

White Paper: Optimale Auswahl pneumatischer Führungszylinder und Führungsschlitten



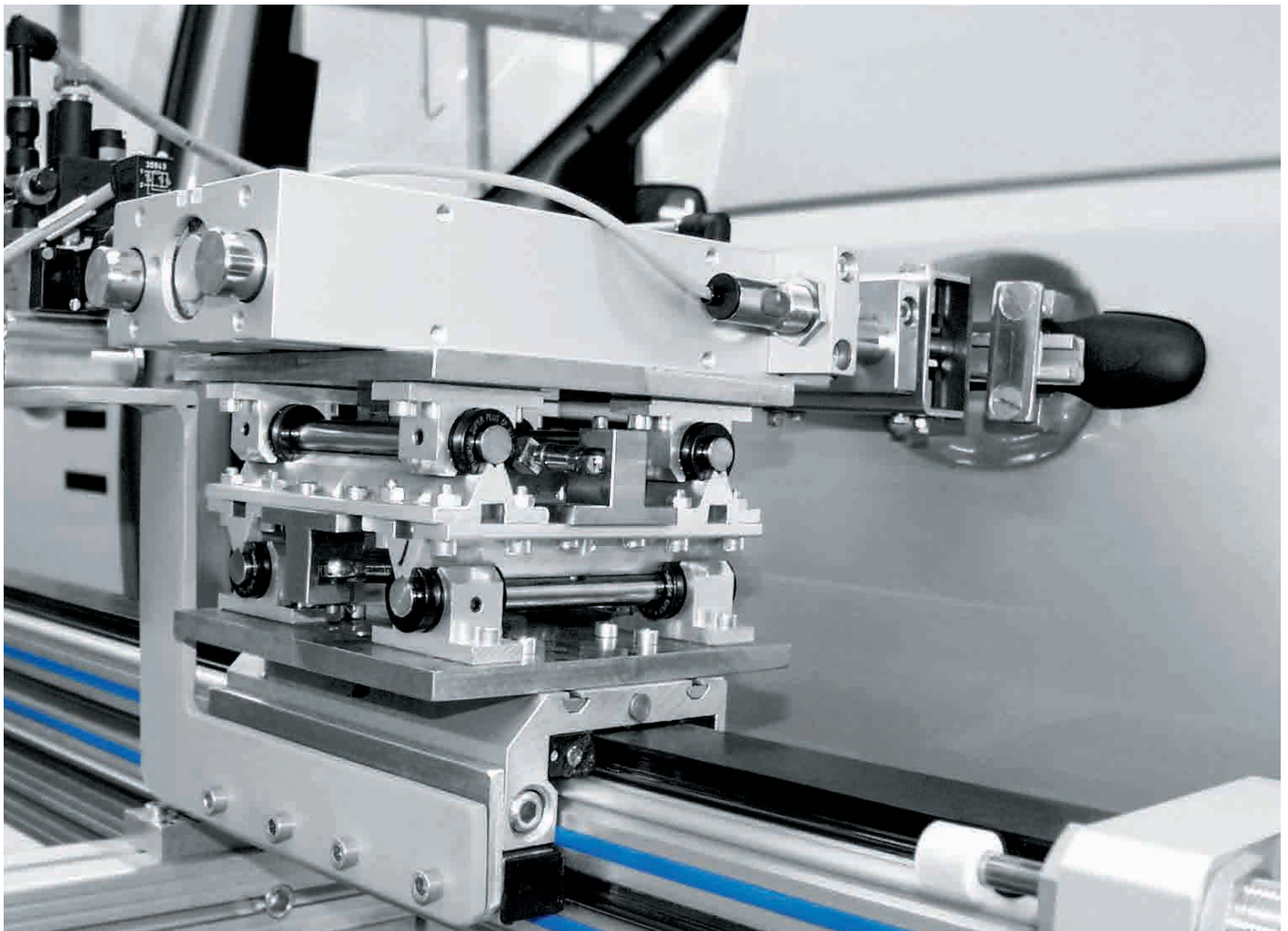
Dieses White Paper informiert Sie über folgende Themen:

- Funktionsweise pneumatischer Führungszylinder und Führungsschlitten
- Pneumatisch oder elektrisch? Eine Gegenüberstellung.
- Verdrehgesicherter Zylinder, Führungszylinder oder Führungsschlitten? Eine Entscheidungshilfe.
- Anpassungsoptionen: Lager, Dämpfung und mehr
- Modelle für Sonderfälle
- Passend dimensioniert: So finden Sie die richtige Größe des Führungszylinders oder -schlittens für Ihre Anwendung

Zusammenfassung

Wann lohnt sich welche Variante bei Automatisierungsaufgaben mit geführten Antrieben? Dieses White Paper will eine Antwort darauf geben.

