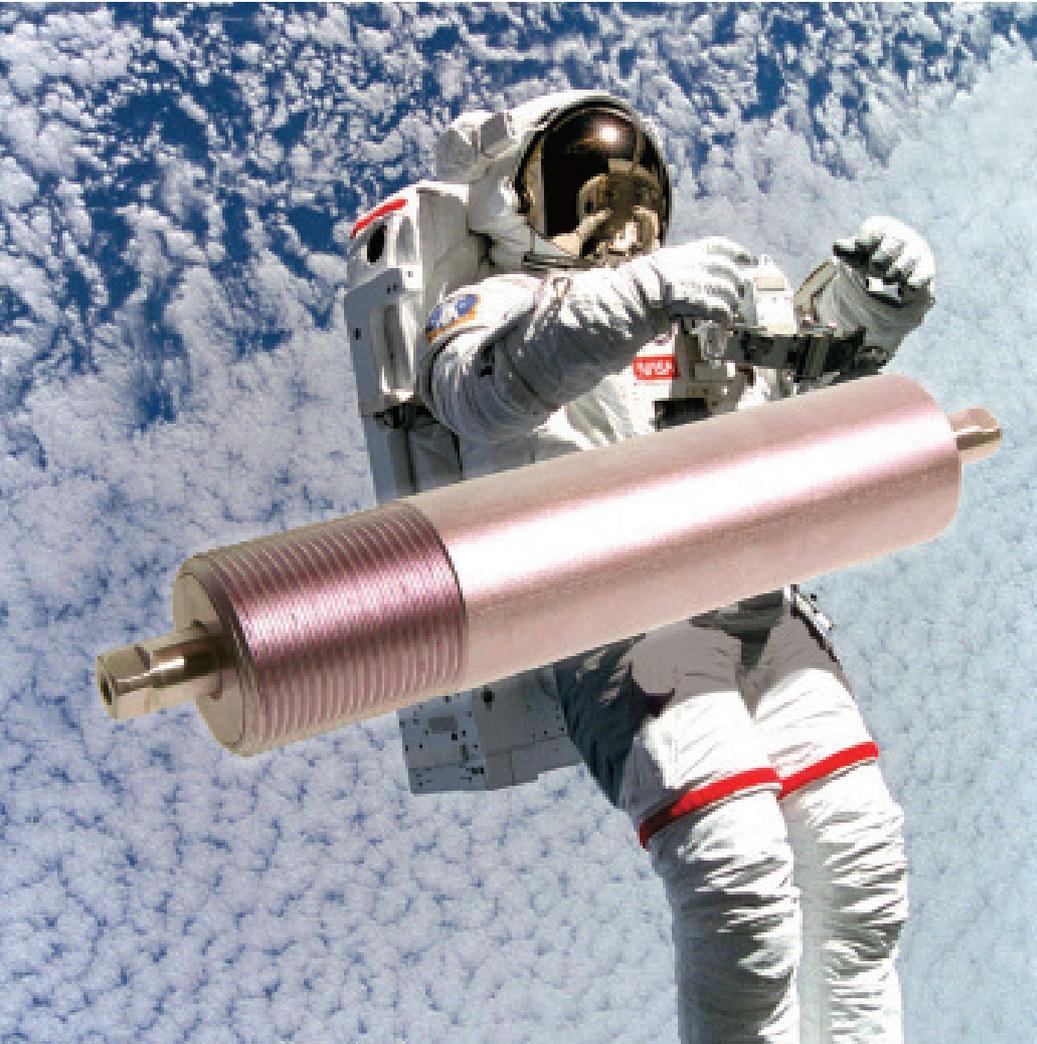


# Massen zum Schweben bringen

## Magnetische Feder für Antriebe in vertikaler Einbaulage



*Sollen bei vertikaler Einbaulage von Direktantrieben schnelle Zykluszeiten erreicht werden oder ein Abstürzen einer Achse bei Stromausfall vermieden werden, ist eine Kompensation des Eigengewichts erforderlich. Bisher kommen hier vornehmlich mechanische Federn oder pneumatische Systeme zum Einsatz. Eine magnetische Feder ist aber in vielen Fällen die bessere Alternative.*

