

# Auswahl und Anwendung von Antrieben und Teleskopsäulen

# Prinzipien der Auswahl und Anwendung von Antrieben und Teleskopsäulen

Linearantrieb – Definition und Typ .....	10
Leistungsfaktoren. ....	11
Auswahlkriterien .....	12
Berechnung .....	13
Anwendungs-Checkliste. ....	14
Typische Anwendungsfälle .....	15

# Linearantrieb

## Definition und Typ

**Definition:** Elektromechanische Linearantriebe erlauben präzise, geregelte und wiederholbare Druck/Zug-Bewegungen in linearen Antriebsanwendungen (siehe die nachstehenden Abbildungen).

Linearantriebe sind die effiziente, praktisch wartungsfreie und umweltfreundliche Alternative zu Hydraulik- oder Pneumatikantrieben.

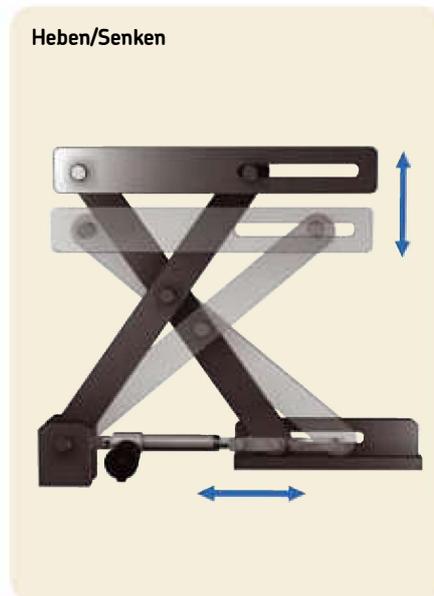
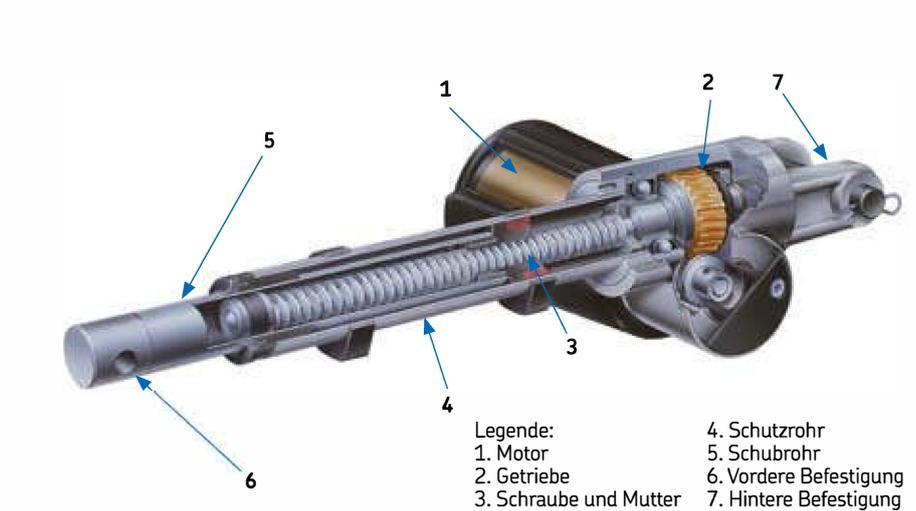
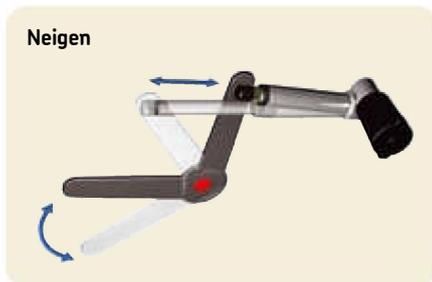
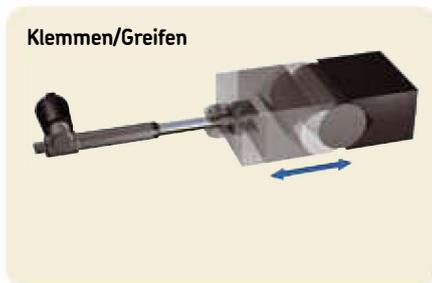
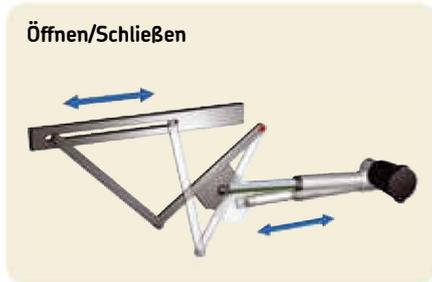
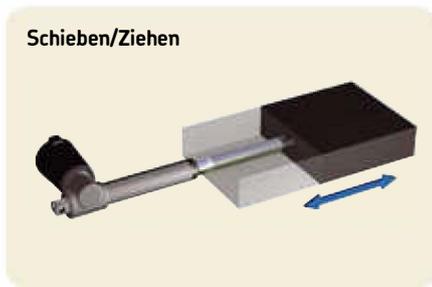
Die Standardversionen eignen sich für Lasten von bis zu 12 kN, sind bis zu 174 mm/s schnell und können bis zu 1 500 mm fahren. Sie können sich in separaten Gehä-

