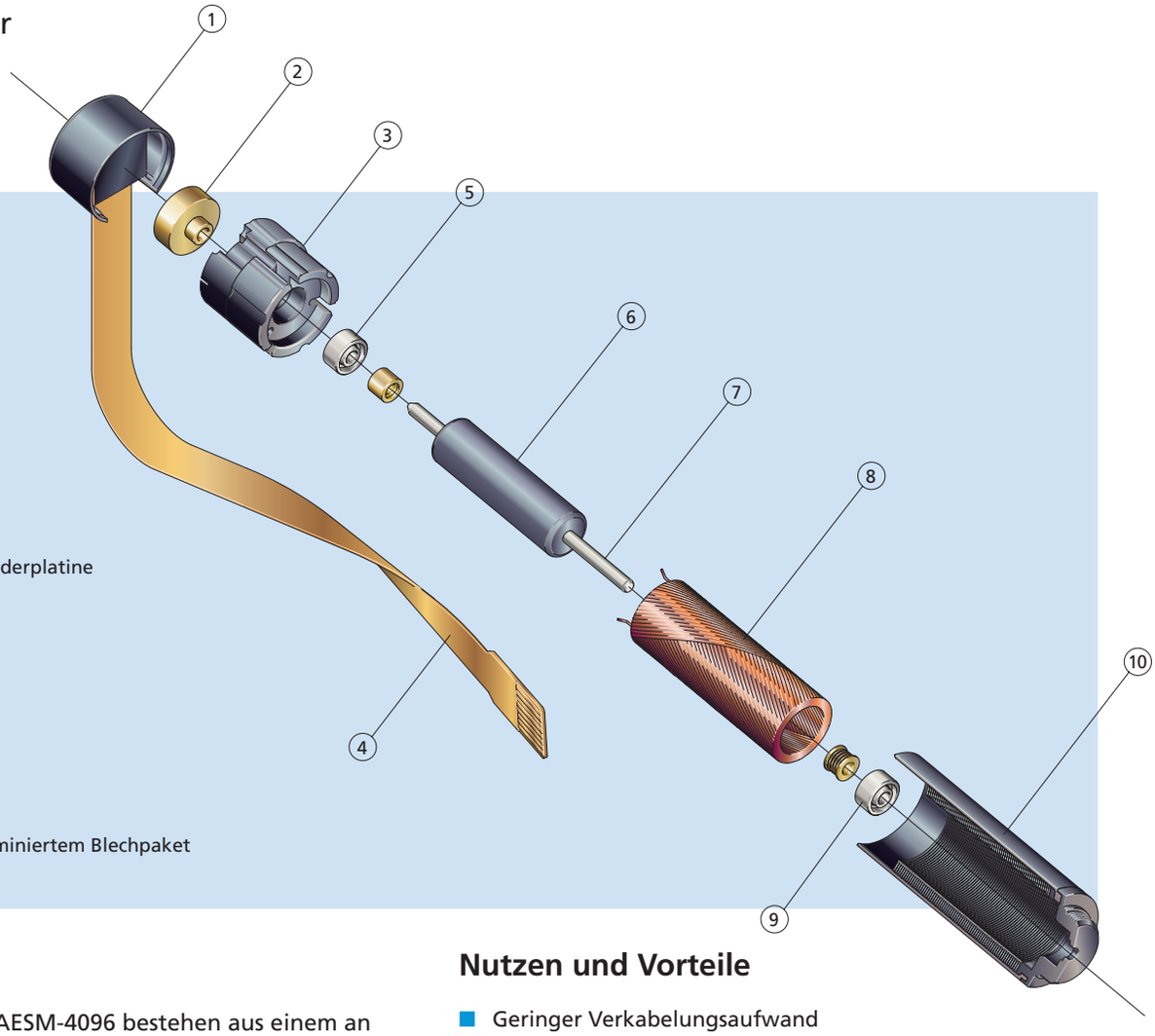
Produktkennzeichnung

IEH	Encoder Serie
2	Zwei Kanal
4096	Impulszahl

IEH 2 – 4096

Encoder

Absolutencoder



Absolutencoder

① Deckel mit Encoderplatine
② Gebermagnet
③ Anbauflansch
④ Flachbandkabel
⑤ Kugellager
⑥ Magnet
⑦ Welle
⑧ Wicklung
⑨ Kugellager
⑩ Gehäuse mit laminiertem Blechpaket

Funktion

Encoder der Serien AESM-4096 bestehen aus einem an der Motorwelle befestigten diametral magnetisierten zweipoligen Gebermagneten. In axialer Richtung zum Gebermagnet ist ein spezieller Winkelsensor zur Erfassung der Antriebswellenposition angeordnet. Der Winkelsensor enthält alle notwendigen Funktionen wie Hallsensoren, Interpolator sowie Treiberstufen. Das von den Hallsensoren erfasste analoge Signal des Gebermagneten wird nach einer geeigneten Verstärkung durch einen speziellen Algorithmus zu einem hochauflösenden Encodersignal verarbeitet. Am Ausgang stehen absolute Winkelinformationen mit einer Auflösung von 4.096 Schritten pro Umdrehung zur Verfügung. Diese können über eine SSI Schnittstelle mit BISS-C Protokoll abgefragt werden. Der Absolutencoder eignet sich optimal zur Kommutierung, Drehzahl- und Positionsregelung.

Nutzen und Vorteile

- Geringer Verkabelungsaufwand
- Absolute Winkelinformation direkt nach dem Einschalten
- Kein Referenzieren notwendig
- Verbesserte Regeleigenschaften auch bei niedrigen Drehzahlen
- Flexible kundenspezifische Anpassungen von Auflösung und Drehrichtung möglich

Produktkennzeichnung

AESM	Encoder Serie
4096	Schritte pro Umdrehung

AESM – 4096

FAULHABER

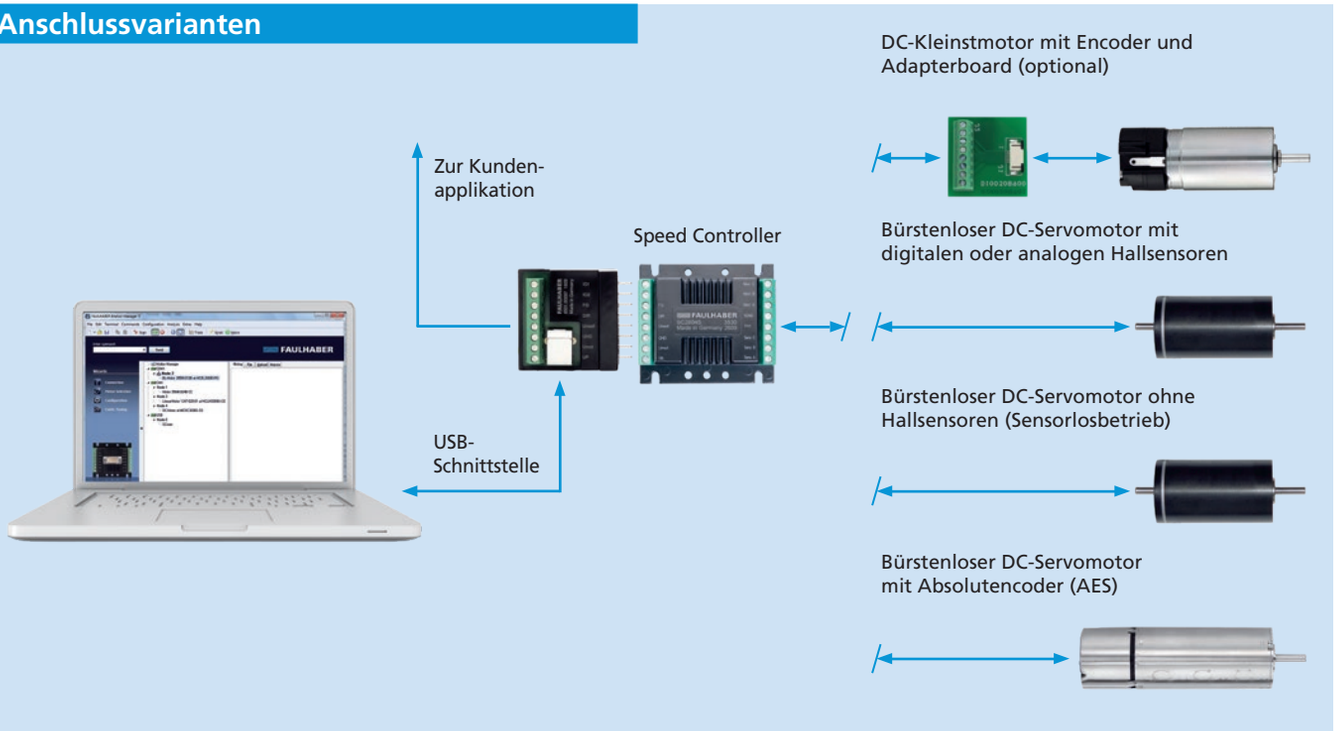
Steuerungen

WE CREATE MOTION

Speed Controller

Technische Informationen

Anschlussvarianten



Allgemeine Angaben

FAULHABER Speed Controller sind hochdynamische Drehzahlregler zur Ansteuerung von:

- DC-Motoren mit und ohne Inkrementalencoder
- BL-Motoren mit analogen oder digitalen Hallsensoren
- BL-Motoren mit AES Absolutgeber
- BL-Motoren mit digitalen Hallsensoren und Inkrementalencoder

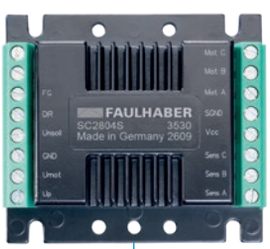
Je nach Baugröße und Auslieferungszustand können unterschiedliche Motor- und Geberkombinationen am Speed-Controller betrieben werden.