Immer wieder kommt es bei Werkzeugmaschinen und anderen Anlagen mit federbasierten oder pneumatischen Gewichtsausgleichssystemen an vertikal eingebauten Achsen zu Problemen. Ursachen können z. B. fehlerhaft angesteuerte Achsen, Strom-

ausfälle und Probleme mit dem Gewichtsausgleichssystem durch Federbruch bzw. Undichtigkeiten sein. Die verschiedenen Gewichtsausgleichssysteme unterscheiden sich dabei aber nicht nur in ihrer Zuverlässigkeit, sodass sich ein differenzierterer Blick lohnt.

### Nutzen der Gewichtsausgleichssysteme

Werden elektrische Linear- oder Servomotoren genutzt, um vertikale Bewegungen auszuführen, müssen sie sowohl während der Bewegung als auch im Stillstand eine konstante Kraft aufbringen, um der Gewichtskraft entgegen zu wirken. Wird diese Masse über ein geeignetes System ausgeglichen, reduziert sich die Leistungsaufnahme des elektrischen Antriebs. In der Regel kann als positiver Nebeneffekt der Antrieb kleiner ausgelegt werden – mit entsprechend positiver Wirkung auf die zu installierende Anschlussleistung.

Darüber hinaus bewirkt ein Gewichtsausgleichssystem, dass das Anfahren und Abbremsen der bewegten Masse (z. B. die Gewichte der auf und abbewegten Teile der Z-Achse einer Werkzeugmaschine einschließlich Werkzeughalter und Werkzeug) sanfter ausgeführt werden können, Lager weniger belastet sind, keine asymmetrischen Lastverhältnisse beim Hoch- und Runterfahren der Achse auftreten und die Bewegungen nicht zuletzt dynamischer gestaltet werden können. In vielen Fällen werden Gewichtsausgleichssysteme zudem genutzt, um gefährliche Situationen für Werkstück, Maschine und Bediener durch plötzlich absackende Achsen wirksam zu verhindern.

### Prinzipien zum Gewichtsausgleich

Derzeit wird je nach Anwendung eines von folgenden vier Prinzipien eingesetzt, um einen Gewichtsausgleich zu realisieren:

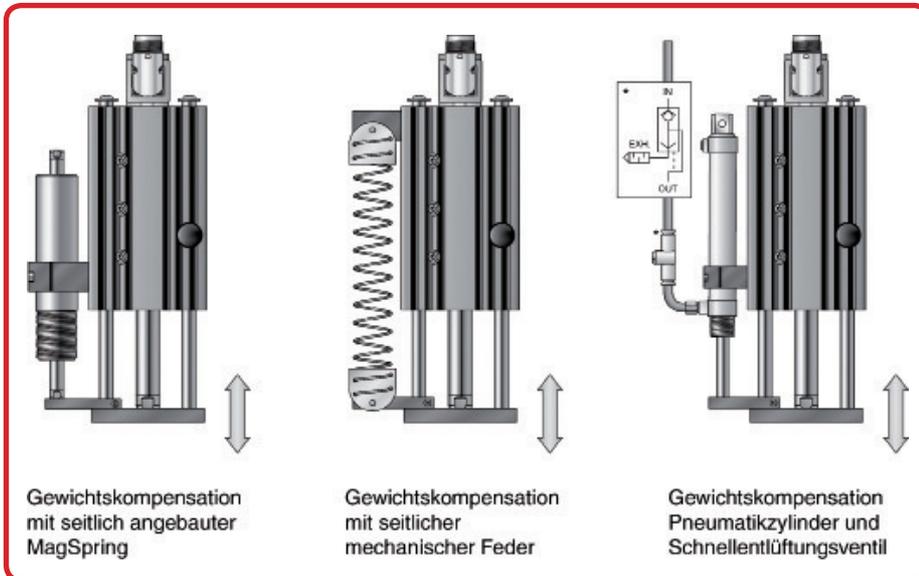
- 1. Gegengewicht: Bei großen Werkzeugmaschinen erfolgt der Gewichtsausgleich vielfach mit Hilfe von Gegengewichten, die über Rollenketten oder Seile mit den zu bewegenden Maschinenteilen verbunden sind. In Anbetracht immer kompakterer

