

# Allgemeine Beschreibung

**THK** Hauptkatalog

## **A** Technische Beschreibungen

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Auswahlkriterien</b> .....                                     | <b>A</b> 0-2  |
| Auswahldiagramm.....  | <b>A</b> 0-2  |
| Typen und Merkmale von Linearsystemen ...                         | <b>A</b> 0-3  |
| Tragzahl .....  | <b>A</b> 0-7  |
| • Lebensdauer von Linearsystemen.....                             | <b>A</b> 0-7  |
| • Nominelle Lebensdauer.....                                      | <b>A</b> 0-7  |
| • Tragzahl.....   | <b>A</b> 0-7  |
| Dynamische Tragzahl $C$ .....                                     | <b>A</b> 0-7  |
| Statische Tragzahl $C_0$ .....                                    | <b>A</b> 0-8  |
| Zulässiges statisches Moment $M_0$ .....                          | <b>A</b> 0-8  |
| Statischer Sicherheitsfaktor $f_s$ .....                          | <b>A</b> 0-9  |
| Formel zur Berechnung der Lebensdauer..                           | <b>A</b> 0-10 |
| Steifigkeit.....  | <b>A</b> 0-13 |
| • Auswahl des Spiels bzw. der Vorspannung bei Linearsystemen..... | <b>A</b> 0-13 |
| Spiel und Vorspannung .....                                       | <b>A</b> 0-13 |
| Vorspannung und Steifigkeit .....                                 | <b>A</b> 0-14 |
| Reibungskoeffizient.....  | <b>A</b> 0-15 |
| Genauigkeit .....   | <b>A</b> 0-16 |
| Schmierung .....  | <b>A</b> 0-16 |
| Schutzmaßnahmen .....   | <b>A</b> 0-18 |
| • Auswahl des Materials .....                                     | <b>A</b> 0-19 |
| Korrosionsbeständige Linearsysteme ...                            | <b>A</b> 0-19 |
| • Oberflächenbehandlung .....                                     | <b>A</b> 0-20 |
| AP-HC .....   | <b>A</b> 0-20 |
| AP-C.....   | <b>A</b> 0-20 |
| AP-CF.....  | <b>A</b> 0-20 |
| • Schutz vor Verunreinigungen .....                               | <b>A</b> 0-23 |

# Auswahldiagramm

## 1. Bestimmung der Anwendungsbedingungen

- Maße von Maschinen und Systemen
- Platz im Führungsbereich
- Einbaulage  
(horizontal, vertikal, schräg, Wandmontage, hängend)
- Größe und Richtung der einwirkenden Last
- Hublänge
- Geschwindigkeit
- Betriebsfrequenz (Arbeitszyklus)
- Erforderliche Lebensdauer
- Kinetische Frequenz
- Umgebung

## 2. Auswahl des geeigneten Typs

- Einen geeigneten Typ auswählen
- |                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| Linearführung                | Kugelführung      |
| Miniaturführung              | Kreuzrollentisch  |
| Flachschieneführung          | Linear-Kugeltisch |
| Verdrehsichere Wellenführung | Rollenumlaufschuh |
| Kugelbuchse                  | usw.              |

## Auswahl einer Antriebsart

- Gewindetrieb  
(Kugelgewinde, Trapezgewinde)
- Zylinder-
- Zahnriemen ● Drahtseil ● Kette
- Zahnstange ● Linearmotor

## 3. Vorgabe für die Lebensdauer

- Auswahl der Größe
- Auswahl der Anzahl an Wagen/Muttern
- Festlegen der Anzahl der Schienen/Spindeln

## 4. Steifigkeit

- Festlegung des Spiels
- Auswahl der Vorspannung
- Festlegung der Befestigungsart
- Festlegung der Steifigkeit des Montagebereichs

## 5. Genauigkeit

- Auswahl der Genauigkeitsklasse  
(Vorschubgenauigkeit, Rundlaufgenauigkeit)
- Genauigkeit der Montageoberfläche

## 6. Schmierung und Sicherheitseinrichtung




- Festlegung des Schmiermittels (Fett, Öl, spezieller Schmierstoff)
- Festlegung der Schmiermethode (normale Schmierung, Zwangsschmierung)
- Festlegung des Materials (Standardmaterial, Edelstahl, temperaturbeständiges Material)
- Festlegung der Oberflächenbehandlung (Rostschutz, Erscheinungsbild)
- Festlegung der Abdichtungsoptionen (Faltenbalg, Teleskopabdeckung)




## 7. Berechnung der Axialkraft




- Ermitteln der für die Linearbewegung erforderlichen Axialkraft







**Auswahl abgeschlossen**

# Typen und Merkmale von Linearsystemen

| Typ              | Linearführung   | Verdrehgesicherte Wellenführungen   | Kugelbuchsen  |
|------------------|---|---|---|
| Produktbild      |    |    |   |
| Merkmale         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vierreihige Kreisbogenlaufriellen-Anordnung mit Zwei-Punkt-Kontakt</li> <li>• Hervorragende Fehlerkompensation mit der X-Anordnung</li> <li>• Kompensationseffekt</li> <li>• Hohe zulässige Belastung und hohe Steifigkeit</li> <li>• Niedriger Reibungskoeffizient</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Drehmomentbelastbarkeit</li> <li>• Optimal für die Übertragung von Drehmomenten, wenn gleichzeitig Drehmoment und radiale Belastungen einwirken</li> <li>• Kein Winkelspiel</li> <li>• Typ mit Kugelkäfig</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Austauschbar</li> <li>• Preisgünstiges Linearsystem für unbegrenzte Linearbewegung</li> </ul>  |
| Hublänge         | Unbegrenzter Hub  | Unbegrenzter Hub  | Unbegrenzter Hub  |
| Hauptanwendungen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberflächenschleifmaschine</li> <li>• Erodiermaschine</li> <li>• Schnellaufende Zuführeinrichtung</li> <li>• NC-Drehmaschine</li> <li>• Spritzgießmaschine</li> <li>• Holzbearbeitungsmaschine</li> <li>• Halbleitertechnik</li> <li>• Untersuchungsgeräte</li> <li>• Nahrungsmittelmaschine</li> <li>• Medizinische Ausrüstung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Z-Achse für Montageroboter</li> <li>• Automatische Ladevorrichtungen</li> <li>• Transfermaschinen</li> <li>• Automatische Fördersysteme</li> <li>• Drahtwickelmaschinen</li> <li>• Antriebsspindeln von Schleifmaschinen</li> <li>• Lenkung von Baufahrzeugen</li> <li>• Bluttestgeräte</li> <li>• ATC-Einheit</li> <li>• Golfmaschinen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messgeräte</li> <li>• Digitale 3D-Messgeräte</li> <li>• Druckmaschinen</li> <li>• Büroautomation</li> <li>• Verkaufsautomaten</li> <li>• Medizinische Ausrüstung</li> <li>• Verpackungsmaschinen für Lebensmittel</li> </ul> |
| Seite            | ▲1-1 ff.  | ▲3-1 ff.  | ▲5-1 ff.  |

