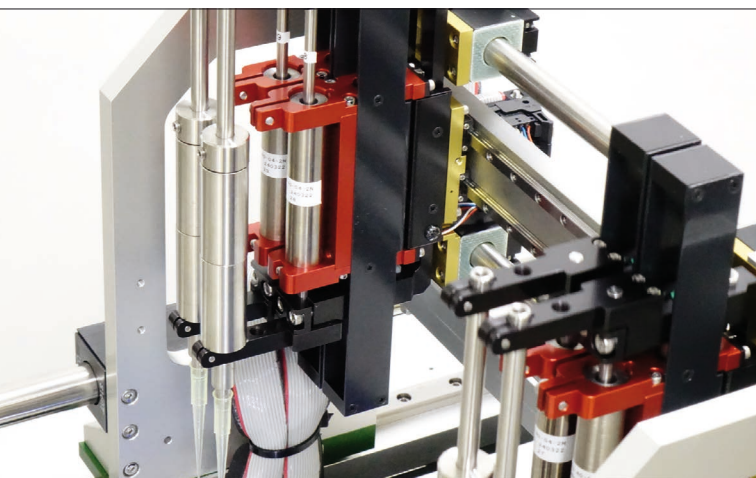


Linearmotoren in der Medizintechnik

Warum sind Linearmotoren mit Direktantrieb optimal für den Einsatz in der Medizintechnik und Laborausstattung?



Linearmotoren sind Direktantriebe, die eine translative Bewegung direkt ohne Umsetzung erzeugen. Linearmotoren mit Direktantrieb haben viele Eigenschaften, die sie für den Einsatz in der Medizintechnik prädestinieren. Sie können schnelle Bewegungen erzeugen und sind sehr flexibel einsetzbar. Sie sind optimal für komplexe Bewegungsabläufe unter beengten Platzverhältnissen. Dank ihrer hohen Leistung und Effizienz, beispielsweise hohe Schubkraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Positioniergenauigkeit, ist die Linearmotortechnologie Lösung für eine Vielzahl von Anwendungen.

Immer den passenden Linearmotor

Für jede Anwendung gibt es den passenden Linearmotor. Berücksichtigt man die Anforderungen, können die Linearmotoren präzise auf die Spezifikationen abgestimmt werden und sehr effizient arbeiten. Außerdem haben sie eine sehr hohe Wiederholgenauigkeit. Eingesetzt werden sie beispielsweise in Analysegeräten, Pipettiergeräten oder bei der Positionierung in CT, NMR oder der Nadel des OP-Roboters.

Es gilt deshalb, den passenden Antrieb für die jeweilige Anwendung zu finden, um die Möglichkeiten der einzelnen Technologien optimal nutzen zu können.

Einteilung in Untergruppen

Die linearen Lösungen lassen sich bezüglich ihrer Antriebskraft in folgende Untergruppen unterteilen:

- **Gruppe 1: Magnetisch**
Produkte, bei denen die Antriebskraft magnetisch auf jeden Läufer (Mover oder Forcer) ausgeübt wird (einschließlich linearer Servomotoren, zylindrischer/rohrförmiger Linearmotoren).
- **Gruppe 2: Mechanisch**
Produkte, bei denen die Antriebskraft über eine mechanische Schnittstelle (Leitspindel oder Kugelgewindtrieb) übertragen wird.
- **Gruppe 3: Kombination aus magnetisch und mechanisch**
Eine Kombination aus einem rotierenden Motor mit einer integrierten Linearschnecke

Im Folgenden beschreiben wir diese Gruppen anhand ihrer Eigenschaften und zwei Beispielen aus der Praxis.

Beispiele:

- Pipettenroboter auf Basis eines Linear-Servomotors
- Fördersystemen für Reagenzgläser

Autor:
R.B. de Vries
Geschäftsführer
Dynetics GmbH
www.dynetics.eu

Aufgrund des Umfangs wird der Artikel in mehreren Teilen veröffentlicht. Teil 1 behandelt die Gruppe 1: Magnetisch. Die anderen Gruppen werden in der nächsten Ausgabe des *meditronic-journals* beschrieben.

Gruppe 1: Antriebe mit magnetischer Kraftübertragung

Linearer Servomotor mit Direktantrieb

Direkt angetriebene Linearmotoren werden magnetisch angetrieben. Sie haben eine hohe Kraftdichte, eine hohe Steifigkeit, ermöglichen eine extrem sanfte Geschwindigkeitssteuerung und benötigen nur wenig Wartung. Linearmotoren werden gerne verwendet, weil sie eine Kombination aus hohen Geschwindigkeiten, langen Hübten und hervorragender Positioniergenauigkeit bieten, die mit anderen Antriebsmechanismen so nicht möglich ist. Dadurch lässt sich beispielsweise der Durchsatz bei Analyseautomaten zur Abarbeitung der Proben deutlich erhöhen.

Genauso sind aber auch extrem langsame, gleichmäßige und präzise Bewegungen möglich. Diese große Flexibilität ermöglicht einen breit gefächerten Einsatzbereich.

Aufgrund dieser Vorteile und einer noch weiter verbesserten Präzision werden die Antriebe vermehrt eingesetzt, was sich mit Zahlen belegen lässt.

Mit oder ohne Eisenkern

Lineare Servomotoren gibt es mit oder ohne Eisenkern. Dies bezieht sich darauf, ob die Wicklungen in einem Eisenlaminiertstapel oder in Epoxidharz liegen.

Eisenbehaftete Motoren nutzen das Eisen, um den magnetischen Fluss zu bündeln und können so eine sehr hohe Kraftdichte erzeugen. Somit sind sie optimal für Anwendungen geeignet, die extrem hohe Schubkräfte erfordern.

Der Nachteil des Eisenkerndesigns ist das Rasten, das Wirbelströme verursacht, was die Laufruhe der Bewegung beeinträchtigt.

Rastmoment

Das Rastmoment tritt beim stromlosen Motor auf und bewegt den Rotor aus seiner bevorzugten Lage (Rastposition). Es beeinflusst die Geschwindigkeit oder Kraft des Motors und ist unerwünscht. Dieses Ziehen in die bevorzugte Position des Motors (Verriegelung) bewirkt sowohl eine Leistungs- als auch eine Geschwindigkeitswelligkeit während der Bewegung.

Anwendungen, die mit einer Genauigkeit im Nanometerbereich arbeiten, erfordern einen verriegelungsfreien Motor. In solchen Fällen sind Motoren mit minimalem Rastmoment oder ohne erforderlich.

Beispiele aus dem Medizinbereich:

Typische Anwendungen für eisenbehaftete Linearmotoren sind Hochgeschwindigkeits- und Hochpräzisionsachsen für die Vergrößerung des Arbeitsbereichs von Knickarmrobotern sowie dynamischen Anlagen die beispielsweise in Werkzeugmaschinen.

Weitere Einsatzbereiche sind Analysensysteme für Biowissenschaften und Diagnostik, Arzneimittelforschung in der Pharma- und Biotech-Industrie, Oberflächenplasmonenresonanz (SPR), Proteinanalyse, Wirkstoffscreening und NIR-Spektrometer

Eisenlose Antriebe

können weniger Kraft erzeugen, haben allerdings auch kein Rasten, so dass sie auch bei niedrigen Geschwindigkeiten eine sehr gleichmäßige Bewegung erzeugen. Durch die geringere Masse von Epoxidharz sind sie leichter und können die höchsten Beschleunigungs-, Verzögerungs- und Höchstgeschwindigkeitswerte erreichen, die es bei elektromechanischen Systemen gibt. Allerdings ist die Steifigkeit geringer.

Anwendungen finden sich in Mikroskopiesystemen wie Elektronenmikroskop, Rasterkraftmikroskope, in der optischen Industrie (Scanner), in der Halbleitertechnik und in der Micromontage.

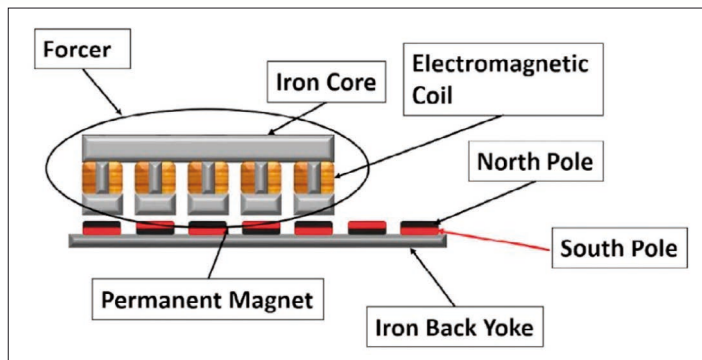


Bild 1: Flacher Linearmotor

Flach-, U- oder Rohr-Linearmotoren

Bei den Linearmotoren werden Flach-, U- und Rohr-Linearmotoren unterschieden. Sie haben alle die gleiche Funktionsweise, unterscheiden sich allerdings in ein paar Punkten.

Linearmotoren lassen sich mit einem abgewickelten Rotationsmotor vergleichen und funktionieren nach dem gleichen Prinzip, auch die Steuerung ist ähnlich. Wie bei den bürstenlosen Rotationsmotoren sind Forcer und Stator mechanisch nicht miteinander verbunden (bürstenlos). Dabei ist die typische Spulenkonfiguration dreiphasig.

