

„Die tragende Rolle“

Profillaufrollen-Führungen für die Handhabungs-
und Automatisierungstechnik

Dipl.-Ing. Herbert Sindermann

„Die tragende Rolle“

Profillaufrollen-Führungen für die Handhabungs- und Automatisierungstechnik

Dipl.-Ing. Herbert Sindermann

Einleitung

Laufrollen, Stützrollen, Kurvenrollen sind Begriffe für Wälzlager, die entgegen üblicher Verwendung nicht durch Einbau in ein entsprechendes Gehäuse gekennzeichnet sind, sondern durch Ablauf auf einer mehr oder weniger gekrümmten oder einer geraden Gegenlauffläche.

INA-Laufrollen sind hoch tragfähige, robuste und vielseitig verwendbare Maschinenelemente, die sich seit Jahrzehnten bei verschiedensten Anwendungen in Maschinen und Anlagen unterschiedlichster Industriebereiche bewährt haben.

Hier soll nun ein Laufrollentyp besprochen werden, der vor ca. 10 Jahren entwickelt und insbesondere in den Bereichen Handhabungs- und Automationstechnik zur seriellen Anwendung gelangt ist, die sog. Profillaufrolle.

Die Profillaufrolle Baureihe LFR (Bild 1) wurde entwickelt, um im Verbund mit einer Laufachse (Laufwelle) als Gegenlaufpartner eine lineare, meistens geradlinige Bewegung zu ermöglichen. Solche Profillaufrollenführungen (Bild 2) bieten technisch und wirtschaftlich optimale Lösungen für viele Anwendungsfälle, in denen lineare Bewegungen erfolgen sollen und Kräfte und Momente aufzunehmen sind.

Die verhältnismäßig einfachen Führungssysteme bieten viele Vorteile:

- einfache Konstruktion nach Baukastenprinzip
- robustes, verschleißarmes und betriebssicheres System
- hoch belastbar
- geräuscharmer Lauf
- unbegrenzte Hublänge
- hohe Verfahrgeschwindigkeit
- einfache Montage und Wartung

Die Profillaufrollen können mit Tragschienen unterschiedlichster Bauformen kombiniert werden. Hergestellt werden Profillaufrollen für Laufwellen von 6 bis 50 mm Durchmesser. Das in dieser

Abhandlung beschriebene System ist auf mittlere und schwere Belastungen abgestellt für Laufwellen von 12 bis 50 mm Durchmesser. Das hierfür lieferbare Baukastensystem beinhaltet:

- Profillaufrollen
- Laufwellen und Tragschienen
- Zapfen mit Scheiben und Muttern
- Schmier- und Abstreifereinheiten
- Einschlag-Schmiernippel und Verschlussdeckel