| Typ                        | Kugelbuchsen   | Präzisions-Miniaturführung   | Längsführungen   |
|----------------------------|--|--|--|
| Produkt-<br>bild           |   |   |    |
| Merkmale                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlaubt Dreh-, Linear-, und zusammengesetzte Bewegungen</li> <li>• Ermöglicht Rollbewegung bei extrem niedrigem Reibungskoeffizienten</li> <li>• Kostengünstig</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultraflach, besonders leicht</li> <li>• Geringe Konstruktions- und Montagekosten</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Lebensdauer, hohe Steifigkeit</li> <li>• Typ mit einfach einstellbarem Spiel</li> </ul>   |
| Hublänge                   | Begrenzter Hub   | Begrenzter Hub   | Begrenzter Hub   |
| Haupt-<br>anwendun-<br>gen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesenke von Formpressen</li> <li>• Farbwalzen von Druckmaschinen</li> <li>• Optisches Messinstrument</li> <li>• Spindel</li> <li>• Führung von Magnetventilen</li> <li>• Führungssäulen von Pressen</li> <li>• Kraftmessdose</li> <li>• Fotokopierer</li> <li>• Prüfgeräte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetplattengeräte</li> <li>• Elektronische Geräte</li> <li>• Halbleitertechnik</li> <li>• Medizinische Ausrüstung</li> <li>• Messgeräte</li> <li>• Plotter</li> <li>• Fotokopierer</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messgeräte</li> <li>• Bestückungsmaschinen</li> <li>• Leiterplatten-Bohrmaschine</li> <li>• Untersuchungsgeräte</li> <li>• Gerätetische</li> <li>• Handhabungsmechanismen</li> <li>• Automatische Drehmaschine</li> <li>• Werkzeugschleifmaschine</li> <li>• Innenschleifmaschinen</li> <li>• Präzisionsschleifmaschinen</li> </ul> |
| Seite                      | ▲6-1 ff.   | ▲7-1 ff.   | ▲8-1 ff.   |

| Typ              | Kreuzrollentische  | Linear-Kugelschlitzen   | Rollenumlaufschuhe  |
|------------------|--|---|---|
| Produktbild      |   |    |    |
| Merkmale         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfach installierbare Einheit</li> <li>• Für unterschiedliche Anwendungsbereiche</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfach installierbare Einheit</li> <li>• Leicht und kompakt</li> <li>• Ermöglicht Rollbewegung bei extrem niedrigem Reibungskoeffizienten</li> <li>• Kann ohne Schmierung eingesetzt werden</li> <li>• Kostengünstig</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompakte Ausführung für hohe Tragzahlen</li> <li>• Selbstausrichtend bei Schrägstellung</li> </ul>   |
| Hublänge         | Begrenzter Hub   | Begrenzter Hub  | Unbegrenzter Hub  |
| Hauptanwendungen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messgerätetische</li> <li>• Optischer Tisch</li> <li>• Werkzeugschleifmaschine</li> <li>• Leiterplatten-Bohrmaschine</li> <li>• Medizinische Ausrüstung</li> <li>• Automatische Drehmaschine</li> <li>• Werkzeugschleifmaschine</li> <li>• Innenschleifmaschinen</li> <li>• Präzisionsschleifmaschinen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montagemaschinen für kleine elektronische Bauteile</li> <li>• Handhabungsmaschinen</li> <li>• Registriermaschinen</li> <li>• Messgerätetische</li> <li>• Optischer Tisch</li> <li>• Medizinische Ausrüstung</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Führungen für Präzisionspressen</li> <li>• Wechsler für Metallformpressen</li> <li>• Schwerlastfördersysteme</li> <li>• Verkaufsautomaten</li> </ul> |
| Seite            | ▲9-1 ff.   | ▲10-1 ff.   | ▲11-1 ff.   |

| Typ              | Nadelkäfig   | Flachschienenführung  | Teleskopschienenführung   |
|------------------|--|---|---|
| Produktbild      |   |    |   |
| Merkmale         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Tragzahlen</li> <li>• Standardgenauigkeit in 90° V und ebener Anordnung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Austauschbar</li> <li>• Kostengünstige einfache Ausführung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flach und kompakt</li> <li>• Kostengünstige einfache Ausführung</li> <li>• Hohe Festigkeit, hohe Lebensdauer</li> </ul>  |
| Hublänge         | Begrenzter Hub   | Unbegrenzter Hub  | Begrenzter Hub  |
| Hauptanwendungen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hobelmaschinen</li> <li>• Horizontal-Fräsmaschine</li> <li>• Walzenschleifmaschinen</li> <li>• Oberflächenschleifmaschine</li> <li>• Zylinderschleifmaschine</li> <li>• Optisches Messinstrument</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergnügungsgerät</li> <li>• Präzisionsausstattungen</li> <li>• Leichte und schwere Türen</li> <li>• Werkzeugschränke</li> <li>• Kücheneinrichtungen</li> <li>• Automatische Beschickungssysteme</li> <li>• Computer-Peripheriegeräte</li> <li>• Fotokopierer</li> <li>• Medizinische Ausrüstung</li> <li>• Büroausrüstung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergnügungsgerät</li> <li>• Präzisionsausstattungen</li> <li>• Leichte und schwere Türen</li> <li>• Büroausrüstung</li> <li>• Ladenbau</li> <li>• Stapelvorrichtungen</li> </ul> |
| Seite            |  12-1 ff.   |  13-1 ff.  |  14-1 ff.  |

# Tragzahl

## Lebensdauer von Linearsystemen

Während des Betriebs unter Belastung sind die Laufbahnen und Wälzkörper (Kugeln oder Rollen) des Linearsystems ständiger Beanspruchung ausgesetzt. Wird ein bestimmtes Limit erreicht, kommt es zum Ermüdungsbruch der Laufbahnen und schuppigen Abblättern eines Teils der Oberfläche. Dieses Phänomen wird als Pitting bezeichnet.

Die Lebensdauer einer Linearführung ergibt sich aus der Gesamtverfahrstrecke, die zurückgelegt werden kann, bevor durch Materialermüdung der Laufbahnen oder Wälzkörper erstmaliges Abblättern auftritt.

## Nominelle Lebensdauer

Die Lebensdauer einer Linearführung unterliegt leichten Schwankungen, selbst unter gleichen Betriebsbedingungen. Daher ist es erforderlich, die weiter unten festgelegte nominelle Lebensdauer als Bezugswert zur Berechnung der Lebensdauer des Linearsystems zu verwenden.

Die nominelle Lebensdauer ist der Gesamtverfahrweg, den 90% einer Gruppe baugleicher Linearführungssysteme ohne Abblättern erreichen kann.

## Tragzahl

Für ein Linearsystem gibt es zwei Arten von Tragzahlen: Die dynamische Tragzahl ( $C$ ), die für die Berechnung der Lebensdauer verwendet wird, und die statische Tragzahl ( $C_0$ ), die die zulässige statische Belastung angibt.