Man unterscheidet zwei Hauptgruppen von Linearmotoren, die sich in ihren Funktionsprinzipien unterscheiden:

- **Magnetschwebbahn-Linearmotor:** hier ist der Läufer das bewegliche Teil und bewegt sich in einem Magnetfeld
- **elektromagnetischen Schub-Linearmotor:** hier ist der Läufer das stehende Teil, der durch elektromagnetische Kraft angetrieben wird

Flach- oder Eisenkernmotoren

Ein Eisenkernmotor ist ein Linearmotor, der einen Eisenkern enthält. Die Wicklungen sind in einem Blechpaket aus Eisen montiert. Die Anzahl und Länge der Wicklungen bestimmen, wie viel Kraft der Motor erzeugen kann. Dies beruht auf der magnetischen Anziehung zwischen dem Eisen des Primärteils und den Permanentmagneten des Sekundärteils sowie auf der in den Wicklungen erzeugten Magnetkraft. Diese Linearmotoren bieten eine extrem hohe Dauerkraft für ihre Größe.

Flachmotoren (Bild 1) haben einen Eisenkern, deshalb tritt hier ein Rastmoment auf. Hier interagiert der Eisenkern der Motorspule (Forcer) mit den Magneten der Magnetbahn. Der Eisenkern sorgt zudem für große Absorptionskräfte zwischen Stator und Armatur. Dies führt zu Rastmomenten in der linearen Bewegung. Die Motorsteifigkeit ist im Vergleich zum linearen Servomotor gering. Bei letzterem ist sie 100-mal höher. Nachteilig ist auch die Wärmeentwicklung, die viermal höher ist als bei ähnlich großen flachen Linearmotoren.

Erzeugt große Kraft

Da es sich bei magnetischen Feldern um Vektorgößen handelt, sind Richtung und Intensität additiv und führen zu einer erheblichen Erhöhung der Feldstärke, die von den Gleismagneten aufgenommen wird. Dies ist der Hauptvorteil des Eisenkernmotors weil bei einer gegebenen Stromaufnahme aufgrund dieses Verhaltens eine extrem große Kraft erzeugt werden kann.

Vorteile des Eisenkern-Linearmotors

- **Direktantrieb:** Da keine zusätzlichen mechanischen Komponenten wie Getriebe oder Riemen benötigt werden, können Eisenkern-Linearmotoren eine direkte, präzise und effiziente Bewegung erzeugen.
- **Hohe Dynamik:** Sie können hohe Beschleunigungen und Geschwindigkeiten erreichen, was sie für Anwendungen, bei denen schnelle und genaue Bewegungen erforderlich sind, besonders geeignet macht.

- **Einfache Konstruktion:** Die Bauweise des Eisenkern-Linearmotors ist im Vergleich zu anderen Linearmotortypen wie dem eisenlosen Linearmotor einfacher und oft robuster.

Eisenkern-Linearmotoren können tendenziell mehr Wärme entwickeln als ihre eisenlosen Gegenstücke.

Einsatzbereiche

Lineareisenkernmotoren sind aufgrund der hohen Kräfte und der Wärmeabgabe für eine Vielzahl von Anwendungen in Werkzeugmaschinen, Laser- und Wasserstrahlschneidmaschinen und in der Fabrikautomation, Medizinischen Geräten, bei denen Präzision von größter Bedeutung ist, z. B. in der bildgebenden Diagnostik geeignet.

U-förmige Linearmotoren

U-förmige Linearmotoren (Bild 2) verwenden einen Epoxidkern, der keine Wirbelströme erzeugt.

Eines der Hauptmerkmale dieses Motors ist, dass er an den kritischen Stellen des Motors kein Eisen enthält. Dadurch entfällt das Rastmoment und damit die nichtlineare Beziehung zwischen Kraft und Strom aufgrund der magnetischen Sättigung. Um die vom Motor erzeugte Kraft zu erhöhen, wurde der Motor mit einem zusätzlichen Satz Permanentmagnete in doppelseitiger Konfiguration bestückt. Darüber hinaus besteht der Forcer aus elektromagnetischen Spulen, die mit Epoxidharz an der Nicht-eisen-Forcerplatte montiert sind, die typischerweise aus Aluminium besteht.

Die Motoren haben eine hohe Dynamik durch das geringe Trägheitsmoment: schnell beschleunigen

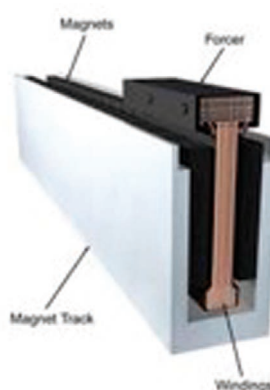


Bild 2: U-förmiger Linearmotor

und abbremsen. Eisenlose Linearmotoren haben eine hohe Präzision in ihrer Bewegung und können sehr genau Positionieren. Im Gegensatz zu eisenhaltigen Linearmotoren haben eisenlose Modelle keine Rastmomente, die die Bewegung beeinträchtigen könnten.

Da es keinen Eisenkern im Motor gibt, erwärmen sie sich weniger als Eisenkernmotoren. Daraus resultiert eine längere Lebensdauer und weniger Wartung.

Anwendungen

- im Medizinbereich: MRI-Scanner um präzise Bewegungen zu erzeugen
- Halbleiterindustrie
- Automatisierungstechnik; Verpackungsmaschinen

Allerdings ist diese Linearmorteknologie („U-Kanal“ oder „Luftkern“) im Vergleich zu rohrförmigen Linearmotoren nicht optimal geeignet für Spezialanwendungen.



Bild 3: Röhrenförmiger Linearmotor

Röhrenförmige Linearmotoren

Wie ihre flachen Pendanten bestehen röhrenförmige Linearmotoren (Bild 3) aus zwei Hauptbestandteilen: den Permanentmagneten und einem Stator, in dem die Wicklungen untergebracht sind. Bei der Ausführung des rohrförmigen Linearmotors sind die Magnete jedoch nicht auf einer flachen Schiene angeordnet, sondern sind als scheibenförmige Magnete in einem Rohr eingebettet. Dieses Rohr wird oft als Schubstange bezeichnet.

Der Stator, auch Forcer genannt, umgibt die Schubstange. Dieser Linearmotor ist eisenlos. Deshalb kommt es zu keinem Rasten, da die Primärspulen mit Epoxidharz gekapselt sind anstatt um eine Stahl laminierung gewickelt zu werden.

Das Prinzip

des rohrförmigen Linearmotors (Magnetschwebbahn) beruht auf der Nutzung von Magnetfeldern zum Halten des Antriebs in der Luft, wodurch eine berührungsfreie, reibungsfreie Bewegung erreicht wird.

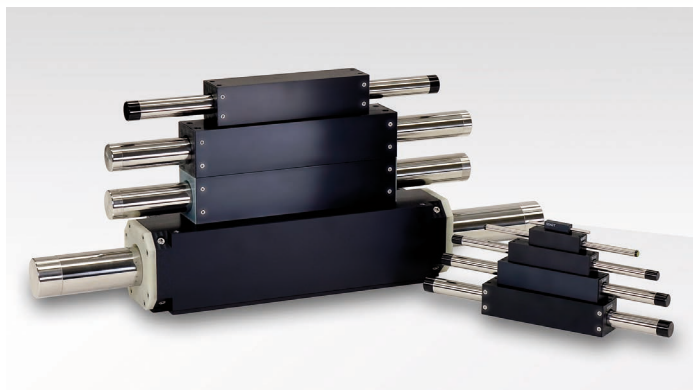


Bild 4a: Unterschiedliche Typen von röhrenförmigen Linearmotoren

Hauptvorteile sind der einfache Aufbau, die geringen Kosten und der zuverlässige Betrieb.

Die Intensität des Magnetfelds ist jedoch aufgrund der Dauermagnete begrenzt, was zu einer relativ geringen Schubkraft und Geschwindigkeit führt.

Weitere Details erfahren Sie im folgenden Video auf YouTube: https://youtu.be/_Ek10GuVXOc?feature=shared

Bild 4a und 4b zeigen unterschiedliche Typen von röhrenförmigen Linearmotoren.

Vor- und Nachteile

Die röhrenförmige Bauweise hat mehrere wichtige Vorteile gegenüber den flachen Linearmotoren: Zunächst wird der gesamte magnetische Fluss der Permanentmagnete genutzt, um Kraft zu erzeugen. Nach dem Lorentzkraft-Prinzip steht die Kraft, die durch das Zusammenwirken der Schubstabsmagnete und der Spule entsteht, senkrecht sowohl zum Magnetfeld als auch zum Strom – also in Bewegungsrichtung.

Diese beiden Eigenschaften verleihen den Rohrlinarmotoren einen extrem hohen Wirkungsgrad. Dieser höhere Wirkungsgrad

bedeutet, dass weniger Wärme erzeugt wird, so dass sich die Komponenten aufgrund thermischer Effekte weniger ausdehnen und beim Abkühlen weniger Wärme auf die externe Last übertragen wird.

Das Endergebnis des höheren Wirkungsgrads und der geringeren Wärmeentwicklung bewirkt eine bessere Positioniergenauigkeit, höhere Lebensdauer, usw.

Beispiele im Medizinbereich

- Testlabors
- medizinische Einrichtungen
- klinische Geräten, Analysegeräte, Diagnosegeräte
- Radiologie: Hier werden Linearwellenmotoren in Geräten mit bildgebenden Verfahren (CT, NMR, Gamma-Kamera) eingesetzt, um die Positionierung von zu optimieren.

Steifigkeit

In einem rohrförmigen Motor ist weder in der Welle noch im Treiber Eisen vorhanden. Dadurch wird eine hohe Präzision und ein verriegelungsfreies Verhalten gewährleistet. Die Spulen selbst bilden den Kern und verleihen dem Motor so die Steifigkeit.

