



# Entmystifizierung gehäuseloser Motoren in der Robotik

---

# INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG: DER WERT GEHÄUSELOSER MOTOREN IN DER ROBOTIK

WARUM INGENIEURE DIESEN ARTIKEL LESEN SOLLTEN

VORTEILE VON GEHÄUSELOSEN MOTOREN

AUFBAU IHRER SPEZIFIKATIONEN

DANN GEHT ES WEITER

IHRE LÖSUNG ANWENDEN UND VALIDIEREN

FAZIT

FRAGEN ZUM ANWENDUNGSPROFIL

## ZUSAMMENFASSUNG: DER WERT GEHÄUSELOSER MOTOREN IN DER ROBOTIK

Der Einsatz von gehäuselosen Motoren in der Robotik wird oft von speziellen Faktoren bestimmt, bei denen ein Standard-Servomotor nicht funktioniert. Der häufigste Faktor bei der Entscheidung für den Einsatz von gehäuselosen Motoren ist Abmessung und Umweltbedingungen, aber auch eine hohe Leistungs- und Drehmomentdichte.

Die Verwendung eines gehäuselosen Motordesigns bringt zusätzliche Vorteile mit sich, wie Wirtschaftlichkeit, größere Systembandbreite und geringere Baugröße. Wenn die Anwendung einen kleinen, leichten Motor mit viel Leistung und Drehmoment erfordert, ist ein gehäuseloser Motor sicher der richtige Weg. In diesem Whitepaper versuchen wir, Hürden bei der Auswahl gehäuseloser Motoren zu beseitigen und Robotik-Ingenieuren dabei zu helfen, ihre Spezifikationen so zu gestalten, dass Gespräche mit Antriebsherstellern effizient geführt werden.

Mit einem detaillierten Verständnis für Größe, Getriebe, thermische und mechanische Anforderungen kann unser Team Sie schnell durch die verfügbaren Optionen führen, sei es ein Motor, den wir bereits produzieren, einen, der kleinere Anpassungen erfordert, oder vielleicht ein völlig neues Design.

Die Wirtschaftlichkeit ist natürlich auch entscheidend, und unsere Ingenieure untersuchen gerne gemeinsam mit Ihnen bestimmte Bereiche, in denen Einsparungen mit minimalen Auswirkungen auf Ihr Design erzielt werden können.

## WARUM INGENIEURE DIESEN ARTIKEL LESEN SOLLTEN

Da immer mehr Organisationen und Unternehmen schlanke Fertigungsprozesse implementieren und den Einsatz sowie das Design von Roboter Gelenken in den täglichen Betrieb integrieren, stehen gehäuselose Motoren im Mittelpunkt innovativer Lösungen in der gesamten Branche.

Von saubereren Baugruppen und reduzierter Wartung bis hin zu mehr Wirtschaftlichkeit und weniger Ausfallzeiten - die Integration von gehäuselosen Motoren in Ihre Anwendungen bieten viele Vorteile. Außerdem sind gehäuselose Motoren viel einfacher zu montieren und zu installieren, als viele glauben. Wenn Sie MathCAD oder ähnliche Tools zur Berechnung von Drehmoment- und Drehzahlanforderungen einsetzen oder Unterstützung in diesem Bereich benötigen, kann ein Ingenieur mit einer umfangreichen

**KOLLMORGEN**®

*Because Motion Matters™*

Erfahrung in Anwendungen und Optimierung von Faktoren, die über mechanische Überlegungen hinausgehen, für die weitere Entwicklung von unschätzbarem Wert sein.

Heutzutage müssen schnell Prototypen hergestellt werden, weshalb sie mit einer Lösung, die aus Standardteilen im Gegensatz zu einem vollständig kundenspezifischen Design besteht, Wochen Entwicklungszeit sparen können. Durch Kompromisse in Bezug auf Zeit und Optimierung sowie Drehzahl, Drehmoment und Wärmeübertragung sind Sie in der Lage, beim ersten Mal die beste Lösung zu finden und Ihre Anwendung voranzutreiben.

## VORTEILE VON GEHÄUSELOSEN MOTOREN

Es gibt viele Gründe, gehäuselose Direktantriebsmotoren in Ihre Konstruktion aufzunehmen. Sie bieten eine übersichtliche mechanische Montage und sind einfacher zu montieren, als viele glauben. Sie müssen sich über weniger Teile und weniger Wartung Gedanken machen, da keine Riemen angezogen und eingestellt werden müssen, ganz zu schweigen von den Anforderungen an die Getriebschmierung und den Verschleiß insgesamt. Dies führt natürlich zu weniger Ausfallzeiten.

