

Servomotor vs. Schrittmotor

Welcher Motor ist für meine Anwendung optimal?

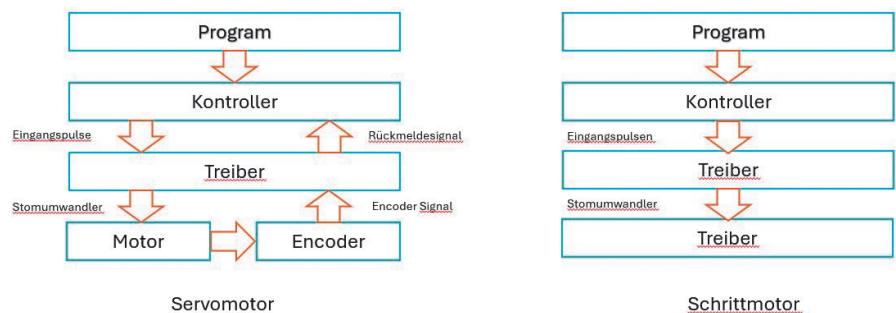
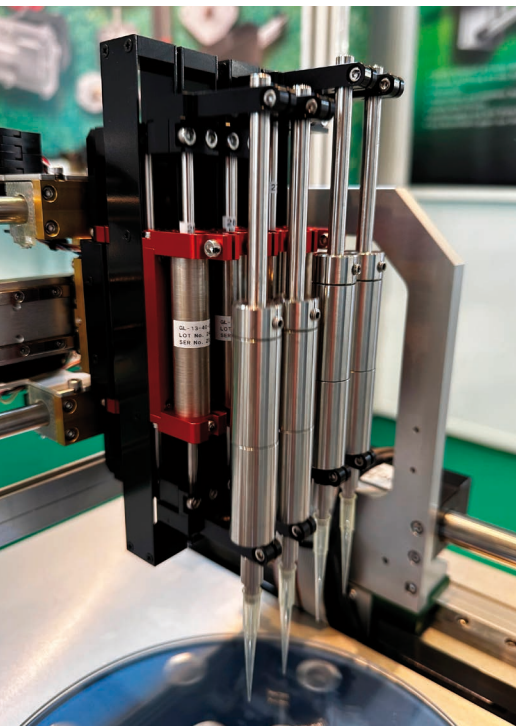


Bild 1: Unterschied zwischen der Funktion des Servomotors und Schrittmotors

Arbeitsprinzipien im Vergleich

Servomotoren und Schrittmotoren unterscheiden sich in ihrem Funktionsprinzip (Bild 1).

Ein **Servomotor** ist für dynamische und hochpräzise Bewegungsprofile der Ausgangswelle ausgelegt, die hauptsächlich von den Informationen abhängen, die vom Motor, meist durch einen Encoder, an den Treiber zurückgegeben werden. Für jeden Drehwinkel des Servomotors wird eine entsprechende Anzahl von Impulsen vom Encoder an den Treiber gesendet, sodass dieser kontinuierlich die Position der ausgehenden Motorachse kennt und so eine präzise Steuerung von Drehung und Positionierung ermöglicht.

Schrittmotoren bewegen sich in einem festen Drehwinkelmuster in der Reihenfolge der elektrischen Impulse, die ein elektronischer Treiber liefert. Mit Fortschritten in der Präzisionsfertigung und der Elektronik in der Antriebs- und Steuerungstechnik wird auch der Schrittmotor immer weiter verbessert und bleibt eine wichtige Technologie.

Beide Motortechnologien sind zudem mit integrierter Elektronik erhältlich, die die Motoren in intelligente Aktuatoren umwandelt, die dezentral über einen Feldbus gesteuert werden und kommunizieren können. **Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile beider Technologien ausführlicher besprochen.**

Servomotoren

Ein Servomotor ist ein hochpräziser, geregelter Elektromotor, der dank integrierter Sensoren (Encoder) und eines Servoantriebs (Regler) exakt Position, Drehzahl und Drehmoment steuern kann, indem er permanent Soll- mit Ist-Werten vergleicht und Abweichungen korrigiert. Damit sind sehr feine und dynamische Bewegungen möglich, was ihn ideal für Robotik, Automatisierung und Werkzeugmaschinen macht.