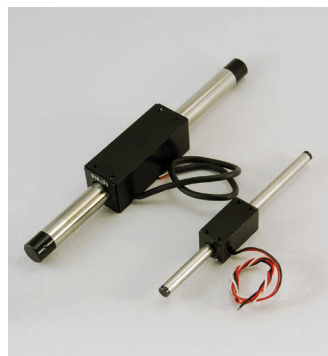


Bild 4b. Zwei Beispiele röhrenförmiger Linearmotoren

Die linearen Servomotoren arbeiten berührungslos. Da die Spule vollständig um die Magnete gewickelt ist, wird die magnetische Flussdichte effektiv genutzt. Dies ermöglicht einen großen (0,5 bis 5 mm) ringförmigen Nennluftspalt. Dieser Luftspalt ist nicht kritisch, weil er keine Kraftänderungen bewirkt. Dadurch eignet sich der Motor optimal für Anwendungen, wo eine sehr präzise und reibungslose Linearbewegung verlangt wird.

Beispiele:

- Präzise Flüssigkeitsabgabe
- Medizinische Bildgebungsgeräte
- Massenspektrometrie
- Zentrifuge und
- Autotransfusion
- Chirurgische Roboter
- Laborautomatisierung
- Geräte für die Rehabilitation
- Medizinische Bildgebung (CT, PET, MRT, Röntgen)
- Pumpen (Infusion, Spritze und Peristaltik)
- Beatmungsgeräte
- Geräte zur Blutanalyse
- Ophthalmologische Geräte

Keine Schmier-/Einstellwartung erforderlich

Der lineare Servomotor benötigt keine Schmierung und zeigt keinen Leistungsabfall durch Verschleiß/Alterung. Seine wartungsfreie, lange Lebensdauer trägt zur Reduzierung der Lebenszykluskosten bei. Durch das Spiel zwischen Welle und Treiber entfallen Einstellungen wie Führung, Positionierung oder konzentrische Einstellungen. Staub und Lärm, wie bei Kugelgewindetriven und Pneumatik-Systemen, treten beim linearen Servomotor nicht auf. Dies ist nicht nur in Reinraumanwendungen von Vorteil, sondern trägt auch zu einer angenehmeren Arbeitsumgebung bei.

Hohe Präzision

Der lineare Servomotor ermöglicht eine Präzision, die von mechanisch angetriebenen Antrieben wie beispielsweise Kugelgewindetriven nicht erreicht wird. Die Genauigkeit der Wiederholpositionierung hängt von der Auflösung des Linearencoders ab. Darüber hinaus ist auch eine ausreichende Gerätesteifigkeit notwendig. Die absolute Positioniergenauigkeit hängt wesentlich vom Längenmessgerät ab. Sie ist nicht abhängig von der Ausdehnung oder Kontraktion, die durch die Wärme des Linearwellenmotors verursacht wird. Der Präzisionsbetrieb erfordert allerdings eine strenge Kontrolle der Arbeitsumgebung, einschließlich der Temperatur.

Im folgenden Video können Sie sich über das Grundprinzip des röhrenförmigen Linearmotors informieren. Link https://youtu.be/_Ek10GuVXOc?feature=shared:

Kompakt und präzise

Die rohrförmigen Linearmotoren der Wellenmotoren sind immer kleiner und kompakter als andere

Eisenkern-Motor	
Vorteile	Nachteile
Hohe Krafterzeugung	Rastmoment
Gute Wärmeableitung	Attraktive und seitliche Forcer
Bekannt	Wirbelströme
	Magnetische Sättigung
	grossen Fussabdruck

Röhrenförmig	
Vorteile	Nachteile
Reibungslos	geringere Krafterzeugung
einfach zu integrieren	
effizientere Kühlung	
lineares Kraft-/ Stromverhältnis	
Kompakte Bauform	

Vergleich U-förmiger Motor mit einem röhrenförmigen Motor

U-Kanal

Vorteile	Nachteile
Rastmomentfrei	Ineffiziente Kühlleistung
bekannte Technologie	geringeren Steifigkeit
	grossen Fussabdruck
	Höhere Kosten

Röhrenförmig.

Vorteile	Nachteile
effizienteren Kühlung	grössere Höhe
optimale Steifigkeit	
Kompakte Bauform	
niedrige Kosten	

Vergleich U-förmiger Motor mit einem röhrenförmigen Motor

zylindrische Linearmotoren mit vergleichbaren Eigenschaften. Deshalb können sie in Anwendungen mit einem geringeren Platzbedarf eingesetzt werden.

Lineare Servomotoren sind nur eine Komponente in einem Bewegungssystem. Ein komplettes Linearmotorsystem hingegen besteht zusätzlich aus einem Lager zur Unterstützung und Führung der Last, Kabeln, einem Linearencoder für die Rückmeldung sowie einem Servoantrieb und einer Steuerung.

Einfacherer Aufbau

Die Konstruktion von Linearmotorsystemen ist einfacher als die Konstruktion von Systemen, die auf Rie-

men, Zahnstangen oder Schrauben basieren. Sie enthalten weniger Bauteile, was zu weniger Montageschritten führt (kein Ausrichten von Kugeltreibstützen oder Spannen von Riemen). Außerdem sind Linearmotoren berührungslos, so dass sich Konstrukteure keine Gedanken über Schmierung, Einstellungen oder andere Wartungsarbeiten an der Antriebseinheit machen müssen.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die röhrenförmigen Linearmotoren herkömmliche Eisenkern- und eisenlose Antriebe in Präzision und Leistung übertreffen und nur wenig Platz brauchen.

Für den Reinraum geeignet

Linearwellenmotoren sind oft die bevorzugte Lösung in anspruchsvollen Umgebungen mit hoher Leistungsdichte, wie z. B. Reinräumen da sie weniger bewegliche Teile haben und mit fast jeder Art von Linearführung oder Kabelmanagement kombiniert werden können, um die Anforderungen der Anwendung an die Partikelerzeugung, Ausgasung und Temperatur zu erfüllen. Außerdem benötigen sie keine Schmierung. Sie können auch mit Vakuum arbeiten, beispielsweise beim Ansaugen von Teilen, um diese zu greifen oder zu transportieren.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Konstrukteur entweder die Welle oder den Forcer (Wicklungen, einschließlich Kabel und Kabelma-

nagement als bewegliches Teil) verwenden kann.

Diese Linearmotoren sind sich auch optimal geeignet, wenn eine hohe Kraft in kompakten Anwendungen erzeugt werden soll. Hier können mehrere Achsen parallel oder mehrere Spulen in Reihe verbaut werden. Eine kostengünstige Lösung entsteht, wenn mehrere Spulen auf einer Welle untergebracht werden. Oft benötigt man auch nur einen Treiber. Die Bilder 5-7 zeigen die unterschiedliche Anordnung der Antriebe mit deren Steuerungen.

Das folgende Video auf YouTube enthält weitere Informationen: https://youtu.be/X9OqB6g_s-M?feature=shared

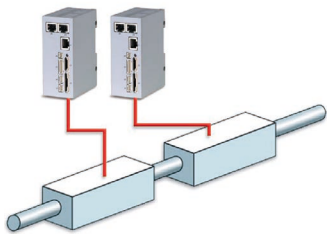


Bild 5: Parallel geschaltete Antriebe mit einer Steuerung

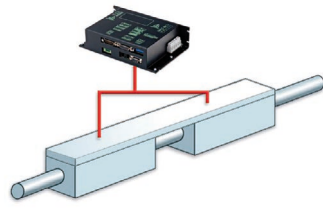


Bild 6: Seriell geschaltete Antriebe mit einer Steuerung



Bild 8: Komplette Linearmotoren in einem Tischgehäuse

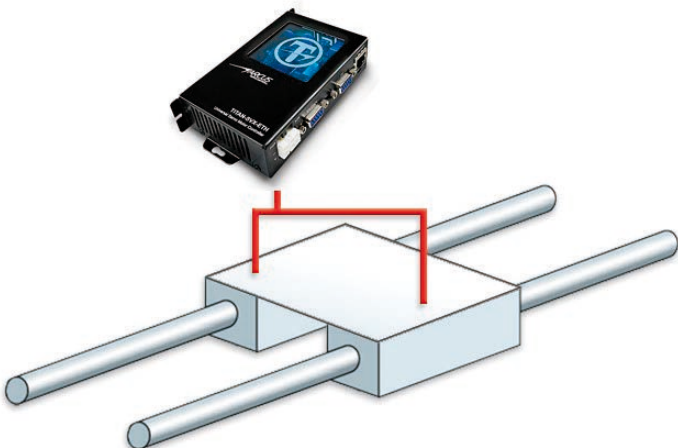


Bild 7: Seriell geschaltete Antriebe mit je einer individuellen Steuerung

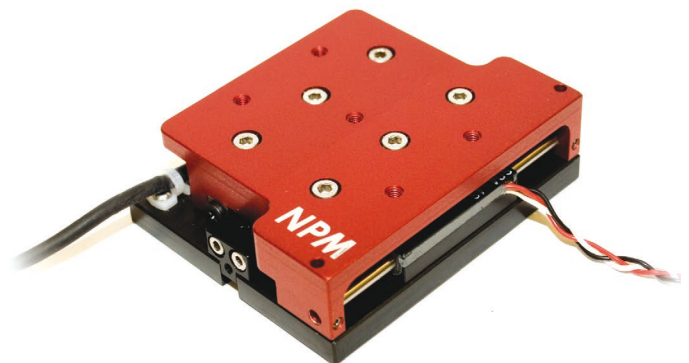


Bild 9: Linearmotor in einem Tischgehäuse mit höherer Auflösung

Lineartische

Die Linearmotoren sind auch als kompakte und hochsteife Lineartische mit Linearführungen und Encoder verfügbar. Mit zusätzlichen Bauteilen können diese Tische (Bild 8 und 9) einfach realisiert werden.