Aber nicht nur Sauberkeit und Wartung ist wichtig, sondern auch die von ihnen gelieferte Leistungssteigerung sollte unbedingt berücksichtigt werden. Für eine stabile Leistung ist keine Massenträgheitsanpassung mehr erforderlich.

Gehäuselose Motoren sind viel leiser als Standard-Servomotoren und arbeiten bei 6.000 U/min oder höher mit nur 20 Dezibel. Wenn Sie sich gefragt haben, einen gehäuselosen Motor zu integrieren, ist die Antwort ein klares Ja.

## AUFBAU IHRER SPEZIFIKATIONEN

Die Dimensionierung Ihres Motors beginnt schon in der Konstruktionsphase. Wenn Sie überlegen, was die Roboteranwendung erfüllen muss, müssen Sie sich über Drehzahl, Drehmoment und Spannung Gedanken machen. Faktoren wie Lastträgheit, Reibung und Beschleunigung helfen Ihnen, Drehzahl und Drehmoment zu bestimmen. Allerdings sollten Sie sich auch über die Größe und Abmessungen Ihres Motors Gedanken machen, um diesen Faktoren gerecht zu werden und eine konstante, effiziente Leistung zu erzeugen.

Bei der Planung und Gestaltung Ihres Projekts sollten Sie den Formfaktor niemals unterschätzen. Ein Beispiel für die Wichtigkeit des Formfaktors und seinen Einfluss auf das Gesamtdesign ist die D<sup>2</sup>L-Regel.

Die D<sup>2</sup>L-Regel besagt einfach, dass bei einer doppelten axialen Länge des Motorrotors das Drehmoment und die Leistung proportional erhöht werden.

Mit anderen Worten, bei doppelter Länge wird das Drehmoment verdoppelt.

Wenn der Durchmesser des Rotors aber verdoppelt wird (und nicht die Länge), verhält sich der Drehmomentanstieg quadratisch. Sie erhalten also das Vierfache des Drehmoments, wenn Sie einen größeren Durchmesser verwenden.



*Der Leistungskurvengenerator von Kollmorgen unterstützt Konstrukteure dabei, ein Gesamtsystem zu optimieren.*

Aufgrund von Faktoren wie die D<sup>2</sup>L-Regel beginnt die Dimensionierung Ihres Motors bereits in der Entwurfsphase, da Sie den Formfaktor Ihres Motors enorm optimieren können.

Während der letzten Jahre wurden spezielle Tools entwickelt, mit denen Kunden die Motoren schnell an ihre Bedürfnisse anpassen können. Mit dem Leistungskurven-Generator von Kollmorgen können Sie z.B. Ihr Gesamtsystem optimieren und herausfinden, wie eine andere Busspannung die Systemleistung verändert. Oder Sie erkennen, wie sich unterschiedliche Verstärkerstromstärken auf die Motorleistung auswirken.

Mit dem Leistungskurven-Generator können Konstrukteure sogar den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die maximale Motorwicklungstemperatur bewerten. Die kontinuierliche Drehmomenterhöhung durch Flüssigkeitskühlung ist ebenfalls Teil der verfügbaren Modellierungsoptionen.

Ein weiteres Tool von Kollmorgen ist MOTIONEERING Online, das überarbeitet und modernisiert wurde und heute eines der angesehensten Anwendungsprogramme der letzten 20 Jahre ist. Dieses Tool ermöglicht Ihnen den Zugriff auf Größen- und Auswahlwerkzeuge über das Internet.

MOTIONEERING Online von Kollmorgen sammelt Ihre Dateneingaben und vergleicht dann die Ergebnisse mit einem Katalog von Motorsystemen. Wenn Sie sich durch die Fragen zum Anwendungsprofil durcharbeiten und nicht sicher sind, welches Drehmoment und welche Drehzahl Sie benötigen, unterstützt Sie dieses Tool, und Sie erhalten die relevanten 3D-Modelle für Ihre Modellvalidierung.