---

**Die magnetische Feder liefert über den gesamten Arbeitsbereich hinweg eine konstante Kraft**

---

Bauweisen fehlt allerdings oft der Platz für die Gegengewichte und Führungen. Zudem ist das System anfällig gegenüber mechanischem Verschleiß und ist daher wartungsintensiv. Ändert sich das auszugleichende Gewicht, ist zudem ein Umbau erforderlich. Für dynamische Anwendungen



**02** Eine Kompensation der Gewichtskraft ist bei vertikaler Einbaulage von Linearmotoren für dynamische Bewegungen bzw. hohe Energieeffizienz unverzichtbar

### Auf den Punkt gebracht

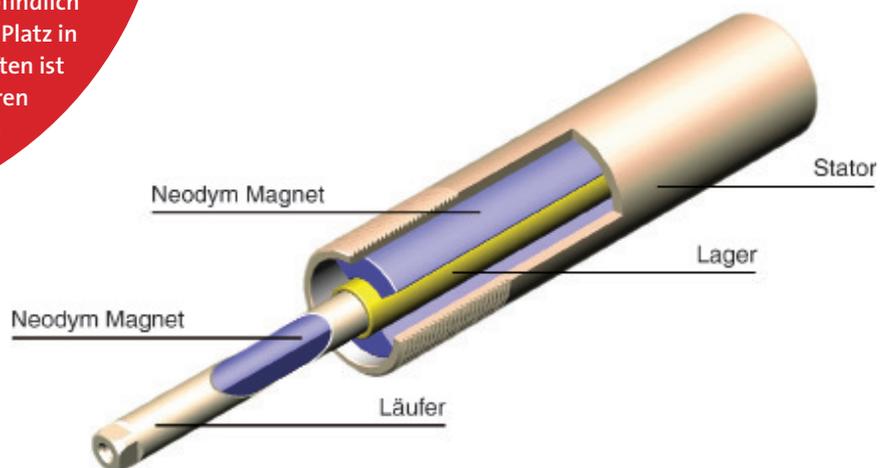
Mit der magnetischen Feder Mag Spring kann die Gewichtskraft bei einer vertikal angeordneten und von einem Servo- oder Linearmotor angetriebenen Achse passiv kompensiert werden. Die magnetische Feder generiert dazu eine über den ganzen Hubbereich konstante Kraft, unabhängig von Position, Geschwindigkeit oder Einbaulage. Der Motor muss nur noch die dynamischen Kräfte aufbringen und kannentsprechend schneller agieren und kleiner dimensioniert werden. Wird die Kraft der Mag Spring größer gewählt als die Gewichtskraft der Lastmasse ist, kann die Last bei einer Stromunterbrechung in eine sichere Position gebracht werden. Mag Springs sind zudem wartungsfrei, unempfindlich gegenüber Verschleiß und nehmen nur wenig Platz in Anspruch. Dank ihrer fast idealen Eigenschaften ist die magnetische Feder deshalb den anderen Gewichtsausgleichssystemen in vielen Anwendungen überlegen.

pendation der Schwerkraft im ganzen Hubbereich. Zusätzlich unterliegen mechanische Federn einem vergleichsweise hohen Verschleiß. Zum Teil alternativ eingesetzte Federpakete erlauben es zwar, über einen größeren Arbeitsbereich eine konstante Kraft zu erzeugen, auch minimieren sie die Folgeschäden beim Bruch einer Feder, sind aber dafür wieder teurer und be-

nötigen viel Platz. Ändert sich das auszugleichende Gewicht, sind auch bei diesem Ansatz Umbauten erforderlich.