Im Allgemeinen sind Servomotoren die bessere Wahl für dynamische Anwendungen, bei denen eine präzise Positionierung erforderlich ist. Sie arbeiten über einen weiten Drehmomentbereich stabil, also auch bei hoher Geschwindigkeit und/oder bei unterschiedlichen Lasten. Die Trägheit des Servomotors muss niedrig sein, um die Genauigkeit und Präzision zu erreichen.

Vorteile

- **Hohe Genauigkeit:** Servomotoren bieten außergewöhnliche Genauigkeit und Reproduzierbarkeit, weshalb sie sich für ein dynamisches Bewegungsprofil mit hoher Dynamik eignen, sowie für Aufgaben, die eine präzise Positionierung erfordern, wie etwa in der Robotik, CNC-Maschinen und automatisierter Fertigung.
- **Die Nenngeschwindigkeit** eines Servomotors ist höher (>800 U/min) als die eines Schrittmotors (maximal 1500 U/min), während die Leistung konstant bleibt.



Bild 2: Intelligente Servomotoren der ACTILINK-Familie

Autor:
Ben De Vries
Geschäftsführer
Dynerics
www.dynerics.eu

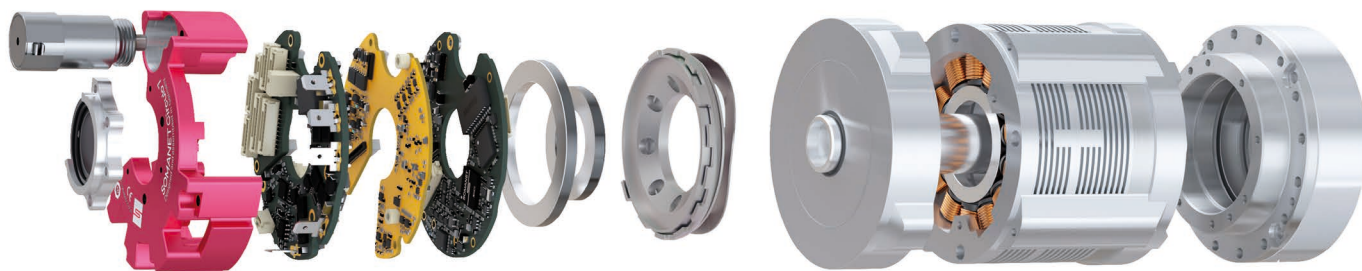


Bild 3: Explosionsdarstellung eines intelligenten voll ausgestatteten Servomotors der ACTILINK-Familie

- **Höhere Überlastkapazität:** Der Servomotor hat eine höhere Überlastkapazität.
- **Drehzahl- und Drehmomentkontrolle:** Geschlossene Kommunikation ermöglicht es Servomotoren, eine konstante Drehzahl zu halten und auch bei wechselnden Lasten unterschiedliche Drehmomentniveaus zu liefern.
- **Geringere Wärmeentwicklung:** Servomotoren sind effizienter als Schrittmotoren, sodass während des Betriebs weniger Wärme freigesetzt wird.

Integrierte Servomotoren

Integrierte Servomotoren zeichnen sich dadurch aus, dass die Steuerelektronik und der Regler integriert sind. Ein Beispiel ist die neue ACTILINK-Familie integrierter Servomotoren von Synapticon (Bild 2 und 3), die verschiedene Komponenten und Funktionen in einem Gerät ersetzt, einfach zu warten ist, kosteneffizient ist und in fünf Grundmodellen mit einer Leistungsreichweite von bis zu 1000 W und einem Drehmoment von bis zu 3,2 Nm erhältlich ist. Die Motoren sind bei Dynetics erhältlich.

Kompakt mit hohem Wirkungsgrad

Durch die Elektronik auf der Rückseite des Motors ist ACTILINK eine der kompaktesten Lösungen eines vollständig integrierten Motors. Der integrierte Servomotor verwendet die MPD-Steuerungstechnologie von Synapticon, ergänzt durch Niederspannungstechnologie für optimale

Effizienz und erreicht einen hohen Wirkungsgrad bei maximaler Motortemperatur ($>140\text{ }^{\circ}\text{C}$). Er kommuniziert über EtherCAT / PROFINET / EtherNet/IP / CAN.