Stand heute gehören pneumatische Führungszylinder und Führungsschlittengehören zu den Arbeitstieren der Industrieautomatisierung. Durch ihr bewährtes Konzept lassen sie sich für immer mehr Anwendungsmöglichkeiten anpassen. Die besonderen Vorteile beim Verwenden von Führungskomponenten führen zu überragender Effizienz. Gleichzeitig stellen Sie eine kostengünstige Lösung mit vielfältigen Varianten und Konfigurationsoptionen dar – und stehen für große Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer.



Einführung: Stabilität aus einem Guss. Die Vorteile von Führungszylindern und Führungsschlitten

Pneumatische Führungszylinder bieten durchgängig volle Stabilität, was bei Standardantrieben nicht immer der Fall sein muss. Pneumatische Führungsschlitten bieten größere Stabilität und Präzision, was bei Standardantrieben nicht immer gewährleistet ist, jedoch für viele Greif- und Zuführfunktionen unerlässlich ist. Bei beiden Antriebsarten bedeutet die zusätzliche Stabilisierung der Kolbenstange im Allgemeinen eine höhere Leistung und Lebensdauer als bei Alternativantrieben ohne diese Stabilisierung. Der Markt für Führungszylinder und Führungsschlitten wächst zunehmend, da immer mehr Konstrukteure und Ingenieure erkennen, dass es einfacher und praktischer ist, ein einzelnes Produkt zu erwerben, in dem die Vorteile der Linearbewegung und Führung vereint sind, statt beide Funktionen in separaten Komponenten zu erwerben (Abbildung 1).

➤ Stabilität und Einzelteil-Beschaffung sind Gründe sich für eine integrierte, geführte Lösung zu entscheiden.

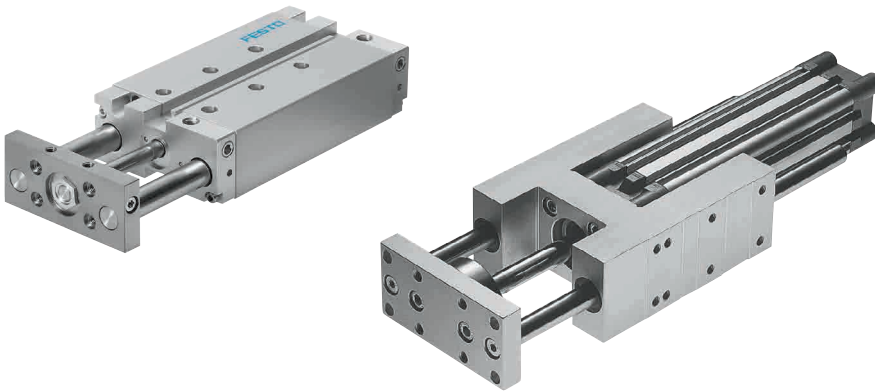


Abbildung 1: Ein Führungszylinder wie der Festo DFM (links) besitzt integrierte Führungsstangen und muss nicht erst zusammengebaut werden, während dies bei einer Führungseinheit wie der FENG von Festo in Kombination mit einem Standardzylinder (rechts) der Fall ist.

Führungszylinder für Stabilität

Bei einem pneumatischen Standardantrieb erzeugt die Kolbenstange eine Linearbewegung. Sie kann sich beim Ein- und Ausfahren frei drehen. Bei vielen Industrieanwendungen ist diese Drehung nicht von Bedeutung. Wenn für die jeweilige Funktion jedoch Stabilität erforderlich ist, wie beispielsweise bei der perfekten parallelen Ausrichtung eines Stanzwerkzeugs am Werkstück, ist diese Drehung nicht erwünscht. Außerdem kann durch den Widerstand, den die Kolbenstange bei der Krafteinwirkung auf ein Objekt erfährt, eine Querkraft oder ein Drehmoment auf die gesamte Antriebsbaugruppe wirken. Wenn der Stellantrieb beispielsweise einen Kreissägeschnitt in Holz steuert, können die äußeren, auf den Stellantrieb wirkenden Kräfte bei ausgefahrener Kolbenstange eine Auslenkung bewirken. Daraus entsteht ein mangelhafter Schnitt, der zu übermäßiger Abnutzung von Säge und Zylinder führt.

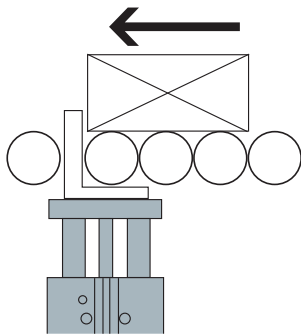
Pneumatische Führungszylinder haben nur einen Kolben. Die Kolbenintegrität wird durch zwei integrierte Führungsstangen gewährleistet. Diese Führungsstangen laufen deshalb normalerweise über mehrere Buchsen oder Kugellager. Die Führungsstangen und der Kolben sind an der Jochplatte befestigt, die ein Werkzeug hält. Die Jochplatte verhindert, dass sich der Kolben drehen kann, wenn Querkräfte einwirken. Dadurch wird eine erstklassige Betriebsstabilität sichergestellt.