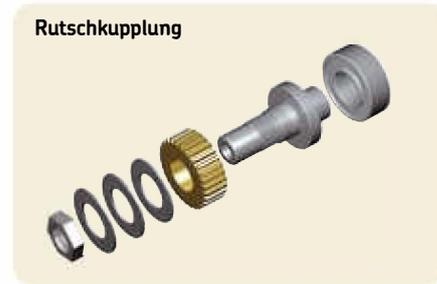
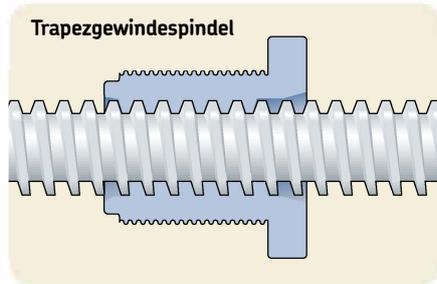
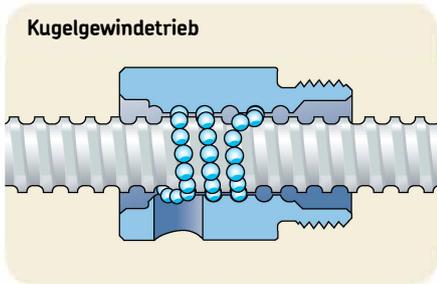
sen aus Aluminium, Zink oder Polymeren befinden oder sind einbaufertig für den praktischen Plug-in-Betrieb erhältlich. Bei Linearantrieben mit modularem Design und offener Architektur kann der Kunde aus vielen integrierbaren Komponenten wählen, um innerhalb bestehender Systeme individuelle Lösungen zusammenzustellen. Das Anwendungspotenzial lässt sich mit Hilfe spezieller Technologien für bestimmte Zwecke noch ausbauen, so z. B. mit Hallsensoren, Endschaltern, Potentiometer, Rutschkupplung oder Fangmutter.

Gewinde-Linearantriebe mit elektrischem AC- oder DC Motor bestehen im Prinzip aus einer Gewindespindel mit Antriebsmutter

und Schubrohr. In 90 % aller Fälle ist ein Getriebe zwischen Motor und Gewindespindel angeordnet.

Bei Leistungszufuhr dreht der Motor die Gewindespindel, welche die Antriebsmutter in Bewegung versetzt und das Schubrohr ausfährt. Die Umkehrung der Motorrotation fährt das Schubrohr wieder ein.





### Kugelgewindetrieb kontra

**Trapezgewindespindel:** Zu den traditionellen Gewindespindel-Bauformen gehören Kugelgewindetriebe und Trapezgewindespindeln, deren Spezifikation durch die Konfiguration eines Linearantriebs und den Lastanforderungen beeinflusst wird.