Actilink-JD

Actilink-JD, JD steht für Joint Dynamic, ist eine Baureihe hochdynamischer, integrierter Aktuatoren von Synapticon. Diese Komponenten sind speziell für die Anforderungen der modernen Robotik entwickelt worden, bei der es auf Schnelligkeit, Leichtbau und Kompaktheit ankommt.

Die Aktuatoren der ACTILINK-JD-Serie kombinieren ein kompaktes Design, hohe Drehmomentdichte, präzise Leistung und Flexibilität für exzellente Dynamiken wie bei modularer Robotik und Exoskeletten. Das integrierte Planetengetriebe ist ein einstufiges, spielarmes Getriebe mit niedriger Untersetzung, das ein hohes Drehmoment bietet. Der Platzbedarf spielt beispielsweise bei der Konstruktion kompakter Roboter eine wichtige Rolle. Eine hohle Welle für die Verkabelung bietet hier eine Lösung.

Micro-direct-Drive Servomotoren

Der weltweit kleinste Hohlwellen-Servomotor stammt aus der MDD-Familie (Micro-direct-Drive) Servomotoren (Bild 4), die in Größen von 13 mm bis 70 mm sowie in drei Längen mit einem Drehmoment von bis zu 3,1 mNm erhältlich ist. Diese Motoren sind nicht nur kompakt, sondern auch leise, energiesparend, schneller und haben eine bessere Lastkontrolle. Die vereinfachten Mechanismen und die reduzierte Anzahl der Teile verringern Ausfallzeiten und Wartungszeiten. Diese robusten und platzsparenden Motoren sind äußerst präzise und werden in einer Vielzahl von Direktantriebsanwendungen eingesetzt, bei denen präzise Positionierung und Leistung erforderlich sind. Dies ist in der Medizintechnik besonders wichtig.

Um eine präzise Positionierung zu erreichen, verfügen die Motoren über einen integrierten Encoder (absolut oder inkrementiell) mit einer hohen Auflösung von bis zu 21 Bits.

Einschränkungen

- **Kosten:** Servomotoren sind im Allgemeinen teurer als Schrittmotoren, hauptsächlich aufgrund der zusätzlichen Kosten für einen Encoder und komplexe Treiber.
- **Anpassung:** Die Konfiguration und Anpassung der Parameter für Servomotoren ist nicht trivial und erfordert spezielles Wissen

Die LSM-Reihe

Die LSM-Reihe (Linear Shaft Motors) von Nippon Pulse Motor (NPM) ist eine technologisch führende Serie von zylindrischen Linearservomotoren (Bild 5). Sie zeichnen sich besonders durch ihre hohe Präzision und Effizienz aus und werden oft als direkter Ersatz für Kugelgewindetriebe oder pneumatische Zylinder eingesetzt. Sie realisieren direkte lineare Bewegung.

Diese zylindrischen linearen Motoren basieren auf einem patentierten Wellendesign mit hochfesten Permanentmagneten, die in einem kompakteren Gehäuse eine höhere Kraft erzeugen.

Der lineare Servomotor besteht aus einer Magnetwelle und einem Läufer, der berührungslos über die Welle gleitet. Deshalb ist keine Schmierung erforderlich und es tritt kein Leistungsverlust durch Verschleiß oder Alterung auf. Die wartungsfreie lange Lebensdauer trägt zu einer Reduzierung der Lebensdauerkosten bei. Typische Einsatzbereiche sind Dosiersysteme und Pipettierroboter.



Bild 4: Extrem kleine Servomotoren der MDD-Familie (Micro-direkt-Drive) von Dynetics