Controller	DC sensorlos	DC + Encoder	BL sensorlos	BL + D-Hall	BL + A-Hall	BL + AES
SC 1801	•	•	•	•	(2)	(2)
SC 2402/2804	•	•	•	• (1)	(2)	(2)
SC 5004/5008	-	•	-	• (1)	(2)	(2)

1) optional auch mit zusätzlichem Inkrementalencodereingang ausführbar
2) optional verfügbar

Die unterschiedlichen Baugrößen und die flexiblen Anbindungsmöglichkeiten eröffnen ein breites Einsatzgebiet in Bereichen wie Labortechnik und Gerätebau, Automatisierungstechnik, Handling- und Werkzeugmaschinen oder Pumpen.

Produktkennzeichnung



SC	Speed Controller
28	Max. Versorgungsspannung (28V)
04	Max. Dauerausgangsstrom (4A)
S	Gehäuse mit Schraubklemmleiste
3530	Betriebsart (Bürstenloser Motor mit digitalen Hallsensoren)

SC 28 04 S 3530

Speed Controller

Technische Informationen

Allgemeine Angaben

FAULHABER Speed Controller können über den FAULHABER Motion Manager an die Anwendung angepasst werden. Einstellbar sind die Art und Skalierung der Sollwertvorgabe, die Betriebsart und die Reglerparameter. Zur Konfiguration wird der USB Programmieradapter für Speed Controller verwendet.

Die Speed Controller können mit und ohne Gehäuse bezogen werden. Die Varianten mit Gehäuse werden über Schraubklemmen angeschlossen, die ungehäusten Platinenvarianten können direkt in eine Masterplatine eingesteckt werden.

Schnittstellen – Diskrete I/O

- Analoger Eingang als Sollwerteingang zur Vorgabe der Drehzahl über PWM oder analogen Spannungswert
- Digitaler Eingang als Schalteingang zur Festlegung der Drehrichtung des Motors
- Digitaler Ausgang, wahlweise programmierbar als Frequenz- oder Fehlerausgang

Hinweis

Gerätehandbücher zur Installation und Inbetriebnahme sowie die Software FAULHABER Motion Manager sind auf Anfrage oder im Internet unter www.faulhaber.com erhältlich. Nicht alle Speed Controller sind für sämtliche Betriebsarten geeignet. Detaillierte Angaben zu den einzelnen Betriebsarten sind in den jeweiligen Datenblättern sowie im Gerätehandbuch enthalten.

Nutzen und Vorteile

- Kompakte Bauform
- Skalierbar in Strom und Spannung
- Einfache Verdrahtung
- Angepasste Ausführungen zum Anschluss unterschiedlicher Motoren
- Integrierte Strombegrenzung (Motorschutz)
- Reglereinstellung in Verbindung mit Motion Manager über Programmieradapter parametrierbar
- Breites unterstütztes Motorportfolio an DC-Kleinstmotoren und bürstenlosen DC-Servomotoren

Speed Controller

Beschreibung, Betriebsarten

Betriebsarten

Die Drehzahl wird über einen PI-Regler mit variablen Parametern geregelt.

Je nach Ausführung wird die Drehzahl über das angeschlossene Sensorsystem oder sensorlos aus dem Motorstrom ermittelt.

Die Sollwertvorgabe kann über einen Analogwert oder über ein PWM-Signal erfolgen. Die Drehrichtung wird über einen separaten Schalteingang umgeschaltet, das Drehzahlsignal kann über den Frequenzausgang ausgelesen werden.

Die Motoren sind optional als Spannungssteller oder im Fixdrehzahlmodus betreibbar.

BL-Motoren mit digitalen oder analogen Hallsensoren
In der Konfiguration BL-Motoren mit Hallsensoren werden die Motoren drehzahlgeregelt betrieben, wobei die Signale der Hallsensoren zur Kommutierung und Bestimmung der Ist-Drehzahl herangezogen werden.

BL-Motoren ohne Hallsensoren (Sensorlosbetrieb)
In dieser Konfiguration werden keine Hallsensoren verwendet, stattdessen wird die Gegen-EMK des Motors zur Kommutierung und Drehzahlregelung herangezogen.

BL-Motoren mit Absolutencoder
Dieser Modus kann nur in Verbindung mit der entsprechenden Hardware gewählt werden. In dieser Konfiguration gibt der Encoder eine Absolutposition aus. Diese wird zur Kommutierung sowie zur Drehzahlregelung genutzt. Wegen der hohen Auflösung des Encoders sind in diesem Modus geringe Drehzahlen zu erreichen.

BL-Motoren mit digitalen Hallsensoren und Brake/Enable Eingang
In dieser Konfiguration werden die Motoren drehzahlgeregelt betrieben. Durch die zusätzlichen Eingänge Brake sowie Enable wird eine einfachere Anbindung der Steuerung an z.B. SPS oder Sicherheitsschaltkreise ermöglicht.

BL-Motoren mit digitalen Hallsensoren und Encoder
In dieser Konfiguration geben die Hallsensoren die Informationen für die Kommutierung aus. Die Drehzahl wird auf das Signal des Inkrementalencoders geregelt. Deswegen sind bei einem hoch auflösenden Encoder auch sehr niedrige Drehzahlen zu erreichen.

DC-Motoren mit Encoder
In der Konfiguration DC-Motoren mit Encoder werden die Motoren drehzahlgeregelt betrieben. Als Drehzahlistwertgeber wird ein Inkrementalencoder benötigt.

DC-Motoren ohne Encoder
In der Konfiguration DC-Motoren sensorlos werden die Motoren drehzahlgeregelt betrieben, wobei zur Drehzahlistwerterfassung, je nach Lastfall, entweder die rückwirkenden Generatorspannung (EMK) herangezogen wird oder eine IxR-Kompensation. Für diese Betriebsart ist eine Abstimmung auf den jeweiligen Motortyp notwendig.

Darüber hinaus können über die **„FAULHABER Motion Manager"-Software** weitere Parameter verändert werden:

- Reglerparameter
- Ausgangsstrombegrenzung
- Fixdrehzahl
- Encoderauflösung
- Drehzahlsollwertvorgabe über analog oder PWM-Signal
- Maximale Drehzahl bzw. Drehzahlbreich

Schutzfunktionen

FAULHABER Speed Controller ermitteln die Temperatur der Motorwicklung aus dem Verlauf der Motorlast. Dynamisch steht dadurch ein gegenüber dem Dauerstrom typisch um den Faktor 2 größerer Spitzenstrom zur Verfügung, bei dauerhaft höherer Last wird der Strom auf den eingestellten Dauerstrom begrenzt.

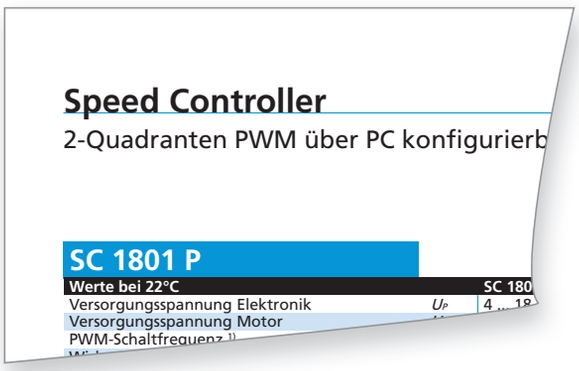
Bei häufigem Reversierbetrieb mit großen angeschlossenen Massen, empfehlen wir die Verwendung eines Motion Controllers.

Sonderfunktionen

Für spezielle Anwendungen können ab Werk Sonderfunktionen wie Rampen, umschaltbare feste Drehzahlen oder komplexere Abläufe abhängig von den Zusatzeingängen implementiert werden. FAULHABER Speed Controller können so ideal an die Anforderungen der Anwendung angepasst werden.

Speed Controller

Beschreibung, Betriebsarten



Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Datenblattwerte der Speed Controller werden bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet.

Speed Controller verfügen, bei gleichem Masseanschluss, generell über getrennte Versorgungseingänge für Motor und Elektronik, die bei Bedarf auch als gemeinsame Versorgung genützt werden können.

Versorgungsspannung Elektronik U_P [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für die Steuerelektronik.

Versorgungsspannung Motor U_{mot} [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung des angeschlossenen Motors.

PWM-Schaltfrequenz f_{PWM} [kHz]
Die Pulsweitenmodulation beschreibt den Wechsel der elektrischen Spannung zwischen zwei Werten. Die an die SC angeschlossenen Motoren weisen eine niedrige elektrische Zeitkonstante auf. Um die PWM bedingten Verluste niedrig zu halten, ist eine hohe Schaltfrequenz notwendig.

Wirkungsgrad Elektronik η [%]
Verhältnis zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung der Steuerelektronik.

Max. Dauerausgangsstrom I_{cont} [A]
Beschreibt den Strom, den der Controller bei 22 °C Umgebungstemperatur ohne zusätzliche Kühlung dauerhaft an den angeschlossenen Motor liefern kann.

Max. Spitzenausgangsstrom $I_{max.}$ [A]
Beschreibt den Strom, den der Controller bei S2-Betrieb (Kaltstart ohne zusätzliche Kühlung) bei Nennbedingungen unter konstanter Last für die im Datenblatt angegebene Zeit erreichen kann, ohne das thermische Limit zu überschreiten. Falls nicht abweichend definiert, gilt für den Wert des Spitzenstroms der Faktor zwei im Verhältnis zum Dauerstrom.