**Kugelgewindetriebe:** Diese Einheiten sind komplett aus Stahl und bestehen aus einer Schraubenwelle, Mutter, Kugellagern und einem Kugelrückführungssystem zur Umwandlung von Rotationsbewegungen in reibungslose, exakte und umkehrbare Linearbewegungen (oder Drehmoment in Vorschub). Die Reihe der Pendelrollenlager befindet sich in einem geschlossenen System zwischen Mutter und Schraube und sorgt so für eine Konstruktion mit äußerst niedrigem Reibungswiderstand. Der geringe Reibungswiderstand minimiert den Verschleiß, verbessert die Leistung und reduziert die Betriebstemperatur – unverzichtbare Faktoren für eine längere Gebrauchsdauer.

Kugelgewindetriebe sind für extreme Lasten geeignet, erzielen eine lange Einschaltdauer, arbeiten in einem breiten Temperaturbereich und liefern eine hohe Präzision, damit Linearantriebe über lange Zeiträume bei hohen Geschwindigkeiten mit starken Be- und Entschleunigungen arbeiten können. Üblicherweise werden bei Kugelgewindetrieben Haltebremsen eingesetzt, um ein Zurücklaufen zu verhindern.

**Trapezgewindespindeln:** Diese Spindeln übertragen Drehmomente durch direkte Gleitreibung in Linearbewegungen, ähnlich einer herkömmlichen Mutter/Schrauben-Kombination. Eine typische Baueinheit besteht aus einer Stahlschraube, einer Kunststoff- oder Messingmutter und einer Lagerung.

Die Trapezgewindespindel liefert einen hohen Reibungswiderstand, der sich ideal für selbsthemmende Anwendungen eignet, bei denen der Linearantrieb unter Last nicht

zurücklaufen soll. Trapezgewindespindeln nehmen hohe statische und dynamische Lasten auf, halten extremen Schwingungen stand, arbeiten leise und zeichnen sich durch eine hohe Wirtschaftlichkeit aus.

## Leistungsfaktoren

Neben der reinen Funktion eines Linearantriebs können bei bestimmten Anwendungen auch folgende Faktoren wichtig sein: Rückmeldungen über Position und/oder Richtung, Begrenzungen der Bewegung oder Fahrt in einer bestimmten Richtung sowie Schutz vor dynamischer Überbelastung. Für diese Zwecke wurden unterstützende Technologien entwickelt.

**Endschalter:** Mit einem Endschalter wird eine Bewegung oder Fahrt in eine bestimmte Richtung begrenzt. Wird ein Endschalter betätigt, wird ein elektrischer Kontakt geöffnet oder geschlossen. Bei geschlossenem Kontakt fließt Strom durch den Schalter; bei geöffnetem Kontakt fließt kein Strom durch den Schalter. Endschalter verhindern, dass ein Linearantrieb bis zum Anschlag fährt und ermöglichen die Einstellung der Hublänge.

**Impulsgeber:** Der Impulsgeber (rotierend oder linear) ermittelt die relative Position eines Antriebes. Zwei Sensoren erfassen die Änderung des Magnetfeldes und geben diese als Impulsform der Steuerung zur Positionserfassung weiter.

**Potentiometer:** Ein Potentiometer ist ein analoges Wegmessmittel. Das Potentiometer ist ein Absolutgeber mit einer spezifischen Information in jeder Position. Manchmal wird es auch als ein veränderlicher Widerstand bezeichnet, welcher ausgelesen und an eine Steuerungseinheit für die Positionsbestimmung in einer Applikation weitergegeben werden kann.

**Rutschkupplung:** Diese Komponente schützt den Linearantrieb vor mechanischen Schäden, wenn er eine seiner Endpositionen erreicht oder wenn die maximale dynamische Last kurzfristig überschritten wird. Eine Rutschkupplung besteht aus einer Reihe von Stahlplatten, die in eine Nabe greifen und mehreren Reibungsringen, die in einem Gehäuse einrasten. Auf die Platten und Ringe wird mittels eines durch eine Feder und eine Druckplatte wirkenden Einstellers Druck ausgeübt. Die Rutschkupplung ist nicht für den Einsatz als Lastbegrenzer, sondern nur für den Schutz des Linearantriebs und der Endausrüstung für den Fall einer dynamischen Überbelastung geeignet.