Bild 5: Zylindrische Linear-Servomotoren in unterschiedlichen Größen

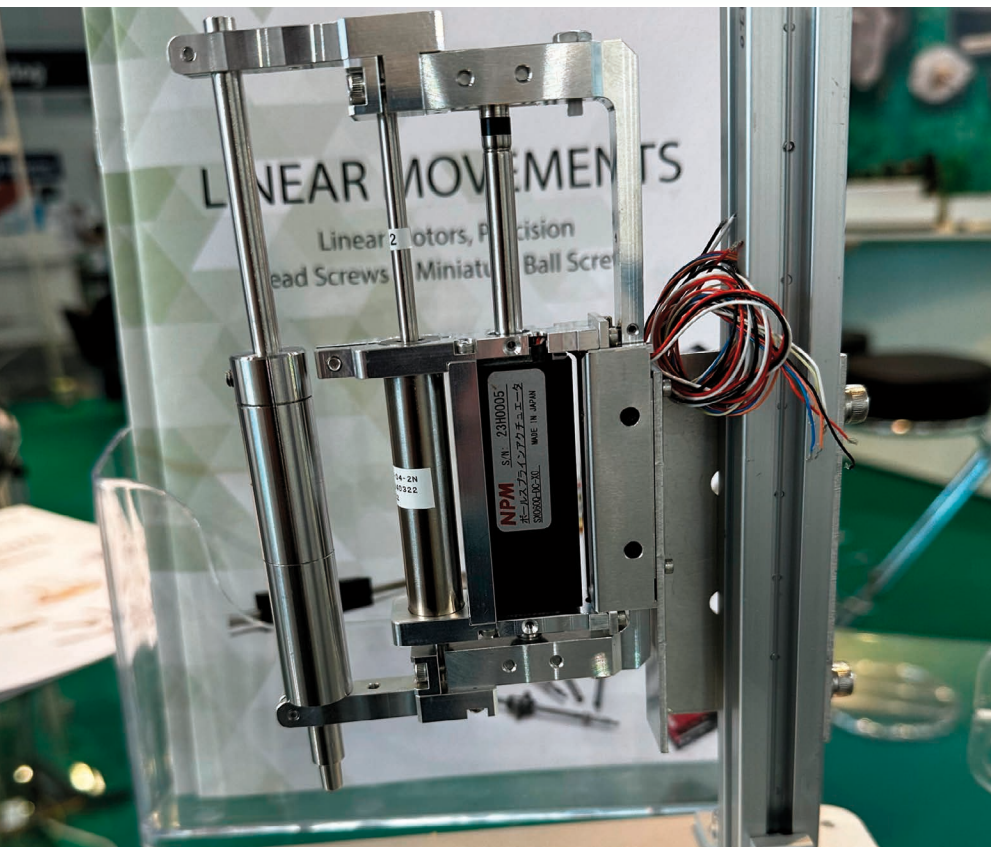


Bild 6: Die Pipettiereinheit ist aus linearen Servomotoren mit magnetischem Gegengewicht aufgebaut.

Lineare Aktuatoren

werden oft in kritischen Umgebungen bevorzugt eingesetzt, in denen eine geringe Ausgasung und spezielle Anforderungen an die Temperatur gefordert sind, wie beispielsweise im Reinraum oder im Vakuum. Da keine Schmierung erforderlich ist, wird kein Fett verwendet, was in kritischen Umgebungen zu Problemen führen könnte. Außerdem enthalten die Aktuatoren weniger Teile, was die Wartung reduziert. Und sie können mit jeder Art von linearer Leitung oder Kabelleitung kombiniert werden.

Hall-Sensoren im Spulenelement

Moderne lineare Servomotoren sind mit Hall-Sensoren im Spulenelement ausgestattet und benötigen keinen externen linearen Encoder mehr, um eine Auflösung von bis zu 1 µm zu erreichen. D. h. ein Sensor misst den Magnetismus in der Spule, um Bewegung, Position oder Stromstärke zu erfassen. Dank dieser integrierten Hall-Effekt-Technologie wird die lineare Bewegung des Schachts ohne Kontakt erkannt. Die lineare Servomotoren sind immun gegen elektrische und elektromagnetische Störungen. Deshalb eignen sie sich besonders für den Einsatz in rauen Umgebungen.

Beispiel aus der Praxis

Eine interessante Anwendung ist eine sehr kompakte Pipettiereinheit (Bild 6), die mit einem

linearen Servomotor und einem magnetischen Gegengewicht in der Vertikalen ausgestattet ist. Ein Gegengewicht ist notwendig, um zu verhindern, dass die Einheit beim Ausschalten herunterfällt. Früher wurde als Gegengewicht eine verschleißanfällige Feder verwendet mit allen Nachteilen wie Wartung und Fettung. Das moderne Gegengewicht nutzt die Anziehungskraft eines Magneten. Die Position des linearen Aktuators bleibt so äußerst genau erhalten und hält während seines vertikalen Hubs ein konstantes Gleichgewicht. Da der eingesetzte Linearmotor fast keine magnetischen Streuflüsse aufweist, können kompakte Anwendungen aus mehreren Motoren mit geringem Abstand ohne gegenseitige Interferenz realisiert werden.