Stromaufnahme der Elektronik I_{el} [A]
Beschreibt die zusätzliche Stromaufnahme der Regelelektronik.

Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Betriebstemperatur unter Nennbedingungen wieder.

Gehäusematerial
Gehäusematerialien und ggf. die Oberflächenbehandlung.

Masse [g]
Die typische Masse des Standard Controllers, kann durch unterschiedliche Bestückung abweichen.

Hinweis

Drehzahlbereich
Die in Kombination mit einem Motor erreichbare Drehzahl hängt von der verfügbaren Spannung, dem jeweiligen Motortyp und der maximalen Verarbeitungsgeschwindigkeit des gewählten Speed Controller ab.

Der maximale Drehzahlbereich bezieht sich auf Motoren mit einem Polpaar. Bei Motoren mit höheren Polpaarzahlen reduziert sich der Drehzahlbereich entsprechend.

$$\text{Maximale Drehzahl} = \frac{\text{Maximale Drehzahl bei Polpaarzahl 1}}{\text{Anzahl der Polpaare des angeschlossenen Motors}}$$

Motion Controller

Feature-Vergleich

Allgemeine Angaben

FAULHABER Motion Controller sind hochdynamische Positioniersysteme, in gehäusten und ungehäusten Varianten verfügbar und steuern wahlweise DC-, LM- oder BL-Motoren an. Die Konfiguration der Motion Controller erfolgt dabei über den FAULHABER Motion Manager.

Über die CANopen- oder EtherCAT-Feldbusschnittstelle (nur MC V3.0) können die Antriebe im Netzwerk betrieben werden. In kleineren Aufbauten kann eine Vernetzung auch über die RS232-Schnittstelle erfolgen.

Die Motion Controller arbeiten im Netzwerk prinzipiell als Slave, eine Masterfunktionalität zur Ansteuerung weiterer Achsen ist nicht gegeben.

Alternativ können die Controller nach der Grundinbetriebnahme über den Motion Manager auch ohne Kommunikationsschnittstelle betrieben werden.

Generation V2.5

- Bewährte Technik für BL-, DC- und LM-Motoren
- Einfachste Konfiguration und Inbetriebnahme
- Vielfältige Konfigurationsmöglichkeiten
- Erfolgreich eingesetzt in Medizin- und Labortechnik, Gerätebau, Automatisierung, Medizintechnik und Luftfahrt
- Verfügbar auch in kleinsten Baugrößen

Generation V3.0

Eine neue Controllergeneration für Applikationen, die über den Feature- und Leistungsumfang der Controllerbaureihe V2.5 hinausgehen.

- Mehr Leistung, schnellere Regelung, neue Betriebsarten
- Ein Controller für alle Motortypen und Gebersysteme
- Flexible Verwendung der I/Os für Soll- und Istwerte
- Zusätzliche I/Os und Schnittstellen
- Ablaufprogramme programmierbar in BASIC für einfache lokale Automatisierung in allen Schnittstellentechnologien
- Erweiterte Diagnosefunktionen
- Einfache Inbetriebnahme über den Motion Manager ab Version 6.0

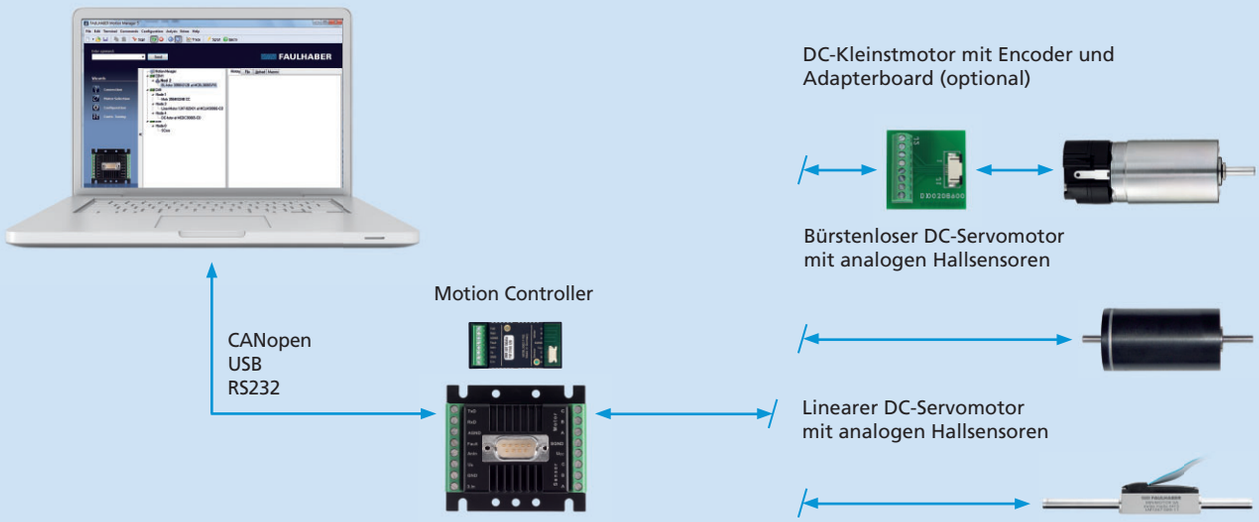
	Generation V2.5		Generation V3.0	
	MCxx 3002	MCxx 3003/06	MC 5004	MC 5005/10
Spannungsbereiche	■ Motor: max. 30V ■ Elektronik: max. 30V, optional getrennt		■ Motor: max. 50V ■ Elektronik: max. 50V, getrennt als Standard	
Dauerstrom	2A	3 / 6A	4A	5 / 10A
Spitzenstrom	3A	10A	12A	15 / 30A
Motortypen	■ MCDC: DC + Encoder ■ MCBL: BL + A-Hall ■ MCLM: LM + A-Hall		■ DC-Motoren mit Pos.- / Geschw.-Sensor ■ BL-Motoren mit Pos.- / Geschw.-Sensor ■ LM-Motoren mit Pos.- / Geschw.-Sensor	
Geschwindigkeits- und Positionssensoren	siehe Motortypen		■ DC-Motoren: Inkremental[1)], AES Encoder[1)], SSI Encoder[1)], Analogwert (Poti/Tacho) ■ BL-/LM-Motoren: D-Hall, D-Hall + Encoder[1)], A-Hall, AES Encoder[1)], SSI Encoder[1)], Analogwert (Poti/Tacho)	
Ein-/Ausgänge	MCDC: DigIn: max. 5 DigOut: max. 1 AnIn ±10V: 1 Optional Anschluss eines 2. Referenzencoders (Gearing Mode). Je nach Beschaltung nicht alle I/O`s verfügbar.	MCBL/MCLM: DigIn: max. 3 DigOut: max. 1 AnIn ±10V: 1	DigIn: 8 DigOut: 3 AnIn ±10V: 2 Optional Anschluss eines 2. Referenzencoders (Gearing Mode)	DigIn: 3 DigOut: 2 AnIn ±10V: 2
Kommunikation	RS232 oder CANopen		USB, RS232 und/oder CANopen, EtherCAT	
Regler	Position, Geschwindigkeit, Strombegrenzung		Position, Geschwindigkeit, Strom / Moment	
Betriebsarten	■ Abhängig von der Schnittstellenvariante Positions-, Geschwindigkeits- und Stromregelung mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle oder analog (RS)		■ Profile Position Mode (PP) und Profile Velocity Mode (PV) mit Berücksichtigung von Profilvorgaben ■ Cyclic Synchronuous Position, Geschwindigkeit oder Moment (CSP, CSV bzw. CST) ■ Analoge Vorgabe für Position, Geschwindigkeit, Moment oder Spannung (APC, AVC, ATC, Volt)	
Profilbetrieb	Lineare Trapezprofile in allen Betriebsarten		Linear oder Sin² Geschwindigkeit im PP und PV Mode	
Autonome Abläufe	Verfügbar in den Versionen mit RS232 Schnittstelle		Bis zu 8 Ablaufprogramme in allen Versionen mit optionalem Kennwortschutz	

[1)] mit und ohne Linedriver

Motion Controller

Technische Informationen

Anschlussvarianten



Funktion

FAULHABER Motion Controller der Generation V2.5 sind hochdynamische Positioniersysteme zur Ansteuerung von unterschiedlichen Motoren und Gebersystemen:

- MCDC 300x: DC-Motoren mit Inkrementalencoder
- MCBL 300x: BL-Motoren mit analogen Hallsignalen
- MCLM 300x: LM-Motoren mit analogen Hallsignalen

Neben dem Einsatz als Servoantrieb mit geregelter Position kann auch die Geschwindigkeit geregelt werden. Über eine integrierte Stromregelung wird das Drehmoment begrenzt und die Elektronik bzw. der angeschlossene Motor vor Überlast geschützt.

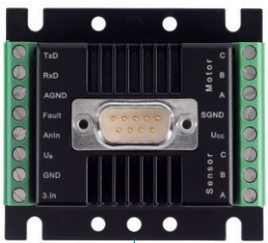
Motion Controller der Generation V2.5 sind in diversen Baugrößen, Leistungsklassen und mit RS232 oder mit CAN Schnittstelle verfügbar und können dadurch auch in Netzwerke eingebunden werden. Neben dem Betrieb am PC können die Systeme auch an allen üblichen Industriesteuerungen betrieben werden.

