

Konstruktive Abwägungen bei der Auswahl von Linearführungen

Matthew Hand

Produktspezialist

Thomson Industries, Inc.

www.thomsonlinear.de sales.germany@thomsonlinear.com

Wenn Maschinenkonstrukteure schwere Lasten schnell und präzise auf einer Linearachse bewegen müssen, ziehen sie in der Regel Profilschienen-Linearführungen denen mit Rundschiene vor. Profilschienen, gelegentlich auch als Vierkantschienen bezeichnet, bieten gegenüber Rundschiene-Lösungen nicht nur erhöhte Stabilität und Steifigkeit, sondern auch hohe Tragzahlen bei kompakten Abmessungen. Allerdings gilt es zu beachten, dass sich Profilschienen in puncto Steifigkeit, Tragzahl, Verfahrengenauigkeit, Laufruhe sowie Geschwindigkeit teilweise erheblich voneinander unterscheiden und in verschiedenen Größen sowie Montagekonfigurationen erhältlich sind. Matthew Hand, Produktspezialist bei Thomson Industries, vergleicht die drei gängigsten Profilschientypen und erläutert die leistungsbezogenen Abwägungen, die auf der Suche nach der optimalen Konfiguration für eine Anwendung berücksichtigt werden müssen.

Konstruktive Varianten

Profilschienen unterscheiden sich vor allem in ihrer Form und der Anordnung der Wälzkörper. Die wichtigsten Varianten sind: Kugellager in O-Anordnung (englisch „double back-to-back“), Rollenlager in O-Anordnung sowie Kugellager in X-Anordnung (englisch „double face-to-face“).

- *Kugellager in O-Anordnung:* Bei der O-Anordnung laufen je zwei Kugellagersätze nebeneinander (back-to-back) nach außen gerichtet im Inneren der Schiene, sodass eine hohe Momentbelastbarkeit entsteht (Abbildung 1). Die Abstützung erfolgt über eine der Kugelform angepasste Rille in der jeweiligen Innen- und Außenlaufbahn. Diese Kugellaufbahnritze hat einen etwas größeren Radius als die Kugeln selbst, da sich diese
-

unter Last minimal abflachen, sodass sich die Berührungsfläche zwischen Kugel und Laufbahn geringfügig vergrößert.

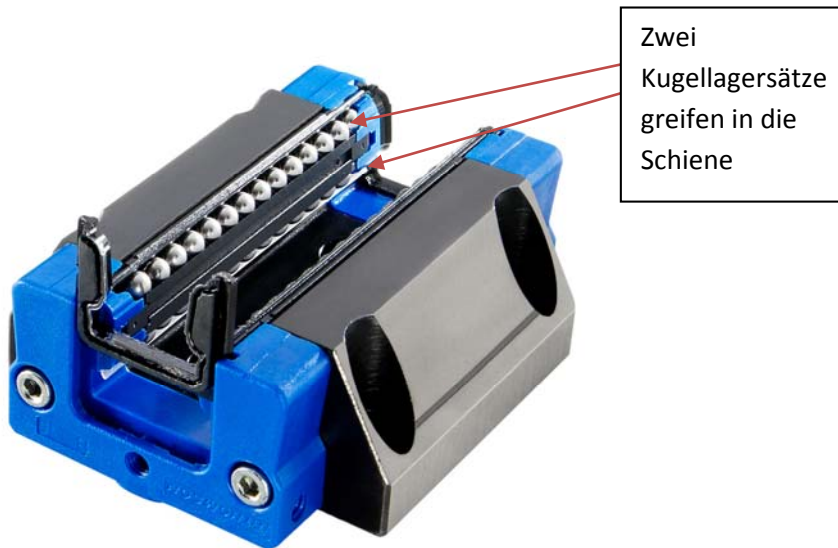


Abbildung 1: Kugellager in O-Anordnung

- *Rollenlager in O-Anordnung:* Bei dieser Variante werden die Kugeln durch zylindrische Rollen ersetzt (Abbildung 2). Die Rollen bieten noch mehr Stabilität gegenüber den konvexen Kugeln, die nur eine punktförmige Berührungsfläche haben, sodass sie unter Druck etwas Anfälliger gegen Verformung sind. Die Rollen, hingegen, bieten eine breitere Berührungsfläche über ihre gesamte Länge.