Der Motor verwendet gLESS als berührungsloses, wartungsfreies Gegengewicht, das statt der Rückstellkraft einer verschleißanfälligen Feder die Anziehungskraft eines Magneten nutzt.

Weitere Informationen

Für weitere Informationen beispielsweise der Funktionalität kann ein Referenzdesign angefordert werden. Zusätzlich stehen Videos auf YouTube zur Verfügung.

- **Pipette Chidori project:**
<https://youtu.be/JGIOjzdX3IQ>
- **gLESS counterbalance:**
www.youtube.com/watch?v=Zl6tVf4Gtho

Schrittmotoren

Der technische Fortschritt hat auch vor den Schrittmotoren nicht halt gemacht. Sie bieten jetzt verbesserte Antriebseigenschaften, neue Optionen, flexiblere Kommunikationsprotokolle mit modernen integrierten Schaltungen und lassen sich einfacher programmieren. Schrittmotoren werden dann eingesetzt, wenn eine präzise Steuerung von Position und Geschwindigkeit gefragt ist. Betrachtet werden hier Hybrid- oder Tin-Can-Motoren:

- **Hybridmotoren** sind eine Kombination aus Reluktanz- und Permanentmagnetmotor. Sie bieten sehr gute dynamische Eigenschaften und haben ein höheres Drehmoment bei kleineren Schrittwinkeln
- **Tin-Can-Motoren** (Bild 7) zeichnen sich durch ihre Einfachheit, Zuverlässigkeit und Kompatibilität aus. Sie sind vielfältig einsetzbar.

Beide Motorarten (Bild 8) können auch als offenes System (ohne Rückkopplung) eingesetzt werden, da sie sich in diskreten Schritten bewegen, wobei jeder Schritt einer festen Winkelverschiebung der Ausgangswelle entspricht. Sie können z. B. ohne Rückkopplung eines Encoders funktionieren, da die Steuerung Impulse an den Motor sendet, die die entsprechende Position der Motorwelle erzwingen.

Vorteile

- **Kosteneffizienz:** Schrittmotoren sind kostengünstiger als Servomotoren, deshalb werden sie oft bei kostenkritischen Projekten eingesetzt. Außerdem lassen sie sich kostengünstig verkabeln.
- **Einfache Steuerung:** Schrittmotoren sind aufgrund der einfachen Steuerung im offenen Regelkreis weniger stör anfällig. Sie können relativ einfach ohne komplexe Steuerungsalgorithmen betrieben werden.

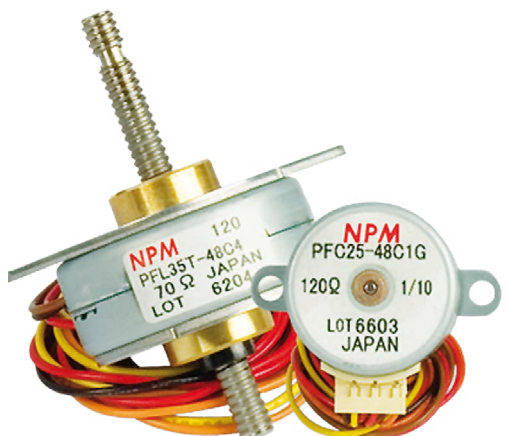


Bild 7: Tin-Can-Motoren



Bild 8: Portfolio von Hybrid- und Tin-Can-Schrittmotoren von Nidec

- **Drehmoment halten:** Schrittmotoren können eine Position einnehmen und auch bei abgeschaltetem Strom halten, was in statischen Anwendungen vorteilhaft ist.