Beispiel Pipettiereinheit

Als Beispiel haben wir ein Referenzdesign für computergesteuerte Pipetten (Bild 10) mit acht einzeln steuerbaren Kanälen (Bild 11) realisiert, das auf dem linearen Servomotor SX060 basiert.

Die einzeln steuerbaren Kanäle ermöglichen eine unabhängige Bewegung der einzelnen Pipetten. Somit können die Proben sehr flexibel abgearbeitet werden. Diese voll automatisierte Verarbeitung einzelner Proben mit verschiedenen Pipetten optimiert den Durchsatz und verringert die Bearbeitungszeit. Die Pipettiereinheit ist benutzerfreundlich und wird mit einem kompakten Controller, der auf einem Commander-Hybridmodul basiert, sehr präzise gesteuert. Ein Video zeigt die Funktionsweise der Pipettiereinheit.



Bild 10: Pipettiereinheit

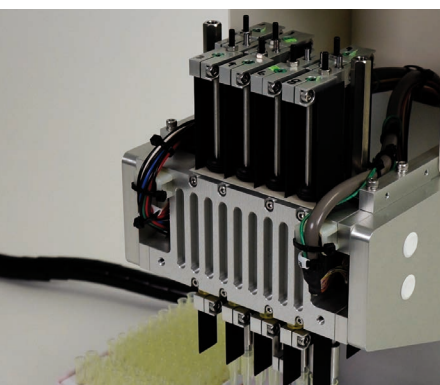


Bild 11: Antriebe der Pipettiereinheit

Link: <https://youtu.be/JG10jzdX3IQ?feature=shared>.

Gegengewicht gLESS

Wenn Wellenmotoren vertikal eingesetzt werden, ist ein Gegengewicht erforderlich, um der Schwerkraft entgegenzuwirken. Ohne Gegengewicht würde die Motorwelle im stromlosen Zustand herunter fallen. Bei konventionellen Konstruktionen wurde eine Feder als Gegengewicht eingesetzt. Sie ist ein kritisches Bauteil, da die Feder mit der Zeit altert und somit besondere Aufmerksamkeit hinsichtlich der Wartung erfordert. Ein neuartiges, wartungsfreies Gegengewicht namens gLESS nutzt die Magnetkraft und ermöglicht eine gleichförmige Bewegung.

Im Vergleich zu herkömmlichen Feder-Gegengewichten bietet das magnetische Gegengewicht folgende Vorteile:

- Die „Federkonstante“ ändert sich auch nach vielen Jahren im Einsatz nicht
- Die Welle fällt stromlos nicht herunter
- Fast keine Streuung des magnetischen Flusses
- Kompakte Lösung in Kombination mit dem Wellenmotor des Herstellers
- Konstante Ausgleichskraft
- Berührungslose Funktion sorgt für Wartungsfreiheit

Vorteile im Überblick

Linearmotoren haben mehrere Vorteile gegenüber mechanischen Systemen, z. B. bei komplexen Bewegungsprofilen, weil sie sehr hohe und sehr niedrige Geschwindigkeiten, sowie eine hohe Beschleunigung ermöglichen. Außerdem sind sie wartungsfrei, weil die Teile keinen Kontakt zueinander haben. Deshalb müssen sie auch nicht geschmiert werden. Sie bieten eine hohe Präzision und haben kein Spiel.

Eigenschaften rohrförmiger Linearmotoren im Überblick:

- leicht und einfach zu reinigen
- Geräuscharm
- Niedrige Betriebskosten, da sie nicht verschleifen
- Sind sehr wartungsarm
- Benötigen keine Schmierstoffe



Bild 12: Unterschiedliche Linearzylinder

- Hohe Dynamik
- Hohe Präzision und Stabilität
- Hohe Wiederholgenauigkeit
- Es sind hohe Kräfte übertragbar
- Kompakte leichte Bauweise
- Korrosionsfest und rostfrei
- Geringer Energieverbrauch
- Lange Lebensdauer

Einsatzmöglichkeiten

- medizinischen Bildgebungsgeräten wie CT-Scanner, MRT- und Diagnosegeräten.
- Instrumente in der Chirurgie
- Flüssigkeitshandling, Chirurgieroboter, Klebetechnik PICK & Place (SMA-Geräten),
- Einsatz im Reinraum
- Laborautomatisierung: Flüssigkeitspumpen, Handhabung von Blutproben und Reagenzgläsern, Verdünnung der Proben, Abfüllung
- vollautomatisches Fertigen von Zahnkronen auf den Zehntel-Millimeter genau

Linearzylinder

Linearzylinder (Bild 12) werden für eine Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, wenn eine einfache Linearmotorlösung gefragt ist. Der Linearzylinder basiert entweder auf einem Servomotor, gekoppelt mit einem Getriebe; oder der Motor erzeugt die Bewegung direkt über eine Gewindestange. Die Zylinderstange bewegt sich dabei geradlinig oder entlang einer Kurvenbahn.

Elektrische Zylinder sind zudem eine leistungsstarke Alternative zu Pneumatikoder Hydraulikzylindern. Sie werden in Anwendungen eingesetzt, die direkt angetrieben werden müssen (Linearmotoren) wie z. B. bei präzisen Stellvorgängen.

Einsatz finden sie:

- in der Prothetik und Orthetik
- in Geräten für die Rehabilitation und Physiotherapie
- in roboterchirurgischen Systemen
- in Arzneimittelabgabesystemen
- in Patientenliftern, -betten und Mobilitätshilfen
- in Sauerstoffkonzentratoren
- in medizinischen Pumpen

Piezelektrische Linearmotoren

Piezelektrische Motoren sind Kleinmotoren, die den piezoelektrischen Effekt zur Erzeugung einer Bewegung nutzen. Der Motor benötigt keine Magnete, seine Funktion basiert auf der unterschiedlichen Verformung bei Stromdurchfluss. Dadurch kann sich der Motor vorwärts oder rückwärts bewegen. Vorteile piezoelektrischer Motoren sind eine hohe Kraft pro Volumen, eine hohe Haltekraft im ausgeschalteten Zustand sowie eine sehr gute Dynamik und Miniaturisierbarkeit. Da sie ohne Magnetfelder arbeiten, können sie auch dort eingesetzt werden, wo keine Magnetfelder erwünscht sind, z. B. MRT. ◀

Hochgenaue und flexible Z-Positionieranwendungen

Nippon Pulse Motors präsentiert eine neue Serie integrierter Linearwellenmotoren, die speziell für die vertikale Z-Achsenfunktion in Anwendungen mit sehr begrenztem Platz vorgesehen ist, beispielsweise in einem Pipetten-Roboter.



als nicht kritisch, in dem Sinne, dass er keine Kraftänderungen bewirkt.

Keine Schmierung erforderlich

Der Linearservomotor muss nicht geschmiert werden und weist keine Leistungsverluste durch Verschleiß/Alterung auf. Dies führt zu einer langen Lebensdauer und hält die Kosten gering.

Immer in Balance

Während des Einsatzes ist ein Gegengewicht erforderlich, um im stromlosen Zustand die Position des Motors beizubehalten und ein Herunterfallen zu verhindern. Dieses neue Gegengewicht wird „gLESS“ genannt, und ist eine berührungslose Lösung die sehr nahe am Wellenmotor montiert werden kann. Somit entsteht eine sehr kompakte Einheit für die Z-Achse. Aufgrund von gLESS hält die neue Linearwellenmotoreinheit zu jedem Zeitpunkt des Hubs eine konstante Balance.

In früheren Konstruktionen wurden Federn als Gegengewicht verwendet. Sie galten als kritisches Bauteil, da sie mit der Zeit alterten und Beobachtung, sowie Wartung erforderlich machten.

Beispiel Pipettierstation

Die Pipettierstation zeigt die Möglichkeiten der Linearmotoreinheit. Sie ist ein extrem flexibel arbeitendes System, das die einzelnen Pipetten unterschiedlich ansteuern und bewegen kann. Dadurch kann der Durchsatz optimiert werden, weil die Abarbeitungsreihenfolge den Abarbeitungszeiten der Proben angepasst werden kann. Alle Arbeitsgänge sind reproduzierbar. ◀

Die Motoren erreichen Hublängen von 40 mm.

Die neue Familie der integrierten Linearwellenmotoren ist speziell für die Realisierung der vertikalen Z-Funktion entwickelt worden und verfügt über Hochenergiemagnete, die mehr Kraft in Kombination mit einem sehr kompakten und effizienten Gegengewicht bieten. Die Technologie wurde zum Patent angemeldet. Die Motoreinheit fällt im stromlosen Zustand nicht ab, dank seiner neuen, innovativen und revolutionären Lösung mit einem Gegengewicht.

SX060-Serie

Die Linearmotoreinheit basiert auf der SX060-Serie von NPM und weist nahezu keine magnetischen Streuflüsse auf, was Anwendungen mehrerer Einheiten in einem Abstand von nur 9 Millimetern ermöglicht. Die Motoren erreichen Hublängen von 40 mm und können eine Leistung bis zu 8,2 Nm bereitstellen.

Ohne Encoder

Das Design dieses skalierbaren Linearwellenmotors macht einen externen Encoder überflüssig. Dadurch wird der Motor kompakter und kostengünstiger.