**KOLLMORGEN**  
Because Motion Matters™

# MOTIONEERING Online

CATALOG VIEW  
GLOBAL SETTINGS  
MY PROJECTS  
DEMO PROJECT 2  
PROJECT SETTINGS  
DEMO AXIS 1

## Demo Axis 1

### PARAMETERS

SCREW		
Diameter	50	ft
Length	1.5	m
Lead	25	mm/rev
Nut Preload	2	N-m
Efficiency	90	%

PART/TOOLING		
Part/Tooling Weight	300	kg(m)

FORCE		
Thrust Force	5000	N
Continuous Force	2000	N

SLIDE		
Slide Weight	100	oz
Elevation	55	degrees
Percent Counterbalanced	50	%
Gib Force	200	N
Speed at Thrust Force	15	m/min
Speed Maximum	30	m/min
Coefficient of Friction	0.45	
Weight of Carried Axis	200	kg(m)

© 2014 Kollmorgen | Privacy Statements | Terms Of Use | kollmorgen.com

*Kollmorgen MOTIONEERING Online ist bei der Dimensionierung der gehäuselosen Motoren auf die Anforderungen der Applikation nützlich.*

Viele Kunden verfügen über eigene Tools und Prozesse zur Bestimmung der Drehmoment- und Drehzahlenanforderungen. Auch hier sollten Sie Ihre Werte in diese Tools eingeben, um den geeigneten Motor für Ihre Anwendung zu wählen.

Egal ob Sie zum ersten Mal Anforderungen an Motor und Antrieb prüfen oder dies schon seit Jahren tun, eine Checkliste von wichtigen Punkten ist sicherlich ein hilfreiches Werkzeug. Am Ende dieses Artikels finden Sie eine Liste von Fragen zum Anwendungsprofil, damit Sie oder Ihr Team auf ein Gespräch mit einem Supporttechniker vorbereitet sind.

Hier finden Sie wichtige Fragen zu mechanischer Hüllkurve, Motortyp, Mindest- und Höchsttemperaturen bei Betriebs- und Umgebungsbedingungen, maximale Drehzahl und Drehmoment, Betriebsdrehzahl und Drehmoment sowie Arbeitszyklus.

## DANN GEHT ES WEITER

Sobald Sie die Leistungsanforderungen an Ihren Motor kennen, kann ein Team von Ingenieuren und Produktspezialisten loslegen. Es gibt drei Möglichkeiten, wie Ingenieure mit Ihnen zusammenarbeiten, um den perfekten gehäuselosen Motor für jede Anwendung zu finden.

Bei Kollmorgen zum Beispiel suchen sie in einem Standardkatalog einen Motor, der direkt auf Ihre Bedürfnisse zugeschnitten ist. Wenn eine Standardoption nicht genau passt, werden als Nächstes einfache Änderungen wie Modifizierung der Wicklungen und andere mechanische Anpassungen in Betracht gezogen.

Wenn Ihre Anwendung bestimmte Materialien für anspruchsvolle Umgebungsbedingungen erfordert, können Materialänderungen in ein bestehendes Design integriert werden. In jedem Fall können Sie zwischen kleineren und größeren Durchmessern wählen, Wicklungen ändern, oder die Motorlänge und andere Parameter modifizieren.

Wenn eine Standardoption nicht Ihre Anforderungen erfüllen kann oder komplexere Modifikationen erforderlich sind, muss als letzte Option ganz von vorne angefangen werden. Selbst in diesen Fällen können viele Elemente bestehender Motoren integriert werden, während kundenspezifische Teile aufgrund eines einzigartigen Formfaktors oder ungewöhnlicher Umgebungsbedingungen neu entwickelt werden.

Wenn Sie Ihre Anforderungen an Formfaktor, Drehmoment und Drehzahl kennen, können Sie auch ein zusätzliches Online-Tool von Kollmorgen verwenden: das Auswahltool für Motoren mit rotatorischem Direktantrieb. Da viele Kunden auf Produktkataloge vertrauen, funktioniert dieses Online-Tool sehr gut.

Sie können Drehmoment-, Drehzahl- und Busspannungsdaten in das Produktauswahltool eingeben, um mit einer fundierten Ausgangsbasis zu starten. Anschließend optimieren Sie mithilfe des Leistungskurvengenerators Ihre Produktauswahl weiter.

Sobald Sie eine Reihe von Produktmöglichkeiten durch das Auswahltool generiert haben, können Sie mit einem erfahrenen Anwendungsingenieur zusammenarbeiten, der Sie durch verschiedene Optimierungsschritte führt, die auch der Leistungskurvengenerator verwendet.