Die Motion Controller können mit oder ohne Gehäuse bezogen werden. Die Varianten mit Gehäuse werden über Schraubklemmen angeschlossen, die ungehäusten Platinenvarianten können direkt in eine Masterplatine eingesteckt werden.

Nutzen und Vorteile

- Kompakte Bauform
- Wahlweise ansteuerbar über RS232 oder CAN Schnittstelle
- Geringer Verdrahtungsaufwand
- Parametrierbar mit Software „FAULHABER Motion Manager“ und USB-Schnittstelle
- Umfangreiches Zubehör
- Einfachste Inbetriebnahme

Produktkennzeichnung



MC	Motion Controller
BL	für Bürstenlose DC-Motoren
30	Max. Versorgungsspannung (30 V)
06	Max. Dauer Ausgangsstrom (6 A)
S	Gehäuse mit Schraubklemmleiste
CO	CAN Schnittstelle

MC BL 30 06 S CO

Motion Controller

Konfiguration, Vernetzung, Schnittstellen

Betriebsarten

Positionierbetrieb
Der Antrieb fährt die vorgegebene Zielposition an und hält dabei die angegebenen Grenzen für Geschwindigkeit und Position ein. Die Dynamik der Regelung kann an unterschiedlichste Lasten angepasst werden. Endschalter können direkt ausgewertet werden. Die Position kann über End- oder einen Referenzschalter initialisiert werden.

Drehzahlregelung
Der Antrieb regelt die vorgegebene Zielgeschwindigkeit über einen PI-Drehzahlregler ohne bleibende Abweichung aus.

Stromregelung
Schützt den Antrieb, in dem der Motorstrom auf den eingestellten Spitzenstrom begrenzt wird. Über integrierte thermische Modelle wird der Strom im Bedarfsfall auf den Dauerstrom begrenzt.

Bewegungsprofile
Beschleunigungs- und Bremsrampe sowie die Maximalgeschwindigkeit können im Geschwindigkeits- und im Positionierbetrieb vorgegeben werden.

Autonomer Betrieb
In der Version RS können frei programmierte Abläufe im Motion Controller gespeichert werden. Der Betrieb ist dann auch ohne RS232 Schnittstelle möglich.

Schutzfunktionen
- Schutz gegen ESD
- Überlastschutz für die Elektronik und den Motor
- Selbstschutz vor Übertemperatur
- Überspannungsschutz im Generatorbetrieb

Betriebsarten (Version RS)
- Positionsregelung
  – mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle
  – mit analogem Sollwert
  – Gearing Mode
  – Schrittmotorbetrieb
- Geschwindigkeitsregelung
  – mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle
  – mit analogem Sollwert
- Drehmomentenregelung
  – mit Sollwertvorgabe über die Schnittstelle
  – mit analogem Sollwert
- Betrieb als Servoverstärker im Spannungssteller-Modus

Betriebsarten (Version CO)
- Profile Position Mode (PP)
- Profile Velocity Mode (PV)
- Homing Mode

Optionen

Eine getrennte Versorgung von Motor und Ansteuerelektronik ist optional möglich (wichtig für sicherheitsrelevante Anwendungen). Hierbei entfällt der 3. Eingang. Je nach Steuerung sind zusätzliche Programmieradapter und Anschlusshilfen verfügbar. Auf Anfrage ist eine spezielle Vorkonfiguration der Modi und Parameter möglich.

Schnittstellen – Diskrete I/O

Sollwerteingang
Je nach Betriebsart können Sollwerte über das Kommando Interface, über einen analogen Spannungswert, über ein PWM Signal oder über ein Quadratursignal vorgegeben werden.

Fehlerausgang (Open Collector)
Werksseitig als Fehlerausgang konfiguriert. Verwendbar auch als Digitaleingang, freier Schaltausgang, zur Drehzahlkontrolle oder Signalisierung einer erreichten Position.

Weitere Digitaleingänge
Zur Auswertung von Referenzschaltern.

Schnittstellen – Positionsgeber

Je nach Ausführung wird eine der aufgeführten Schnittstellen zum Postions- und Drehzahlgeber unterstützt.

Analoge Hallsignale
Drei um 120° versetzte analoge Hallsignale bei bürstenlosen DC-Motoren und linearen DC-Servomotoren.

Inkrementalencoder
Bei DC-Kleinstmotoren und als Zusatzgeber bei bürstenlosen DC-Motoren.

Motion Controller

Konfiguration, Vernetzung, Schnittstellen

Vernetzung

FAULHABER Motion Controller der Generation V2.5 stehen in zwei Vernetzungsvarianten zur Verfügung.

RS – Systeme mit RS232 Schnittstelle
Ideal für den Gerätebau und für alle Anwendungen, in denen der Controller auch ohne übergeordnete Steuerung eingesetzt werden soll. Die Bedienung erfolgt über einfache Kommandos. Über den Net-Mode können auch mehrere RS Controller an einer RS232 Schnittstelle betrieben werden.

CO – CANopen nach CiA 402
Die ideale Variante für den Betrieb eines FAULHABER Motion Controllers an einer SPS – direkt über das CANopen Interface oder über ein Gateway an z. B. Profibus/ProfiNET oder EtherCAT.

Schnittstellen – Busanbindung

Version mit RS232
Zur Ankopplung an einen PC mit einer Übertragungsrate von bis zu 115 kbaud. Über die RS232 Schnittstelle können auch mehrere Antriebe vernetzt an einer Steuerung betrieben werden. Auf Seiten des Steuerrechners sind dazu keine besonderen Vorkehrungen nötig. Die Schnittstelle bietet überdies die Möglichkeit, online Betriebsdaten und Werte abzufragen.

Für die Programmierung und Bedienung steht ein umfangreicher ASCII-Befehlssatz zur Verfügung. Dieser kann vom PC mit Hilfe der Software „FAULHABER Motion Manager“ oder über jeden anderen Steuerrechner vorgegeben werden.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, komplexe Abläufe aus diesen Befehlen zu erstellen und im Antrieb abzulegen. Einmal als Drehzahl- oder Positionsregler über den Analogeingang, als Schrittmotor oder elektronisches Getriebe programmiert, kann der Antrieb unabhängig von der RS232 Schnittstelle autonom betrieben werden.

Version mit CANopen CO
Für die optimale Integration in unterschiedlichste Anwendungen steht eine Controllervariante mit CANopen Schnittstelle zur Verfügung. CANopen eignet sich dabei ideal für die Vernetzung von Kleinstantrieben, da die Schnittstelle auch in kleine Elektroniken integriert werden kann. Über die Baugröße und die effizienten Kommunikationsverfahren stellt sie ein ideales Bindeglied bis in die Industrieautomatisierung dar.

Die Version CO stellt die Standardbetriebsarten nach CiA 402 zur Verfügung. Alle Parameter sind direkt im Objektverzeichnis abgelegt. Die Konfiguration kann daher sowohl über den FAULHABER Motion Manager als auch über Konfigurationstools aus der Automatisierungswelt erfolgen.

Die Version CO eignet sich besonders für Anwender, die schon unterschiedliche CANopen Geräte einsetzen oder die Motion Controller an einer SPS betreiben wollen. Über das dynamische PDO Mapping kann eine sehr effiziente Vernetzung am CAN erreicht werden.

Eigenschaften CO

	CO
NMT mit Node Guarding	•
Baudrate	Max. 1 Mbit, LSS
EMCY Objekt	•
SYNCH Objekt	•
Server SDO	1 x
PDOs	4 x Rx 4 x Tx mit je dynamischem Mapping
PDO ID	einstellbar
Konfiguration	Motion Manager ab V5
Trace	Jedes PDO
Standard Betriebsarten - Profile Position Mode - Profile Velocity Mode - Homing	•

Die Variante unterstützt das CANopen-Kommunikationsprofil nach CiA 301 V4.02. Die Einstellung von Übertragungsrate und Knoten-Nr. erfolgt über das Netzwerk gemäß des LSS-Protokolls nach CiA 305 V1.11.

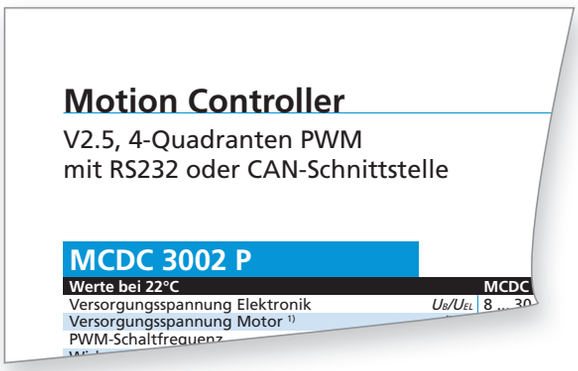
Wir empfehlen dazu die Verwendung des FAULHABER Motion Managers in seiner jeweils neusten Version.

Hinweis

Gerätehandbücher zur Installation und Inbetriebnahme, Kommunikations- und Funktionshandbücher sowie die Software „FAULHABER Motion Manager“ sind auf Anfrage oder im Internet unter www.faulhaber.com erhältlich.

Motion Controller

Konfiguration, Vernetzung, Schnittstellen



Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Datenblattwerte der Motion Controller der Generation V2.5 werden bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet. Die Motion Controller verfügen in der Standardausführung über keine getrennten Versorgungseingänge für Motor und Elektronik, können aber optional (über 3. Eingang) damit ausgestattet werden.

Versorgungsspannung Elektronik U_B / U_{EL} [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für die Steuerelektronik.

Versorgungsspannung Motor -- / U_B [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung des angeschlossenen Motors.