Vielfältig im Einsatz

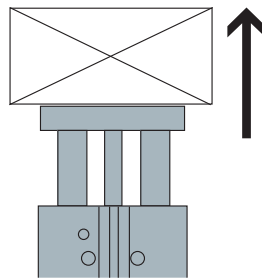
Für diese Stellantriebe gibt es vielfältige Einsatzmöglichkeiten in Anwendungen wie Heben, Pressen, Ziehen, Drücken, Spannen, Stoppen, Zurückhalten, Halten, Schneiden, Trennen und vieles mehr (Abbildung 2). Sie werden in vielen Größen und Varianten angeboten, können nahezu alle Werkzeuge halten, erreichen Hublängen bis 400 mm, sind extrem robust und können bei Bedarf große Stellkräfte erzeugen.

➤ Durch ihre mehrfach gelagerten, über ein Querjoch verbundenen Führungsstangen, sind Führungszylinder extrem stabil.

Stoppen



Heben



Schieben

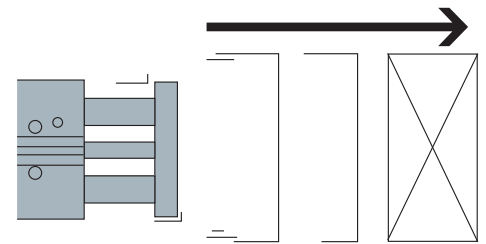


Abbildung 2: Funktionsbeispiele von Führungszylindern

Führungsschlitten für Präzision und Wiederholbarkeit

Führungsschlitten sind perfekt für Aufgaben geeignet, bei denen hohe Präzision und Wiederholbarkeit gefordert sind. Anwendungsbeispiele sind die Montage von Elektronikteilen oder kleinen Fahrzeugteilen, Anwendungen der Getränke- und Nahrungsmittelindustrie oder Dosieranwendungen anderer Sparten der Prozessindustrie. Führungsschlitten bestehen normalerweise aus einer oder zwei Kolbenstangen und einer Führungsschiene. Diese gleiten auf mehreren Präzisionskugellagern im Schlittengehäuse. Dadurch bieten sie selbst bei Einwirkung von Querlasten und einem Drehmoment eine äußerst genaue Bewegung mit hoher Wiederholgenauigkeit (Abbildung 3). Führungsschlitten führen in waagrechter oder senkrechter Anbringung stets Linearbewegungen aus. Sie sind hervorragende Hilfsmittel an einem Portal, beispielsweise an einem 2D-Linienportal mit X- und Z-Achse. Und sie können in Greif- und Zuführ- oder Huckepackkonfigurationen kombiniert werden – in vielen Fällen ohne Adapter.

➤ Führungsschlitten sind hochpräzise und wiederholgenau – über viele Jahre hinweg.

Hohe Wiederholgenauigkeit für lange Jahre

In Duplexanwendungen erreicht ein kompakter Mini-Schlitten mit einem für die Arbeiten montierten kleinen Greifer oder Vakuumsauger eine Wiederholgenauigkeit von 0,01 mm und über mehrere Millionen von Zyklen eine Linearität und Parallelität im 1/100 mm-Bereich. Führungsschlitten werden in zahlreichen Größen mit verschiedensten Befestigungsoptionen und vielen Dämpfungsmöglichkeiten angeboten, um optimale Zykluszeiten bei minimaler Vibrationsübertragung auf die Maschine zu gewährleisten.

Die Schwergewichte beim Führen

Bei Vergleichen unter gleichwertigen Bedingungen, d. h. mit identischer Größe der Kolbenbohrung und mit identischer Hublänge, sind sie die größten und schwersten Optionen mit integrierter Kolbenführung. Mit ihrer Funktion der breiten flachen Führung sorgen sie für eine hochgenaue Bewegung.

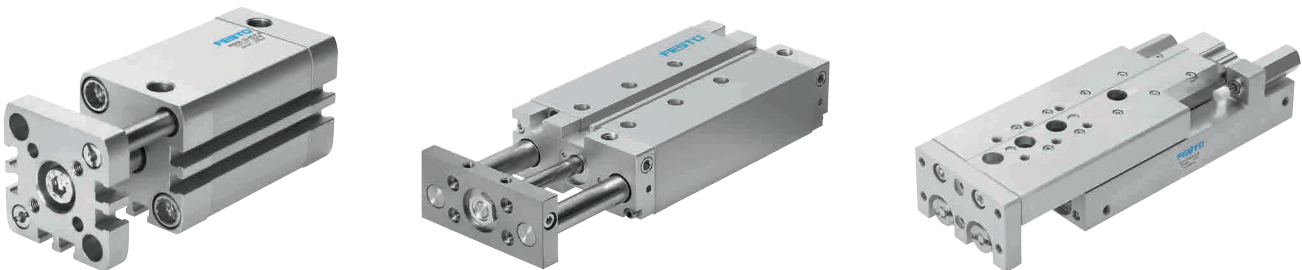


Abbildung 3: Verdrehgesicherter Zylinder, Führungszylinder und Führungsschlitten (von links nach rechts)