**Überlastkupplung:** Eine Überlastkupplung überträgt die Last über gehärtete Kugeln, die in Rasten auf der Welle liegen und durch Federn in Position gehalten werden. Bei einem Überdrehmoment bzw. bei Überbelastung werden die Kugeln aus ihren Rasten gedrückt, wodurch die Gewindespindel vom Motor entkoppelt wird.

**Fangmutter:** Sie verhindert das Kollabieren des Linearantriebs, wenn die Antriebsmutter versagt. Die Fangmutter besteht normalerweise aus Metall und hat eine größere Scherfestigkeit als die Antriebsmutter. Sie tritt nur in Kontakt mit dem Gewinde der Spindel, wenn das Gewinde der Antriebsmutter versagt. Die Fangmutter trägt die Last und kann die Last senken (Zeichen für Reparaturbedarf).

**Slip-stick Effekt:** Bezeichnet das Schwingen des wechselnden Gleiten und Haften wenn zwei Oberflächen gegeneinander reiben. Es entstehen Vibrationen und Geräusche. Resonanzen mit anderen Materialien / Körpern können dabei auftreten. Diese Effekte können manchmal akustisch, visuell oder taktil wahrgenommen werden. Bei den Antrieben kann dieser slip-stick Effekt zwischen Delrin Kunststoff und Aluminium oder Stahl auftreten, z.B. zwischen Gewindespindel und Mutter oder zwischen den Führungsgleitern und der Aluminiumprofiloberfläche.

# Auswahlkriterien

Die Leistung eines Linearantriebs wird durch mehrere anwendungsspezifische Faktoren beeinflusst, deren Verständnis für die Wahl der am besten geeigneten Antriebskonstruktion und -lösung hilfreich ist. Beachtenswerte Faktoren sind hierbei Druck-/Zuglast, statische und dynamische Tragfähigkeit, Geschwindigkeit, Hub, Einbaumaß, Einschaltdauer und Lebensdauerberechnung.

**Last:** Die Drucklast ist die maximale Ausfahrlast, die ein elektrischer Linearantrieb in Newton (N) erzeugen kann, während die Zuglast die maximale Einfahrlast ist. Bei manchen Antrieben sind Druck- und Zuglast nicht gleich groß, einige können sogar überhaupt keine Zuglast aufbringen.

