

## Kompakte Linearaktuatoren für hochpräzises Positionieren

Die DR-Serie ist eine Kombination aus einem Motor und einer Kugelumlaufspindel und zeichnet sich durch kompakte Baugröße und hohe Positioniergenauigkeit aus. Die verschiedenen Ausführungen des Aktuators (Abb. 1) sorgen nicht nur für flexible Anwendungsmöglichkeiten, sondern tragen auch zu einer Platzeinsparung in der Anlage bei. Im Folgenden werden wesentliche Merkmale und auch die Positioniergenauigkeit näher beschrieben.



Abb. 1: Für flexible Anwendungsmöglichkeiten ist die DR-Serie neben der Standardausführung auch mit Lineartisch und mit Seitenführung erhältlich.

Bei den Linearaktuatoren sind Hohlrotor, Kugelumlaufspindel und –mutter ohne Kupplung direkt integriert. Um die Gesamtlänge zu minimieren, kommen außerdem Kugellager mit großem Durchmesser zum Einsatz, die an der Außenseite der Kugelumlaufmutter anliegen (Abb. 2).

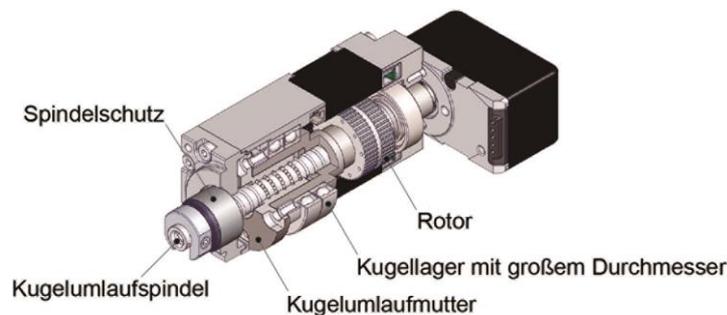


Abb. 2: Kompakte Baugröße durch Integration von Hohlrotor und Kugelumlaufspindel.

Diese Konstruktion hat den Vorteil, dass weniger externe Bauteile eingesetzt werden müssen, was sowohl die Gesamtlänge als auch den Montageaufwand reduziert.

Die Version mit Seitenführung ist mit langen Führungsbuchsen mit hoher Steifigkeit ausgestattet, dadurch werden Vibrationen der Spindel minimiert. Für die höhere Steifigkeit wurden die Buchsen nahe der Montageplatte für die Last positioniert. In der Konstruktionsphase wurden verschiedene Buchsenlängen ausgetestet. Dazu wurde ein Beschleunigungsaufnehmer am bewegten Teil angebracht und die Frequenzen mit Hilfe einer FFT-Analyse gemessen. Im Ergebnis führte die längere

Buchse zu geringeren Vibrationen. Die Vibrationsspitzen waren zyklisch und wurden durch die Spindel verursacht (Abb. 3).