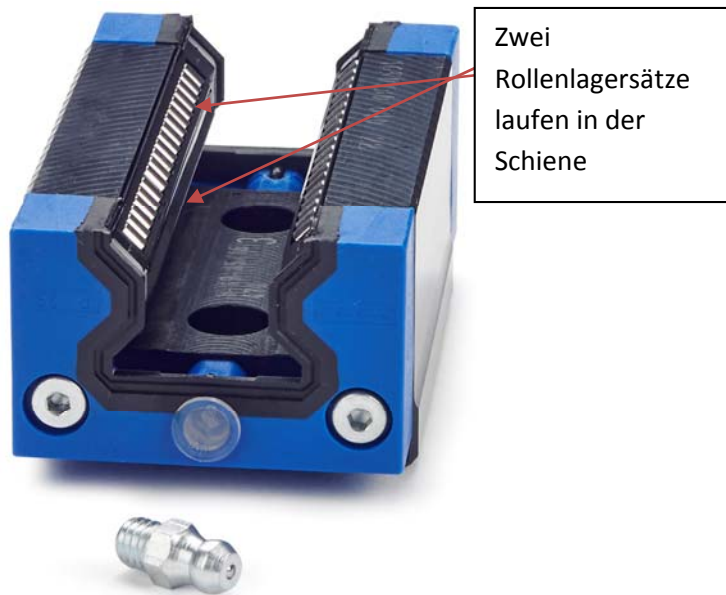


Abbildung 2: Rollenlager in O-Anordnung

- *Rollenlager in X-Anordnung:* Die X-Anordnung verwendet vier Kugelreihen, die gegenüber angeordnet (face-to-face) außen an der Schiene und nicht innen verlaufen (Abbildung 3). Die X-Anordnung resultiert in einer gleichmäßigen Lastaufnahme in allen Richtungen. Diese Schienen zeigen sich erheblich toleranter bei Montageunebenheiten, bedeuten aber Abstriche in puncto Steifigkeit und Momentbelastbarkeit.

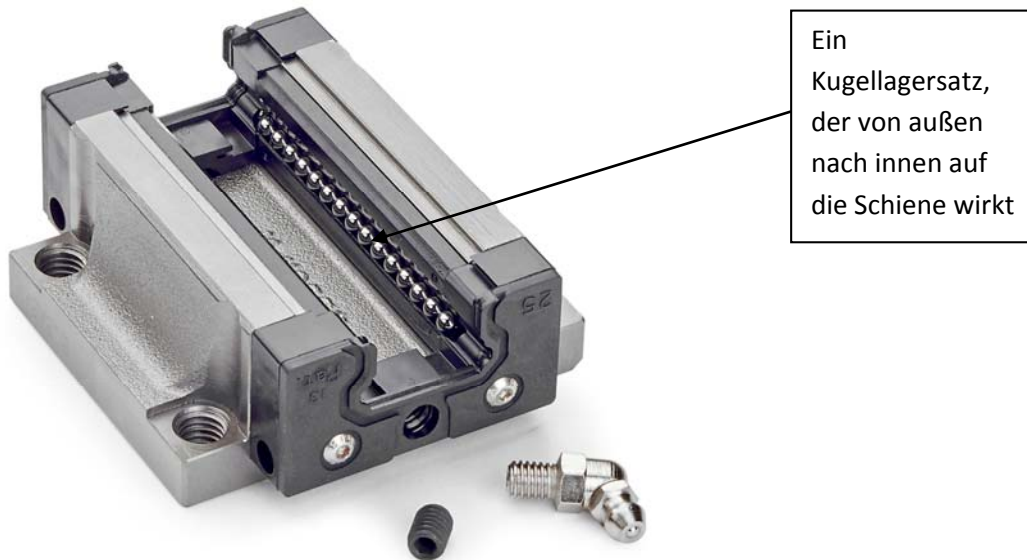


Abbildung 3: Kugellager in X-Anordnung

Für besondere Zwecke sind zusätzliche Ausstattungsmerkmale erhältlich. Hierzu gehören Distanzscheiben zwischen den Scheiben zur Geräuschminderung, Ausführungen aus korrosionsfestem Edelstahl oder mit Chrombeschichtung sowie kleinere und leichtere Profile. Das heißt, die Auswahl der passenden Konstruktionsform für eine gegebene Anwendung erfordert eine sorgfältige Abwägung zwischen den Faktoren Steifigkeit, Tragzahl, Genauigkeit, Laufruhe, Größe, Lebensdauer und Kosten. Es gibt zwar weitere Profilvarianten, aber dieser Artikel beschränkt sich auf die in der Industrie am weitesten verbreiteten Typen.