Kein Rastmoment

Grundsätzlich handelt es sich bei dem Linearwellenmotor um einen hochpräzisen Direktantriebsmotor, der ohne Rastmoment arbeitet. Er besteht aus einer Welle mit Seltenerd-Eisen-Bor-Neodym-Permanentmagneten und einem Rotor aus zylindrischen Spulenwicklungen.

Weder Welle noch Spulen-Teil des Motors enthalten Eisen, was diese hohe Präzision bedingt und rastfreie Motoren ermöglicht. Die Spulen bilden den Kern und verleihen dem Motor so seine Steifigkeit. Dank seiner zylindrischen Bauweise, erzeugt der Linearmotor 100% seiner Kraft in der Fahrtrichtung und bietet gleichzeitig eine effektive Wärmeableitung. Der Eisenkern sorgt zudem für große Absorptionskräfte zwischen Stator und Spule, die ein Rastmoment in linearer Bewegung verhindern.

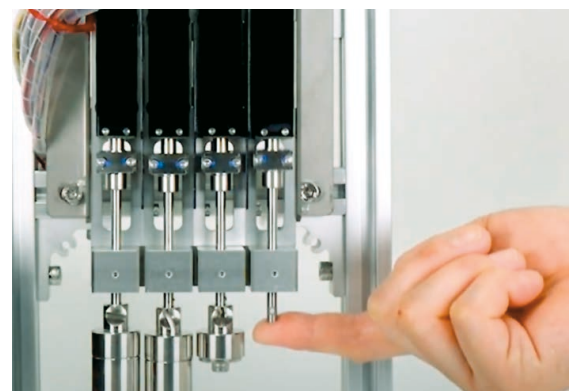
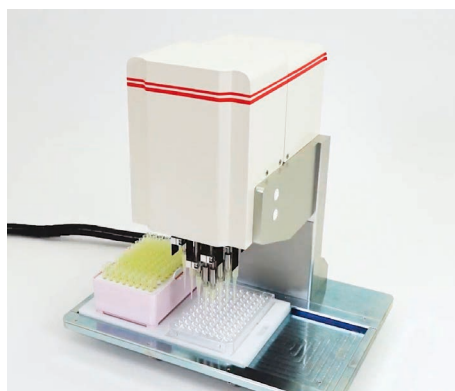
Berührungsloses Arbeiten

Lineare Servomotoren arbeiten berührungslos. Da sich die Spule vollständig um die Magnete wickelt, wird die magnetische Flussdichte effektiv genutzt. Dies ermöglicht einen großen (0,5 mm) ringförmigen Nennluftspalt. Dieser Luftspalt gilt

Videos zur Funktionsweise der Linearmotoreinheit bei Youtube:

Pipette Chidori project: <https://youtu.be/JGIOjzdX3lQ>

gLESS counterbalance: <https://www.youtube.com/watch?v=Zl6tVf4Gtho>



Dynetics GmbH
info@dynetics.eu
www.dynetics.eu

Auf der Motek zeigte Dynetics eine Anwendung der Linearmotoreinheit mit vier computergesteuerten Pipetten, die simultan arbeiten.

Linearmotoren in der Medizintechnik, Teil 2



Im ersten Teil wurde die Gruppe 1 der Linearmotoren beschrieben: Magnetisch. Es handelt sich um Produkte, bei denen die Antriebskraft magnetisch auf jeden Läufer ausgeübt wird, einschließlich linearer Servomotoren, zylindrischer/rohrförmiger Linearmotoren.

Der erste Teil kann unter <https://www.beam-verlag.de/fachartikel-medizin-technik/antriebe/meditronic-journal-5-2024-FA-VIII.pdf> gelesen oder heruntergeladen werden.

Im zweiten Teil werden die Gruppe 2: Mechanisch und die Gruppe 3 Kombination aus magnetisch und mechanisch behandelt.

Gruppe 2: Mechanisch: Produkte, bei denen die Antriebskraft über eine mechanische Schnittstelle (Leitspindel oder Kugelgewindtrieb) übertragen wird.

Gruppe 3: Kombination aus magnetisch und mechanisch: Eine Kombination aus einem rotierenden Motor mit einer integrierten Linearschnecke

Gruppe 2: Mechanisch

Zur Gruppe 2 gehören die Gewindetriebe.

Was ist ein Gewindetrieb?

Ein Gewindetrieb ist ein mechanisches System, das rotierende Bewegung in lineare Bewegung oder umgekehrt umwandelt. Es besteht in der Regel aus einer Gewindespindel und einer Mutter, wobei die Mutter auf der Spindel sitzt. Es gibt zwei Möglichkeiten der Bewegung: entweder dreht sich die Gewindespindel und bewegt die Mutter oder die Mutter rotiert und bewegt die Spindel.

Die Mutter kann aus Metall oder Kunststoff bestehen.

Es gibt unterschiedliche Arten von Gewindetrieben. Sie werden nach der Bauform eingeteilt:

- Trapezgewindetriebe
- Kugelgewindetriebe
- Rollengewindetriebe
- Planetengewindetriebe/
Planetenrollengewindetrieb

Trapezgewindetriebe

Der Trapezgewindetrieb ist die einfachste Bauform. Hier gleitet die Mutter direkt auf dem trapezförmigen Gewinde. Er hat keine Kugeln. Das macht die Konstruktion sehr robust. Allerdings sorgt die Gleitreibung für hohe Verluste, was zu einem niedrigen Wirkungsgrad führt.

Kugelgewindetriebe

Kugelgewindetriebe oder Kugelumlaufspindeln (Bild 1) gehören zur Gruppe der Antriebe bei denen die Kraft mechanisch übertragen wird. Sie setzen eine Drehbewegung in eine Längsbewegung um. Sie bestehen aus einer Kugelgewindespindel, einer Kugelgewindemutter, in der die Kugeln integriert sind und einer Kugelrückführung. Zwischen der Spindel und der Mutter rollen die Kugeln über ein Kugelrückführungssystem in einer sogenannten Endlosschleife und sorgen so für einen reibungslosen Bewegungsablauf. Dies reduziert die Wärmeentwicklung und somit die Verluste und ermöglicht einen höheren Wirkungsgrad. Außerdem sinkt der Energieverbrauch und der Verschleiß ist geringer.

Zudem wirkt sich auch die Spindelsteigung auf die Genauigkeit aus: Je kleiner die Steigung, desto besser die theoretisch erreichbare Auflösung und damit die Präzision. Üblicherweise betragen die Steigungen von Miniatur-Kugelgewindetrieben 1 mm bis 2 mm. Die Funktion wird im Video „Kugelumlaufspindel“ gezeigt:

<https://www.youtube.com/watch?v=1U8RU6VUrJU>

Rollengewindetriebe

Bei Rollengewindetrieben ist die Gewindemutter mit Rollen versehen, die umlaufende Rillen aufweisen. Die Last wird von der Gewindespindel auf die Rollen und von dort auf die Mutter übertragen. Die Rollen bewegen sich schneller als die Mutter in axialer Richtung. Deshalb ist eine Rollenrückführung notwendig.

Planetengewindetriebe/ Planetenrollengewindetrieb

Der Planetengewindetrieb wird auch als Planetenrollengewindetrieb bezeichnet. Hier werden Rollen als Wälzkörper eingesetzt, die auch als Planeten bezeichnet werden. Die Rollen haben ein Gewinde, das in die Spindel und Mutter eingreift. Sie bewegen sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Mutter. Deshalb muss kein Rückführmechanismus installiert werden. Planetengewindetriebe haben eine hohe Tragkraft, weil sie sehr viel Kontaktpunkte haben. Diese sorgen allerdings auch für mehr Verluste, was wiederum den Wirkungsgrad reduziert.

Als Fazit kann man zusammenfassen, dass Kugelgewindetriebe weniger Motordrehmoment benötigen als Gewindespindeln, so dass diese Motoren kleiner gebaut werden können (Tabelle 1).

Anwendungsbereiche

- **Trapezgewindetriebe** sind preisgünstige Lösungen. Sie eignen sich für Werkzeugmaschinen, Positioniersysteme und Hubmechanismen.
- **Kugelgewindetriebe** eignen sich für Einsatzbereiche, bei denen bei geringen bis mittleren Kräften eine hohe Präzision gefordert ist, wie beispielsweise in Werkzeugmaschinen.
- **Rollengewindetriebe und Planetengewindetriebe** werden eingesetzt, wenn große Robustheit und hohe Tragkraft gefordert werden. Sie dienen als Ersatz für Hydraulik- oder Pneumatiklösungen.