Einschränkungen

- **Drehmoment:** Das Ausgangsdrehmoment des Schrittmotors nimmt mit steigender Drehzahl ab, während der Servomotor ein konstantes Drehmoment liefert.
- **Überlast:** Der Schrittmotor hat in der Regel nicht genug Leistung, um überlastet zu werden.
- **Begrenzte Hochgeschwindigkeitsleistung:** Schrittmotoren leiden bei höheren Drehzahlen unter einem Phänomen namens „Resonanz“, was sie in Hochgeschwindigkeitsanwendungen weniger effektiv macht.
- **Schrittverlust:** Schrittmotoren können aufgrund verpasster Schritte zu Positionsfehlern neigen, besonders bei dynamischer Leistung wie sehr niedrigen oder hohen Drehzahlen.
- **Vibrationen:** Schrittmotoren verursachen bei niedrigen Geschwindigkeiten niederfrequente Vibrationen, die durch Gummidämpfung reduziert werden können (Bild 9).

Um Linearbewegungen auszuführen wird die Ausgangswelle mit einer Spindel (Führungsschraube oder Kugelschraube) versehen. Verfügbar sind drei Konfigurationen der Schrittmotoren: Captive (mit integriertem Twist Lock), Non-Captive und extern linear. Weitere verfügbare Optionen sind eine Hohlwelle oder ein Encoder.

Einfacher linearer Schrittmotor

Ein Beispiel für einen einfachen linearen Schrittmotor ist der neue 20-mm-lineare Schrittmotor von NPM. Der PFL20 ist ein hocheffizienter, hochzuverlässiger linearer bipolarer Schrittmotor mit einem Motordurchmesser von nur 20 mm.

Er ist mit einem effektiven Hub von 30 oder 60 mm erhältlich und liefert eine Kraft von 6 N (bei 200 pps). Mit 24 Stufen pro Umdrehung hat die Propellerwelle eine Bleisteigung von 1,2 mm.

Die einfache Struktur der linearen Schrittmotoren, zu denen dieser Motor mit nur einer Gewinde- und einer Antriebswelle gehört, spart Platz und senkt Kosten, da weniger Komponenten benötigt werden als bei Systemen, die die Rotationsbewegung in eine lineare Bewegung umwandeln.

Schrittmotoren mit Kugelumlaufspindeln

Für Anwendungen, bei denen eine höhere Auflösung wichtig ist, gibt es zum Beispiel Schrittmotoren mit eingebauten Kugelumlaufspindeln. Diese haben einen höheren Wirkungsgrad, geringere Reibung, weniger Verschleiß sowie eine bessere Laufruhe und Präzision.

Man unterscheidet **geschliffene** und **gewalzte Gewinde**. Geschliffene Gewinde haben eine sehr glatte Oberfläche und sind hochpräzise. Gewalzte Gewinde sind billiger, robuster aber weniger präzise, allerdings für Standardanwendungen ausreichend.

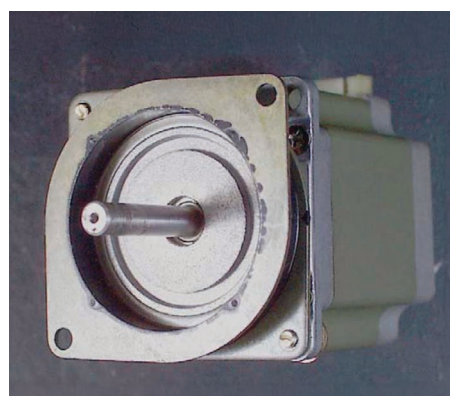


Bild 9: Schrittmotoren mit Schwingungsdämpfer

Für beide Typen stehen verschiedene Führungslängen zur Verfügung, um die gewünschte Geschwindigkeit und das gewünschte Bewegungsprofil zu gewährleisten. Außerdem sind die Kugelumlaufspindeln mit unterschiedlichen Genauigkeitsklassen erhältlich.

Genauigkeitsklassen von KSS-Kugelumlaufspindeln

KSS-Kugelumlaufspindeln sind in mehreren Genauigkeitsklassen erhältlich, um die Anforderungen einer Vielzahl von Anwendungen zu erfüllen. Diese Genauigkeitsklassen sind nach internationalen Normen (ISO 3408) definiert und geben die zulässige Abweichung über eine Referenzlänge von 300 mm an.