PWM-Schaltfrequenz f_{PWM} [kHz]
Die Pulsweitenmodulation beschreibt den Wechsel der elektrischen Spannung zwischen zwei Werten. Die an die MC angeschlossenen Motoren weisen eine niedrige elektrische Zeitkonstante auf. Um die PWM bedingten Verluste niedrig zu halten, ist eine hohe Schaltfrequenz notwendig.

Wirkungsgrad Elektronik η [%]
Verhältnis zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung der Steuerelektronik.

Max. Dauerausgangsstrom I_{cont} [A]
Beschreibt den Strom, den der Controller bei 22 °C Umgebungstemperatur ohne zusätzliche Kühlung dauerhaft an den angeschlossenen Motor liefern kann.

Max. Spitzenausgangsstrom $I_{max.}$ [A]
Beschreibt den Strom, den der Controller bei S2-Betrieb (Kaltstart ohne zusätzliche Kühlung) bei Nennbedingungen unter konstanter Last für die im Datenblatt angegebene Zeit erreichen kann, ohne das thermische Limit zu überschreiten. Je nach Baugröße und Ausführung gilt für das Verhältnis des Spitzenstroms zum Dauerstrom eine Erhöhung des Wertes um bis zu Faktor drei.

Stromaufnahme der Elektronik I_{el} [A]
Beschreibt die zusätzliche Stromaufnahme der Regelelektronik.

Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Betriebstemperatur unter Nennbedingungen wieder.

Gehäusematerial
Gehäusematerialien und ggf. die Oberflächenbehandlung.

Masse [g]
Die typische Masse des Standard Controllers kann durch unterschiedliche Bestückung innerhalb der einzelnen Schnittstellenvarianten voneinander abweichen.

Hinweis

Drehzahlbereich
Die in Kombination mit einem Motor erreichbare Drehzahl hängt von der verfügbaren Spannung, dem jeweiligen Motortyp und der maximalen Verarbeitungsgeschwindigkeit des gewählten Motion Controller ab.

Der maximale Drehzahlbereich bezieht sich auf Motoren mit einem Polpaar. Bei Motoren mit höheren Polpaarzahlen reduziert sich der Drehzahlbereich entsprechend.

$$\text{Maximale Drehzahl} = \frac{\text{Maximale Drehzahl bei Polpaarzahl 1}}{\text{Anzahl der Polpaare des angeschlossenen Motors}}$$

Motion Controller

Technische Informationen

Funktion

FAULHABER Motion Controller der Generation V3.0 sind hoch dynamische, optimal abgestimmte Positioniersteuerungen zur Kombination mit DC-Kleinstmotoren sowie BL- und LM- DC-Servomotoren aus dem FAULHABER Motorprogramm. Der Motortyp kann bei der Inbetriebnahme über den FAULHABER Motion Manager ab Version 6.0 konfiguriert werden.

Neben dem Einsatz als Servoantrieb mit geregelter Position können auch die Geschwindigkeit oder der Strom geregelt werden. Die Istwerte für Geschwindigkeit und Position können dabei über eine Vielzahl von unterstützten Gebersystemen ermittelt werden. End- und Referenzschalter können direkt angeschlossen werden.

Die Sollwerte für die Regelung können über die Kommunikationsschnittstelle, über die analogen bzw. einen PWM-Eingang vorgegeben werden oder aus intern hinterlegten Ablaufprogrammen stammen.

Als Kommunikationsschnittstellen werden je nach Gerät USB und RS232, CANopen und optional EtherCAT unterstützt. Dabei stehen alle Funktionen des Antriebs uneingeschränkt über alle Schnittstellen zur Verfügung.

Produktkennzeichnung

MC	Motion Controller
50	Max. Versorgungsspannung (50 V)
05	Max. Dauerausgangsstrom (5 A)
S	Gehäuse mit Steckanschlüssen
RS	RS232 Schnittstelle

MC 50 05 S RS

Motion Controller

Technische Informationen

FAULHABER Motion Controller der Generation V3.0 sind in vier Baugrößen und vier Leistungsklassen verfügbar:

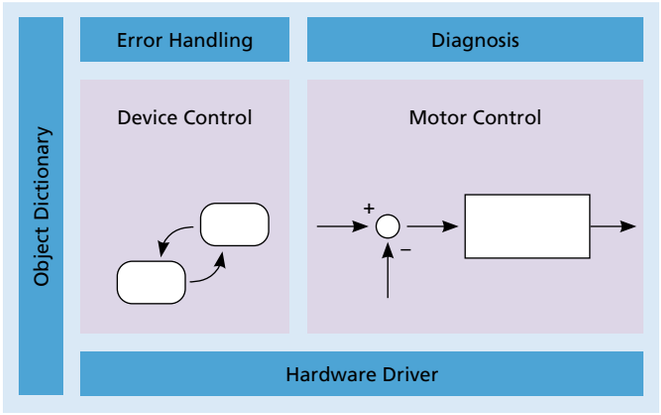
- **MC 3001** – mit einem Dauerstrom bis zu 1,4 A, kann direkt in ein Motherboard eingesteckt werden und ist optimiert für die Kombinatorik mit Motoren aus dem unteren Leistungsbereich des Produktportfolios.
- **MC 5004** – mit einem Dauerstrom bis zu 4 A, kann direkt in ein Motherboard eingesteckt werden und bietet die meisten I/Os
- **MC 5005** – mit einem Dauerstrom bis zu 5 A als idealer Partner für die meisten Motoren aus dem FAULHABER Programm
- **MC 5010** – mit einem Dauerstrom bis zu 10 A auch für Anwendungen mit einem höheren Leistungsbedarf. Insbesondere geeignet zur Kombination mit den hoch dynamischen BL-Motoren.

Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig: Von der Laborautomation über den industriellen Gerätebau, die Automatisierungstechnik und Robotik bis hin zur Luftfahrt.

Der Anschluss an die Motoren erfolgt über vorkonfektionierte Stecker oder Verlängerungsleitungen, die für alle unterstützten Motoren als Option bzw. als Zubehör verfügbar sind.

Nutzen und Vorteile

- Ein Controller für alle Motortypen und Gebertypen
- Sehr dynamische Regelung
- Ideal angepasst an FAULHABER DC-, BL- und LM-Motoren
- Vielfältige Soll- und Istwertschnittstellen
- Stand-Alone Betrieb in allen Varianten möglich
- Anschluss über einfaches Steckerkonzept
- Schnelle Rückmeldung durch Zustands-LEDs
- Inbetriebnahme mit dem kostenlosen FAULHABER Motion Manager ab V6.0
- Umfangreiches Montagezubehör erhältlich



Betriebsarten

Motorregelung
Über die Reglerkaskade können Strom, Geschwindigkeit und Position des Antriebs geregelt werden. Durch die optionalen Vorsteuerpfade können auch schnellste Bewegungen sicher reproduzierbar geregelt werden. Einstellbare Filter erlauben die Anpassung an unterschiedlichste Geber und Lasten.

Bewegungsprofile
Beschleunigungs- und Bremsrampe sowie die Maximalgeschwindigkeit können im Geschwindigkeits- und im Positionierbetrieb in den Betriebsarten Profile Position Mode (PP) und Profile Velocity Mode (PV) vorgegeben werden.

Autonomer Betrieb
Bis zu 8 in BASIC erstellte Ablaufprogramme können direkt auf dem Controller gespeichert und ausgeführt werden. Eines davon kann aus der Autostart-Anwendung konfiguriert werden. Ein Zugriffsschutz kann aktiviert werden.

Schutz- und Diagnosefunktionen
FAULHABER Motion Controller der Generation V3.0 schützen Motor und Elektronik durch thermische Modelle vor Überlast. Die Versorgungsspannung wird überwacht und kann auch im rückspeisenden Betrieb begrenzt werden. Damit werden externe Geräte vor Überspannungen aus dem dynamischen Betrieb geschützt.

Profile Position Mode (PP) / Profile Velocity Mode (PV)
Für Anwendungen, in denen dem Regler lediglich das Ziel der Bewegung vorgegeben wird. Die Beschleunigungs- und Bremsrampe sowie eine eventuelle Maximalgeschwindigkeit werden über den integrierten Profilgenerator berücksichtigt. Profilbasierte Bewegungen eignen sich daher zur Kombination mit Standard-Vernetzungen wie RS232 oder CANopen.

Cyclic Synchronous Position (CSP) / Cyclic Synchronous Velocity (CSV) / Cyclic Synchronous Torque (CST)
Für Anwendungen, in denen eine übergeordnete Steuerung die Bahnplanung auch für mehrere Achsen synchronisiert übernimmt. Die Sollwerte für Position, Geschwindigkeit und Strom werden laufend aktualisiert. Übliche Aktualisierungsraten liegen im Bereich weniger Millisekunden. Cyclic Modes eignen sich daher primär zur Kombination mit EtherCAT. Auch CANopen kann verwendet werden.

Analog Position Control (APC) / Analog Velocity Control (AVC) / Analog Torque Control (ATC)
Für Anwendungen, in denen die Sollwerte der Regelung analog oder z.B. über einen direkt angeschlossenen Referenzencoder vorgegeben werden. Diese Betriebsarten eignen sich daher insbesondere für den Stand-Alone Betrieb ohne übergeordneten Master.

Spannungssteller (Voltmode)
Im Spannungssteller ist lediglich ein Strombegrenzungsregler im Einsatz. Alle Regelschleifen werden von einem übergeordneten System geschlossen. Die Sollwertvorgabe kann über das Kommunikationssystem oder über einen analogen Eingang erfolgen.