Bei einem identischen Bohrungsdurchmesser (20 mm) der Kolbenstange und derselben Hublänge (50 mm) hat der Führungsschlitten die größte Länge (Abbildung 4). Die Länge des Führungszylinders liegt in der Mitte.

➤ Erhöhte Stabilität und erhöhte Präzision benötigen Platz, meist in der Länge.

Größenvergleich: Bohrung 20 mm/Hub 50 mm

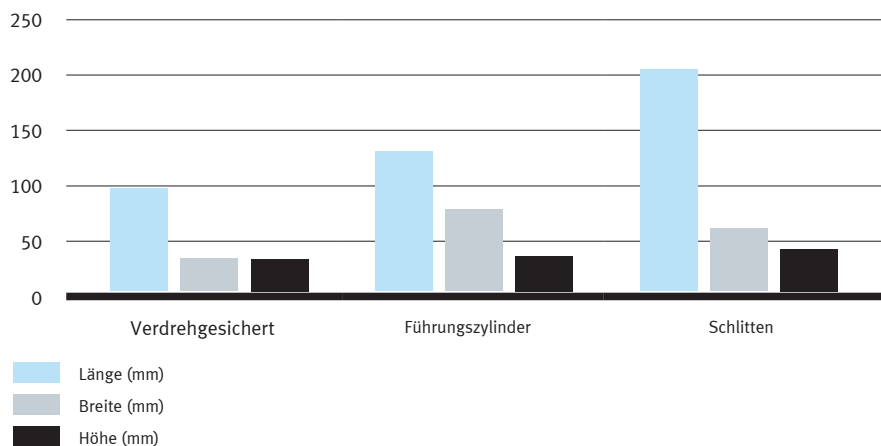


Abbildung 4: Erhöhte Stabilität und erhöhte Präzision benötigen Platz, meist in der Länge.

Betrachtet man als Vergleichsgrundlage dieselben Basismodelle des verdrehgesicherten Zylinders, Führungszylinders und Führungsschlittens mit jeweils identischer Kolbenbohrungsgröße (20 mm) und Hublänge (50 mm) sowie einer identischen Ausfahrkraft von 188 N (Abbildung 5), weist der verdrehgesicherte Zylinder ein Kraft-Gewicht-Verhältnis von 65 %, der Führungszylinder ein Verhältnis von 16 % und der Führungsschlitten ein Verhältnis von 15 % auf. Zwecks erhöhter Stabilität führt die Führungskomponente im Vergleich zum verdrehgesicherten Zylinder zu einem erhöhten Gewicht.

Vergleich von Gewicht zu Linearkraft: Bohrung 20 mm/Hub 50 mm

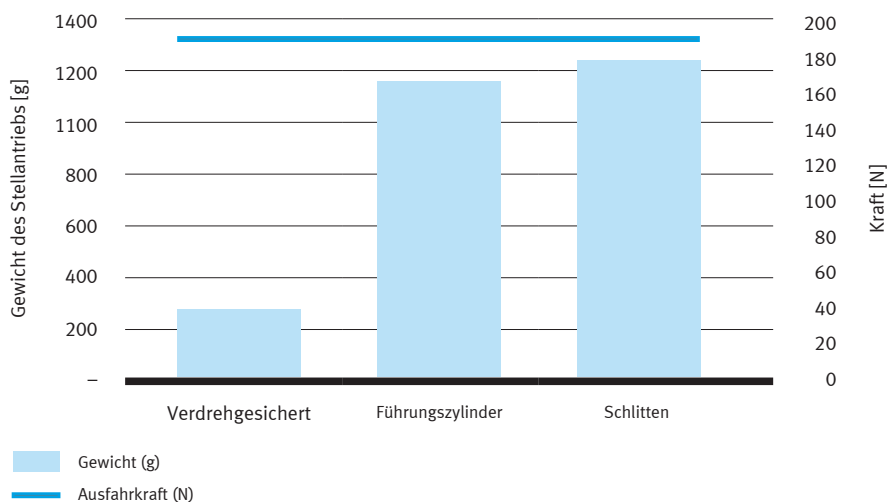


Abbildung 5: Vergleich von Gewicht zu Linearkraft

Einschränkungen bei Alternativen zu Führungsantrieben

Verdrehgesicherte Zylinder und Kombinationen von externen Führungseinheiten und Standardzylindern werden oft als Alternativen zu pneumatischen Führungszylindern und Führungsschlitten angesehen. Sie eignen sich in einigen Anwendungsfällen, doch für die meisten Gegebenheiten sind sie ungeeignet. Verdrehgesicherte Zylinder und Zylinder mit verdrehgesicherter Kolbenstange sind zwar kostengünstiger, doch Führungszylinder und Führungsschlitten sind wesentlich robuster und genauer und verkraften Querkräfte und Drehmomente entscheidend besser. Bei der Ausführung derselben Funktion weist der verdrehgesicherte Zylinder wie in Abbildung 6 dargestellt aufgrund von Lagerspiel und Querkraft die größte Auslenkung auf.