■ 3. Pneumatischer Gewichtsausgleich: Anders als im Falle der mechanischen Federn können mit einem Pneumatikzylinder konstante und vergleichsweise hohe Kräfte über einen großen Hubbereich realisiert werden. Damit eignen sich Pneumatikzylinder prinzipiell gut für eine Kompensation der Gewichtskraft. Wird ein Ansteuerventil vorgeschaltet, lässt sich die Kraft zudem stufenlos einstellen und so auf sich ändernde Gewichtskräfte reagieren. Erforderlich ist dafür allerdings eine zusätzliche Steuereinheit. Zudem schlagen die Energiekosten bei pneumatischen Gewichtsausgleichssystemen deutlich zu Buche und verschlechtern die Wirtschaftlichkeit. Druckluftsysteme sind darüber hinaus häufig von Leckagen betroffen, so dass Undichtigkeiten zu einem unerwarteten Absenken der vertikalen Achse führen können. Druckluftsysteme sind wartungsaufwändig und können nur dort genutzt werden, wo ein entsprechender Anschluss zur Verfügung steht.

■ 4. Magnetische Feder: Die vom Spezialisten für Linearmotoren LinMot entwickelte magnetische Feder Mag Spring nutzt dagegen die magnetische Abstoßung zur Krafterzeugung und ist damit wartungsfrei und besonders zuverlässig. Durch eine spezielle Ausföhrung der flussführenden Komponenten sowie der Magnete werden die deutlich nichtlinearen Zusammenhänge zwischen Kraft und Weg von Magnet-Eisen-Anordnungen in einen konstanten Kraftverlauf übergeföhrt.



**03** Aufbau der magnetischen Feder

ist diese Methode völlig ungeeignet, da die Trägheit durch die doppelte bewegte Maße massiv erhöht wird.

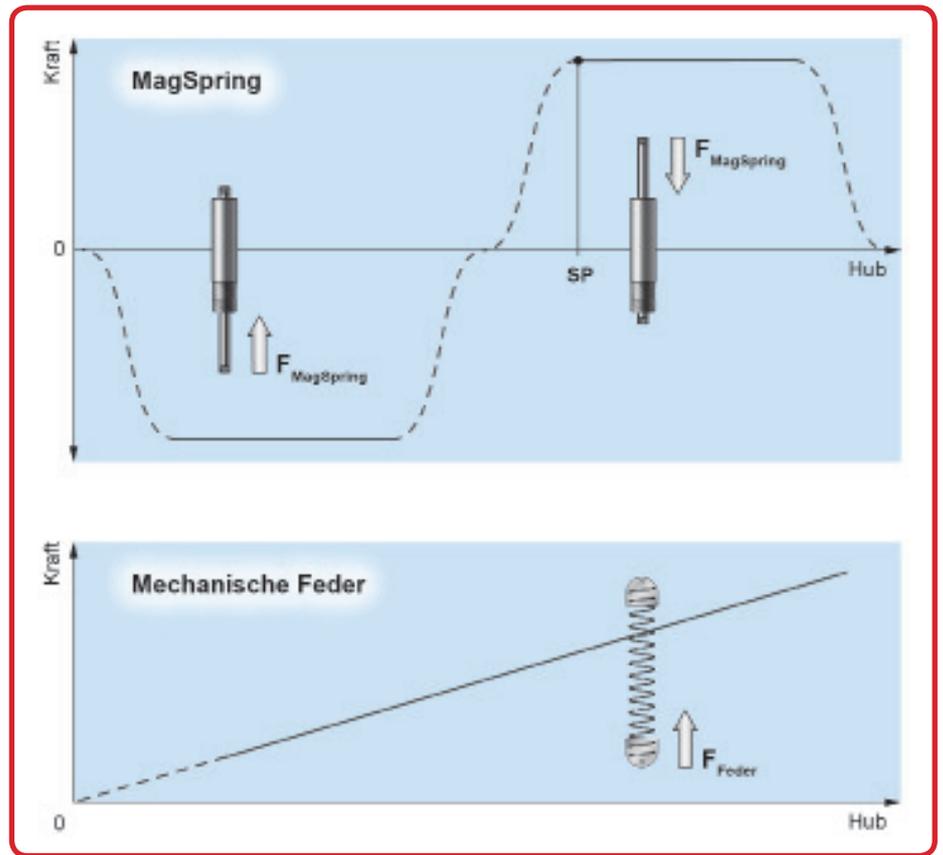
■ 2. Mechanische Feder: Die mechanische Feder ist ein preiswertes Konstruktionselement, um die Gewichtskompensation bei vertikaler Einbaulage zu realisieren. Die lineare Kraftzunahme im Arbeitsbereich der Feder gestattet jedoch keine ideale Kom-