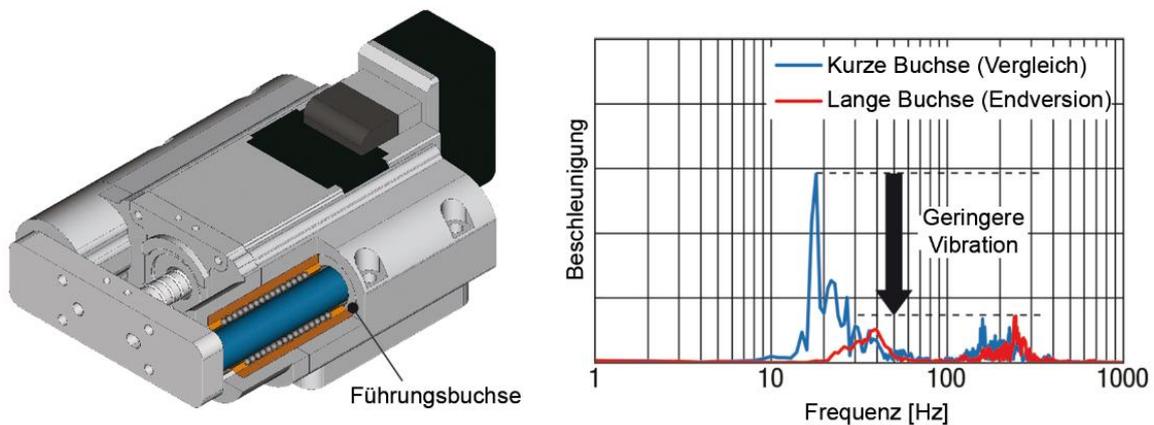


Abb. 3: Geringere Vibrationen der Spindel durch die Verwendung von längeren Führungsbuchsen. Messung in vertikaler Bewegungsrichtung mit 100 mm/s, 30 mm Hub und 2 kg Last.

Eine weitere Messung wurde im Hinblick auf den Versatz der beweglichen Teile unter Last durchgeführt (Abb. 4). Hier zeigte sich, dass die Version mit Seitenführung bessere Resultate erzielte als die Version mit Lineartisch. Damit ist erstere sehr gut für Anwendungen geeignet, die nach präziser Positionierung trotz Lastschwankungen verlangen.

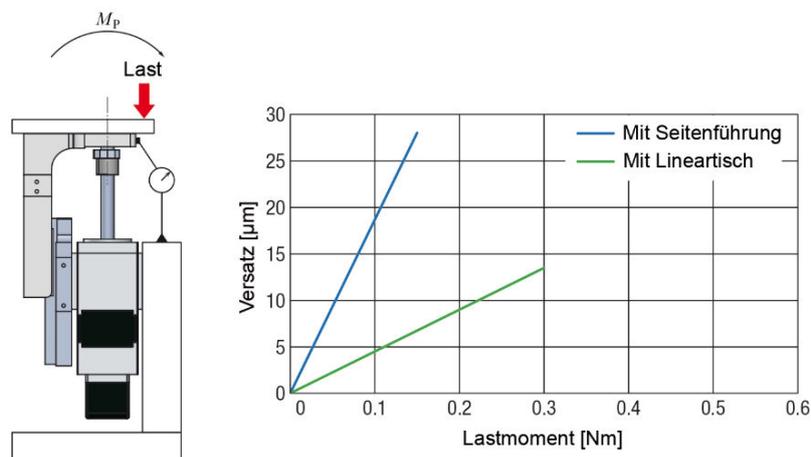


Abb. 4.: Die Version mit Seitenführung weist den geringsten Versatz unter Last auf, so dass sie besonders gut für präzise Positionierung bei Lastschwankungen geeignet ist.

Die Linearaktuatoren der DR-Serie bieten große Flexibilität hinsichtlich der Montage. Mit Hilfe von speziell konzipierten Montageplatten sind nahezu alle Montagerichtungen umsetzbar. Um diese Flexibilität zu gewährleisten, wurde im Vergleich zur Vorgängerserie die Gehäusekonstruktion in der Weise verbessert, dass eine größere Gehäusefläche auf der Montageoberfläche aufliegt. Insbesondere bei

der Version mit Lineartisch wird so die Belastung besser verteilt, so dass das Kugellager geschont wird und sich damit positiv auf die Lebensdauer auswirkt.

Bei der Konstruktion der DR-Serie wurden auch Kundenwünsche nach höherer Geschwindigkeit berücksichtigt. Es stehen zwei verschiedene Spindelsteigungen zur Auswahl: Mit der Steigung von 2,5 mm wird eine maximale Geschwindigkeit von 100 mm/s erreicht, mit der Steigung von 1 mm beträgt die maximale Transportlast 4 kg (Abb. 5).