Untersuchung der Vor- und Nachteile

Die Auswahl der Lagerbauform beginnt mit einer vorläufigen Aufnahme der folgenden Informationen:

- Größe der Last
- Anordnung der Last, z.B. mittig auf dem Laufwagen oder seitlich
- Erforderliche Genauigkeit
- Gewünschte Laufleistung
- Einbaubedingungen

Dank der Steifigkeit, Tragzahl und Genauigkeit sind Profilführungen mit O-Anordnung für anspruchsvolle Anwendungen prädestiniert, die von der Industrieautomation mit hohen Lasten über Werkzeugmaschinen bis zu Präzisionsmessgeräten reichen.

Für besonders anspruchsvolle Anwendungen bieten sich Rollen als Wälzkörper an, da diese hier noch mehr Vorteile mit sich bringen. Die Rollen sind platzsparender, d.h. sie liefern höhere Tragzahlen bei geringeren Einbaugrößen, was unter beengten Montageverhältnissen hilfreich sein kann.

An dieser Stelle sei jedoch vor einer Überspezifikation gewarnt: Die Auswahl eines Führungssystems mit zu hoher Steifigkeit kann die zulässigen Einbautoleranzen derart senken, dass die Vorbereitungskosten für die Montageflächen ins Uferlose steigen. Wird die Montagefläche nicht ordnungsgemäß vorbereitet, führt dies zu einem unruhigen Laufverhalten, sodass ein häufiger Austausch der Komponenten notwendig wird oder die Lager sogar ganz festfressen.

Für Anwendungen, bei denen es nicht in erster Linie auf höchste Präzision, Tragzahl und Steifigkeit ankommt, bieten Lösungen in X-Anordnung möglicherweise eine höhere Laufruhe bei geringeren Anschaffungs- und Montagekosten. Damit sind sie die optimale Wahl für Anwendungen der Industrieautomation wie Lebensmittelverarbeitungs- oder Verpackungsanlagen, wo die Lasten eher gering und die Anforderungen an die Präzision nicht allzu hoch sind.

Fragen zur Langlebigkeit

Wenngleich alle erhältlichen Systeme aus widerstandsfähigen Werkstoffen gefertigt und mit aufwändig polierten Oberflächen versehen sind, um die Reibung zu minimieren, unterliegen sie dennoch unweigerlich einem gewissen Verschleiß. Die Langlebigkeit ist im Wesentlichen eine Funktion aus der zu bewegenden Last und der Anzahl der Arbeitszyklen – sämtlich Größen, die sich anhand der Planungsparameter berechnen und vorherbestimmen lassen.

Die meisten Gerätehersteller definieren die Lebensdauer ihrer Systeme hinsichtlich der Laufleistung. Das heißt, sie geben beispielsweise an, dass eine Führung eine Laufleistung von 50 oder 100 Kilometer bietet. Hier sollte jedoch unbedingt die Last einberechnet werden. Die wirkende Last hat einen direkten Einfluss auf die Lebensdauer eines Linearlagers. Ingenieure könnten also ein Lager mit einer überdimensionierten Tragzahl wählen, um auf diese Weise die Laufleistung zu erhöhen. Der Umkehrschluss könnte ebenfalls zutreffen, hierzu sollte aber der Hersteller des Lagers konsultiert werden. Wichtig zu beachten ist zudem, dass die Nenntaglast eines Linearlagers immer im Zusammenhang mit einer bestimmten Laufleistung angegeben wird, die von Hersteller zu Hersteller abweichen kann.

