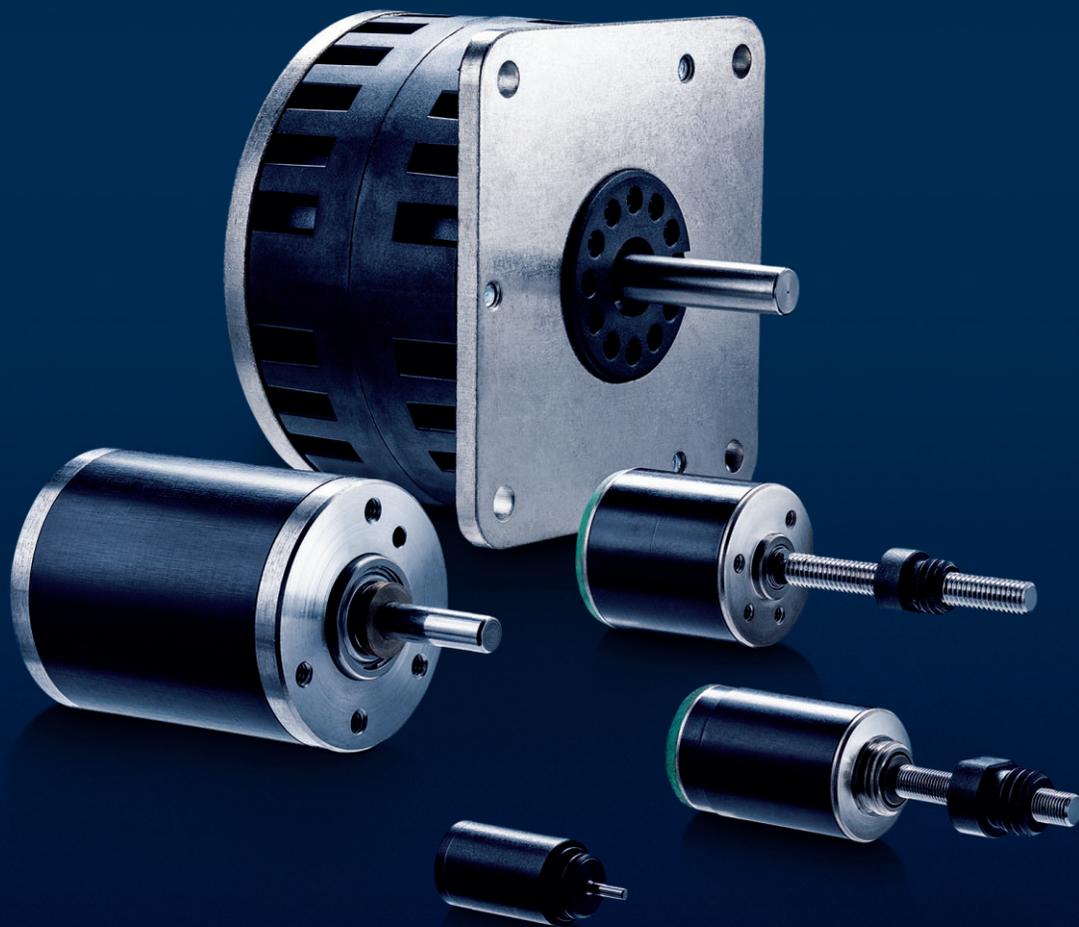


Schrittmotoren

Technische Informationen



Schrittmotoren

Technische Informationen

Schrittmotoren	
Zwei Phasen, mit Scheibenmagnet, 20 Schritte pro Umdrehung	
Serie DM0620	
Werte bei 20°C	DM0620
Nennstrom pro Phase (2 Phasen bestromt)	
Booststrom pro Phase (2 Phasen bestromt)	
Nennspannung pro Phase (2 Phasen bestromt)	
Phasenwiderstand	
Induktivität pro Phase (1kHz)	
Haltemoment (2 Phasen bestromt)	

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 Batteriebensdauer 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 zwischen 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 eingeschwingenen Zustand entspricht.

Betriebstemperaturbereich [°C]

Der Temperaturbereich innerhalb dessen der Motor betrieben werden kann.