### Dynamische Tragzahl $C$

Die dynamische Tragzahl ( $C$ ) gibt die in Höhe und Richtung konstante Belastung an, bei der sich eine nominelle Lebensdauer ( $L$ ) von 50 km für ein Linearsystem mit Kugeln ergibt, oder  $L = 100$  km für ein Linearsystem mit Rollen, wenn eine Gruppe baugleicher unabhängig arbeitender Linearführungssysteme unter gleichen Bedingungen betrieben wird.

Die dynamische Tragzahl ( $C$ ) wird für die Berechnung der Lebensdauer des unter Last betriebenen Linearführungssystems verwendet.

Die spezifischen Werte der einzelnen Linearsysteme sind in den entsprechenden Maßstabellen angegeben.

## Statische Tragzahl $C_0$

Wenn ein Linearsystem bei Stillstand oder im Betrieb übermäßiger Belastung oder heftigen Stößen ausgesetzt wird, tritt eine permanente Verformung an Laufbahn und Wälzkörpern ein. Wenn diese plastische Verformung bestimmte Grenzwerte überschreitet, sind die Bewegungen des Linearsystems nicht mehr leichtgängig.

Die statische Tragzahl ist eine statische Last von konstanter Höhe und gleicher Richtung, die an der am höchsten belasteten Kontaktfläche von Wälzkörper und Laufbahn eine permanente Verformung von 0,0001 vom Wälzkörperdurchmesser verursacht. Bei einem Linearsystem wird die statische Tragzahl für die Radialbelastung definiert.

Die statische Tragzahl  $C_0$  dient zur Berechnung des statischen Sicherheitsfaktors im Verhältnis zur Belastung.

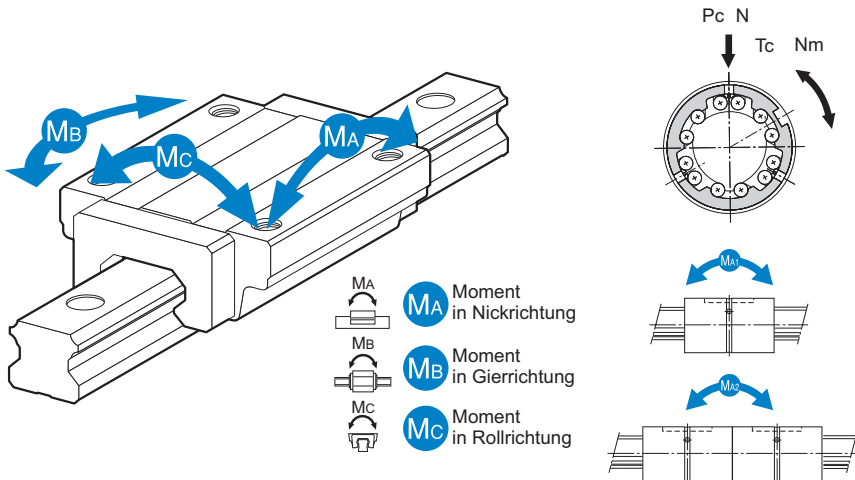
Die spezifischen Werte der einzelnen Linearsysteme sind in den entsprechenden Maßstabellen angegeben.

## Zulässiges statisches Moment $M_0$

Wenn eine Momentbelastung auf ein Linearsystem einwirkt, werden aufgrund der ungleichmäßigen Verteilung der Belastung auf die Wälzkörper im Linearsystem die Wälzkörper an beiden Enden am stärksten beansprucht.

Das zulässige statische Moment ( $M_0$ ) ist ein Moment von konstanter Höhe und Richtung, das an der am stärksten belasteten Kontaktfläche von Wälzkörper und Laufbahn eine permanente Verformung von 0,0001 vom Wälzkörperdurchmesser verursacht.

Bei einem Linearführungssystem wird das zulässige statische Moment für drei Richtungen definiert:  $M_A$ ,  $M_B$  und  $M_C$ .



$P_c$  : Radialbelastung

$T_c$  : Moment in der Richtung des Drehmoments

$M_{A1}$  : Moment in der Nickrichtung

$M_{A2}$  : Moment in der Nickrichtung

Die spezifischen Werte für das zulässige statische Moment jedes einzelnen Linearsystems sind in den entsprechenden Maßstabellen angegeben.



## Statischer Sicherheitsfaktor $f_s$

Das Linearsystem kann bei Stillstand oder im Betrieb unvorhergesehenen Belastungen durch Vibrationen oder Stöße oder durch Anfahren und Anhalten ausgesetzt sein. Daher muss für solche Belastungen ein statischer Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden.

### [Statischer Sicherheitsfaktor $f_s$ ]

Der statische Sicherheitsfaktor ( $f_s$ ) wird durch das Verhältnis von Tragkraft (statische Tragzahl  $C_0$ ) des Linearsystems zur auf das System einwirkenden Belastung ermittelt.

$$f_s = \frac{f_c \cdot C_0}{P} \quad \text{oder} \quad f_s = \frac{f_c \cdot M_0}{M} \quad \dots\dots(1)$$

$f_s$  : Statischer Sicherheitsfaktor

$f_c$  : Kontaktfaktor (siehe Tab.2 auf **A0-11**)

$C_0$  : Statische Tragzahl

$M_0$  : Zulässiges statisches Moment ( $M_A$ ,  $M_B$  und  $M_C$ )

$P$  : Berechnete Belastung

$M$  : Berechnetes Moment

### [Wert des statischen Sicherheitsfaktors]

Der statische Sicherheitsfaktor in Tab.1 dient als Bezugswert für den unteren Grenzwert unter Betriebsbedingungen.

Tab.1 Wert des statischen Sicherheitsfaktors

| Bewegung               | Belastungsbedingungen                                 | Unterer Grenzwert von $f_s$ |
|------------------------|---|-----------------------------|
| Dauerhafter Stillstand | Geringe Stoßbelastung, geringe Einfederung            | 1,0 bis 3,5                 |
|                        | Stoßbelastung vorhanden, einwirkende Verdrehbelastung | 2,0 bis 5,0                 |
| Normaler Betrieb       | Normale Belastung, Einfederung der Schiene gering     | 1,0 bis 4,0                 |
|                        | Stoßbelastung vorhanden, einwirkende Verdrehbelastung | 2,5 bis 7,0                 |

## Formel zur Berechnung der Lebensdauer

Die nominelle Lebensdauer (L) von Linearsystemen kann anhand der folgenden Gleichung aus der dynamischen Tragzahl (C) und der einwirkenden Belastung (P) berechnet werden.

### [Linearsystem mit Kugeln]

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \times 50 \quad \dots\dots(2)$$

### [Linearsystem mit Rollen]

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \times 100 \quad \dots\dots(3)$$

|   |                          |      |
|---|--------------------------|------|
| L | : Nominelle Lebensdauer  | (km) |
| C | : Dynamische Tragzahl    | (N)  |
| P | : Aufgebrachte Belastung | (N)  |

In den meisten Fällen ist die Berechnung der auf ein Linearsystem einwirkenden Last schwierig. In der Praxis sind Linearsysteme Vibrationen und Stößen sowie schwankenden Belastungen ausgesetzt. Zusätzlich haben die Oberflächenhärte der Laufbahn und die Temperatur des Linearsystems entscheidenden Einfluss auf ihre Lebensdauer.

Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen sollte die praktische Lebensdauer nach den folgenden Formeln (2) und (3) berechnet werden:

### [Linearsysteme mit Kugeln]

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \times \frac{C}{P}\right)^3 \times 50 \quad \dots\dots(4)$$

### [Linearsysteme mit Rollen]

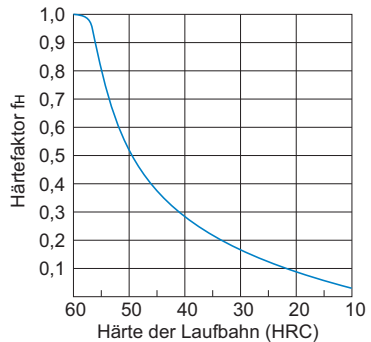
$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \times \frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \times 100 \quad \dots\dots(5)$$

|                |   |      |
|----------------|---|------|
| L              | : Nominelle Lebensdauer                           | (km) |
| C              | : Dynamische Tragzahl                             | (N)  |
| P              | : Aufgebrachte Belastung                          | (N)  |
| f <sub>H</sub> | : Härtefaktor (siehe Abb.1 auf <b>A0-11</b> )     |      |
| f <sub>T</sub> | : Temperaturfaktor                                |      |
|                | (siehe Abb.2 auf <b>A0-11</b> )                   |      |
| f <sub>C</sub> | : Kontaktfaktor(siehe Tab.2 auf <b>A0-11</b> )    |      |
| f <sub>W</sub> | : Belastungsfaktor(siehe Tab.3 auf <b>A0-12</b> ) |      |

### ● $f_H$ : Härtefaktor

Für maximale Tragzahlen des Linearsystems muss die Härte der Laufbahnen zwischen 58 und 64 HRC liegen.

Liegt die Härte unter dem angegebenen Mindestwert, sind die dynamische und die statische Tragzahl geringer. Deshalb muss jede Tragzahl mit dem entsprechenden Härtefaktor ( $f_H$ ) multipliziert werden.

Abb.1 Härtefaktor ( $f_H$ )

### ● $f_T$ : Temperaturfaktor

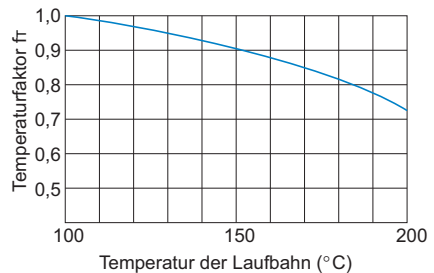
Überschreitet die Umgebungstemperatur des Linearsystems während des Betriebs  $100^\circ\text{C}$ , sind die negativen Auswirkungen hoher Temperaturen zu berücksichtigen und die Tragzahlen mit dem Temperaturfaktor aus Abb.2 zu multiplizieren.

Darüber hinaus muss das Linearsystem für hohe Temperaturbereiche geeignet sein.

Hinweis: Übersteigt die Umgebungstemperatur  $80^\circ\text{C}$ , müssen Dichtungen und Endplatte aus temperaturbeständigem Material verwendet werden.

Hinweis: Für Umgebungstemperaturen über  $120^\circ\text{C}$  ist besondere Formbeständigkeit zu gewährleisten.

Hinweis: Bei Linearführungen mit Kugel- oder Rollenketten wird kein Temperaturfaktor verwendet, da hier die maximale Betriebstemperatur  $80^\circ\text{C}$  beträgt.

Abb.2 Temperaturfaktor ( $f_T$ )

### ● $f_C$ : Kontaktfaktor

Wenn mehrere Führungswagen eng zusammengesetzt verwendet werden, ist bedingt durch Momentbelastung und Genauigkeit der Montagefläche eine gleichmäßige Lastverteilung schwierig. Bei solchen Anwendungen sind die Tragzahlen "C" und "C<sub>0</sub>" mit den entsprechenden Kontaktfaktoren aus Tab.2 zu multiplizieren.

Hinweis: Bei erwarteter ungleicher Lastverteilung in großen Maschinen ist der jeweilige Kontaktfaktor aus Tab.2 zu berücksichtigen.

Tab.2 Kontaktfaktor ( $f_C$ )

| Anzahl der eng zusammengesetzten Führungswagen | Kontaktfaktor $f_C$ |
|--|---------------------|
| 2  | 0,81                |
| 3  | 0,72                |
| 4  | 0,66                |
| 5  | 0,61                |
| min. 6   | 0,6                 |
| Normalbetrieb                                  | 1                   |

### ● $f_w$ : Belastungsfaktor

Im Allgemeinen verursachen Maschinen mit Hin-und-Herbewegungen beim Betrieb Schwingungen oder Stöße. Generell können im Hochgeschwindigkeitsbetrieb bei wiederholtem Anfahren und Anhalten erzeugte Schwingungen und Stoßbelastungen nur schwer genau bestimmt werden. Wenn die Auswirkungen von Geschwindigkeit und Schwingungen als bedeutend eingestuft werden, teilen Sie die dynamische Tragzahl (C) durch einen Belastungsfaktor aus Tab.3, der empirisch ermittelte Daten enthält.

Tab.3 Belastungsfaktor ( $f_w$ )

| Schwingungen/<br>Stöße | Geschwindigkeit (V)               | $f_w$       |
|------------------------|-----------------------------------|-------------|
| ohne                   | sehr langsam<br>$V \leq 0,25$ m/s | 1 bis 1,2   |
| leicht                 | langsam<br>$0,25 < V \leq 1$ m/s  | 1,2 bis 1,5 |
| mittel                 | mittel<br>$1 < V \leq 2$ m/s      | 1,5 bis 2   |
| stark                  | hoch<br>$V > 2$ m/s               | 2 bis 3,5   |

# Steifigkeit

Wenn ein Linearsystem eingesetzt werden soll, müssen Typ und Spiel (Vorspannung) so ausgewählt werden, dass die Anforderungen an die erforderliche Steifigkeit des Systems oder der Anlage erfüllt sind.

## Auswahl des Spiels bzw. der Vorspannung bei Linearsystemen

Da Spiel bzw. Vorspannung des Linearsystems bei einigen Typen standardisiert sind, können diese entsprechend den Betriebsbedingungen ausgewählt werden.

Bei getrennten Typen kann THK das Spiel nicht vorher einstellen. Daher muss der Anwender das Spiel bei der Installation vor Ort einstellen.

Bestimmen Sie das Spiel oder die Vorspannung wie nachstehend erläutert.

### Spiel und Vorspannung

#### [Spiel (Lagerspiel)]

Das Spiel eines Linearsystems ist das Spiel zwischen dem Führungswagen (Mutter), der Schiene (Spindel) und der Kugel (oder Rolle). Die Summe der Einzelspiele in vertikaler Richtung wird als Radialspiel, die Summe der Spiele in Richtung des Umfangs (in Drehrichtung) als Winkelspiel bezeichnet.