Schnittstellen – Diskrete I/O
Drei bis acht digitale Eingänge zum Anschluss von End- und Referenzschaltern oder zum Anschluss eines Referenzencoders. Die Logikpegel sind umschaltbar.

Zwei analoge Eingänge (±10V), die frei verwendbar als Soll- oder Istwert zur Verfügung stehen.

Zwei bis drei digitale Ausgänge, die frei verwendbar als Fehlerausgang, zur direkten Ansteuerung einer Haltebremse oder als flexibler Diagnoseausgang zur Verfügung stehen.

Schnittstellen – Positionsgeber
FAULHABER Motion Controller der Generation V3.0 unterstützen alle an Kleinstmotoren übliche Gebersysteme für Position und Geschwindigkeit wie analoge oder digitale Hallsignale, Inkrementalgeber mit und ohne Linedriver oder protokollbasierte AES oder SSI Encoder.

Optionen

Alle Controller mit Ausnahme der Baureihe MC 3001 können ab Werk optional mit einer EtherCAT Schnittstelle ausgestattet werden.

Für hoch dynamische Anwendungen kann der Einsatz eines Brems-Choppers zum Abbau von rückgespeister Energie sinnvoll sein.

Vernetzung

RS – Systeme mit RS232 Schnittstelle
Ideal für den Gerätebau und für alle Anwendungen, in denen der Motion Controller an einem Embedded Steuergerät betrieben werden soll. Über den Net-Mode können auch mehrere RS Controller an einer RS232 Schnittstelle betrieben werden. Die Übertragungsrate kann zwischen 9600 Baud und 115 kBaud liegen.

CO – CANopen nach CiA 402
Die ideale Variante für den Betrieb eines FAULHABER Motion Controllers an einer SPS – direkt über das CANopen Interface oder über ein Gateway an z. B. Profibus/ ProfiNET oder auch an EtherCAT. Dynamisches PDO Mapping sowie Node-Guarding oder Heatbeat werden unterstützt. Übliche Aktualisierungsraten für Soll- und Istwerte liegen hier ab 10 ms.

ET – EtherCAT
Motion Controller mit direkter EtherCAT Schnittstelle. Die Controller werden über CoE über das CiA 402 Servodrive Profile angesprochen. Ideal in Kombination mit einer leistungsfähigen Industriesteuerung, die auch die Bahnplanung und Interpolation der Bewegung für mehrere Achsen übernimmt. Aktualisierungsraten für Soll- und Istwerte ab 0,5 ms werden unterstützt.

Schnittstellen – Busanbindung

Konfiguration
Alle Motion Controller der Generation V3.0 verfügen über eine USB-Schnittstelle. Diese ist primär als Konfigurationsschnittstelle vorgesehen. Über USB zu RS232 Wandler oder USB zu CAN Wandler können die Antriebe alternativ ebenso uneingeschränkt konfiguriert werden.

Alle beschriebenen Betriebsarten und Funktionen stehen unabhängig von der verwendeten Kommunikationsschnittstelle zur Verfügung.

Die Schnittstellen können auch parallel verwendet werden, so kann ein Antrieb über die CANopen oder EtherCAT Schnittstelle in ein industrielles Netzwerk eingebunden sein, während über die USB-Schnittstelle über die Trace-Funktion eine Diagnose ausgewertet wird.

Motion Controller

Technische Informationen

Allgemeine Angaben

Systembeschreibung

Die Produkte der Baureihen MC 3001, MC 5004, MC 5005 und MC 5010 sind gehäuste und ungehäuste Varianten der FAULHABER Motion Controller und steuern wahlweise DC-, LM- oder BL-Motoren an. Die Konfiguration der Motion Controller erfolgt dabei über den FAULHABER Motion Manager.

Über die CANopen- oder EtherCAT-Feldbusschnittstelle können die Antriebe im Netzwerk betrieben werden. In kleineren Aufbauten kann eine Vernetzung auch über die RS232-Schnittstelle erfolgen.

Der Motion Controller arbeitet im Netzwerk prinzipiell als Slave, eine Masterfunktionalität zur Ansteuerung weiterer Achsen ist nicht gegeben.

Alternativ können die Controller nach der Grundinbetriebnahme über den Motion Manager auch ohne Kommunikationsschnittstelle betrieben werden.

Die Controller der Baureihe MC 3001 können wahlweise über Board to Board Stecker oder Pinleisten auf diverse Motherboards je nach genutzter Feedbackkomponente aufgesteckt werden.

Die Controller der Baureihe MC 5004 können über die 50-Pin-Steckerleiste auf ein Motherboard aufgesteckt werden.

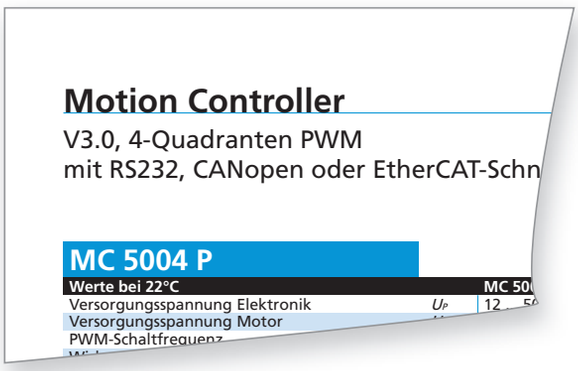
Hierfür bietet FAULHABER im Standardprogramm unterschiedliche Motherboards von ein bis zu vier Achsen an.

Die Controller der Baureihen MC 5005 und MC 5010 werden über die Montagebohrungen auf einer ebenen Grundplatte befestigt. Mit optionalem Zubehör ist auch die Montage an einer Hutschiene möglich.

Modifikationen und Zubehör

FAULHABER ist auf die Anpassung seiner Standardprodukte für kundenspezifische Anwendungen spezialisiert. Folgende Standardoptionen und Zubehörteile sind für FAULHABER Motion Controller MC V3.0 verfügbar:

- Anschlussleitungen für Versorgungs- und Motorseite
- Adaptersets für Encoder
- Steckersets
- Motherboards MC 3001 / MC 5004
- Programmieradapter
- Starterkits
- Kundenspezifische Motherboards, Sonderparametrierung und Firmware



Erläuterungen zu den Datenblättern

Die folgenden Datenblattwerte der Motion Controller werden bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C gemessen bzw. berechnet.

Motion Controller der Generation V3.0 verfügen, bei gleichem Masseanschluss, generell über getrennte Versorgungseingänge für Motor und Elektronik, die bei Bedarf auch als gemeinsame Versorgung genutzt werden können.

Versorgungsspannung Elektronik U_P [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung für die Steuerelektronik.

Versorgungsspannung Motor U_{mot} [V DC]
Beschreibt den Bereich der zulässigen Versorgungsspannung der an die MC angeschlossenen Motoren.

PWM-Schaltfrequenz f_{PWM} [kHz]
Die Pulsweitenmodulation beschreibt den Wechsel der elektrischen Spannung zwischen zwei Werten. Glockenankermotoren weisen eine niedrige elektrische Zeitkonstante auf. Um die PWM bedingten Verluste niedrig zu halten, ist eine hohe Schaltfrequenz notwendig. In der Generation V3.0 liegt diese fest bei 100 kHz. Durch die Art der Pulsmustererzeugung (center aligned) ist die am Motor wirksame Schaltfrequenz doppelt so hoch.

Wirkungsgrad Elektronik η [%]
Verhältnis zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung der Steuerelektronik.

Max. Dauerausgangsstrom I_{cont} [A]
Beschreibt den Strom, den der Controller bei 22 °C Umgebungstemperatur ohne zusätzliche Kühlung dauerhaft an den angeschlossenen Motor liefern kann.

Max. Spitzenausgangsstrom $I_{max.}$ [A]
Beschreibt den Strom, den der Controller bei S2-Betrieb (Kaltstart ohne zusätzliche Kühlung) bei Nennbedingungen unter konstanter Last für die im Datenblatt angegebene Zeit erreichen kann, ohne das thermische Limit zu überschreiten. Falls nicht abweichend definiert, gilt für den Wert des Spitzenstroms der Faktor drei im Verhältnis zum Dauerstrom.

Stromaufnahme der Elektronik I_{el} [A]
Beschreibt die zusätzliche Stromaufnahme der Regelelektronik.

Betriebstemperaturbereich [°C]
Gibt die minimale und maximale Betriebstemperatur unter Nennbedingungen wieder.

Masse [g]
Die typische Masse des Standard Controllers kann durch unterschiedliche Bestückung innerhalb der einzelnen Schnittstellenvarianten voneinander abweichen.

Hinweis

Drehzahlbereich
Die in Kombination mit einem Motor erreichbare Drehzahl hängt von der verfügbaren Spannung, dem jeweiligen Motortyp und der maximalen Verarbeitungsgeschwindigkeit des gewählten Motion Controller ab.

Der maximale Drehzahlbereich bezieht sich auf Motoren mit einem Polpaar. Bei Motoren mit höheren Polpaarzahlen reduziert sich der Drehzahlbereich entsprechend.