Schrittmotoren

Technische Informationen

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 $\sim 200\mu\text{m}$ 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:

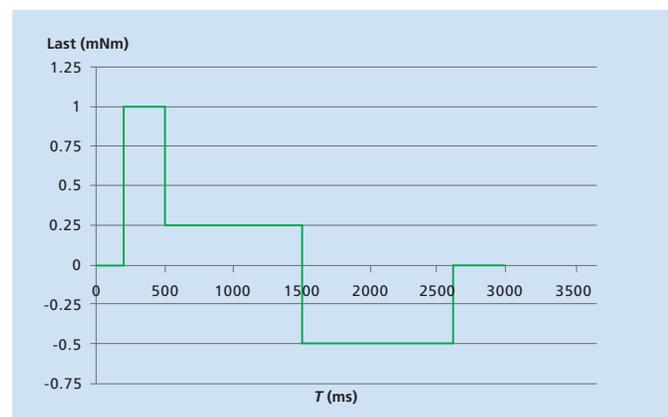
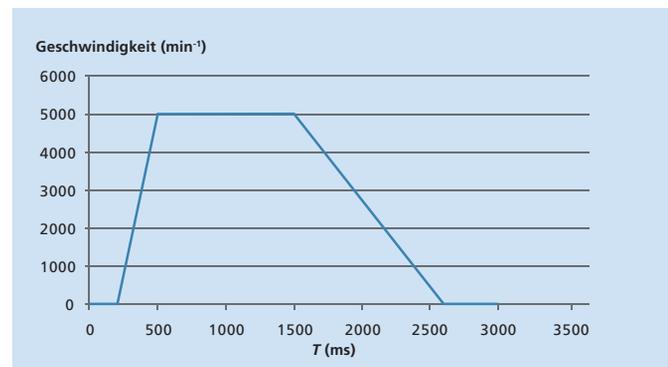
- Bewegungsprofil
- Reibmoment und Massenträgheit
- Erforderliche Auflösung
- Verfügbarer Platz
- Verfügbare Versorgungsspannung

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.



Schrittmotoren

Technische Informationen

2. Überprüfung des Motorbetriebs.

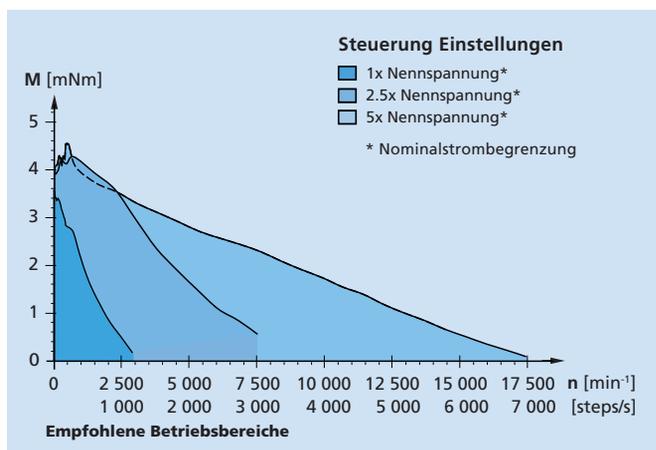
In diesem Anwendungsfall befindet sich der Punkt mit dem höchsten Drehmoment/Drehzahl-Verhältnis am Ende der Beschleunigungsphase. Die maximale Drehzahl ist dann $n = 5000 \text{ min}^{-1}$, und das Drehmoment beträgt $M = 1 \text{ mNm}$.

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

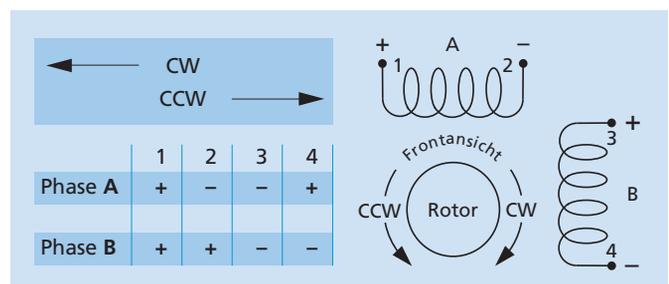
Jeder Schrittmotor besitzt eine Resonanzfrequenz. Diese liegt typisch unter 100 Hz. Wird der Schrittmotor bei dieser Frequenz betrieben, kommt es zu unkontrollierten Störungen der Drehzahl und Drehrichtung und zu Drehmomentverlusten. Wenn die Anwendung also eine Drehzahl verlangt, die bei oder unter 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.