#### (1) Radialspiel

Das Radialspiel bei einem Linearsystem ist der Wert für die Bewegung des mittleren Innenwagenteils, wenn der Innenwagen mit einer konstanten vertikalen Kraft in der Mitte der fixierten Außenschiene leicht in Längsrichtung bewegt wird.

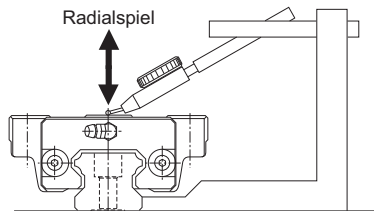


Abb.3 Radialspiel der Linearführung

#### (2) Winkelspiel (Spiel in Drehrichtung)

Das Winkelspiel bei einer verdrehgesicherten Wellenführung (Spiel in Drehrichtung) ist der Wert der Drehbewegung der Mutter, wenn die Mutter bei fixierter Welle mit konstanter Kraft leicht vor- und zurückgedreht wird.

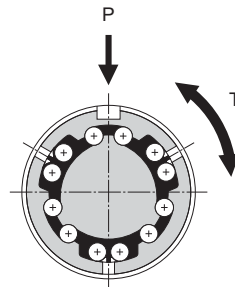


Abb.4 Winkelspiel verdrehgesicherter Wellenführungen

### [Vorspannung]

Vorspannung ist definiert als die Belastung, mit denen die Wälzkörper beaufschlagt werden, um das Spiel eines Linearsystems zu beseitigen und die Steifigkeit zu erhöhen.

Negatives Spiel (ein negativer Wert) eines Linearsystems bedeutet, dass eine Vorspannung aufgebracht ist.

Tab.4 Beispiele für Radialspiel bei der Linearführung HSR  
Einheit:  $\mu\text{m}$

| Symbol          | Normal      | Leichte Vorspannung | Mittlere Vorspannung |
|-----------------|-------------|---------------------|----------------------|
| Baureihe/-größe | Kein Symbol | C1                  | C0                   |
| HSR 15          | -4 bis +2   | -12 bis -4          | —                    |
| HSR 20          | -5 bis +2   | -14 bis -5          | -23 bis -14          |
| HSR 25          | -6 bis +3   | -16 bis -6          | -26 bis -16          |
| HSR 30          | -7 bis +4   | -19 bis -7          | -31 bis -19          |
| HSR 35          | -8 bis +4   | -22 bis -8          | -35 bis -22          |

Einzelheiten zu Spiel und Vorspannung sind in den Abschnitten zum jeweiligen Typ zu finden.

## Vorspannung und Steifigkeit

Die Steifigkeit der Linearführung erhöht sich entsprechend der Größe der Vorspannung. Abb.5 zeigt die Einfederung je nach Spiel (Normal, C1 und C0) (für Linearführung Typ HSR).

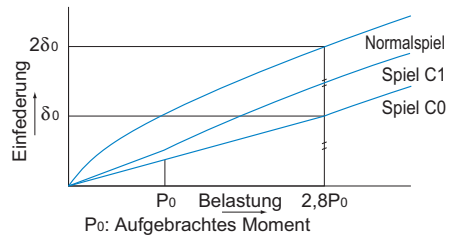


Abb.5 Steifigkeitsdaten

Die Wirkung ist ca. 2,8 mal größer als die aufgebrachte Vorspannung selbst. Die Einfederung bei vorgegebener Belastung ist geringer und die Steifigkeit wesentlich höher als ohne Vorspannung.

Abb.6 zeigt die radiale Einfederung einer Linearführung in Abhängigkeit von der Vorspannung. Wie in Abb.6 dargestellt beträgt die radiale Einfederung  $9\mu\text{m}$ , wenn auf die Linearführung eine radiale Belastung von  $2,45\text{ kN}$  einwirkt und das Radialspiel null ist (Normalspiel), und  $2\mu\text{m}$  bei einem Radialspiel von  $-30\mu\text{m}$  (Vorspannung C0). Die Steifigkeit beträgt also das 4,5-fache.

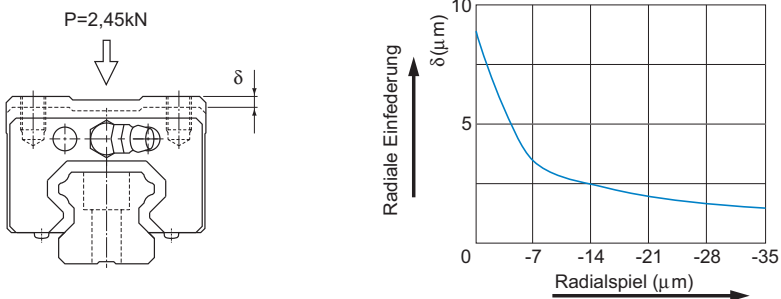


Abb.6 Radialspiel und Einfederung

Zur Auswahl eines bestimmten Spiels siehe Abschnitt zur Auswahl des Radialspiels für das jeweilige Linearsystem.

# Reibungskoeffizient

Da ein Linearsystem über seine Wälzkörper (Kugeln oder Rollen zwischen den Laufbahnen) eine Rollbewegung ausführt, ist sein Reibungswiderstand 1/20 bis 1/40 kleiner als bei einer Gleitführung. Die statische Reibung ist extrem gering und annähernd gleich der dynamischen, was ein Ruckgleiten ("Stick-Slip") verhindert. Dadurch ist das System für Distanzen im Submikronbereich geeignet. Der Reibungswiderstand eines Linearsystems variiert in Abhängigkeit vom Typ, der Vorspannung, des Viskositätswiderstandes des Schmierstoffes und der auf das Linearsystem einwirkenden Belastung.

Insbesondere bei Einwirken eines Moments oder mit zur Erhöhung der Steifigkeit aufgebrachtener Vorspannung steigt der Reibungswiderstand.

Die normalen Reibungskoeffizienten von Linearsystemen sind in Tab.5 angegeben.