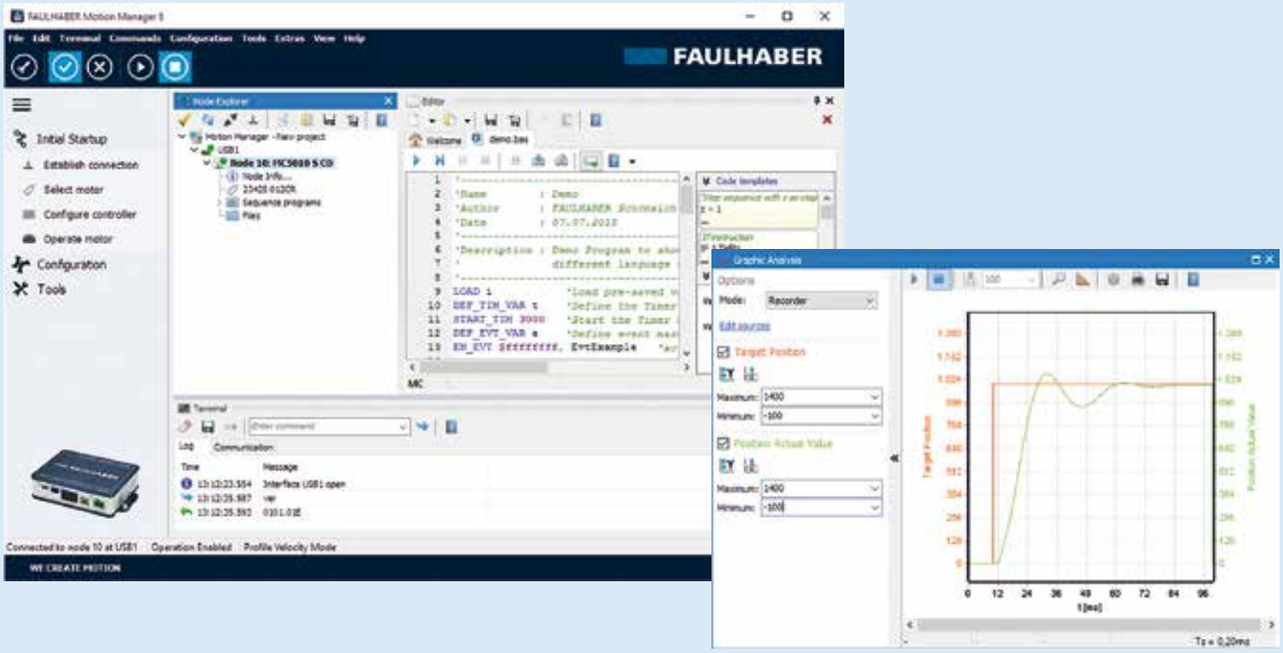
$$\text{Maximale Drehzahl} = \frac{\text{Maximale Drehzahl bei Polpaarzahl 1}}{\text{Anzahl der Polpaare des angeschlossenen Motors}}$$

Handbücher / Software

Gerätehandbücher zur Installation und Inbetriebnahme, Kommunikations- und Funktionshandbücher sowie die Software „FAULHABER Motion Manager“ sind auf Anfrage oder im Internet unter www.faulhaber.com erhältlich.

Motion Controller

Software



FAULHABER Motion Manager

Zur Inbetriebnahme und Konfiguration von Antriebssystemen mit Motion- und Speed Controllern steht die leistungsstarke Software „FAULHABER Motion Manager“ zur Verfügung.

Vom Motion Manager generell unterstützt werden die Schnittstellen RS232, USB und CANopen. Je nach angeschlossenem Gerät kann jedoch der Einsatz eines Schnittstellenadapters erforderlich werden, z.B. bei Parametrierung eines Motion Control Systems über USB.

Die grafische Benutzeroberfläche ermöglicht eine einheitliche und intuitive Vorgehensweise, unabhängig von der Gerätefamilie und der verwendeten Schnittstelle.

Unterstützte Schnittstellen	Motion Controller Motion Control Systems	Speed Controller Speed Control Systems
RS232	•	•
USB	•	•
CANopen	•	

Folgende Eigenschaften zeichnen die Software aus:

- Inbetriebnahme-Unterstützung durch Assistenten
- Zugriff auf angeschlossene Geräte über Node-Explorer
- Konfiguration von Antriebsfunktionen und Reglerparametern über komfortable, auf die jeweilige Gerätefamilie abgestimmte Dialoge
- Kontextsensitive Online-Hilfe
- Nur bei Motion Controllern:
  - Grafische Analyse-Werkzeuge für Antriebsverhalten und Reglereinstellung
  - Makro-Funktion zur Ausführung von Befehlssequenzen
  - Entwicklungsumgebung für Ablaufprogramme und Visual Basic Script Programme

Neuerungen im Motion Manager 6:

- Komplett überarbeitete Benutzeroberfläche mit Fenster-Docking-Funktion
- Node-Explorer mit integrierter Projektverwaltung
- Unterstützung für Motion Controller der Familie MC V3.0
  - Reglerkonfiguration mit Streckenidentifikation
  - Erweiterte grafische Analysemöglichkeiten
  - Weitere Werkzeuge für Bedienung und Regler-Tuning

Der „FAULHABER Motion Manager“ für Microsoft Windows kann unter www.faulhaber.com kostenlos heruntergeladen werden.

Inbetriebnahme und Konfiguration

Mit dem FAULHABER Motion Manager kann komfortabel auf Einstellungen und Parameter der angeschlossenen Steuerung zugegriffen werden.

Die Inbetriebnahme einer Steuerung wird durch Assistenten unterstützt. An den ausgewählten Schnittstellen erkannte Antriebseinheiten werden im Geräte-Explorer angezeigt.

Die aktuellen Schnittstellen- und Anzeigeeinstellungen können in Projektdateien gespeichert werden.

Ablaufprogramme zur Speicherung und Ausführung auf den Geräten können erstellt, bearbeitet, übertragen und ausgeführt werden. Möglichkeiten zur Fehlererkennung und Überwachung des Programmablaufs stehen ebenfalls zur Verfügung.

Die Bedienung einer Steuerung und die Ausführung von Fahraufträgen erfolgen über:

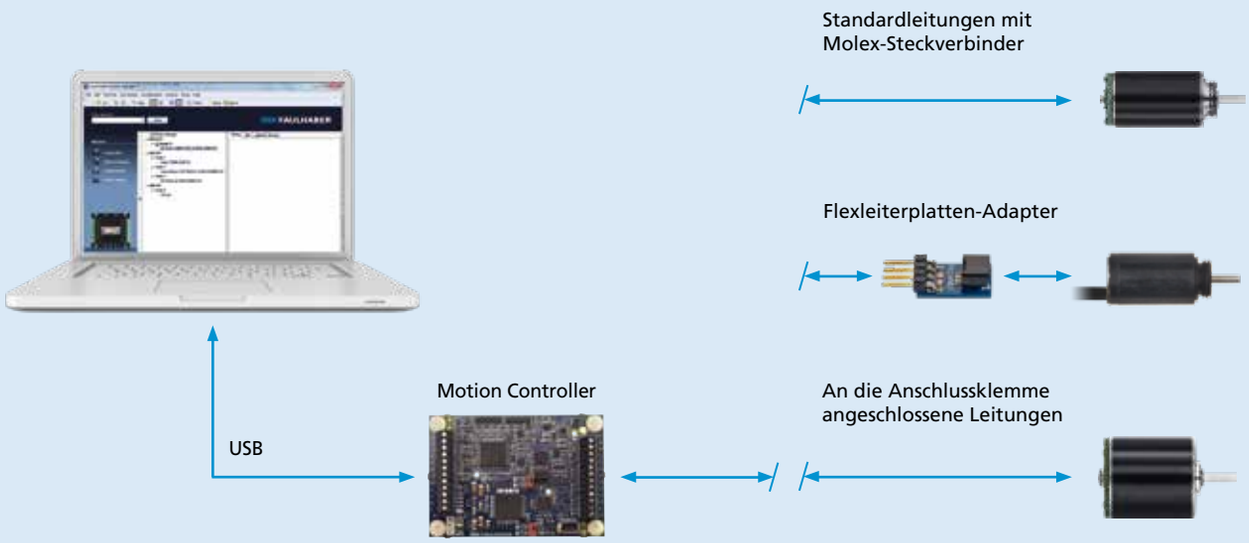
- Grafische Bedienelemente
- Befehlseingaben
- Makro-Funktionen
- Programmierung von Abläufen über Visual Basic Script (VBScript)

Über eine grafische Analysefunktion können Steuerungsparameter wie Soll- und Istwerte im Logger oder Recorder Mode aufgezeichnet werden. Zur Einstellung und Optimierung von Reglerparametern stehen weitere Werkzeuge zur Verfügung.

Motion Controller für Schrittmotoren

Technische Informationen

Anschlussmöglichkeiten



Merkmale

FAULHABER-Motion Controller für Schrittmotoren sind sehr dynamische Positionierungssysteme, die speziell auf die Anforderungen von Anwendungen mit Mikro-Schrittmotoren abgestimmt sind.

Diese Controller können nicht nur alle Schrittmotoren von FAULHABER ansteuern, sondern auch die Positionierung von drei Achsen verwalten (hierfür sind 2 weitere Boards erforderlich). Zu den zahlreichen Leistungsmerkmalen dieser Controller gehören Funktionen zur Referenzsuche und zum Encoder-Management.

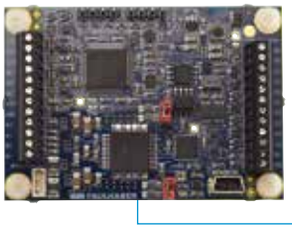
Ebenfalls enthalten ist eine komplette integrierte Entwicklungsumgebung (IDE), in welcher der Anwender die gesamte Palette von Funktionalitäten über eine umfassende und bedienerfreundliche Oberfläche nutzen kann.

Die integrierten Systeme benötigen weniger Platz und machen die Installation durch ihren geringeren Verdrahtungsaufwand wesentlich einfacher.