Bei Anwendungen mit beengtem Platzangebot können kleinere Lager verwendet werden, während die Lebensdauer entsprechend ausgelegt wird. Bei einer solchen Herabstufung sinkt die Laufleistung, es ist jedoch darauf zu achten, dass die vom Kunden geforderte Einschaltdauer eingehalten wird. Wünscht der Endanwender jedoch zugunsten einer hohen Investitionsrendite eine längere Lebensdauer, müssen das System oder die Systemumgebung entsprechend umgestaltet werden.

Weitere Faktoren, wie die Art der Schmierung, haben ebenfalls Einfluss auf die Lebensdauer, machen aber keinen Unterschied zwischen X- und O-Anordnung, können also hier vernachlässigt werden.

Fragen der Montage

Profilschienenführungen erfordern in der Regel eine aufwändigere Montage als Systeme mit Rundschiene. Systeme mit O-Anordnung erfordern wiederum mehr Aufwand als Lösungen mit X-Anordnung. Eine unsachgemäße Montage kann sich auf sämtliche Variablen negativ auswirken, insbesondere auf die Steifigkeit, Tragzahl und Laufruhe. Profilschienen reagieren besonders empfindlich auf Unebenheiten der Montageflächen. Schienen, die nicht perfekt ausgerichtet sind, verwinden sich im Betrieb, was zu unnötigem Verschleiß führt, der letztlich die Lebensdauer der Baugruppe verkürzt.

Das heißt, entweder müssen die Montageflächen sorgfältig vorbereitet werden, oder die einzelnen Bauteile müssen während der Montage mit Ausgleichsscheiben auf eine Höhe gebracht werden. Bei Anwendungen mit zwei parallel verlaufenden Schienen, jeweils mit zwei

Laufwagen – eine gängige Anordnung – können alle vier Laufwagen mit einer Montageplatte verbunden werden, sodass sie sich gemeinsam bewegen. Nach Abschluss der ordnungsgemäßen Montage kann dies dazu beitragen die Ausrichtung und Leistung des Systems aufrecht zu erhalten.

Systeme mit X-Anordnung der Lager erfordern ebenfalls eine präzise Montage, verzeihen jedoch kleinere Unebenheiten. Es gilt allerdings zu bedenken, dass diesem Typus generell Anwendungen vorbehalten sind, die weder hohe Tragzahlen noch eine hohe Präzision erfordern.

Standard-Montagekonfigurationen

Je nach Anwendung können die Laufwagen mit oder ohne Flansch montiert werden. Flansche bieten eine breitere Montagefläche, um die Last besser auf der Schiene zu halten. Außerdem verfügen Flansche über durchgehende Bohrungen, sodass sie von oben und von unten montiert werden können, was gerade bei beengten Montagesituationen mehr Flexibilität bietet.

In anderen Fällen kann ein Flansch aber auch hinderlich sein. Wenn eine Schiene z.B. am Rand eines Gehäuses verläuft, ist kein Platz vorhanden, um den Flansch zu befestigen. Daher haben sich mit den Jahren alternative Montagekonfigurationen herausgebildet, die mittlerweile Standards in der Achsteuerung darstellen. Die sieben Standard-Ausführungen für Laufwagen sind: Standard, Standard lang, Schmal, Schmal lang, Schmal hoch, Schmal lang hoch, Schmal kurz und Schmal kompakt. Für Kugelumlauf-Baugruppen sind sie in Größen von 15 bis 55 mm erhältlich, für Rollen-Ausführungen von 25 bis 100 mm. Für besonders kompakte Anwendungen können zudem Sondergrößen bestellt werden. Die Auswahl der Größe wird einerseits durch die Anwendung selbst bestimmt und andererseits durch die Umgebungsbedingungen beim Endanwender. Einfluss auf die Leistungsfähigkeit hat die Größe des Laufwagens jedoch in der Regel kaum oder gar nicht.

Trotz der verfügbaren Standardgrößen kann je nach Anforderung der Anwendung eine Sonderausführung notwendig sein. So kann beispielsweise die Anordnung der

Montagebohrungen vom Standard abweichen. Beim Wechsel von einer Herstellermarke zu einer anderen wird möglicherweise eine Adapterplatte benötigt.