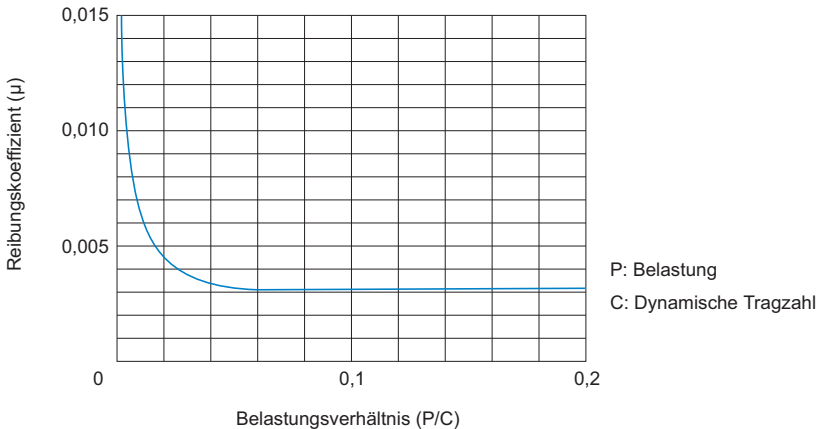


Abb.7 Zusammenhang zwischen Belastungsverhältnis und Reibungswiderstand

Tab.5 Reibungswiderstände ( $\mu$ ) von Linearsystemen

| Linearsysteme                          | Repräsentative Typen                     | Reibungswiderstand ( $\mu$ ) |
|--|--|------------------------------|
| Linearführung                          | SSR, SHS, SNR/SNS, SRS, RSR, HSR, NR/NRS | 0,002 bis 0,003              |
|  | SRG, SRN                                 | 0,001 bis 0,002              |
| Verdrehgesicherte Wellenführungen      | LBS, LBF, LT, LF                         | 0,002 bis 0,003              |
| Kugelbuchsen                           | LM, LMK, LMF, SC                         | 0,001 bis 0,003              |
| Hubbegrenzte Kugelbuchsen              | MST, ST                                  | 0,0006 bis 0,0012            |
| LM Rollenumlaufschuh                   | LR, LRA                                  | 0,005 bis 0,01               |
| Nadelkäfig                             | FT, FTW                                  | 0,001 bis 0,0025             |
| Kreuzrollenführungen/Kreuzrollentische | VR, VRU, VRT                             | 0,001 bis 0,0025             |
| Linear-Kugelschlitten                  | LS                                       | 0,0006 bis 0,0012            |
| Kurvenrollen/Stützrollen               | CF, NAST                                 | 0,0015 bis 0,0025            |

## Genauigkeit

Die Bewegungsgenauigkeit eines Linearsystems ist bei Anwendungen mit Befestigung auf einer ebenen Oberfläche durch die Laufgenauigkeit und Anwendungen mit Wellenunterstützung durch die Rundlaufgenauigkeit definiert. Für jede Art gibt es definierte Genauigkeitsklassen. Einzelheiten sind auf den entsprechenden Seite zur jeweiligen Anwendung zu finden.

## Schmierung

Bei Linearsystemen ist effektive Schmierung unerlässlich. Die Verwendung des Produktes ohne Schmierung erhöht den Verschleiß der Wälzkörper und kann die Lebensdauer verkürzen.

Die Schmierung bewirkt Folgendes:

1. Minimiert die Reibung beweglicher Teile und verhindert somit Festfressen und reduziert den Verschleiß.
2. Bildet einen Schmierfilm auf den Laufbahnen. Dadurch wird die Beanspruchung der Oberfläche reduziert und die Lebensdauer erhöht.
3. Schützt Metalloberflächen vor Korrosion.

Für die optimale Leistung von Linearsystemen muss die Schmierung entsprechend den Betriebsbedingungen gewährleistet sein.

Auch bei Linearsystemen mit Dichtungen tritt während des Betriebes Schmiermittel aus. Deshalb muss das System den Betriebsbedingungen entsprechend in bestimmten Intervallen nachgeschmiert werden.

### [Schmierstoffe]

Für Linearsysteme werden hauptsächlich Schmierfette oder Öle als Schmierstoff verwendet.

Schmierstoffe müssen grundsätzlich folgende Anforderungen erfüllen:

- (1) hohe Festigkeit des Schmierfilms
- (2) geringe innere Reibung
- (3) hohe Verschleißfestigkeit
- (4) hohe Hitzebeständigkeit
- (5) nicht korrodierend
- (6) hoher Korrosionsschutz
- (7) minimaler Anteil an Fremdpartikeln und Wasser
- (8) Die Konsistenz des Fetts darf sich auch nach wiederholtem Walken nicht entscheidend ändern.

Folgende Schmierstoffe erfüllen diese Anforderungen:

Tab.6 Universal-Schmierstoffe

| Schmierstoffe | Typ   | Markenname   |
|---------------|---|--|
| Schmieröl     | Öl für Gleitflächen oder Turbinenöl<br>ISOVG32 bis 68 | Super Multi 32 bis 68 (Idemitsu)<br>Vactra No.2SLC (Exxon Mobil)<br>DTE-Öl (Exxon Mobil)<br>Tonner Öl (Showa Shell Sekiyu)<br>oder gleichwertige |



Tab.7 Schmierstoffe für besondere Umgebungsbedingungen

| Betriebs- und Umgebungsbedingungen   | Eigenschaften des Schmierstoffs  | Markenname  |
|--|--|---|
| Hohe Geschwindigkeit   | Fett mit geringer inneren Reibung und geringer Wärmeentwicklung  | AFG-Schmierfett(THK) siehe <a href="#">A 24-18</a><br>AFA-Schmierfett(THK) siehe <a href="#">A 24-7</a><br>AFJ-Schmierfett(THK) siehe <a href="#">A 24-20</a><br>NBU15 (NOK Kluba)<br>Multemp (Kyodo Yushi)<br>oder gleichwertige |
| Vakuum   | Vakuumpfett oder -öl auf Fluorbasis (Dampfdruck variiert je nach Marke)<br><small>Anm. 1</small>   | Fomblin Fett (Solvay Solexis)<br>Fomblin Öl (Solvay Solexis)<br>Barrierta IEL/V (NOK Kluba)<br>Isoflex (NOK Kluba)<br>Krytox (Dupont)   |
| Reinraum   | Fett mit sehr geringer Partikelfreisetzung   | AFE-CA-Schmierfett(THK) siehe <a href="#">A 24-12</a><br>AFF-Schmierfett(THK) siehe <a href="#">A 24-14</a>   |
| Für Anwendungen mit Mikroschwingungen oder Mikrohüben, wo Tribokorrosion auftreten kann. | Schmierfett, das leicht einen Ölfilm bildet und hoch beständig gegen Tribokorrosion ist  | AFC- Schmierfett(THK) siehe <a href="#">A 24-10</a>   |
| In Umgebungen, die dem Kontakt mit Kühlmitteln ausgesetzt sind, z. B. Werkzeugmaschinen  | Mineralöl oder Synthetiköl mit hohem Korrosionsschutz, das einen stabilen Ölfilm bildet und durch den Kontakt mit Kühlmitteln nicht emulgiert oder ausgewaschen wird<br>Wasserresistentes Schmierfett<br><small>Anm. 2</small> | Super Multi 68 (Idemitsu)<br>Vactra No.2SLC (Exxon Mobil)<br>oder gleichwertige   |

Hinweis1: Bei Verwendung von Vakuumpfett ist zu beachten, dass einige Fetttypen einen hohen Anlaufwiderstand haben, der um ein Vielfaches höher ist als bei herkömmlichen Lithiumseifenfetten.

Hinweis2: In Umgebungen mit wasserlöslichen Kühlmitteln wird bei manchen Schmierfetten mit mittlerer Viskosität die Schmierleistung erheblich beeinträchtigt oder sie bilden nicht den erforderlichen Ölfilm. Überprüfen Sie die Verträglichkeit von Schmierstoff und Kühlmittel.

Hinweis3: Schmierfette mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften dürfen nicht gemischt werden.

Hinweis4: Original Fett von THK siehe [A 24-6](#).