➤ Verdrehgesicherte Zylinder sind kostengünstiger, weisen aber erhöhte Auslenkungen in der ausgefahrenen Endlage auf.

Art	Kolbendurchmesser [mm]	Kolbenhub [mm]	Gesamtauslenkung [mm]*
Verdrehgesicherter Zylinder	20	50	0,15
Führungszylinder	20	50	0,12
Führungsschlitten	20	50	0,05

*Die Gesamtauslenkung (f) ist die Summe der Auslenkungswerte von Lagerspiel (f_1) und Querkraft (f_2).

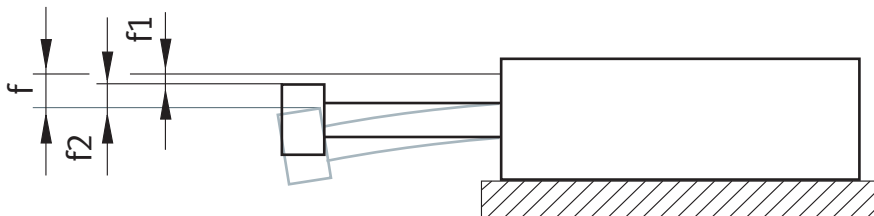


Abbildung 6: Auslenkung

Präzision erfordert genaueste Führung

Gegenüber Führungszylindern kann man die Kombination aus externer Führungseinheit und Standardzylinder mit einer größeren Auswahl an Zylindern konfigurieren. Dies ist jedoch meistens teurer. Da die Kombination aus zwei separaten Komponenten besteht, ist zusätzlicher Konstruktions- und Montageaufwand nötig. Bei Greif- und Zuführanwendungen im Elektronikbereich wäre ein normaler Kompaktzylinder mit frei drehendem Kolben denkbar, doch die konsistente Platzierung und Ausrichtung von Chips wäre niemals so gewährleistet, wie es bei einem Mini-Führungsschlitten der Fall ist.

Gegenüberstellung von pneumatischer und elektrischer Führung

Pneumatische und elektrische Führungszylinder und Führungsschlitten können für ähnliche Zwecke eingesetzt werden. Ihre jeweiligen Stärken liegen jedoch in unterschiedlichen Bereichen.

Mit einem korrekt eingestellten und gut gepflegten Druckluftsystem haben pneumatische Stellantriebe bei deutlich niedrigeren Montage und Betriebskosten eine höhere Kraftdichte und Geschwindigkeit sowie eine längere Lebensdauer. In der Regel haben pneumatische Zylinder und Schlitten einen geringeren Platzbedarf. Durch die modernen Energiemanagementsysteme und Druckluftdiagnosesysteme können der Druckluftverbrauch optimiert und Ausfallzeiten aufgrund außerplanmäßiger Wartungen minimiert werden, was ein starkes wirtschaftliches Argument für pneumatische Stellantriebe darstellt.

Bei einer genauen Betrachtung des Stellmotors und einem Vergleich von ähnlichen pneumatischen und elektrischen Mini-Schlitten wie DGSL und EGSL von Festo zeigt sich, dass das pneumatische Modell eine kompaktere Länge und eine schnellere Positionierzeit aufweist. Das elektrische Modell zeichnet sich dagegen durch ein sanfteres Stopp- und Startverhalten, ein programmierbares Antriebsprofil und konstante und präzise Geschwindigkeiten aus.

➤ **Pneumatik versus Elektrik:**
Pneumatische Kraft und Geschwindigkeit oder programmierbares Antriebsprofil und präzise elektrische Geschwindigkeitssteuerung?