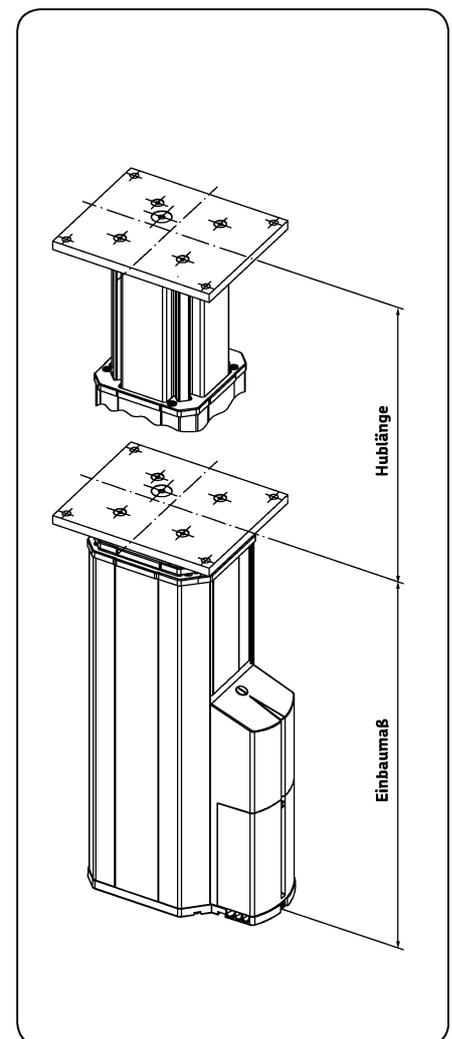
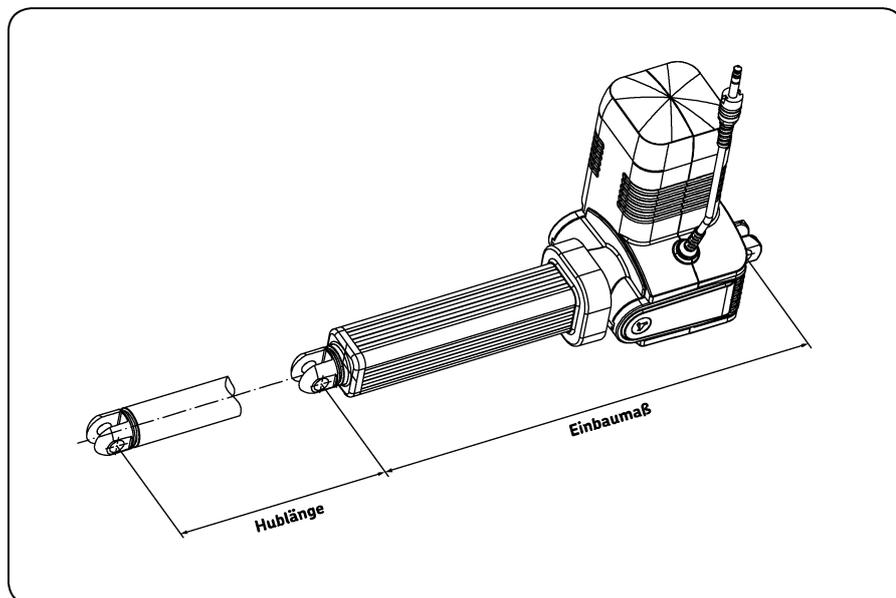
**Tragfähigkeit:** Die maximale statische Last bezieht sich auf das Gewicht oder die Masse, das bzw. die ein Linearantrieb im Stillstand aufnehmen kann, ohne dass Dauerschäden

entstehen oder dass der Linearantrieb zurückläuft. (Wird ein Linearantrieb Lasten ausgesetzt, die über den angegebenen Werten liegen, besteht die Gefahr einer dauerhaften Deformierung einiger Teile.) Die maximale dynamische Last wird aus dem maximalen Gesamtgewicht bzw. der Gesamtmasse die der Linearantrieb bewegen kann, abgeleitet. Die entscheidenden Faktoren für diesen Wert sind die Größe des Motors und die Art des Getriebes. Einige Versionen haben eine integrierte mechanische Sicherheitsvorrichtung ähnlich einer Kuppelung, um den Motor und das Getriebe vor Schäden zu schützen.

**Geschwindigkeit:** Dies bezeichnet den Grad der Geschwindigkeit beim Aus- oder Einfahren und wird üblicherweise in mm/s gemessen. Die Geschwindigkeit kann unter verschiedenen Lasten variieren, was sich oftmals nach dem Motor richtet. Linearantriebe mit DC-Motoren weisen eine Geschwindigkeitsabweichung auf, die sich invers proportional zur Last verhält.

Linearantriebe mit AC-Motoren bewegen sich mit einer konstanteren Geschwindigkeit, die nur in geringem Maße von der Last beeinflusst wird. Weitere Faktoren, die sich auf die Geschwindigkeit auswirken, sind u. a. die Spannungsgröße und/oder -frequenz, die Umgebungstemperatur und die Qualität der Integration des Linearantriebs in die Endanwendung.

**Hub und Einbaumaß:** Der Hub beschreibt die Länge (in Millimeter), um die ein elektromechanischer Linearantrieb aus- oder einfährt. Die eingefahrene Länge bzw. das Einbaumaß ist der kürzeste Abstand zwischen den beiden Befestigungspunkten an einem Linearantrieb, wenn dieser sich in seiner innersten Position befindet. Die Abmessung bezieht sich auf das Maß von der Mitte der hinteren zur Mitte der vorderen Bohrung.