Mit Hilfe dieser Tools nutzen Sie das Anwendungs-Know-how der Kollmorgen-Spezialisten, um schnell die richtige Lösung zu finden. So entwickeln Sie in kürzester Zeit einen Prototyp, der das erforderliche Drehmoment und die erforderliche Drehzahl liefert, selbst wenn er noch nicht perfekt für Ihre genauen Bedürfnisse optimiert ist.

Optimierte Lösungen können einige Zeit in Anspruch nehmen, während ein

Standarddesign für den Prototypen verwendet werden kann, um Ihr Konzept zu testen und gleichzeitig die Integrität Ihrer Leistungsanforderungen zu wahren. Da die Zeit bis zum Prototypenbau eine sehr wichtige Rolle für den Erfolg vieler Projekte spielt, kann die Zeitersparnis durch leicht verfügbare Teile entscheidend sein.

Um einen tieferen Einblick in die Funktionsweise dieses Prozesses zu erhalten, betrachten wir nun die Vorgehensweise von Kollmorgen bei Robotikanwendungen, insbesondere mit gehäuselosen Motoren in einem kollaborativen Roboter-gelenk.

Ein Gelenkdesign erfordert viele Überlegungen. Lassen Sie uns für diesen Bereich die folgenden Elemente näher untersuchen: Nutzlast, Drehzahl, Wärmemanagement und Getriebe.

Die Nutzlast eines Roboter-gelenks wird durch die Leistung des Systems bestimmt. In der Regel werden die Drehmomentbelastungen einer solchen Konstruktion in CAD modelliert und geben dem Konstrukteur eine gewisse Flexibilität bei der Festlegung, wie die „Was-wäre-wenn“-Systemkennlinie die Motoranforderungen erfüllt.

Bei vielen kollaborativen Roboterarmen gibt es eine bestimmte kleine Nutzlast, die durch branchenübliche „Standards“ als Norm festgelegt ist. Abhängig von der Länge der „Arme“ und der Dynamik der benötigten Bewegung kann aus solchen CAD-Modellen das Effektiv- und Spitzenmotordrehmoment bestimmt werden.

Die Geschwindigkeit der Nutzlast bzw. die Strecke, die sie pro Sekunde zurücklegen muss, wird durch Sicherheitserwägungen, die Dynamik der Steuerung und das mechanische Systemdesign bestimmt. Diese Konstruktionsparameter werden auch in den CAD-basierten Modellen ermittelt.

Oft verfügt der Roboter-System-Designer über ein einzigartiges konstruktives Sicherheits- oder Steuerungselement, das das Herzstück seiner Entwicklung ist, und möglicherweise liegt dessen Stärke nicht im mechatronischen Teil des Designs. Hier kann die Expertise von Kollmorgen helfen, Ihre Designzeit und Wiederholungen zu reduzieren.

Dass ein Entwurf das Wärmemanagement berücksichtigen muss, ergibt sich aus mehreren verschiedenen Überlegungen. Aufgrund der unmittelbaren Nähe des Roboters in der Arbeitszelle zum Menschen muss eine „berührungssichere“ Oberflächentemperatur des Roboters wegen einer möglichen menschlichen Interaktion eingehalten werden. Einem Roboterdesign können Wärmeisolierungen hinzugefügt werden, allerdings können sich Gewicht und Volumen auf andere leistungsbezogene oder ästhetische Aspekte negativ auswirken.

Es kann auch Einschränkungen für Wärme in der Nähe anderer Systemelemente wie Getriebe, Rückführsysteme und Lager geben. Wenn ein Roboterdesigner die maximalen Temperaturwerte von Motorwicklungen aus Standardkatalogen von Motorherstellern betrachtet, findet er Nenntemperaturen von 155 °C, was die industrieeüblichen Isolationssysteme widerspiegelt, die in konventionellen gehäuselosen und gekapselten Servomotoren verwendet werden.

Selbst wenn das Gehäuse des gehäuselosen Motors eine signifikante Kühlkörpermasse aufweist, darf die Temperatur innerhalb von drei bis fünf Zentimeter des Motorankers nur 15 °C bis 20 °C unter der Motorwicklungstemperatur liegen.