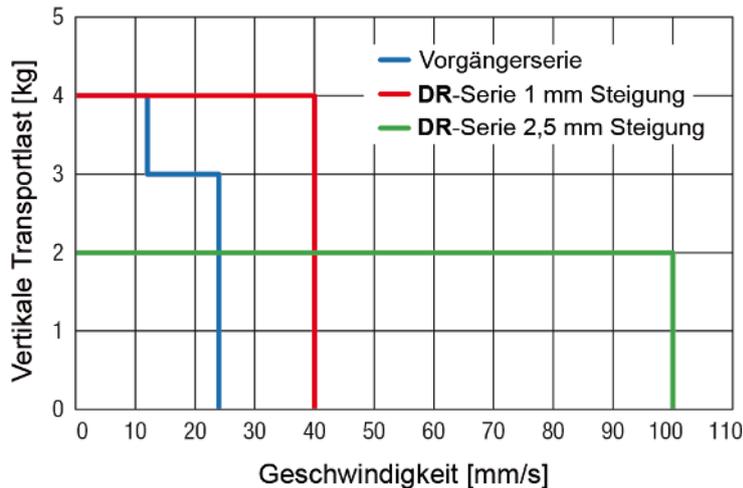


Abb. 5.: Die DR-Serie erreicht im Vergleich zur Vorgängerserie Geschwindigkeiten von bis zu 100 mm/s.

Ein wesentliches Merkmal der Linearaktuatoren ist die hohe Positioniergenauigkeit. Hier wurde ein Lasergerät zur Längenmessung eingesetzt. Die Wiederholpositioniergenauigkeit wird definiert als die Hälfte der Fehlerabweichung von der Stopposition, wenn die Positionierung zu einem beliebigen Punkt in gleicher Richtung erfolgt. Dieser Wert wird dann mit einem Plusminuszeichen versehen. Der reale Messwert betrug  $\pm 0,0011$  mm, spezifiziert wird mit  $\pm 0,003$  mm bei konstanter Temperatur und Last. Damit erreichen die Aktuatoren eine Genauigkeit von einem Zehntel eines feinen Haares.

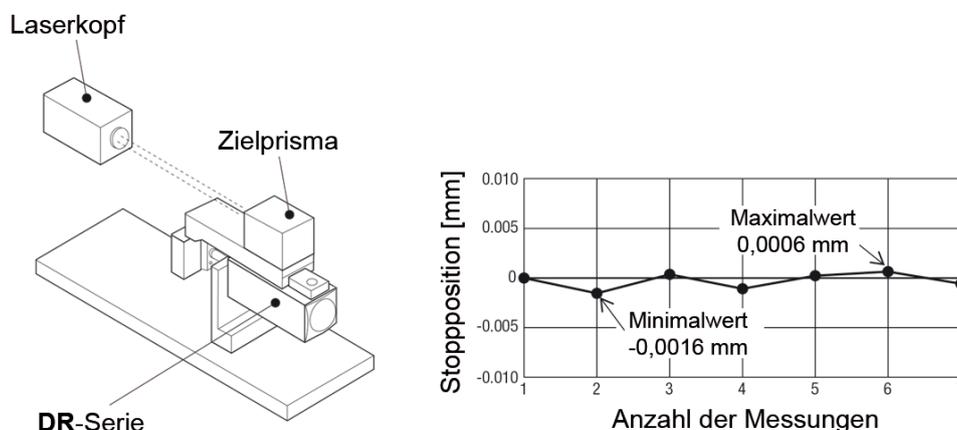


Abb. 6.: Die mit einer Lasermessung ermittelte Wiederholpositioniergenauigkeit beträgt  $\pm 0,0011$  mm, spezifiziert wird bei konstanter Temperatur und Last mit  $\pm 0,003$  mm.