# Berechnung

**Einschaltdauer:** Sie definiert den maximalen unterbrechungslosen Zeitraum während des Betriebs des Linearantriebs. Die Korollar-Einschaltdauer drückt aus, wie lange ein Linearantrieb für den Dauerbetrieb eingesetzt werden kann, bevor Überhitzungs- oder andere Schäden auftreten. Die Einschaltdauer hängt von vielen Variablen ab, darunter Betriebsdauer, Anwendung, Konstruktion, Installation und Komponenten. Bei der Beurteilung der Einschaltdauer müssen die Art der Aufgabe sowie Dauer, Frequenz und Wiederholbarkeit festgelegt werden.

SKF Linearantriebe sind für den intermittierenden Betrieb vorgesehen. Die zulässige Belastung richtet sich nach der Einschaltdauer, d. h. bei zunehmender Einschaltdauer muss die Last reduziert werden. In den Diagrammen wird die Höchstlast als eine Funktion der Einschaltdauer angezeigt. Die Einschaltdauer ist definiert als die Laufzeit unter Last gegenüber der Gesamtzykluszeit; eine Überschreitung des empfohlenen Werts kann zu Überhitzung und Schäden am Linearantrieb führen.

Die zulässige Last für DC-Linearantriebe bei einer bestimmten Einschaltdauer wird in % der maximalen dynamischen Tragfähigkeit ausgedrückt. (→ Fig. 1).

$$\text{Einschaltdauer \%} = \frac{N}{N+R} \cdot 100$$

wo

N = Betrieb unter Last

R = Ruheperiode

N+R = Gesamtzykluszeit

## Beispiel:

Ein Linearantrieb wird mit folgendem Zyklus betrieben: 5 s Lauf, 5 s Ruhe, 5 s Lauf, 15 s Ruhe usw.

Berechnung der Einschaltdauer und Höchstlast für diesen Arbeitszyklus:

$$\text{Einschaltdauer} = \frac{5+5}{(5+5) + (5+15)} \cdot 100 = 33\%$$

Max. dynamische Last = 5 000 N

Zulässige Last = 0,73 × 5 000 = 3 650 N

**Berechnung der Lebensdauer:** Bei der Lebensdauer eines Antriebes unterscheidet man zwei Typen: die Lebensdauer und die Lebenszyklen. Die Antriebslebensdauer ist definiert als die Zeitspanne in der der Antrieb verwendet werden kann, ohne dass Alterungserscheinungen auftreten. Die Lebenszyklen geben dagegen an, wie viele Zyklen der Antrieb leisten kann. Z.B. wenn ein Antrieb benötigt wird, um über 10 Jahre täglich einen Zyklus zu fahren. Dann ist die erwartete Lebensdauer 10 Jahre, in welcher er insgesamt 10x365 Lebenszyklen absolviert.

Die Gebrauchsdauer eines Kugelgewindetriebs richtet sich normalerweise nach der Lebensdauer  $L_{10}$  der Kugelgewindespindel. In den meisten Fällen entsteht weniger Verschleiß an Schneckengetriebe und Lagern als an der Kugelgewindespindel.

Unter gewissen Umständen kann die Lebensdauer des Motors kürzer sein als die der Kugelgewindespindel. Allgemein nimmt die Lebensdauer von DC-Motoren ab, wenn Belastung und Anzahl der Starts/Stopps zunehmen.

Um die nominelle Lebensdauer  $L_{10}$  einer Kugelgewindespindel zu berechnen reicht es

aus, wenn die dynamische Belastung und der tatsächliche Hub bekannt sind.  $L_{10}$  wird definiert als die Lebensdauer, die 90 % einer ausreichend großen Menge offensichtlich gleichartiger Kugelgewindespindeln erreichen oder überschreiten.

$$L_{10ds} = \frac{500\,000 \cdot p}{S} \left( \frac{C}{F_M} \right)^3$$

wo

$L_{10ds}$  = nominelle Lebensdauer in Doppelhuben, d.h. ein Hub von einer Endlage zur anderen und wieder zurück.

p = Steigung der Kugelgewindespindel (mm).

S = tatsächlicher Hub (mm).

C = dynamische Last der Kugelgewindespindel (N).