# Schutzmaßnahmen

Linearsysteme werden in unterschiedlichen Umgebungen eingesetzt. Wenn ein Linearführungssystem in speziellen Umgebungen eingesetzt werden soll, wie z.B. Vakuum, Anti-Korrosion, hohe oder niedrige Temperaturen müssen Material und Oberflächenbehandlung den Bedingungen entsprechend ausgewählt werden.

Um den Einsatz in unterschiedlichen Umgebungen zu ermöglichen, bietet THK die folgenden Werkstoffe und Oberflächenbehandlungen für Linearsysteme an:

|                       | Wert / Angabe                    | Baureihe/-größe   | Merkmale/Eigenschaften   |
|-----------------------|----------------------------------|---|--|
| Werkstoff             | rostfreier martensitischer Stahl |                                  | Korrosionsbeständigkeit<br>★★★   |
|                       | rostfreier martensitischer Stahl | SR-M1<br>HSR-M1<br>RSR-M1<br>    | Hohe Temperatur<br>★★★★★<br>* bis 150°C  |
|                       | rostfreier austenitischer Stahl  | HSR-M2<br>                       | Korrosionsbeständigkeit<br>★★★★★   |
| Oberflächenbehandlung | AP-HC                            | AP-HC-Beschichtung von THK<br>  | Geringe Partikelemission<br>★★★★★<br>Korrosionsbeständigkeit<br>★★★<br>Oberflächenhärte<br>★★★★★ |
|                       | AP-C                             | AP-C-Beschichtung von THK<br>  | Korrosionsbeständigkeit<br>★★★★★   |
|                       | AP-CF                            | AP-CF-Beschichtung von THK<br> | Korrosionsbeständigkeit<br>★★★★★   |

\* Sollten Sie eine andere Oberflächenbehandlung als die vorstehend genannten wünschen, wenden Sie sich bitte an THK.

## Auswahl des Materials

Bei normalen Betriebsbedingungen wird für die Linearsysteme eine dafür geeignete Stahlsorte verwendet. Wenn ein Linearsystem in speziellen Umgebungen eingesetzt werden soll, muss ein Material ausgewählt werden, das für diese Bedingungen geeignet ist.

Für Anwendungen, die hohe Korrosionsbeständigkeit erfordern, wird rostfreier Stahl verwendet.

### Materialspezifikation

## Korrosionsbeständige Linearsysteme

- Material ··· Martensit-Edelstahl/Austenit-Edelstahl



Zur Verwendung in Umgebungen, an denen Korrosionsschutz erforderlich ist, können einige Linearsysteme aus korrosionsbeständigem, martensitischem Stahl bestehen.

Wenn die Typnummer eines Linearführungssystems das Symbol M enthält, ist dieses Modell in korrosionsbeständigem Stahl ausgeführt. Einzelheiten sind im entsprechenden Abschnitt zum jeweiligen Typ zu finden.

### Aufbau der Bestellbezeichnung

|              |                              |                      |           |                        |           |   |               |          |  |                               |
|--------------|------------------------------|----------------------|-----------|------------------------|-----------|---|---------------|----------|--|-------------------------------|
| <b>HSR25</b> | <b>A</b>                     | <b>2</b>             | <b>QZ</b> | <b>UU</b>              | <b>C0</b> | <b>M</b>                                      | <b>+1200L</b> | <b>P</b> | <b>M</b>   | <b>-II</b>                    |
| Typ          |                              | Mit Schmiersystem QZ |           | Symbol für Radialspiel |           | Schienenlänge (in mm)                         |               |          | Anzahl der Schienen für Paralleleinsatz in einer Ebene |                               |
|              | Anzahl der Wagen pro Schiene |                      |           |                        |           | Führungswagen aus korrosionsbeständigem Stahl |               |          | Führungsschiene aus korrosionsbeständigem Stahl        |                               |
|              | Typ des Führungswagens       |                      |           | Symbol für Abdichtung  |           |   |               |          |  | Symbol für Genauigkeitsklasse |

## Oberflächenbehandlung

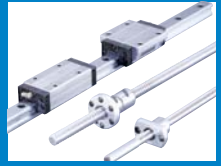
Eine Oberflächenbehandlung der Schienen und Wellen der Linearsysteme kann aus Gründen der Korrosionsbeständigkeit oder der Ästhetik durchgeführt werden.

THK bietet die THK-AP-Behandlung an, welche die optimale Oberflächenbehandlung für Linearsysteme darstellt.

Die AP-Oberflächenbehandlung von THK umfasst die folgenden drei Typen:

### AP-HC

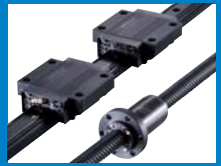
- Oberflächenbehandlung...Industrie-Hartverchromung
- Filmhärte...750 Hv oder höher



Entsprechend der Hartverchromung für industrielle Anwendungen erzielt AP-HC fast die gleiche Korrosionsbeständigkeit wie martensitischer rostfreier Stahl. Außerdem wird hohe Verschleißfestigkeit erreicht, da die Beschichtung eine extrem hohe Härte von 750 Hv oder mehr besitzt.

### AP-C

- Oberflächenbehandlung...Industrie-Schwarzverchromung



Eine für industrielle Anwendungen geeignete Schwarzverchromung zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit. Dadurch wird bei niedrigeren Kosten eine höhere Korrosionsbeständigkeit als bei martensitischem rostfreiem Stahl erreicht.

### AP-CF

- Oberflächenbehandlung...Industrie-Schwarzverchromung  
/spezielle Fluorkohlenstoffharzbeschichtung

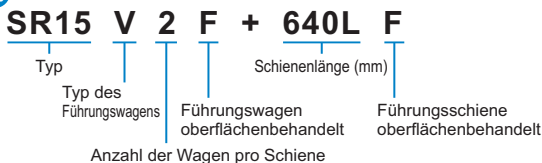


Diese Beschichtung besteht aus Schwarzverchromung mit Fluoridierung und ist geeignet für Anwendungen, die hohe Korrosionsbeständigkeit erfordern.

Neben den oben genannten Oberflächenbehandlungen sind außer auf den Laufbahnen auch andere Beschichtungen möglich, beispielsweise alkalische Färbungen (Schwarzoxidation) oder farbige anodische Beschichtung. Einige davon sind allerdings für Linearsysteme nicht geeignet. Wenden Sie sich hierzu bitte an THK.

Wenn Sie ein Linearsystem mit oberflächenbehandelten Laufbahnen verwenden, setzen Sie einen höheren Sicherheitsfaktor an.

#### Aufbau der Bestellbezeichnung

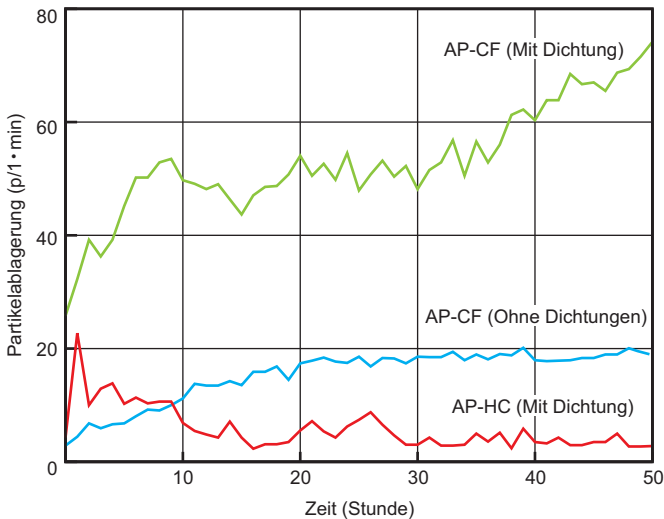


Hinweis: Beachten Sie bitte, dass die Montagebohrungen innen keine Oberflächenbehandlung aufweisen.