Viele Encoder-Rückführsysteme sollen optoelektronische Komponenten auf maximal 100 °C bis 120 °C halten, während die meisten Getriebe Lösungen eine Temperaturbegrenzung von 65 °C aufweisen können. Mögliche Lösungen für dieses Problem bei der Temperaturbegrenzung umfassen:

- Erhöhung der Kühlkörpermasse, die einen Kompromiss zwischen erhöhtem Gewicht und reduzierter Nutzlast erfordert
- Größerer Achsabstand zu Lagern, Encodern oder Getrieben, was auch einen Kompromiss zwischen erhöhtem Gewicht und reduzierter Nutzlast erfordert
- Reduzierung der maximalen Wicklungstemperaturgrenze des gehäuselosen Motordesigns, wodurch auch das verfügbare Drehmoment des Motors reduziert wird

Wenn ein Getriebe eine maximale Temperatur von 65°C und eine 15°C höhere maximale Wicklungstemperatur für den angrenzenden Motor hat, würde dies eine maximale Wicklungstemperatur von 80°C erfordern. Mit diesen Informationen wird später im Motorauswahlprozess die tatsächliche Motorleistung mit dem Leistungskurvengenerator bewertet.

Der Roboterkonstrukteur kann dann die tatsächlichen Dauer- und Spitzenwerte von Drehmoment und Drehzahl eines gehäuselosen Motors mit dem Leistungskurvengenerator betrachten. Jetzt können die Anforderungsdaten zur Motorleistung aus dem CAD-Design einfach mit dem ausgewählten Motor verglichen werden.



*Die gehäuselosen Motoren der Serie KBM bieten hohe Leistung auf kleinstem Raum.*

Aufgrund des relativ niedrigen Drehzahlbedarfs in kollaborativen Robotergerelenken ist der Einsatz von Getrieben sehr vorteilhaft, solange das Getriebeispiel auf Null gehalten werden kann. Dank des fehlenden Getriebeispiels und der moderaten Steifigkeit von Spannungswellengetrieben eignen sie sich hervorragend für solche Anwendungen.

Berücksichtigen Sie unbedingt den dynamischen Wirkungsgrad der Drehmomentübertragung in den verschiedenen Getriebeausführungen (oft im Bereich von 60% bis 70%). Beachten Sie auch die thermischen Einschränkungen der für den jeweiligen Getriebetyp verwendeten Schmierung, da das Getriebe so nahe am Motor platziert sein kann, dass es die Systemleistung begrenzt und der vom Hersteller empfohlene Betriebstemperaturbereich nicht mehr eingehalten wird.

Der Vorteil eines relativ hochübersetzten Getriebes (typischerweise 100:1) zeigt sich nicht nur in einem erhöhten verfügbaren Drehmoment am Ausgang, sondern auch in der signifikanten Reduzierung der Lastträgheit gegenüber dem Motor. Die Lastträgheit eines komplett ausgefahrenen Roboterarms bei maximaler Nutzlast kann erheblich sein.

Die Lastträgheit am Motor wird im Quadrat des Übersetzungsverhältnisses reduziert. Bei einem 100:1-Getriebe beträgt die Trägheit zum Motor 1/10.000-stel der Lastträgheit. Mechanischer Wirkungsgrad, thermische Überlegungen und die Lebensdauer des Systems wirken sich auf den Typ und das Übersetzungsverhältnis des Getriebes aus, das für eine Robotergerelenkanwendung gewählt wird.

Bei so vielen Faktoren, die den Betrieb und die Lebensdauer von Roboterantrieben beeinflussen können, benötigen Hersteller von kollaborativen Robotern eine flexible und dauerhafte Lösung. Die Serie TBM ist eine innovative Technologie für direktangetriebene gehäuselose Motoren von Kollmorgen.



*Die Serie TBM (Torque Brushless Motor) ist für leistungsstarke, bewegungskritische Anwendungen wie Robotergerelenke, Medizinroboter und kardansische Sensoraufhängungen konzipiert.*

Die gehäuselosen Bausatzmotoren bieten Maschinen- und Anlagenkonstrukteuren eine breite Palette von Lösungen mit einem Höchstmaß an Flexibilität, Leistungsdichte, Dynamik und Langlebigkeit.

Neben den technischen Vorteilen bieten die KBM- und TBM-Plattformen von Kollmorgen ein breites Spektrum an 17 Baugrößen und viele vorkonfektionierte Standardoptionen. Für Roboterhersteller, von Start-ups bis hin zu Unternehmen, die in neue Märkte expandieren, ist dies ein kritischer Geschäftsaspekt.