Schrittmotoren

Technische Informationen

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:

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

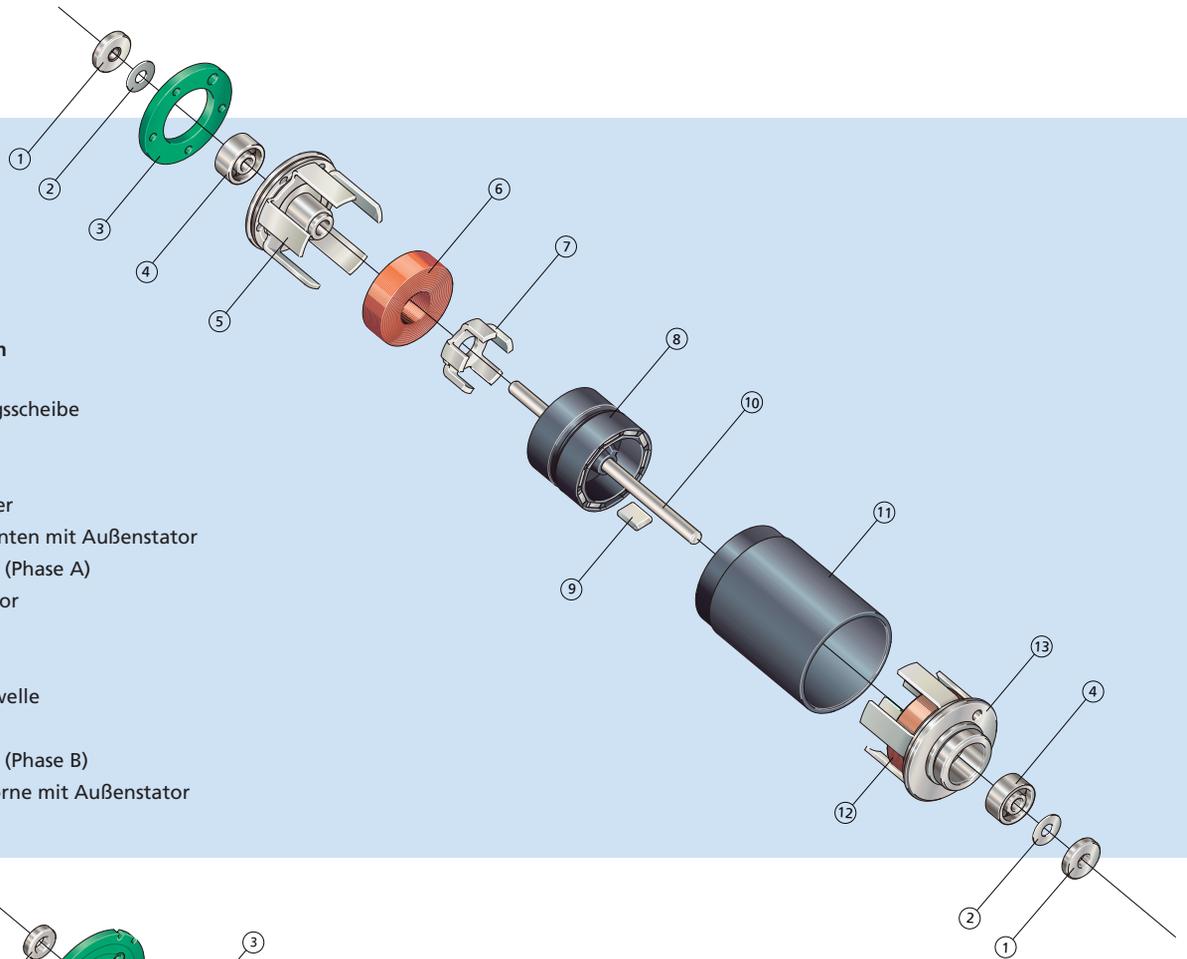
$$M_B = k \cdot I_B = k \cdot I_o \cdot \sin \varphi$$

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.