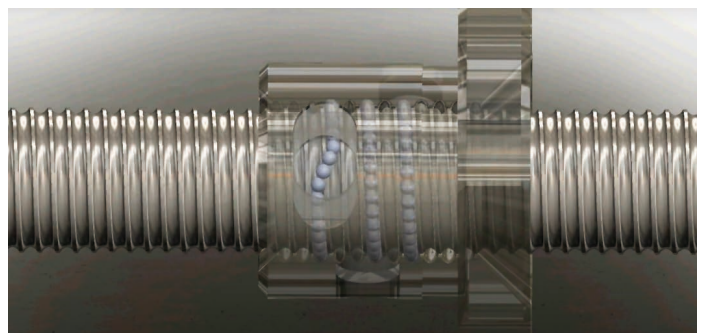


Bild 1: Kugelgewindetriebe

Autor:

R. B. de Vries

Geschäftsführer Dynetics GmbH

Website: www.dynetics.eu

	Trapezgewindetrieb	Kugelgewindetrieb	Planetenrollengewindetrieb
Spindel	gerollt	gerollte/geschliffen	geschliffen
Selbsthemmung	ja	nein	nein
Robustheit	sehr hoch	hoch	sehr hoch
Stoßempfindlichkeit	sehr gering	mittel	sehr gering
Geschwindigkeitsbereich	mittel	hoch	sehr hoch
Tragfähigkeit	hoch	mittel	sehr hoch
Verschleiß	ja	nein	nein
Positionier genauigkeit	abhängig von Betriebsdauer	nahezug leichbleibend	nahezu gleichbleibend
Wirkungsgrad	niedrig	sehr hoch	hoch
Lebensdauer	mittel	hoch	sehr hoch
Zuverlässigkeit	mittel	hoch	sehr hoch

Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Gewindetriebe

Genauigkeitsklassen

Kugelgewindetriebe werden in verschiedenen Genauigkeitsklassen angeboten, wobei JIS-Normen auf den ISO-Normen basieren - JIS steht für Japanese Industrial Standard. Die Standardisierung der Lagertoleranzen erfolgt durch die Einteilung der Lager in 6 Klassen. C5 bedeutet hohe Präzision, C7 ist Standard. Kugelumlaufspindeln mit C5 werden geschliffen, während C7 oder C10 durch Walzverfahren erreicht wird.

Rollengewindetriebe mit geformter Nut werden mit Walzwerkzeugen im Walzverfahren in die Genauigkeitsklasse C7 bis C10 gebracht. Sind keine Walzwerkzeuge vorhanden, ist auch möglich, C7, C10 durch Schleifen zu erreichen.

Kugelgewindetriebe in der Medizintechnik

Kugelgewindetriebe haben viele Eigenschaften, die in der Medizintechnik wichtig sind: Spindeln und Mutter bestehen aus korrosionsbeständigen Materialien und haben Keramikugeln

Weitere Merkmale:

- Amagnetische Ausführung
- Hoher Wirkungsgrad
- Große Laufruhe
- Hohe Positioniergenauigkeit
- Geringes Gewicht
- Hohe Belastbarkeit

- Sind robust und langlebig
- Sorgen für reibungslose und sichere Prozesse
- Sind kompakter als Gewindespindeln, weil sie weniger Motordrehmoment benötigen.

Einsatzbereiche:

- Sie können beispielsweise in
- Beatmungsgeräten,
 - Dosiereinheiten,
 - Pumpen,
 - zur Blendeneinstellung beim CT und
 - Positionierung (OP-Tische, Liegen etc)
 - Verpackungsanlagen
 - eingesetzt werden.



Bild 2: Unterschiedliche Varianten an Linear-Gewindespindeln

Bild 2 zeigt unterschiedliche Varianten an Linear-Gewindespindeln.

Gruppe 3: Kombination aus magnetisch und mechanisch

Zu dieser Gruppe gehören u. a. die Aktuatoren und die Schrittmotoren.

Aktuatoren

Ein Aktuator besteht aus einem Motor und einer Spindel, Gewindespindel, Achse oder Hohlwelle. Er transformiert eine rotatorische Bewegung in eine lineare Bewegung. Bei dem Motor kann es sich auch um einen Schrittmotor handeln.

Schrittmotoren

Bei einem Schrittmotor werden elektrische Impulse direkt in mechanische Bewegungsschritte umgesetzt. Gesteuert wird er meist von

einem Mikroprozessor. Die Welle dreht sich immer pro Impuls um einen Schritt weiter. Dies bedeutet, dass die Rotation des Motors in direkter Beziehung zu den angelegten Impulsen steht. Die Abfolge der Impulse bestimmt die Drehrichtung, und die Frequenz die Drehzahl der Motorwelle. Die Spulenwicklungen sind als bipolare und unipolare Varianten verfügbar. Bipolare Schrittmotoren erzeugen in der Regel ein höheres Drehmoment, unipolare Schrittmotoren sind allerdings effizienter. Bild 3 zeigt einen eingehausten Schrittmotor.

Man unterscheidet drei Arten von Schrittmotoren:

- Reluktanz-Schrittmotor
- Permanentmagnet-Schrittmotor (PM)
- Hybridschrittmotor



Bild 3: Eingehauster Schrittmotor

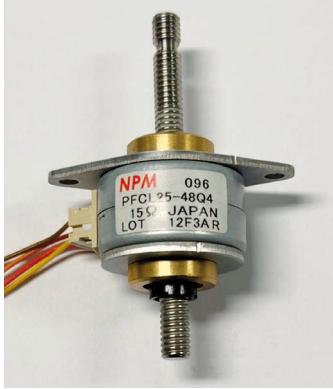


Bild 4: Tin-Can-Schrittmotor

Alle Schrittmotoren funktionieren im Prinzip gleich, aber sie unterscheiden sich in der Arbeitsweise und der Leistung.

Reluktanz-Schrittmotor

Der Reluktanzschrittmotor wird nach der Reluktanzkraft (Reluktanz = magnetischer Widerstand) benannt, die das Drehmoment erzeugt. Der Rotor besteht aus einem gezahnten Weicheisenkern. Er hat weder einen Permanentmagneten noch Schleifringe oder Bürsten oder elektrische Wicklungen am Rotor. Wird ein Strom angelegt, fließt der Magnetische Fluss durch den Weicheisenkern des Rotors. Dadurch wird der Rotor vom nächstliegenden Zahn aufgrund der Verringerung des magnetischen Widerstands angezogen und führt so eine Drehbewegung aus. Beim Abschalten des Stroms erlischt das Magnetfeld.

Permanentmagnet-Schrittmotor (PM)

Bei einem Permanentmagnet-Schrittmotor besteht der Rotor aus einem Dauermagneten und der Stator aus Weicheisen. Der Stator

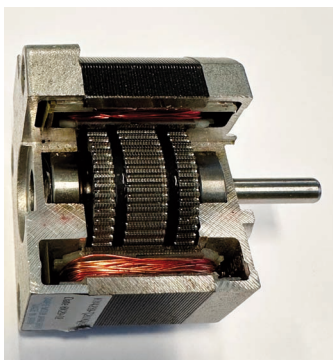


Bild 6: Blick in einen geöffneten Hybridschrittmotor

erzeugt ein gepulstes elektrisches Feld, das die Drehung des magnetischen Rotorkerns bewirkt. Weil dieser Motortyp anstelle eines gewickelten Rotors einen Permanentmagneten verwendet, ist ein einfaches und kompaktes Design mit hohem Drehmoment und einer präzisen Bewegungssteuerung möglich. Die Schrittmotoren zeichnen sich durch eine geringe Geräuschentwicklung aus und sind deshalb besonders für Medizingeräte geeignet.

Hybridschrittmotor

Der Hybridschrittmotor ist eine Mischung aus Reluktanz- und Permanentmagnet-Schrittmotor und vereint die positiven Eigenschaften beider Varianten. Es ist heute der am meisten eingesetzte Motortyp, weil er sehr kompakt ist, aber eine hohe mechanische Leistung bei kleinen Schrittwinkeln hat. Der Rotor besteht aus einem Permanentmagneten, der von zwei weichmagnetischen gezahnten Polschuhen umgeben ist. Die Polschuhe sind gegeneinander um eine halbe Zahnbreite versetzt. Der Stator ist mit Motorwicklungen versehen. Hybridschrittmotoren haben ein höheres Drehmoment bei kleinerem Schrittwinkel und bessere dynamische Eigenschaften.

Lineare Schrittmotor-Aktuatoren

sind eine Kombination aus Gewindetrieb mit einem Schrittmotor, wobei der Schrittmotor ein Permanentmagnet oder Hybridmotor sein kann. Ein Linearaktuator mit Schrittmotor besteht aus dem Rotor, dem Stator, dem Schrittwinkelgeber und der Steuerungselektronik. Er setzt die Drehbewegung des Motors in eine lineare Bewegung um. Im Inneren des Rotors befindet sich eine Präzisionsmutter mit Gewinde anstelle einer Welle. Die Welle wird durch eine Gewindespindel ersetzt. Die lineare Bewegung wird durch das Ineinandergreifen von Mutter und Gewindespindel erreicht.

Hier dreht sich entweder die Mutter um das Gewinde oder das Gewinde/ die Spindel bewegt sich. In diesem Zusammenhang wird auch der Begriff "unverlierbar" verwendet. Dies bedeutet, dass die Mutter direkt in den Motor integriert ist. Diese Konstruktion wandelt die Drehbewegung in eine lineare oder Druck/Zieh-Bewegung (Push/Pull)

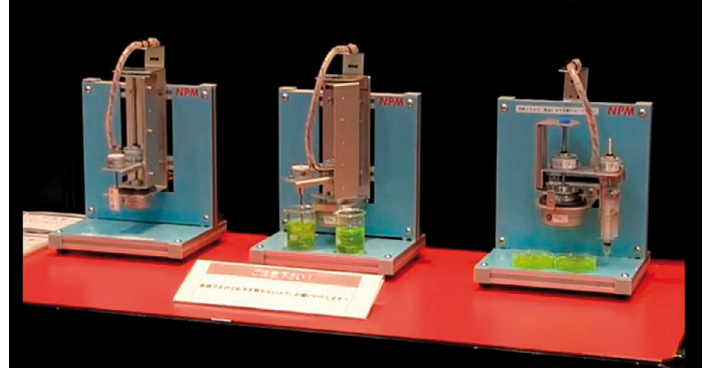


Bild 5: Lineare Aktuatoren im Einsatz bei Rührern und Spritzen

um. Linearantriebe können für viele unterschiedliche Bewegungen eingesetzt werden: Ziehen, Schieben, Kippen und Heben. Sie sind die bevorzugte Lösung, wenn es um einfache Bewegungsprofile mit einer präzisen und reibungslosen Bewegungssteuerung geht. Der Schrittwinkelgeber ermöglicht dabei eine exakte Positionsbestimmung. Der Stromfluss in den Spulen des Stators wird durch die Steuerelektronik kontrolliert. Dadurch können Drehrichtung und Schrittfolge gesteuert werden. Lineare Schrittmotoren können auch die Änderung der steuernden Energie (in einer weiteren Phase) nutzen, um präzise Schritte auszuführen.