Vorteile

- Vollständig per Software programmierbar (grafische Benutzeroberfläche)
- USB-Schnittstelle
- 9V…36VDC / 50mA bis 1,1A
- Mikroschrittbetrieb bis 1/256
- 4 GPI und 7 GPO
- Als reine Schritt-/Richtungssteuerung einsetzbar
- Referenzeingang (für Homing-Funktionen)
- Kompatibel mit LabView
- Leiterplattengröße: 68mm x 47,5mm

Produktkennzeichnung



MC	Motion Controller
ST	Schrittmotor
36	Max. Betriebsspannung (36V)
01	Max. Dauerausgangsstrom (1A)

MC ST 36 01

Haupteigenschaften

Motion Controller

- Berechnung von Bewegungsprofilen in Echtzeit
- Unmittelbare Änderung von Motorparametern (z.B. Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung)
- Hochleistungs-Mikrocontroller für Steuerungen des Gesamtsystems und zum Handling von seriellen Kommunikationsprotokollen

Bipolare Schrittmotor-Steuerung

- Bis zu 256 Mikroschritte pro Vollschritt
- Hocheffizienter Betrieb, niedrige Verlustleistung
- Dynamische Stromregelung
- Integrierte Schutzfunktion

Software

- TMCL™: Stand-alone-Betrieb oder ferngesteuerter Betrieb
- PC-basierte Anwendungs-Entwicklungssoftware TMCL™ – Integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) kostenlos erhältlich.

Betriebsarten

Stand-alone-Modus
Ein Programm wird in den Speicher auf dem Controller-Board geladen und beim Einschalten des Systems gestartet. Die Software ist in der Lage, auf externe Impulse z.B. von digitalen Ein- und Ausgängen, Encodern, Sensoren usw. zu reagieren. Dem Programmierer steht neben der Standard-Prozessorbefehlsliste auch eine komplette Liste von Steuerfunktionen für die Motorpositionierung zur Verfügung.

Direktmodus
Mit IDE-„Direktmodus"-Funktionen kann der Anwender Befehle über die USB-Verbindung nacheinander an das Board senden. Statusinformationen und Positions- bzw. Geschwindigkeitswerte können vom Anwender in Echtzeit über die dafür vorgesehene grafische Bedienoberfläche (GUI) gelesen werden.

Remote-Software
Der Controller kann im Fernzugriff über eine USB-Verbindung von einer beliebigen vom Anwender entwickelten Software gesteuert werden. Es stehen Labview- und C++-Bibliotheken zur Verfügung, die mit dem Controller verwendet werden können.

Spezialfunktionen

Geschwindigkeitsprofile
Motorbewegungen werden unter Verwendung von benutzerdefinierten Geschwindigkeitsprofilen bewerkstelligt. Letztere können unter Verwendung einer kompletten Parameter-Berechnungs-Oberfläche eingerichtet werden, die den Anwender dabei unterstützt, die am besten geeigneten Geschwindigkeitswerte zu finden.

StallGuard™
Die Stillstandserkennungsfunktion ermöglicht es dem Controller, auf eventuelle Schrittverluste zu reagieren, und kann außerdem zum Erkennen von harten Motoranschlägen verwendet werden.

CoolStep™
Der zum Motor fließende Strom wird bei Lastschwankungen automatisch angepasst. Diese Funktion ermöglicht das Verringern der Leistungsaufnahme des Gesamtsystems.

Homing
Die Referenzsuche kann vom Controller beim Starten automatisch ausgeführt werden. Der Anwender kann vorgeben, auf welche Weise dieser Vorgang ausgeführt werden soll (Richtung, Schalternummer, Herkunftsort usw.).

Schnittstellen

- USB-Geräteschnittstelle (On-Board Mini-USB-Steckverbinder)
- 6 Open-Drain-Ausgänge (mit 24V kompatibel)
- REF_L-/ REF_R-/ HOME-Schaltereingänge (mit 24V kompatibel, mit programmierbaren Pull-ups)
- 1 S/D-Eingang („Step-and-Direction"-Eingang) für den On-Board-Treiber (der On-Board Motion Controller kann deaktiviert werden)
- 2 „Step-and-Direction"-Ausgänge für zwei separate externe Treiber (zusätzlich zum On-Board-Treiber)
- 1 Encoder-Eingang für a/b/n-Inkremental-Encoder
- 3 Universal-Digitaleingänge (mit 24V kompatibel)
- 1 Analogeingang (0 … 10V)

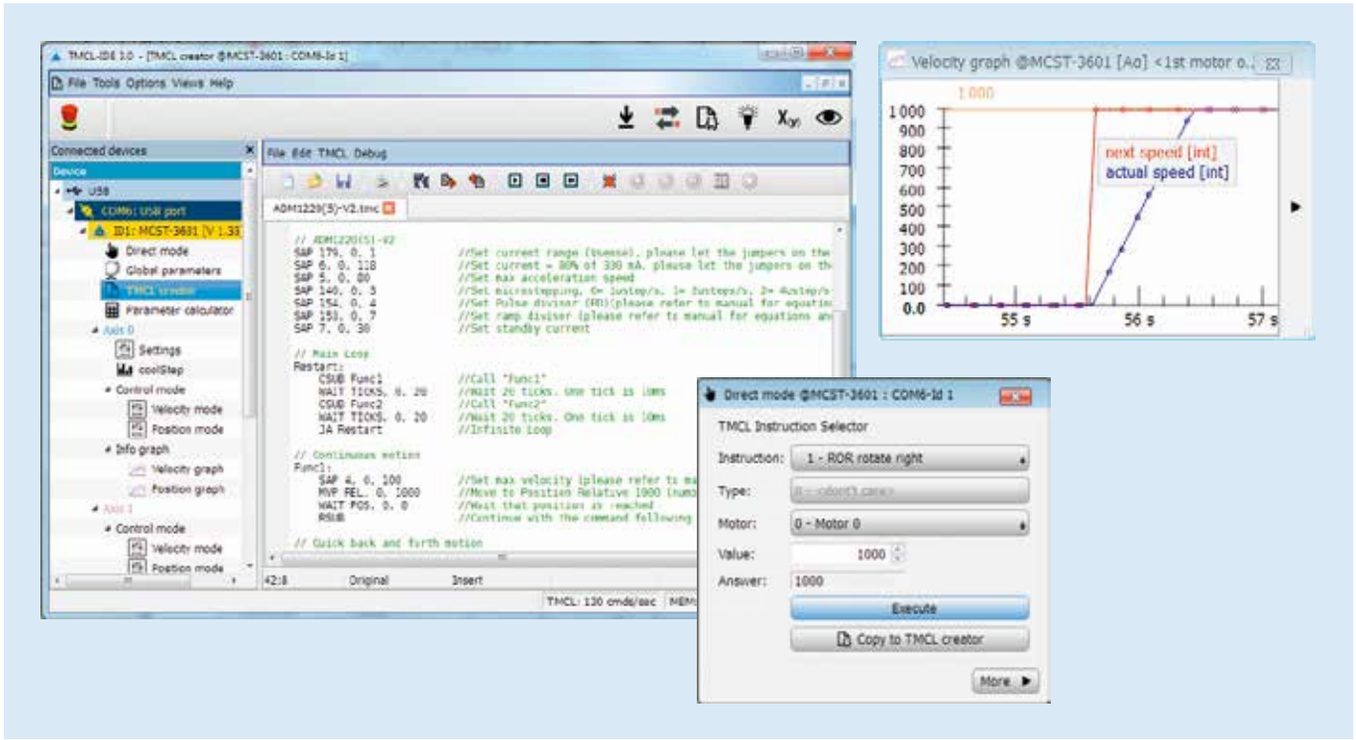
Bitte beachten: Da Anschluss-Pins mehrfach genutzt werden, sind nicht alle Funktionen gleichzeitig verfügbar.

Bemerkungen

Gerätehandbücher für die Installation und Inbetriebnahme, Kommunikations- und Funktionshandbücher sowie die Software „TMCL™ – IDE" sind auf Anfrage und im Internet unter www.faulhaber.com erhältlich.

Motion Controller für Schrittmotoren

Software



TMCL™ – IDE

Die Hochleistungs-Softwarelösung „TMCL™ – IDE" ermöglicht dem Anwender das Steuern und Konfigurieren des Schrittmotor-Controllers über die USB-Schnittstelle.

Die Software „TMCL™ – IDE" und zahlreiche Programmbeispiele stehen zum kostenlosen Download unter www.faulhaber.com zur Verfügung.

Inbetriebnahme und Konfiguration

Treiber und Bibliotheken werden zusammen mit der Software TMCL™-IDE automatisch installiert. Ein angeschlossener Controller wird von der Software sofort erkannt. Die grafische Bedienoberfläche kann zum Auslesen, Ändern und erneuten Laden von Konfigurationen verwendet werden. Einzelne Befehle oder komplette Parametersätze und Programmabläufe können eingegeben und zum Controller übertragen werden.

Der Betrieb von Antrieben wird von mehreren Assistenten ebenfalls unterstützt, die dem Anwender beim einfachen Einrichten aller Parameter helfen.

Schnellstart-, Hardware- und komplette Firmware-Benutzerhandbücher stehen dem Anwender unter www.faulhaber.com ebenfalls zum kostenlosen Download zur Verfügung. Bitte schlagen Sie vor der erstmaligen Verwendung im Schnellstart-Handbuch nach.

FAULHABER

Mehr Informationen

faulhaber.com

faulhaber.com/facebook

faulhaber.com/youtubeDE

faulhaber.com/linkedin

faulhaber.com/instagram

DFF_TI_03-2022_DE

FAULHABER GROUP