- C1 ($\pm 3 \mu\text{m}/300 \text{ mm}$) für Hochpräzision,
- C3 ($\pm 7 \mu\text{m}/300 \text{ mm}$) für anspruchsvolle CNC-Anwendungen,
- C5 ($\pm 23 \mu\text{m}/300 \text{ mm}$) für Automatisierung
- C7 ($\pm 50 \mu\text{m}/300 \text{ mm}$)

Beispiele

Standardgewalzte Kugelschrauben werden typischerweise in der C7-Genauigkeitsklasse geliefert, mit einer maximalen Abweichung von $\pm 50 \mu\text{m} / 300 \text{ mm}$. Diese Klasse eignet sich hervorragend für allgemeine Automatisierung, Handhabungssysteme und industrielle Positionierungsanwendungen, bei denen Robustheit und Kosteneffizienz wichtiger sind als ultrahohe Positionierungsgenauigkeit.

Für Anwendungen, die eine höhere Positionierungsgenauigkeit erfordern, bietet KSS Kugelschrauben in der C5-Genauigkeitsklasse mit einer reduzierten Vorführungsabweichung von $\pm 23 \mu\text{m} / 300 \text{ mm}$ an. Dieses Maß an Genauigkeit wird häufig in CNC-Maschinen, Präzisionsautomatisierung und servogesteuerten Positionierungssystemen eingesetzt.

Für Hochleistungs-Präzisionsanwendungen wie Halbleiteranlagen, optische Systeme und Präzisionsmess- oder Montagemaschinen ist die C3-Genauigkeitsklasse verfügbar. Diese



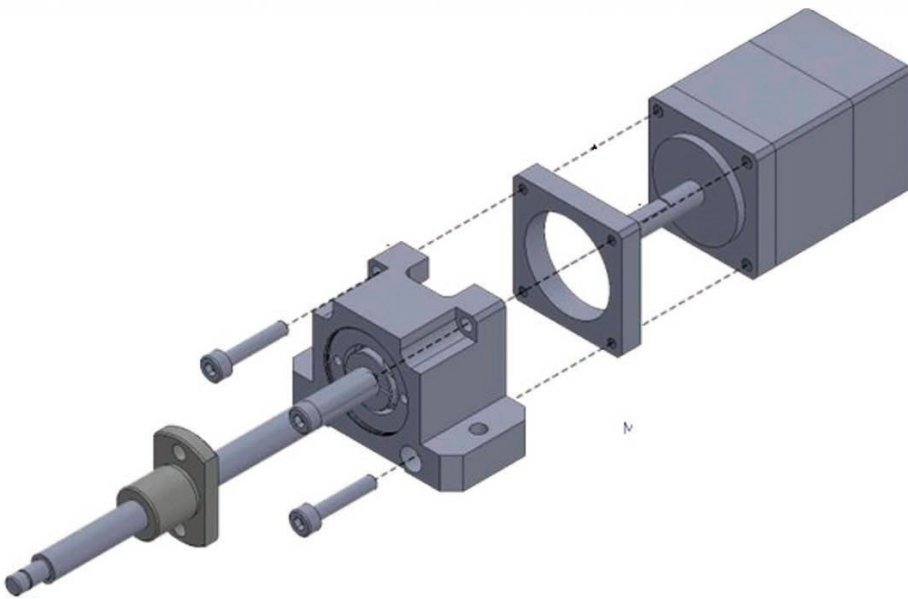


Bild 10: „Flexible Link“ als Spindelverlängerung an der Motorwelle

geschliffenen Kugelschrauben erreichen eine extrem geringe Abweichung von $\pm 8 \mu\text{m} / 300 \text{ mm}$, was eine außergewöhnliche Positionsgenauigkeit und Wiederholbarkeit ermöglicht.

Durch das Angebot der Genauigkeitsklassen C7 ($\pm 50 \mu\text{m}$), C5 ($\pm 23 \mu\text{m}$) und C3 ($\pm 8 \mu\text{m}$) ermöglicht KSS Systemdesignern, das optimale Gleichgewicht zwischen Präzision, Leistung und Kosten zu wählen. In Kombination mit geeigneten Vorspannungsoptionen und Lagerunterstützung sorgen diese Genauigkeitsklassen für eine stabile und vorhersehbare Positionierung über die Lebensdauer der Kugelschraube.