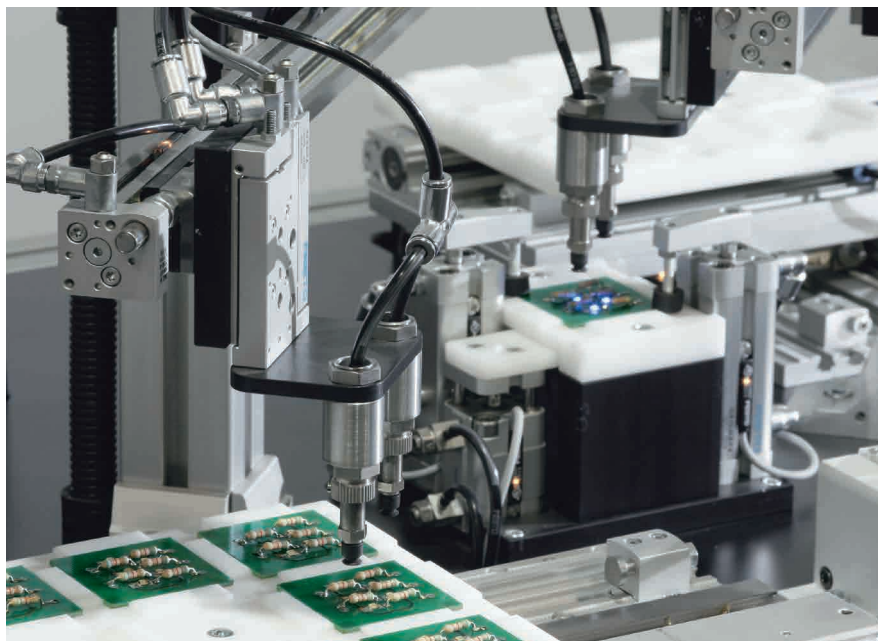


Abbildung 7: Präzises Platzieren mit Hilfe von Führungsschlitten

Wertüberlegungen bei der Auswahl des Stellantriebs

Die relative Effizienz ist ein entscheidender Faktor bei der technisch richtigen Auswahl unter den potenziell geeigneten pneumatischen Führungsantrieben.

Das Beispiel in Abbildung 7 enthält eine Preisgegenüberstellung eines verdrehgesicherten Zylinders, eines Führungszylinders und eines Führungsschlittens. Dieses Basismodell haben denselben Kolbendurchmesser (20 mm) und dieselbe Hublänge (50 mm). Außerdem ist der prozentuale Auslastungsgrad des Stellantriebs dargestellt, wenn die Wirkung versetzter Lasten auf den Antrieb identisch ist. In diesem Beispiel hat der **verdrehgesicherte Zylinder** einen Auslastungsgrad von 100 %. Er hat sein Limit erreicht und stellt in diesem Beispiel eine suboptimale Wahl dar, was seine Effizienz bezüglich versetzter Lasten betrifft.

Der **Führungsschlitten** ist unter den drei Stellantrieben die teuerste Variante und erzielt mit einem Auslastungsgrad von lediglich 12 % für diese Anwendung eine absolute Spitzenleistung.

Der **Führungszylinder** erzielt in der Führungsanwendung einen Auslastungsgrad von 54 %. Obwohl sein Preis zweieinhalbmal so hoch wie der des verdrehgesicherten Zylinders ist, stellt er hinsichtlich des Preis-Leistungs-Verhältnisses die beste der drei Optionen dar.

➤ Entscheidend bei der Auswahl: Definition der Präzisionsanforderungen in Relation zur bewegten Last.