## IHRE LÖSUNG ANWENDEN UND VALIDIEREN

Es bezweifelt niemand mehr, dass die heutigen Marktanforderungen kaum Spielraum für Fehler lassen. Wenn Sie unter Zeitdruck entwickeln oder mit Anforderungen an eine bessere Leistung konfrontiert sind, oder wenn Sie die nächste Generation von Geräten planen und gerade die aktuelle bauen, kann eine Vielzahl von innovativen Antriebslösungen Ihren Herausforderungen gerecht werden.

Die Zusammenarbeit mit Motorspezialisten und deren Qualitätswerkzeugen macht den Unterschied bei Konstruktion, Prototypenherstellung und Produktion, wobei Faktoren wie Rückführung, Wärme, Lager und Getriebe nicht unberücksichtigt bleiben.

Nachdem alle Werkzeuge eingesetzt und die 3D-Modelle zusammengestellt und getestet wurden, bleibt nur noch die eigentliche Arbeit Integration und Validierung Ihres Motorsystems. Die gute Nachricht dabei ist, dass Sie nichts zu fürchten haben, wenn Sie leistungsstarke, gehäuselose Motoren in Ihr Maschinendesign integrieren. Die Integration ist relativ einfach, da die Welle für den gehäuselosen Motor mit höheren Toleranzen gefertigt werden kann.

## FAZIT

Ein richtig geplanter, spezifizierter und installierter gehäuseloser Motor kann die Tür und Tor zu innovativen Lösungen öffnen. Auch wenn die Auswahl und Optimierung eines gehäuselosen Motors für Ihre Anwendung verglichen zu einem Standard-Servomotor etwas aufwändiger ist, die Ergebnisse lohnen sich.

Durch die Zusammenarbeit mit einem engagierten Team von Motorspezialisten von Anfang an vermeiden Sie Probleme und stellen sicher, dass kein Aspekt Ihrer Anwendung übersehen wird. Egal, ob Sie versuchen, Grenzen zu überschreiten und etwas ganz Neues zu erreichen, oder ob Sie einfach nur sicherstellen wollen, dass Ihre Anwendung optimal läuft, die Werkzeuge und das Team von Kollmorgen machen es möglich.

# FRAGEN ZUM ANWENDUNGSPROFIL

Es handelt sich um eine Reihe von Designelementen, die während des Designprozesses erörtert werden sollten.

## MOTORANFORDERUNGEN

### Motorentyp

- Mit Gehäuse
- Gehäuselos
- Feedback-Optionen
  - Encoder
  - Resolver
  - Hallsensoren
  - Andere

### Betriebsumgebung

Betriebstemperatur: Min \_\_\_\_\_ Max \_\_\_\_\_

Umgebungstemperatur: Min \_\_\_\_\_ Max \_\_\_\_\_

Andere: \_\_\_\_\_

### Leistungsdaten

Maximale Drehzahl: \_\_\_\_\_

Maximales Drehmoment: \_\_\_\_\_

Betriebsdrehzahl: \_\_\_\_\_

Betriebsdrehmoment: \_\_\_\_\_

Auslastungsgrad: \_\_\_\_\_

### Mechanische Ausführung

Montageanforderungen: \_\_\_\_\_

Maßanforderungen: \_\_\_\_\_

Innenmaße: Min \_\_\_\_\_ Max \_\_\_\_\_

Außenmaße: Min \_\_\_\_\_ Max \_\_\_\_\_

Gewichtsanforderungen: \_\_\_\_\_

Verfügbare Kühlung: \_\_\_\_\_

Andere Anforderungen: \_\_\_\_\_

## ANFORDERUNGEN AN STEUERUNG UND ANTRIEB

Versorgungsspannung, AC/DC: \_\_\_\_\_

Spitzen- und Dauerstrom: \_\_\_\_\_

### Kommutierungsart

- Sinusförmig
- Sechsschritt

### Regelkreistyp

- Drehmoment
- Geschwindigkeit
- Position

### Betriebsumgebung

Betriebstemperatur: Min \_\_\_\_\_ Max \_\_\_\_\_

Umgebungstemperatur: Min \_\_\_\_\_ Max \_\_\_\_\_

Andere: \_\_\_\_\_

Andere Anforderungen: \_\_\_\_\_