Zusatzoptionen

Wenn die Länge der Motorwelle nicht ausreicht, kann eine Spindelverlängerung mit der Motorwelle verbunden werden, zum Beispiel mit dem „Flexible Link“ (Bild 10).

Außerdem können ein Getriebe und smarte Chips integriert werden, um das Bauteil intelligent zu machen.



Dynetics

DYNAMIC IN MECHATRONICS

Dynetics aus Nettetal bietet eine breite Palette an verschiedenen Schrittmotoren und Servomotoren mit der optimalen Steuer Elektronik an. Die Motoren können integriert oder in der Peripherie verwendet werden. Es gibt sie für rotierende als auch lineare Funktionen. Alle oben genannten Beispiele können über Dynetics bezogen werden.

Die richtige Wahl

Wahl der richtigen Motortechnologie für Ihre Anwendung: Servomotoren und Schrittmotoren eignen sich beide für moderne Maschinenkonstruktionen. Welchen Motor man auswählt hängt vom Einsatzgebiet und den Anforderungen ab. Folgende Parameter sollten betrachtet werden:

Drehmoment und Geschwindigkeiten

- Servomotoren können bei konstanter und variabler Last eingesetzt werden und stellen das Drehmoment über einen großen Drehzahlbereich konstant zur Verfügung. Sie sind kurzzeitig mit einem Spitzenmoment überlastfähig.
- Servosteuerungssysteme bringen bessere Leistungen in Anwendungen, die Geschwindigkeiten von über 800 U/min erfordern und bei denen eine hohe dynamische Antwort erforderlich ist.
- Servomotoren sind die bessere Wahl, wenn ein hoher Durchsatz in der Produktion gefordert ist.
- Schrittmotoren vertragen keine Überlast. Sie liefern bei kleiner Baugröße unter 1000 U/min hohe Drehmomente
- Schrittmotoren hingegen eignen sich besser für Anwendungen, die niedrigere Geschwindigkeiten, geringe bis mittlere Beschleunigung und ein höheres Drehmoment erfordern.

Wiederholgenauigkeit

Servomotoren haben eine sehr hohe Wiederholgenauigkeit. Im Großen und Ganzen hat der Schrittmotor auch eine sehr hohe Genauigkeit, außer er verliert bei Richtungswechsel und Überlast Schritte.

Kosten

- Servomotoren bieten unvergleichliche Präzision, Drehzahl und Drehmomentkontrolle, sind jedoch teuer und erfordern fortschrittlichere Steuersysteme.
- Der Schrittmotor hat einen Vorteil hinsichtlich des Kosten-Leistungs-Verhältnisses. Um dieselbe Funktion zu erreichen, ist der Preis eines Servomotors höher als der eines Schrittmotors mit gleicher Leistung. Die hohe Reaktionsfähigkeit, hohe Geschwindigkeit und hohe Genauigkeit der Servomotoren spiegeln sich zwangsläufig im Preis wider. Schrittmotoren sind preiswert und einfach zu fahren, bieten aber bei hohen Geschwindigkeiten möglicherweise nicht die gleiche Genauigkeit und Leistung.

Außerdem sollten noch folgende Punkte bedacht werden:

- **Auflösung:** Servomotoren haben oft die bessere Auflösung, da sie mit einem Encoder und einem geschlossenen Regelkreis arbeiten, der Abweichungen korrigiert, während die Auflösung eines Schrittmotors durch die physikalische Teilung seiner Pole und die Qualität des Mikroschrittbetriebs bestimmt wird
- **Flexibilität der Anwendung:** Der Schrittmotor lässt sich einfacher und schneller an neue Anforderungen anpassen
- **Betriebsgeräusche:** Servomotor ist leiser
- **Energiebedarf:** Der Servomotor ist energiesparender

Anwendungen eines Servomotors

1. Roboter
2. Exoskelette
3. Verpackungsmaschinen
4. Autofokus in einer Kamera
5. CNC-Maschinen
6. SNJ-Maschinen
7. Ventilsteuerung
8. Drucker

Anwendung des Schrittmotors

1. Blutpumpen
2. Heparin-Infusions-Pumpe
3. Pipettierungsgeräte
4. 3D-Drucker
5. Kleine Roboter
6. Textilmaschinen ◀