Vergleich von relativem Preis und Auslastungsgrad – nach Art des Stellantriebs

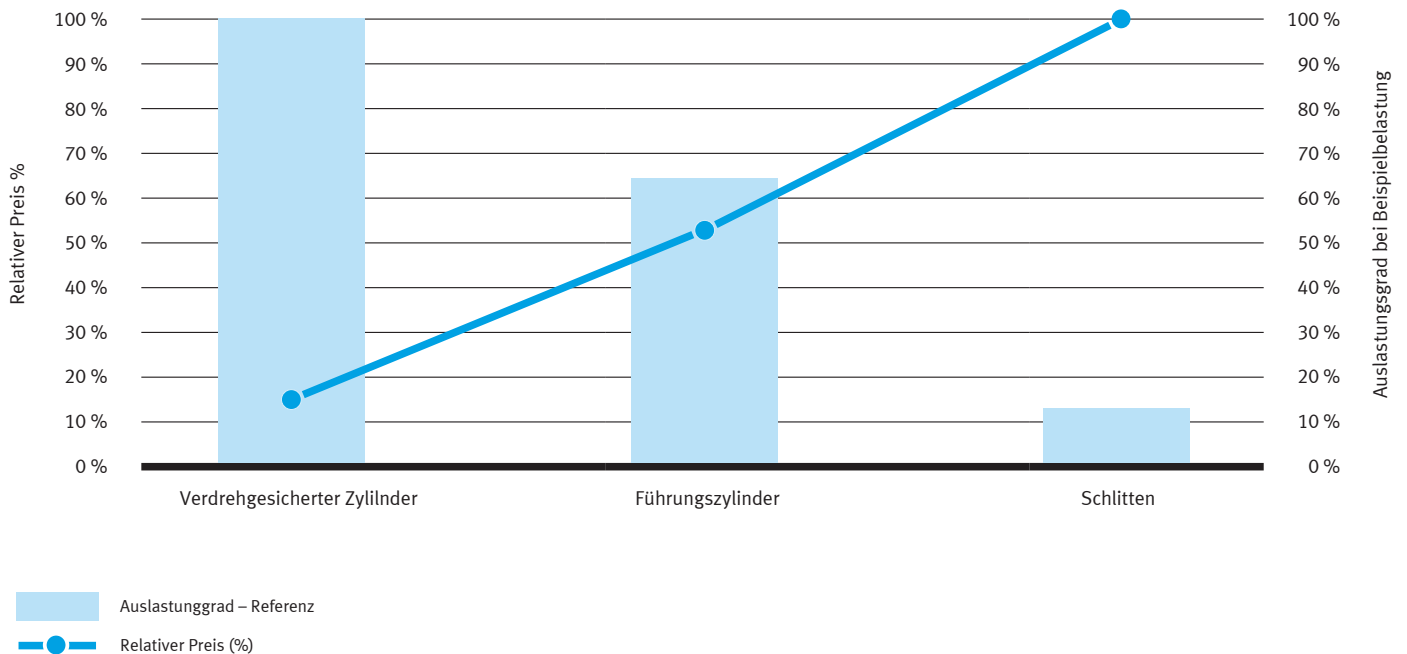


Abbildung 8: Vergleich von relativem Preis und Auslastungsgrad (nach Antriebsart)

Geführte Antriebe für alle Anwendungsfälle

Die zunehmende Verbreitung pneumatischer Führungszylinder und Führungsschlitten ist ein Ausdruck ihrer Eignung für eine außergewöhnliche Bandbreite von Aufgaben. Diese Stellantriebe sind als serienmäßige Basismodelle und Spezialmodelle oder als anpassbare Modelle erhältlich (in metrischen Ausführungen und in Zoll-Versionen).

Hohe Varianz bei Führungszylindern

Die Basismodelle machen 50 % des Marktes für Führungszylinder aus und sind eine kostengünstige Lösung, die sich für die überwiegende Mehrzahl an Anwendungen eignet. Die meisten Modelle sind wartungsfrei, und zeichnen sich durch nur geringen oder keinen Montageaufwand aus. Viele Modelle sind für hohe Steifigkeit mit einer Auswahl an Gleitführungen oder für Anwendungen mit Momentbelastungen mit einer Kugelumlaufführung erhältlich. Die Basismodelle sind äußerst vielseitig und benötigen angesichts ihrer Leistung im Vergleich zu Alternativmodellen weniger Platz. Diese Basisantriebe werden in verschiedensten Größen und in zahlreichen Kombinationen von Kolbendurchmesser und Hublänge angeboten. Hublängen bis zu 200 mm gelten im Allgemeinen für Standardprodukte. Es sind auch größere Ausführungen mit Hublängen bis zu 400 mm erhältlich. Bei diesen größeren Modellen gibt es mehrere Optionen der Dämpfung und Endlagendämpfung, darunter mit manuell einstellbarer und teilweise mit selbsteinstellender Luftdämpfung.

Besondere Varianten

Außerdem werden Spezialmodelle und besondere Varianten für Trockennahrungsmittel- und Spritzbereiche der Lebensmittelbranche, Reinraum- und ATEX-Anwendungen sowie Modelle in temperaturbeständiger Bauweise angeboten. Hygienische Stellantriebe für Nahrungsmittel- und Pharmazieanwendungen bieten dieselbe Reinigungsfreundlichkeit und Korrosionsbeständigkeit wie hygienische Standardzylinder und weisen eine Schmierung gemäß der NSF-H1-Klassifizierung auf. Hygienische Führungszylinder zeichnen sich durch eine glatte, saubere und klare Bauweise aus, die verhindert, dass sich Wasser, Schmutz und Staub in der Einheit sammeln.

Wahlmöglichkeiten bei geführten Standard-Antrieben:

- Zylinder/Schlitten
- Kugelumlauf/Gleitführung
- Joch/Joch-Schlitten
- Einstellbare/selbsteinstellende Dämpfung

Dämpfung zusätzlich:

- Lebensmittel
- ATEX
- Reinraum
- Warmfest



Abbildung 9: Das Basismodell der DFM-Serie ist der meistverkaufte pneumatische Führungszylinder von Festo.

Viele Vorteile der großen Führungszylinder sind auch bei Mini-Führungszylindern vorhanden, bei denen eine kurze Hublänge und geringere Kraft ausreichen und knappe Platzverhältnisse gegeben sind. Insbesondere Kompaktmodelle bieten Hublängen von nur 5 bis 30 mm.