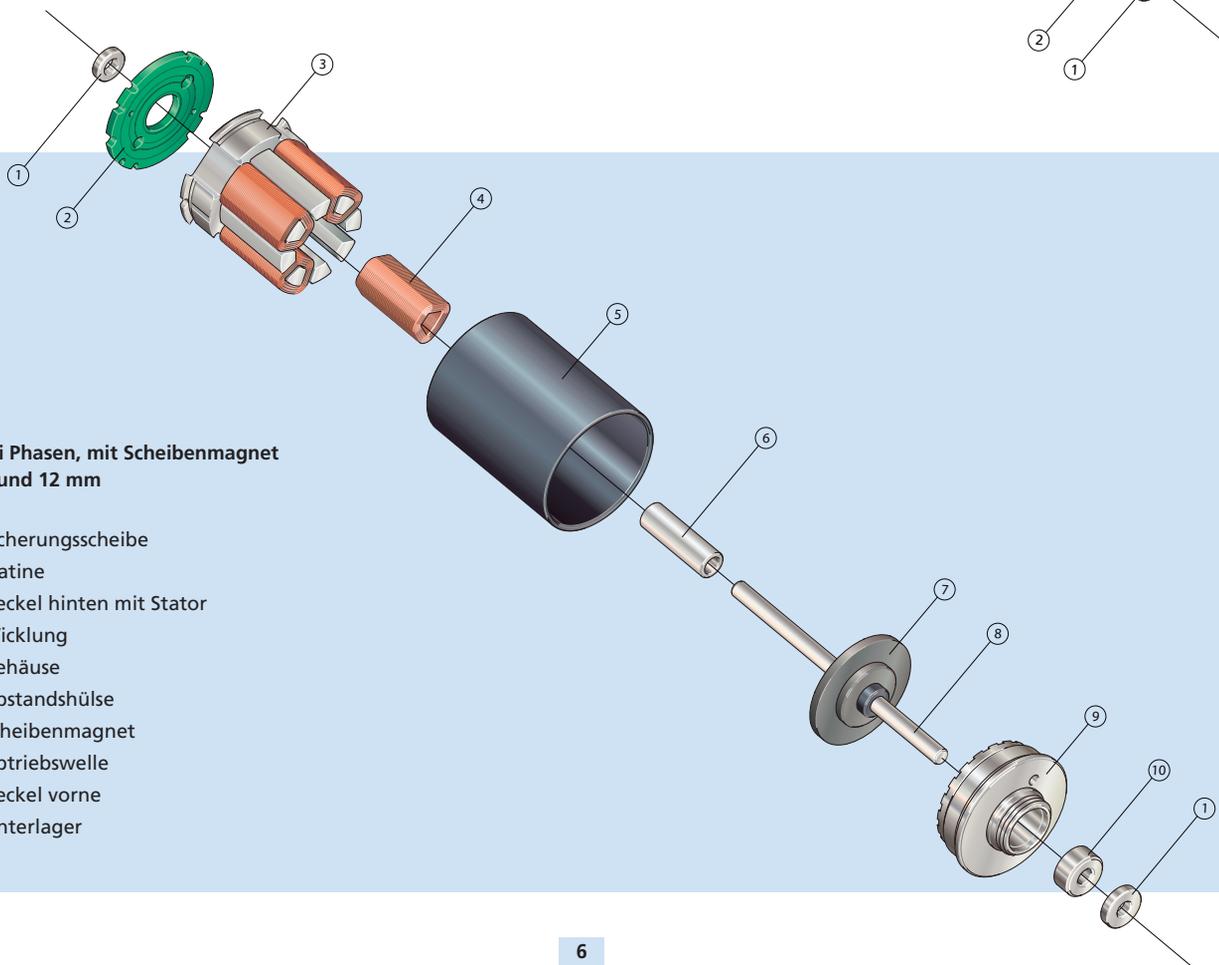
Schrittmotoren

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