$F_M$  = konstante mittlere Last (N).

In vielen Fällen variiert die Größe der Belastung. Um die äquivalente Belastung der Spindel zu berechnen ist es zuerst erforderlich, eine konstante mittlere Belastung  $F_M$  zu bestimmen, die auf die Kugelgewindespindel denselben Einfluss wie die tatsächliche veränderliche Last hätte. Eine konstante mittlere Last lässt sich mit der nachstehenden Formel ermitteln:

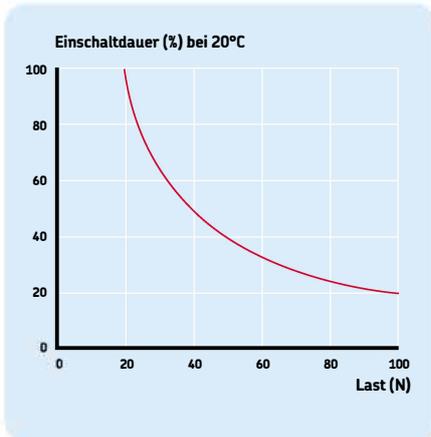
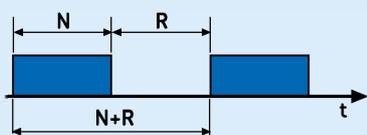
$$F_M = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 S_1 + F_2^3 S_2 + F_3^3 S_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}}$$

## Beispiel:

Ein Linearantrieb mit einem Hub von 500 mm und einer Last von 2 800 N in einer Bewegungsrichtung und 2 100 N in der anderen. Der gesamte Hub des Linearantriebs wird genutzt.

$$F_M = \sqrt[3]{\frac{2\,800^3 \times 500 + 2\,100^3 \times 500}{500 + 500}} = 2\,500$$

Fig. 1



# Anwendungs-Checkliste

Die Konstruktion und Spezifikation eines elektromechanischen Linearantriebs beginnt mit der Festlegung so vieler Anwendungsfaktoren wie möglich, um die optimale Technik auszuwählen.

- Wie viel Last wird benötigt und in welchen Richtungen (Druck, Zug, vertikal und/oder horizontal) soll sich der Linearantrieb bewegen?
- Wie weit und wie schnell soll der Linearantrieb fahren?
- Wie oft wird der Linearantrieb betätigt und wie viel Zeit wird zwischen den Betätigungen liegen?
- Was ist die gewünschte Lebensdauer für die Anwendung?
- Wie wird der Linearantrieb montiert und benötigt die Montage an der Vorder- und/oder Rückseite eine spezielle Konfiguration?
- Sind durch die Anwendung Sicherheitsmechanismen erforderlich?
- Stellen Umweltfaktoren (Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit oder Schwingungen) eine Herausforderung für den Betrieb dar?
- Ist der Raum begrenzt?
- Welche Optionen für die Leistungszufuhr gibt es?
- Bei Verwendung eines Motors: welche Art (AC, DC oder Spezialausführung) und welche Spannung?
- Ist eine Rückmeldung der Geschwindigkeit und/oder der Position erforderlich?
- Ist eine Überarbeitung der Spezifikationen wahrscheinlich oder in der Zukunft zu erwarten?

# Typische Anwendungsfälle

<p>Nutzfahrzeuge</p>	 <p><i>Haubenheber</i></p>	 <p><i>Mobiles Verkehrsschild</i></p>
<p>Lebensmittel und Getränke</p>	 <p><i>Grill</i></p>	 <p><i>Kippkessel</i></p>
<p>Medizintechnik</p>	 <p><i>Bildgebungssystem</i></p>	 <p><i>Inkubator</i></p>
<p>Gesundheitswesen</p>	 <p><i>Laufband</i></p>	 <p><i>Massagetisch</i></p>
<p>Nachführsysteme für Solarkollektoren</p>	 <p><i>Nachführsystem für Solarkollektoren</i></p>	
<p>Industriearbeitsplätze</p>	 <p><i>Höhenverstellbarer Arbeitsplatz</i></p>	 <p><i>Greifwerkzeug</i></p>