Der maximale Fehler zwischen theoretischem und tatsächlichem Vorschub bei jedem Impuls wird Vorschubschrittgenauigkeit genannt. Diese beträgt bei der DR-Serie  $\pm 0004$  mm, d.h. die Aktuatoren sind ideal für Anwendungen mit minimalem Vorschub wie beispielsweise bei einem Mikroskopisch.

Bei Messgeräten und Werkzeugmaschinen werden häufig Erwärmungs- und Abkühlungsvorgänge durchgeführt, um Schwankungen zu unterdrücken, die auf Wärmeabweichungen von Schaltkreiselementen und die Wärmeausdehnung mechanischer Komponenten zurückzuführen sind.

Auch bei Motoren und Aktuatoren müssen die Temperatur und ihre Auswirkungen auf die Positioniergenauigkeit berücksichtigt werden. Ein Faktor ist, dass die Temperatur der mechanischen Komponenten durch die Wärme des Motors ansteigt und die Stopposition aufgrund der Wärmeausdehnung der mechanischen Komponenten schwankt. Bei der DR-Serie sind die Auswirkungen aber minimal, bei einem Temperaturanstieg von etwas über 30 Grad beträgt die Abweichung von der Stopposition weniger als 18 Mikrometer.

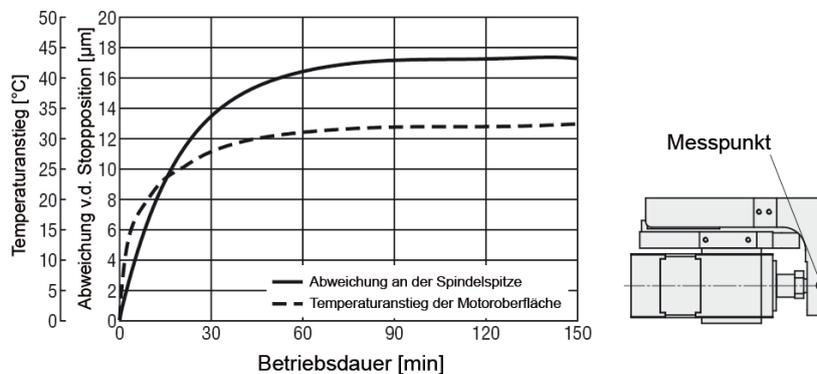


Abb. 7.: Bei längerer Betriebsdauer steigt die Motortemperatur, dies wirkt sich bei der DR-Serie mit weniger als 18 Mikrometer aber nur minimal auf die Positioniergenauigkeit aus.

Wie bereits erwähnt, wirken sich Temperaturschwankungen auf die Positioniergenauigkeit aus. Bei übermäßiger Schubkraft kann die Wärmeentwicklung durch Reduzierung des Betriebsstroms unterdrückt werden. Der AZ-Motor der DR-Serie ermöglicht die Überwachung des Lastfaktors des Motors, was die Optimierung des Betriebsstroms erleichtert. Der Lastfaktor des Motors ist das Verhältnis zwischen dem tatsächlichen Lastmoment und dem Abtriebsdrehmoment (Schubkraft) während des Betriebs. Der AZ-Motor kann den Motorlastfaktor mit Hilfe der MEXE02-Parametriersoftware leicht überwachen.

In Abb. 8 ist ein Beispiel für ein Lastfaktor-Monitoring für ein trapezförmiges Bewegungsprofil mit drei verschiedenen Betriebsströmen dargestellt. Bei einem Betriebsstrom von 40 % erreicht der Lastfaktor 100 % und es kommt zu einer Abweichung von der eingestellten Geschwindigkeit. In diesem Fall muss mit eventuellen Betriebsstörungen gerechnet werden. Wird der Betriebsstrom hingegen auf 60 % eingestellt, verläuft der Betrieb störungsfrei.