➤ Miniaturisierung bei geführten Antrieben:

- Kompaktmodelle
- kurzer Hub
- begrenzte Kraft



Abbildung 10: Zwei Festo DGSL Mini-Schlitten an einer elektrischen EGC-Achse in der seitlichen Ladevorrichtung einer modernen Verpackungsanlage

Führungsschlitten bieten eine ähnliche Vielfalt

Auch bei den Führungsschlitten gibt es Standard- und Spezialmodelle sowie Optionen, die für die meisten Anwendungsbereiche angepasst werden können. Das Angebot umfasst Basismodelle mit Hublängen bis 200 mm und mehreren Dämpfungsoptionen, flache und schmale Ausführungen sowie extrem kompakte Modelle, mit nur 8 mm Breite und einer Hublänge zwischen 1 und 10 mm. Diese kleinen Modelle eignen sich für kleine Greif- und Zuführanwendungen und sowie für andere Kurzhubanwendungen. Der kompakte DGST-Schlitten von Festo ist die neueste Serie von Führungsschlitten. Wie bei der bewährten DGSL-Serie wird der Schlitten in vielen Größen und mit zahlreichen Hublängen angeboten. Die Entwicklung zunehmend kompakterer Führungsschlitten entspricht dem allgemeinen Branchentrend zur Miniaturisierung, insbesondere in der Elektronikfertigung. Dies beinhaltet einen entsprechenden Bedarf an Mini- und Mikroschlitten, die dieselbe hohe Genauigkeit, herausragende Wiederholbarkeit und lange Lebensdauer der größeren Stellantriebe liefern.

Auswahl des passenden Zylinders oder Schlittens

Software wie das Pneumatik-Dimensionierungstool von Festo unterstützt Kunden beim Auswählen und Konfigurieren von Pneumatikprodukten. Das Dimensionierungstool ist im Festo Online-Katalog unter dem blauen Register „Engineering“ zu finden. Kunden können ihre Anwendungsparameter, Faktoren wie die zu bewegende Last, Abstand, Geschwindigkeit und Betriebsdruck eingeben. Sie erhalten dann passende Produktempfehlungen sowie Hinweise auf die passende Dämpfungsart für ihre Anforderungen. Vom einfachen Puffer oder Stoßdämpfer bis zur manuell einstellbaren oder selbsteinstellenden Luftdämpfung gibt es hier verschiedene Optionen. Mit diesem Dimensionierungstool kann auch die Auslastung der Lagerführung ermittelt werden, um die Entscheidung zu erleichtern, ob sich für die Betriebsbedingungen des Kunden eher Gleit- oder Kugelumlaufführungen eignen.

Die Auswahltools für geführte Antriebe von Festo führen heute zur richtigen Entscheidung.

Zusammenfassung

Es gibt eine stetig wachsende Nachfrage nach pneumatischen Führungszylindern und Führungsschlitten, was auf die zunehmende Expansion der Automatisierung sowie auf entsprechende Konstruktionsverbesserungen von Stellantrieben hindeutet. Diese Stellantriebe sind immer dann eine hervorragende Option, wenn eine entsprechende Druckluftzufuhr zur Verfügung steht. Diese Antriebe sind sehr wirtschaftlich, leicht zu konfigurieren und zu montieren, in vielen Fällen wartungsfrei und robust zeichnen sich durch eine lange Lebensdauer aus. Sie sind vielseitig und in einer großen Bandbreite von Kolbengrößen und Hublängen erhältlich. Es gibt Basismodelle für die meisten Anwendungen sowie Spezialmodelle für zahlreiche weitere Anwendungen. Wenn überhaupt, ist der Montageaufwand minimal, da die Führungsfunktionen bereits komplett integriert sind. Es ist keine Übertreibung zu sagen, dass es für praktisch alle Anwendungen, die hohe Stabilität und/oder Genauigkeit mit unschlagbarer Wiederholbarkeit erfordern, den passenden Führungszylinder oder Führungsschlitten gibt.

	Verdrehgesicherte Antriebe	Führungszylinder	Führungsschlitten
Preis	+++	++	+
Größe	+++	++	+
Gewicht	+++	++	+
Widerstandsfähigkeit gegen Momentbelastungen	+	++	+++
Genauigkeit	+	++	+++
Flexible Montage	++	+++	++

Abbildung 11: Stellantriebe mit Führungsfunktion: relativer Preis, Spezifikationen, Montage- und Leistungsmerkmale.

Herausgeber/Autor:

Darren O'Driscoll
Produktmanagement – Pneumatikantriebe,
Festo Inc., Kanada

Michael Guelker
Produktmanagement – Pneumatikantriebe,
Festo Corp., USA

Thomas Martin
Produktmanagement – Pneumatikantriebe (Schlitten),
Festo AG & Co. KG., Deutschland

Julian Beckler
Produktmanagement – Pneumatikantriebe
(Führungszylinder und Schwenkantriebe),
Festo AG & Co. KG., Deutschland