Kein Verschleiß

Lineare Schrittmotoren sind steife und zuverlässige Linearaktuatoren, die eine gleichmäßige Bewegung erzeugen. Der Vorteil ist, dass sie keinem Verschleiß unterliegen. Auch das abrupte Stoppen der Bewegung kann ihnen nichts anhaben.

Die Bewegungen linearer Schrittmotoren zeichnen sich durch eine hohe Auflösung und Wiederhol-

genauigkeit aus, unabhängig, ob sie mit einem offenen oder geschlossenen Regelkreis betrieben werden. Durch den Schritt-für-Schritt-Antrieb können sehr exakte Bewegungen ausgeführt werden. Schrittmotoren werden aufgrund ihrer präzisen Positionierfähigkeiten und ihres guten Halt Moments häufig in Linearbewegungsanwendungen eingesetzt.

Einsatzbereiche

Linearaktuatoren mit Schrittmotor kommen insbesondere in der Medizintechnik, Laborautomation, optischen Technologie und Halbleiterfertigung zum Einsatz. Sie gewährleisten beispielsweise wiederholgenaue Kleinstbewegungen in Pipettiergeräten, unterstützen Geräte in der Augenheilkunde oder sorgen für präzise Dosierung in Infusionspumpen.

Arten von Schrittmotor-Aktuatoren

Es handelt sich hier um Permanentmagnet-Schrittmotoren. Man unterscheidet Tin-Can-Schrittmotor- und hybride Schrittmotor-basierte Aktuatoren.

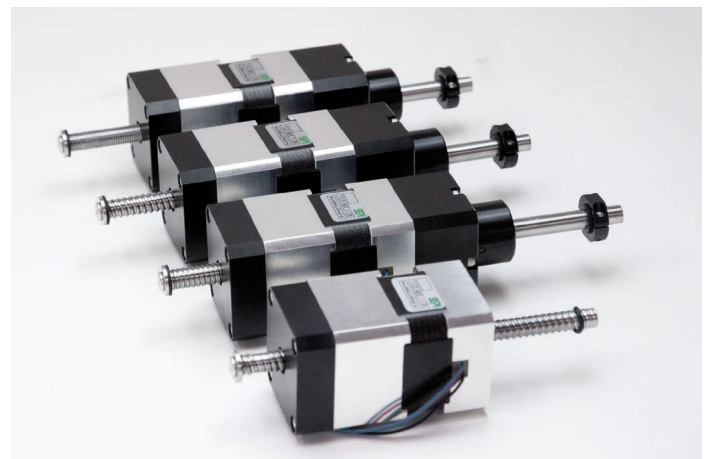


Bild 7: Lineare Hybridschrittmotoren

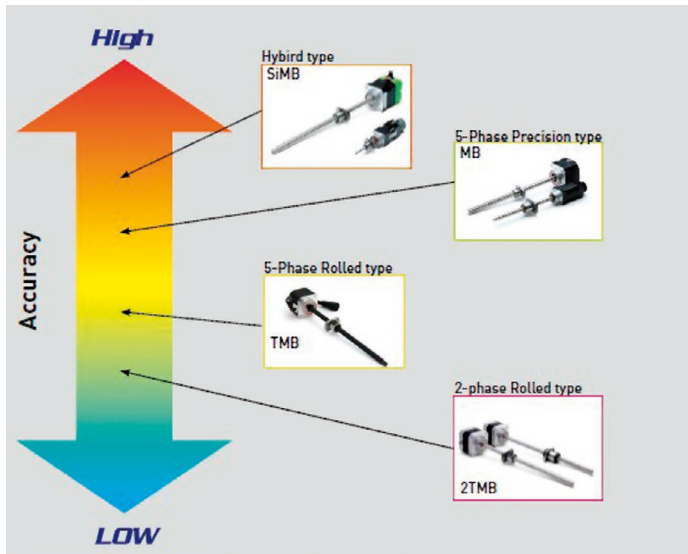


Bild 8: Genauigkeit der unterschiedlichen Hybridmotoren

Tin-Can-Schrittmotor-basierte Aktuatoren

Der Tin-Can-Schrittmotor, auch Can-Stack-Motor genannt, ist ein Linear-Schrittmotor-Aktuator. Er besteht aus Stator und Rotor, wobei der Rotor aus zwei Rotorschalen und einem Permanentmagneten besteht. Bei einem 2-Phasen-Motor besteht der Stator aus acht Magnetpolen mit kleinen Zähnen.

Tin-Can-Schrittmotoren (Bild 4) sind kompakt und leicht steuerbar. Sie sind einfach aufgebaut und bestehen aus Rotornabe mit Gewinde und Leitspindel. Es gibt auch unverlierbare Varianten. Kugellager stützen die reibungsarme Spindel und sorgen für eine lange Lebensdauer. Diese Linearmotoren bieten einen hohen Wirkungsgrad und eine hohe Schubkraft. Sie sind mit drei unterschiedlichen Steigungen der Gewindespindel sowie mit einer bipolaren oder unipolaren Wicklung erhältlich.

Vorteile

Tin-Can-Schrittmotoren haben viele Vorteile gegenüber anderen Arten von Schrittmotoren. Sie bieten ein ausgezeichnetes Preis-Leistungsverhältnis und können in vielen Anwendungen als trägheitsarme, hochauflösende und kostengünstige Alternative zu Hybridschrittmotoren eingesetzt werden.

Einsatzbereiche

Die linearen Aktuatoren sind sehr kompakt und preiswert. Sie eignen sich hervorragend für Anwendungen wie 3-Wege-Ventile in Heizungs- und Klimaanlage, für die Linienpositionierung einer Kamera, dem Steuern physikalischer Prozesse in medizinischen Analysegeräten oder für die Heparindosierung einer Heparinpumpe oder zur Insulindosierung in einer implantierten Insulinpumpe. Bild 5 zeigt lineare Aktuatoren im Einsatz bei Rührern und Spritzen.

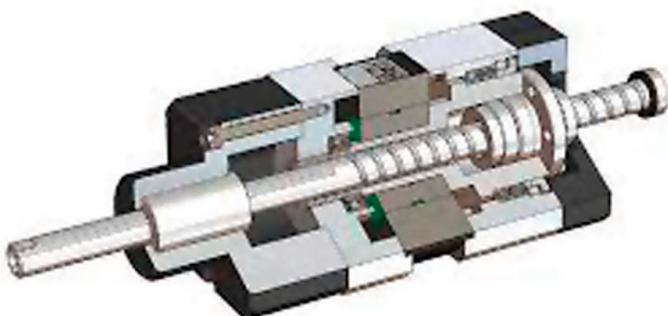


Bild 10: Schnitt durch einen linearen Schrittmotor

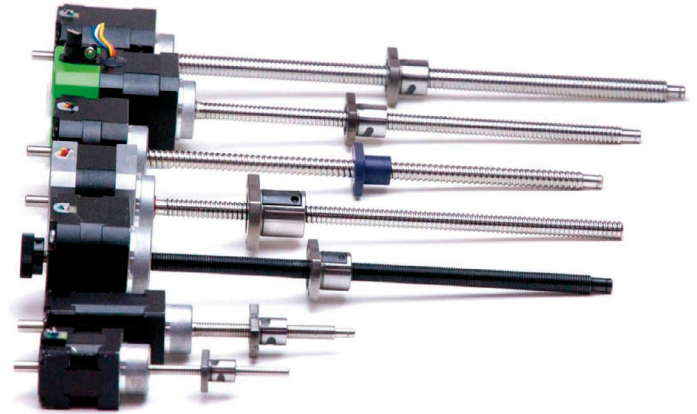


Bild 9: Hybride lineare Schrittmotoren mit eingebauten Kugelgewindetrieben

Videos

Video zur Anwendung der Linearschrittmotoren bei Rührern und Spritzen : <https://www.nipponpulse.com/videos/rotary-stepper-stirrer-and-syringe-applications/>

Video zur Anwendung der Linearschrittmotoren bei Spritzen: <https://www.nipponpulse.com/videos/stepper-motor-syringe-application/>

- Unterschiedliche Wellendurchmesser
- Korrosionsbeständige Wellen aus Edelstahl SUS304 oder SUS303
- Unterschiedliche Materialien für die Mutter
- spielfrei

Bild 9 zeigt verschiedene hybride lineare Schrittmotoren mit eingebauten Kugelgewindetrieben. Bild 10 zeigt einen Schnitt durch einen linearen Schrittmotor.

Auf hybriden Schrittmotoren basierende Aktuatoren

Hybrid-Schrittmotoren kombinieren die Eigenschaften eines Schrittmotors mit variabler Reluktanz und eines Permanentmagnet-Schrittmotors. Die Welle des Schrittmotors dreht sich in diskreten Schritten, wenn elektrische Impulse angelegt werden. Bild 6 gibt Einblick in einen geöffneten Hybrid-Schrittmotor.