Wahl der Werkstoffe

Die Wahl der Werkstoffe stellt die Konstrukteure vor weitere Fragen. Die meisten Ausführungen sind in Einsatzstahl bzw. Edelstahl für korrosive Umgebungen verfügbar. Darüber hinaus gibt es verchromte Modelle, die einen gewissen Korrosionsschutz bieten, wenngleich nicht in dem Maße wie Edelstahl.

Geräuschminimierung

Systeme mit Kugellagern neigen grundsätzlich zur Geräuschentwicklung. Moderne Technologien mit Kugeldistanzscheiben und Kugelketten können jedoch das Laufgeräusch um 30 bis 40 Prozent reduzieren. Für einige Kugelumlaufsysteme in O-Anordnung gibt es zudem besonders geräuscharme Ausführungen, die Distanzscheiben zwischen den einzelnen Lagern verwenden.

Die Qual der Wahl

Die Kosten und Konstruktion einer Linearführung werden durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Für Anwendungen, bei denen es auf höchste Steifigkeit ankommt, entscheiden sich die Konstruktionsingenieure in der Regel für Kugel oder Rollenlager in O-Anordnung (back-to-back). Spielt die Steifigkeit dagegen nur eine untergeordnete Rolle, kommt möglicherweise die sogenannte X-Anordnung (face-to-face), ebenfalls mit Kugel- oder Rollenlager, infrage. Allerdings gilt diese Regel nicht unbedingt in allen Situationen.

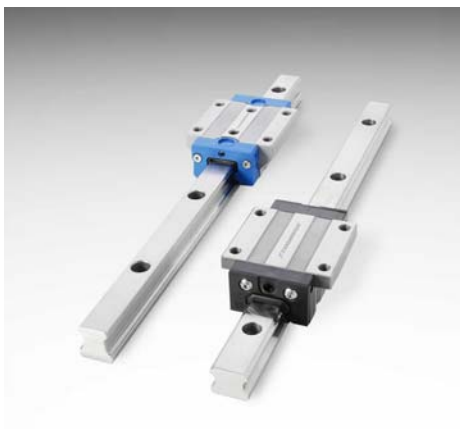
Wenngleich die O-Anordnung beispielsweise die beste Wahl für hochpräzise, hochbelastete Anwendungen sein mag, eignet sich die X-Anordnung möglicherweise besser für Anwendungen, bei denen hohe Laufruhe und geringe Kosten entscheidende Kriterien sind. Darüber hinaus gibt es Möglichkeiten, Konstruktionen mit X-Anordnung mehr Steifigkeit zu verleihen, genauso wie es möglich ist, bei Lösungen mit O-Anordnung eine höhere Laufruhe zu erreichen.

Letztlich läuft es darauf hinaus, die vorgesehene Last und den Einbauort der Linearführung zu bestimmen – eine Vorgabe, die sich im Lichte der festgestellten Vor- und Nachteile durchaus noch ändern kann. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Auswahl- und Auslegungswerkzeuge, die den Anwender bei der Suche nach der optimalen Lösung unterstützen. Thomson hat beispielsweise Werkzeuge, die mithilfe einer umfassenden Reihe von Algorithmen verschiedene Anwendungsfaktoren durchrechnen und die Ergebnisse mit einer Datenbank verfügbarer Technologien abgleichen, um die optimale Lösung zu ermitteln.

Zur Unterstützung von Konstrukteuren gibt es bei Thomson spezielle Teams aus Anwendungsingenieuren, die bei der Wahl der bestmöglichen Lösung helfen. Auch umfangreiche technische Unterlagen, Whitepaper, Webinare, Anleitungsvideos usw. finden sich im Bereich „Design Tools“ auf <http://www.thomsonlinear.de>.

Angesichts derart zahlreich verfügbarer Optionen kommt es am Ende auf die Entscheidung der Ingenieure an, und darauf, die – ausgesprochenen und unausgesprochenen – Wünsche der Kunden korrekt zu interpretieren, um die endgültige Lösung zu ermitteln.

Titelbild:



Bildunterschrift: Thomson liefert Schienen und Schlitten in vielfältigen Ausführungen, Größen und einzigartigen Leistungsmerkmalen, gefertigt auf Abmessungen im Industriestandard – für die einfache Nachrüstung in vorhandenen Systemen oder die Konstruktion neuer Lösungen.