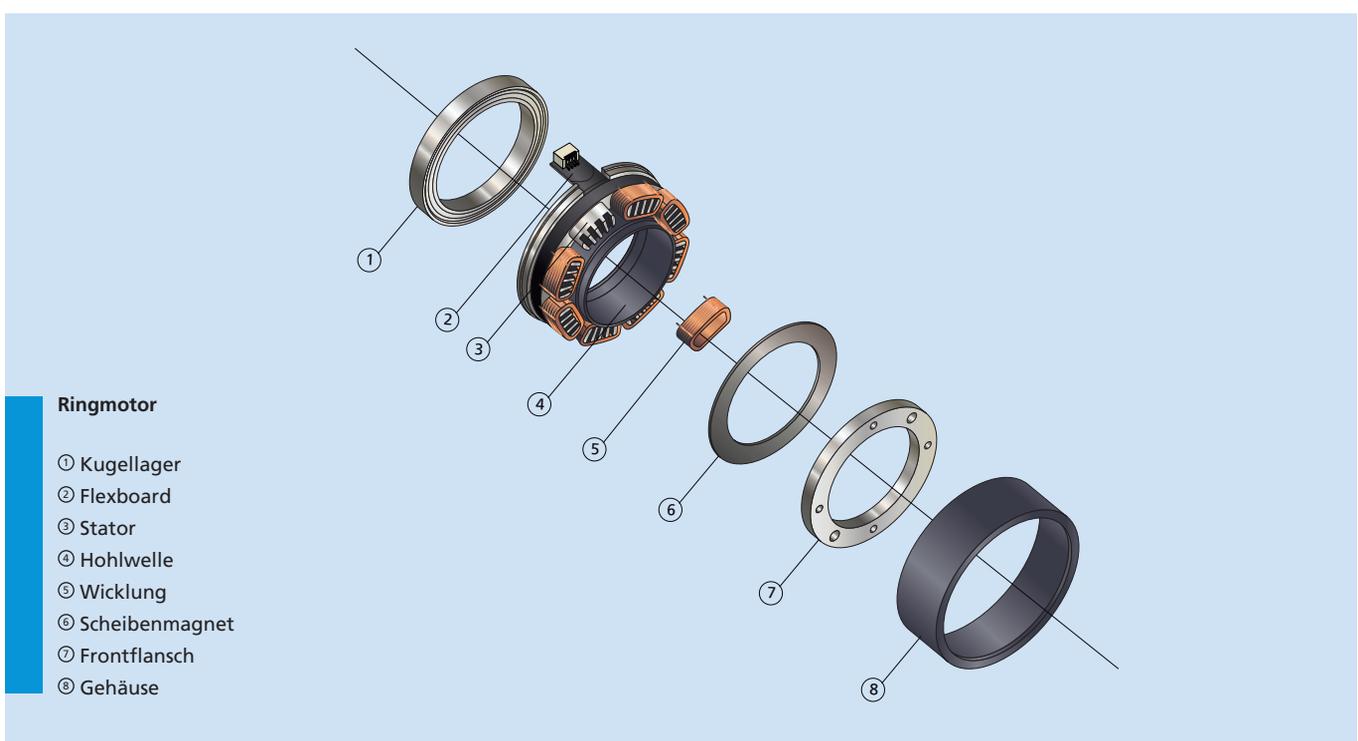
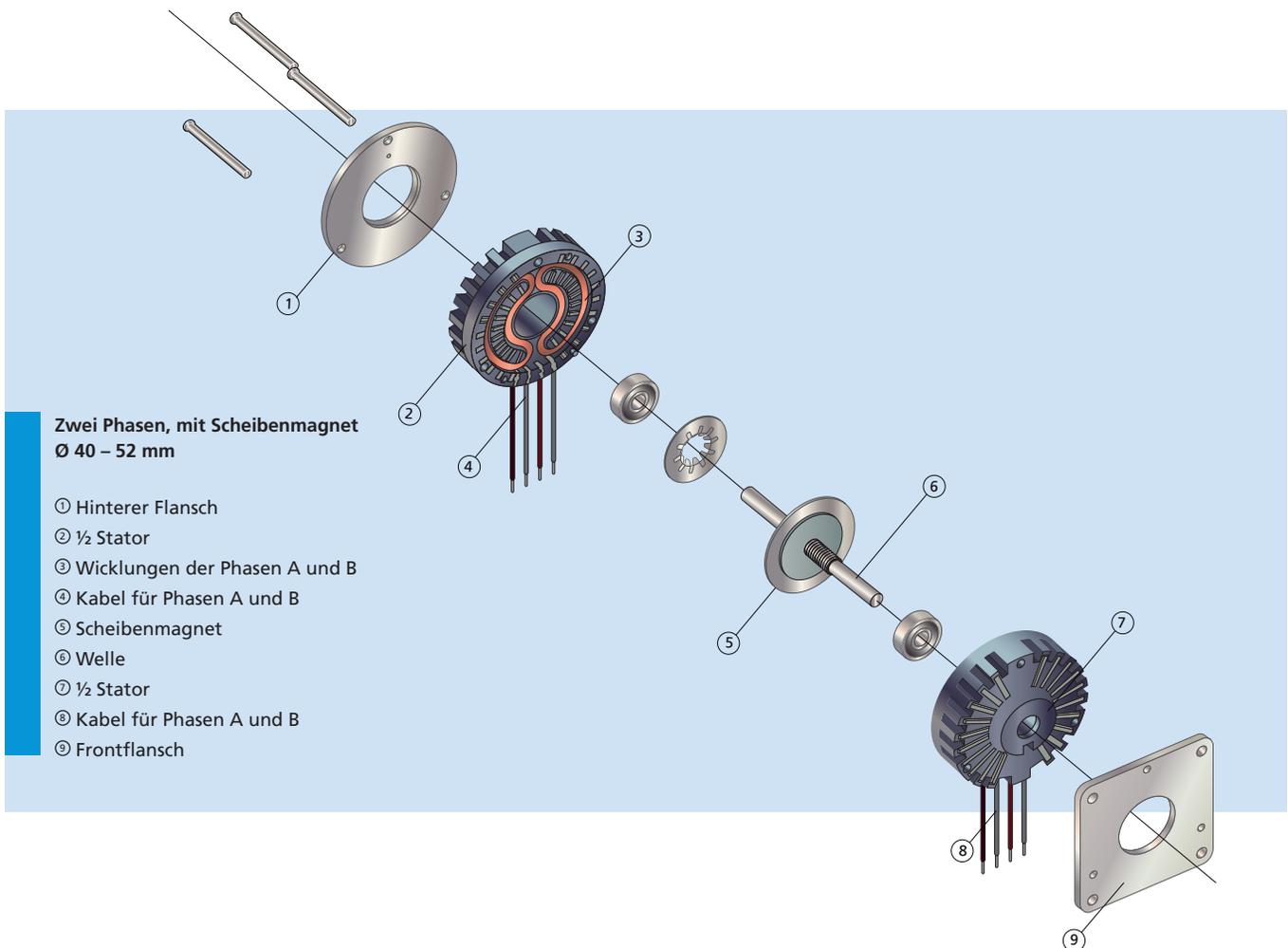