## Funktion und Arbeitsbereich der magnetischen Feder

Je nach Stärkeklasse der Mag Spring befinden sich die Permanentmagnete entweder im Stator (Eisen, Nickel-beschichtet), im Läufer oder in beiden Komponenten. Die Lagerung des Läufers aus Chrom-Nickel-Stahl (1.4301) erfolgt über eine integrierte Gleitführung, sodass die magnetischen Federn von LinMot konstruktiv ähnlich wie Gasdruckfedern eingesetzt werden können, aber eine wesentlich höhere Lebensdauer bieten. Da die Mag Springs passive Komponenten sind, benötigen sie keine Energiezufuhr und können daher auch in sicherheitstechnisch-relevanten Anwendungen problemlos verwendet werden.

Aufgrund der wegunabhängigen Kraft-erzeugung eignen sich Mag Springs nicht nur für die Kompensation von Gewichtskräften in vertikalen Antriebsanordnungen. Dank der konstanten Kraft-Weg-kennlinie bieten sich für die magnetischen Federn vielfältige weitere Einsatzfälle an, wie etwa die lageunabhängige Erzeugung einer konstanten Anpresskraft, das Aufbringen einer konstanten Haltekraft über einen großen Hubbereich oder die einseitige Kraftunterstützung in Antriebsaufgaben. Als passives Element können Mag Springs auch eingesetzt werden, um Maschinenachsen oder andere Komponenten wie Greifer oder Schieber im stromlosen Zustand in einer definierten Lage zu halten bzw. zu fahren.

Im entspannten Zustand befindet sich der Läufer ungefähr mittig im Stator, wobei das als Arbeitsende bezeichnete Ende des Läufers etwas mehr aus dem Stator herausragt. Grundsätzlich können aber beide Enden des Läufers für die Lastbefestigung verwendet werden. Ausgehend von dieser Ruheposition kann der Läufer in beide Richtungen aus dem Stator gezogen oder gedrückt werden. Dabei wird die



**04** Anders als eine mechanische Feder bietet die magnetische Feder über den ganzen Arbeits-hubbereich eine konstante Kraft (SP = Startpunkt)

Kraft auf einer kurzen Wegstrecke von Null auf den Nennwert aufgebaut. Anschließend beginnt der Arbeitshub mit der konstanten Kraft. Die Startposition beschreibt die Distanz zwischen dem Arbeitsende des Läufers und dem Statorenende zu Beginn des konstanten Kraftbereichs.

LinMot bietet zwei Mag Spring-Serien für den Kraftbereich 11 bis 22 N und einem Hub bis 290 mm bzw. 40 bis 60 N und einem Hub bis 275 mm als Katalogware an. Eine noch stärkere Variante mit bis zu 120 N Nennkraft ist in Entwicklung.

Die effektive Kraft liegt aufgrund der Material- und Fertigungstoleranz im Bereich von  $\pm 5\%$  der Nennkraft. Für die Montage der magnetischen Federn sind Montageflansche und Adapter lieferbar. Mit diesem Zubehör können die Mag Springs direkt an der Linearführung H01 oder der Brückenführung B01 des Unternehmens befestigt werden. Dank eines kleinen Durchmessers von nur 20 bzw. 37 mm lassen sich die magnetischen Federn auch bei beengten Platzverhältnissen einsetzen.