## [Vergleichsdaten für die Partikelemission bei AP-Beschichtung]

[Testbedingungen]

| Bedingungen                          | Wert / Angabe                         |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Bestellbezeichnung der Linearführung | SSR20WF+280LF (AP-CF, ohne Dichtung)  |
|                                      | SSR20UUF+280LF (AP-CF, mit Dichtung)  |
|                                      | SSR20WUUF+280LF (AP-HC, mit Dichtung) |
| Verwendetes Schmierfett              | Schmierfett AFE-CA von THK            |
| Fettmenge                            | 1cc (pro Wagen)                       |
| Geschwindigkeit                      | 30 m/min (MAX)                        |
| Hublänge                             | 200 mm                                |
| Durchfluss während der Messung       | 1 l/min                               |
| Volumen Reinraum                     | 1,7 Liter (Acrylgehäuse)              |
| Messgerät                            | Partikelzähler                        |
| Gemessener Partikeldurchmesser       | 0,3µm oder größer                     |



Die Oberflächenbehandlung AP-HC von THK bietet hohe Oberflächenhärte und hohe Verschleißfestigkeit. Der hohe Verschleiß in einem frühen Stadium im Graphen oben wird auf den hohen Anfangsverschleiß der Enddichtung zurückgeführt.





















Hinweis: Beschichtung AP-HC von THK (entspricht Hartverchromung)

AP-CF-Beschichtung von THK (entspricht Schwarzverchromung + Fluorkunststoff-Beschichtung)

## [Vergleichsdaten für Korrosionsschutz]

&lt;Salzwassersprühnebeltest&gt;

| Bedingungen           | Wert / Angabe  |
|-----------------------|--|
| Sprühflüssigkeit      | 1% NaCl-Lösung   |
| Zyklen                | Besprühen während 6 Stunden,<br>Trocknen während 6 Stunden |
| Temperaturbedingungen | 35°C während des Besprühens<br>60° C während des Trocknens |

| Material des Prüflings |                        | Austenitischer rostfreier Stahl   | Martensitischer rostfreier Stahl  | THK AP-HC   | THK AP-C  | THK AP-CF   |
|------------------------|------------------------|---|---|---|---|---|
| Zeit                   |                        |   |   |   |   |   |
| Vor dem Test           |                        |    |    |    |    |    |
| 6 Stunden              |                        |    |    |    |    |    |
| 24 Stunden             |                        |   |   |   |   |   |
| 96 Stunden             |                        |  |  |  |  |  |
| Testergebnis           | Korrosionsschutz       | ◎   | ○   | ○   | ◎   | ◎   |
|                        | Ver-schleiß-festigkeit | ○   | ◎   | ◎   | △   | ○   |
|                        | Oberflä-chen-härte     | △   | ◎   | ◎   | △   | △   |
|                        | Adhärenz               | —   | —   | ◎   | △   | ○   |
|                        | Erschei-nungsbild      | Metallisch glänzend   | Metallisch glänzend   | Metallisch glänzend   | Schwarz glänzend  | Schwarz glänzend  |

## Schutz vor Verunreinigungen

Der Schutz vor Verunreinigung ist der wichtigste Faktor bei der Verwendung von Linearsystemen. Dringen Staub oder andere Fremdstoffe in das Linearsystem ein, kann dies zu erhöhtem Verschleiß oder einer verkürzten Lebensdauer führen.

Ist ein Eindringen von Staub oder anderen Fremdpartikeln nicht auszuschließen, muss unbedingt eine wirksame Abdichtung oder eine andere Staubschutzoption gewählt werden, die den gegebenen Umgebungsbedingungen entspricht.

### (1) Geeignete Dichtungen für Linearsysteme:

Zum Schutz vor Verunreinigungen sind für Linearsysteme abriebfeste Dichtungen aus hochwertigem synthetischen Kunststoff (z.B. Lamellen-Kontaktabstreifer LaCS) und ein Abstreifring erhältlich. Außerdem sind für den Einsatz in widrigen Umgebungen für einige Typen geeignete Faltenbälge und Abdeckungen erhältlich.

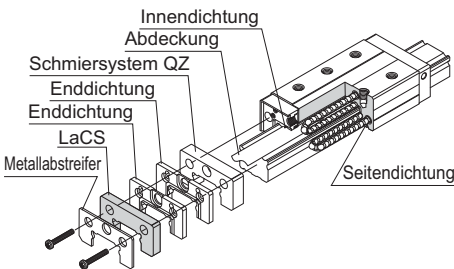
Einzelheiten zu diesen Abdichtungen sind im Abschnitt Optionen (Staubschutzvorrichtungen) zum entsprechenden Modell zu finden.

Zum Schutz vor Verunreinigungen durch Späne und Feuchtigkeit bei Kugelgewindrieben wird die Verwendung von Teleskopabdeckungen, die das gesamte System schützen, oder von großen Faltenbälgen empfohlen.

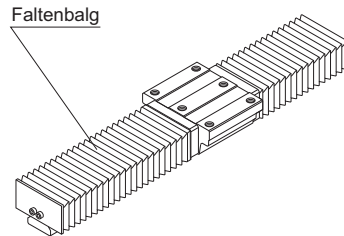
### (2) Spezialgefertigte Faltenbälge

Für Linearführungen sind Standard-Faltenbälge erhältlich.

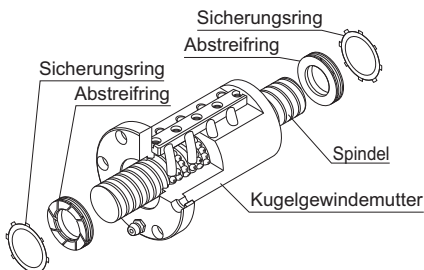
THK stellt auch für andere Linearsysteme, wie Kugelgewindespindeln und Kugelkeilwellen, geeignete Faltenbälge her. Wenden Sie sich hierzu bitte an THK.



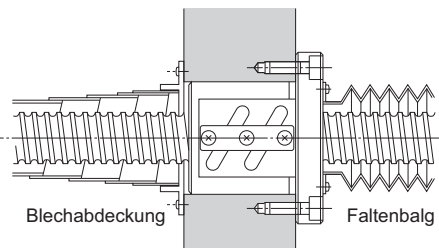
Abdichtungsoptionen für Linearführung



Spezieller Faltenbalg für Linearführung



Abstreifring für Kugelgewindetrieb



Blechabdeckung für Kugelgewindetrieb