Hybrid-Schrittmotoren (Bild 7) zeichnen sich durch ein hervorragendes Ansprechverhalten aus und verfügen über eine integrierte Leitspindel oder einen Kugelgewindetrieb zur Umwandlung von Drehbewegungen in lineare Bewegungen mit hoher Genauigkeit (Bild 8).

Verfügbare Varianten

Es sind unterschiedliche Bauformen und Technologien verfügbar:

- 2-, 3- oder 5-phasig
- Unipolar oder bipolar
- Unterschiedliche Kräfte
- Unterschiedliche Genauigkeiten

Verdrehsicherung bei Spindelantrieben

Eine lineare Bewegung kann nur erzeugt werden, wenn sich entweder die Mutter oder die Spindel dreht. Also muss ein Teil am Drehen gehindert werden. Dies kann mit einer integrierten Kugelkeilmutter (Bild 12) realisiert werden. In diesem Fall ist keine Verdrehsicherung außerhalb des Aktuators notwendig. Diese einzigartige Kugelverzahnung ermöglicht ein kompaktes und schlankes Gehäuse durch die Verwendung der Kugelverzahnungsmutter als Verdrehsicherung.

Eine weitere Lösung ist die Verdrehsicherung der Spindel außerhalb des Motors. Außerdem kann die Verdrehung der Spindel durch eine Verdrehsicherung mit Nut und Feder realisiert werden.

Video Linearer Hybridmotor in der Pipettieranwendung <https://www.nipponpulse.com/videos/linear-hybrid-stepper-in-pipetting-dispensing-application/>

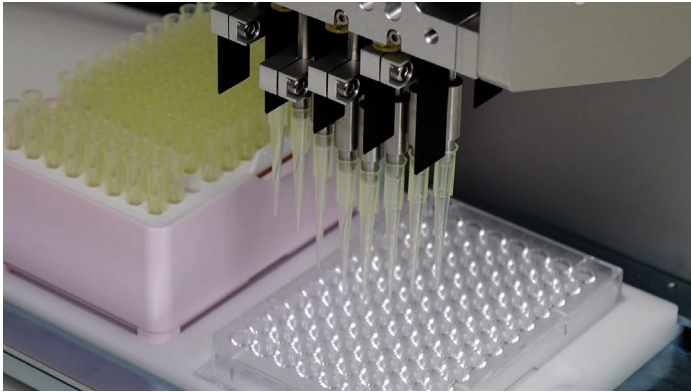


Bild 11: Vollautomatisches Pipettiersystem

Miniatur-Linear-Schrittmotor-Aktuatoren

Um automatische hochpräzise Linearbewegungen zu realisieren, stehen auch Miniatur-Aktuatoren ohne Kupplung zur Verfügung. Ohne Kopplungen zwischen Motor und Last reduzieren sich die Gesamtlänge und die Bewegungsverluste. Diese intelligenten Aktuatoren bewegen sich sehr leicht, drehmomentgesteuert und bieten Closed-Loop-Funktionen.

Der Präzisions-Kugelgewindtrieb ist direkt auf dem Hybrid-Schrittmotor montiert. Die Baugröße reicht von NEMA 8 bis 17. Der Schrittmotor kann einen Hub von 30 mm bis 200 mm ausführen und ist mit einer

maximalen Geschwindigkeit bis zu 100 mm/sec erhältlich. Die vibrationsarmen Aktuatoren eignen sich für Positionieranwendungen, bei denen es auf eine sehr hohe Präzision ankommt.

Linearaktoren sind in drei Varianten verfügbar:

- Linearaktoren mit Spindel und externer Mutter
- Linearaktoren bei denen die Spindel durch den Motor läuft
- Linearmotoren mit Verdrehverschluss (Bild 13), wobei die Spindel über Führungen am Verdrehen wird verhindert.

Drei Funktionen in einem Gehäuse

In der Praxis werden oft mehrere Antriebe in einem Gehäuse kombiniert, um alle benötigten Bewegungsrichtungen abzudecken. Dies möchten wir am Beispiel eines kompakten elektrischen Greifers erklären.

Die Aktuatoren sind mit einer integrierten Miniatur-Kugelumlaufspindel mit Kugelverzahnung ausgestattet. Der Greifer greift ein Röhrchen und positioniert es vor einem Scanner. Hier wird es gedreht, um den Barcode einzulesen (Drehbewegung (teta)).

Anschließend wird das Röhrchen in einen Halter gesetzt. Jetzt wird die Verschlusskappe durch Drehen gelöst (Drehbewegung (teta)). Dann wird in der Hohlwelle mittels eines Schlauches und eines externen Kompressors ein Vakuum erzeugt (V), um den Verschluss abzunehmen. Dann wird der Inhalt durch Kippbewegungen und Hoch- und Runterfahren des Röhrchens gemischt (lineare Bewegung (Z)) und das Röhrchen wieder in die Halterung gebracht.

Um diese Abläufe zu realisieren, benötigt man intelligente Aktuatoren mit hochpräziser Steuerung für die Positionierung und Vibra-

tionsfreiheit. Außerdem darf der Motor keine Schritte verlieren. Das Aktuatorssystem besteht aus zwei Hohlwellen-Schrittmotoren und einer Kugelumlaufspindel, die eine lineare (Z) und rotierende (teta) Bewegung ermöglichen. Bei diesen Aktuatoren sind ein Encoder und ein Speicherchip am Ende des Motors verbaut.

Im Aktuator verarbeiten die Keilwellen des Kugelgewindetriebs eine gemischte lineare (Z) und rotierende (teta) Funktion auf nur einer Achse. Zudem ist durch eine Hohlwelle auch Luftabsorption oder eine Vakuumfunktion möglich. Das Ergebnis ist eine kompakte Bauweise mit geringem Gewicht. Die mechanischen Komponenten müssen nicht einzeln verbaut werden. Verfügbar sind die Versionen als Direktantrieb, Hybridantrieb und Riemenantrieb.

Als Anwendungsbeispiel eines Riemenantriebs Z-teta-Aktuators wird ein Elektrischer Pipettengreifer gezeigt (Bild 14).

Video:

Rohrfördervorrichtung:
<https://www.youtube.com/watch?v=jgx3AoxZ1Lo>
 Wafer-Transfer-Demo-Einheit:
<https://youtu.be/Pn2hfroy72k> ◀

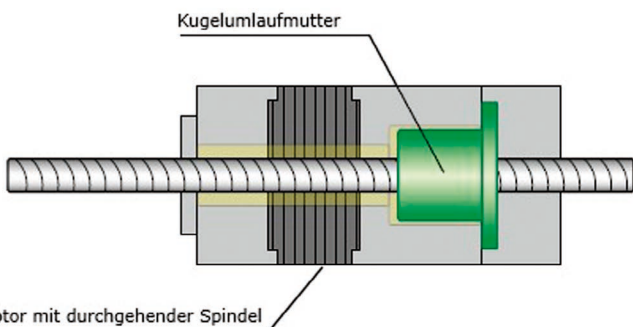


Bild 12: Linearantrieb mit Keilkugelmutter

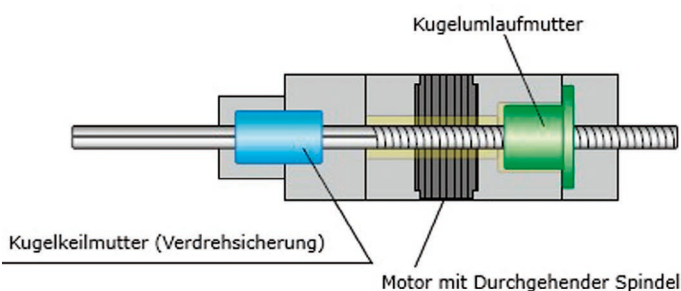


Bild 13: Linearer Schrittmotor mit Verdrehssicherung

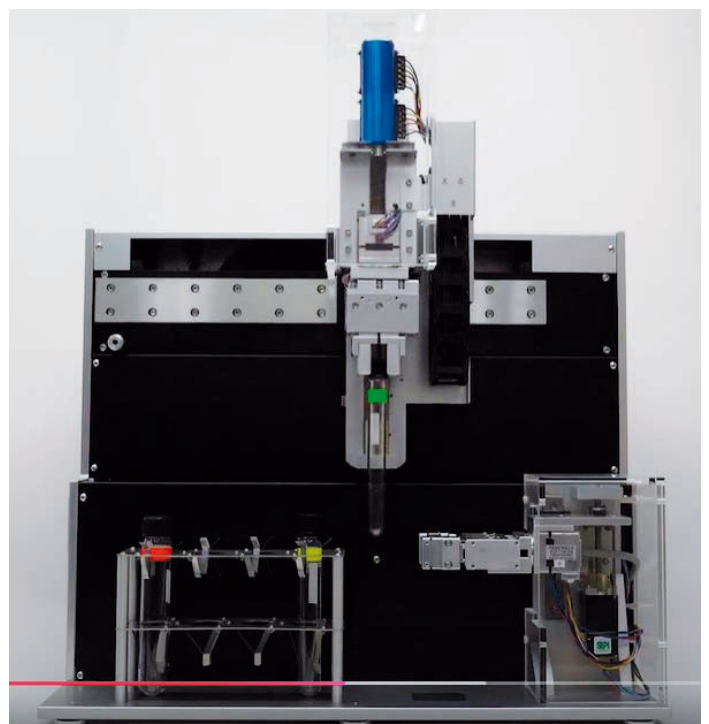


Bild 14: Elektrischer Pipettengreifer