Zwei Phasen, mit Scheibenmagnet Ø 6 und 12 mm

- 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



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 (Boost)	0,25 (0,39) ... 307 (581) mNm



DM 0620 2R 0080 11

Produktkennzeichnung

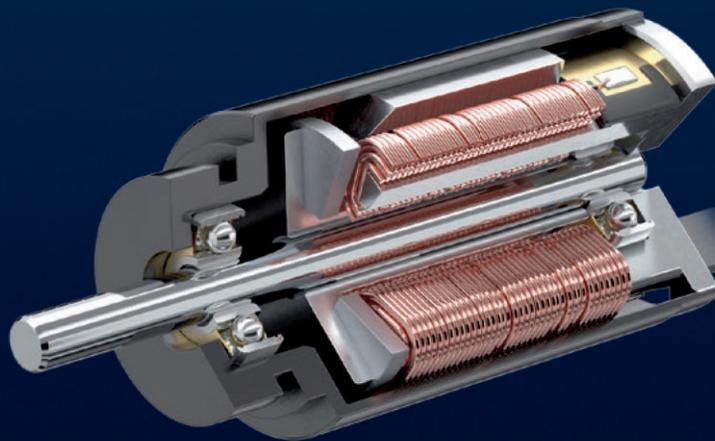
DM	Motordesign
06	Motordurchmesser [mm]
20	Schritte pro Umdrehung
-	Version (falls zutreffend)
2R	Lagerung
0080	Wicklung
11	Motorausführung

WE CREATE MOTION

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)
- Vollschrift-, Halbschritt- und Mikroschrittbetrieb möglich
- Extrem niedriges Rotorträgheitsmoment



Mehr Informationen

-  [faulhaber.com](https://www.faulhaber.com)
-  [faulhaber.com/facebook](https://www.faulhaber.com/facebook)
-  [faulhaber.com/youtubeDE](https://www.faulhaber.com/youtubeDE)
-  [faulhaber.com/linkedin](https://www.faulhaber.com/linkedin)
-  [faulhaber.com/instagram](https://www.faulhaber.com/instagram)

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