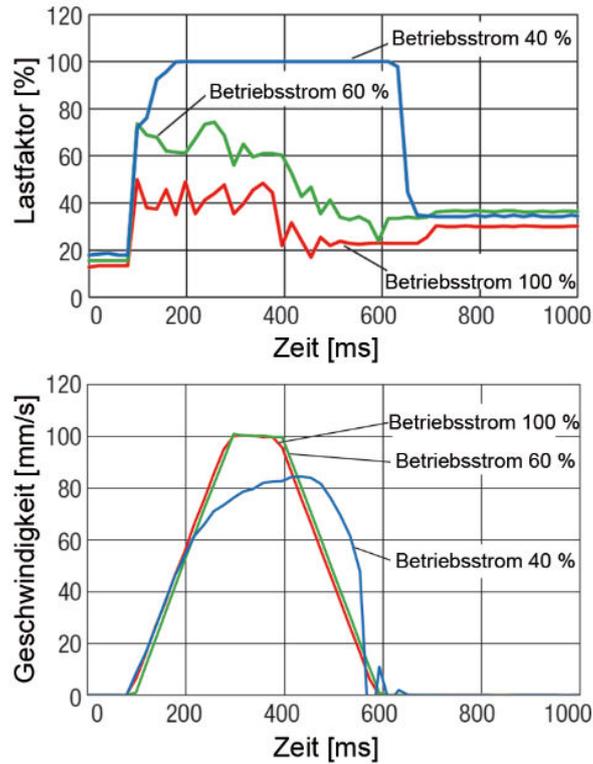


Abb. 8.: Mit Hilfe des Lastfaktor-Monitorings kann der optimale Betriebsstrom ermittelt werden, um Betriebsstörungen durch Überlast zu vermeiden.

Mit einer Reduzierung des Betriebsstroms besteht die Möglichkeit positiven Einfluss auf die Motortemperatur und damit auf eine durch die Wärmeentwicklung bedingte Stoppungenauigkeit auszuüben. Bei einem Betriebsstrom von 100 % beträgt der Temperaturanstieg der Motoroberfläche 32°C, was zu einer Stoppungenauigkeit von 17,5 Mikrometern führt. Wird der Betriebsstrom im Vergleich dazu auf 60 % gesenkt, macht der Temperaturanstieg nur ca. 20°C aus und die Abweichung von der Stopposition sinkt auf ca. 6 Mikrometer. Dies veranschaulicht, wie effektiv das Lastfaktor-Monitoring sein kann, um das Potential der Linearaktuatoren optimal zu nutzen.

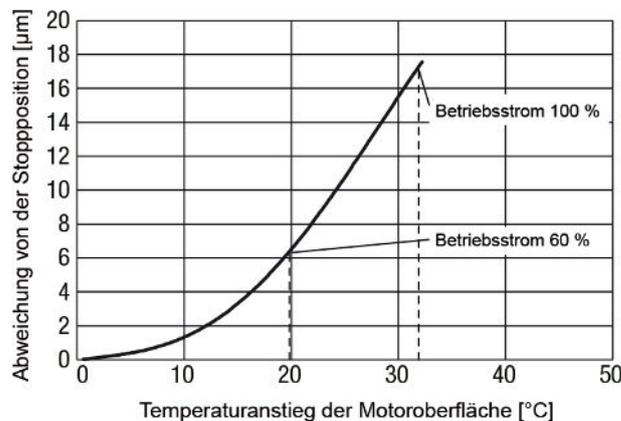


Abb. 9.: Verbesserte Stoppungenauigkeit durch Senkung des Betriebsstroms.

Insgesamt sind die Linearaktuatoren der DR-Serie mit ihrer kompakten Baugröße und der hohen Positioniergenauigkeit optimal für Anwendungen, bei denen es auf jeden Zentimeter Platzeinsparung ankommt, wo aber gleichzeitig keine Abstriche an der Genauigkeit gemacht werden sollen.

Kontakt:  
Oriental Motor (Europa) GmbH  
Tel.: +49-211-52067-00  
[info@orientalmotor.de](mailto:info@orientalmotor.de)