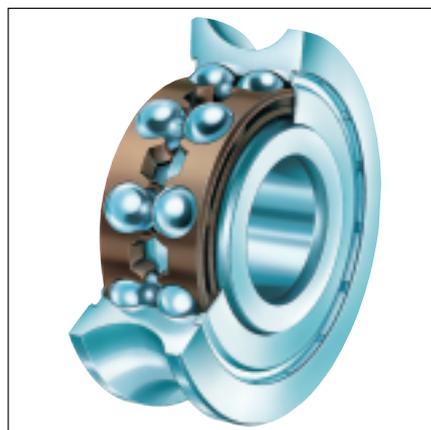


Bild 1 Profillaufrolle LFR

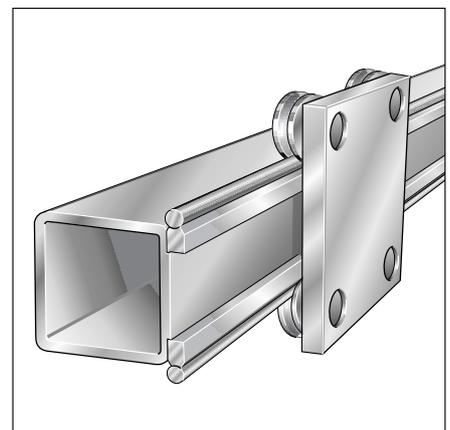


Bild 2 Profillaufrollen-Führung an MSH-Rohrprofil

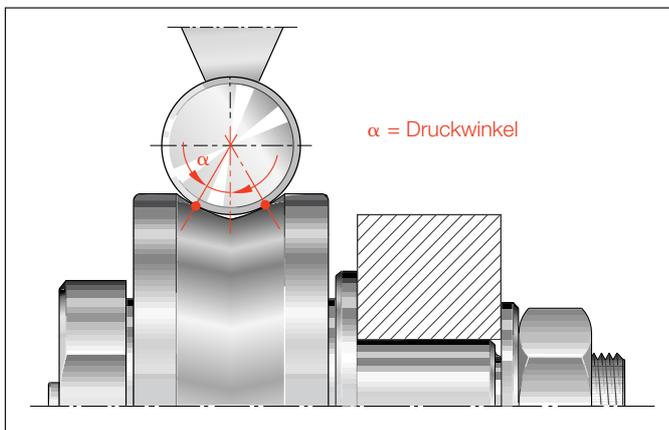


Bild 3 2-Punkt-Kontakt der Laufpartner

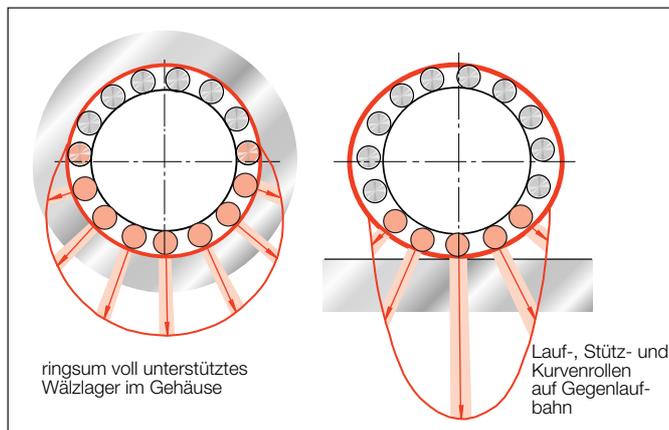


Bild 4 Lastübertragungs-Unterschiede

Profillaufrolle

Sie entspricht in ihrem Aufbau zwei-reihigen Schrägkugellagern ohne Füllnut und kann deshalb neben Radiallasten auch Axialbelastungen in beiden Richtungen aufnehmen. Der verstärkte Außenring der Profillaufrollen LFR lässt hohe radiale Lasten zu. In den zulässigen Radiallasten sind die Biegespannungen berücksichtigt, die durch die elastische Verformung des Außenrings auftreten.

Die Lauffläche des Außenringes ist als gotischer Bogen profiliert. Lauffläche und Laufwelle (Welle/Tragschiene) stehen im 2-Punkt-Kontakt zueinander (Bild 3). Dadurch kann das zu führende Bauteil sicher längs- und quergeführt werden.

Für Maß- und Formgenauigkeiten gilt die Toleranzklasse PN gemäß DIN 620. Die radiale Lagerluft entspricht annähernd der Klasse CN.

Deckscheiben (auf Wunsch auch Dichtscheiben) schützen die Profillaufrolle

vor äußeren Einwirkungen durch Staub, Schmutz und Feuchtigkeit und halten das Schmierfett im Lager.

Bei belasteten Lauf-, Stütz- und Kurvenrollen wird die Last über die Rollkörper auf den nur an einer Umfangsstelle abgestützten Außenring übertragen, im Gegensatz zu in Gehäuse eingebauten und damit auf dem gesamten Umfang voll unterstützten Wälzlagern (Bild 4).

Dabei erfährt der Außenring eine elastische Verformung, woraus sich im wesentlichen zwei tragfähigkeitsmindernde Einflüsse ergeben:

- es werden weniger lastübertragende Wälzkörper höher belastet, wodurch die Ermüdungslebensdauer von Wälzkörpern und Lagerringen sowie die statische Tragsicherheit des Lagers herabgesetzt werden.
- im verformten Laufring treten Biegespannungen auf, die bei zu hoher statischer Belastung zu Gewaltbruch des Lagerringes führen können.

Dementsprechend werden für solcherlei belastete Laufrollen nicht die in DIN 622/ISO R 281 definierten dynamischen (C) und statischen Tragzahlen (C_0) für die Berechnung von Lebensdauer und statischer Tragsicherheit verwendet, sondern die hierfür speziell ermittelten sog. wirksamen Tragzahlen C_w und C_{ow} wie nachfolgend definiert:

C_w – wirksame dynamische Tragzahl unter Außenring-Verformungseinfluss

C_{ow} – wirksame statische Tragzahl unter Außenring-Verformungseinfluss

$F_{R\text{ zul}}$ – zulässige dynamische Radiallast mit Rücksicht auf Außenring-Dauerbruch

$F_{Ro\text{ zul}}$ – zulässige statische Radiallast mit Rücksicht auf Außenring-Gewaltbruch

Die für die Ermittlung der nominellen Lebensdauer und statischen Tragsicherheit zu berücksichtigenden Formeln und Hinweise sind den Druckschriften TPI 99 und LFR des Herstellers zu entnehmen, in denen auch ausführliche Produktbeschreibungen sowie Tabellen für Abmessungen, Tragzahlen und Hinweise für Berechnungen, Anwendungen und Montage enthalten sind.

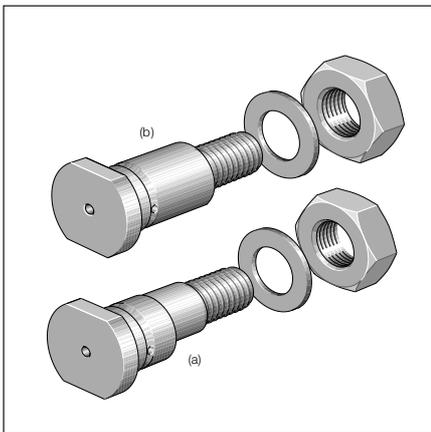


Bild 5 Befestigungs-Zapfen für Profillaufrollen
(a) exzentrisch (b) zentrisch

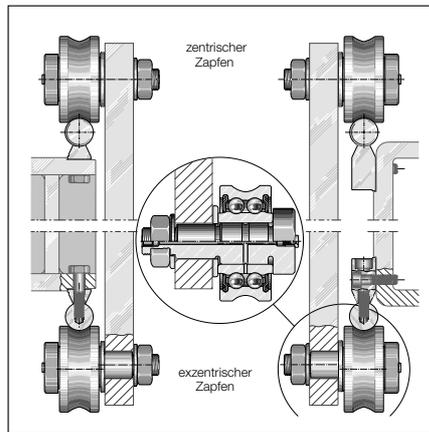


Bild 6 Geschlossene Führung an verschiedenen Anschluss-Konstruktionen

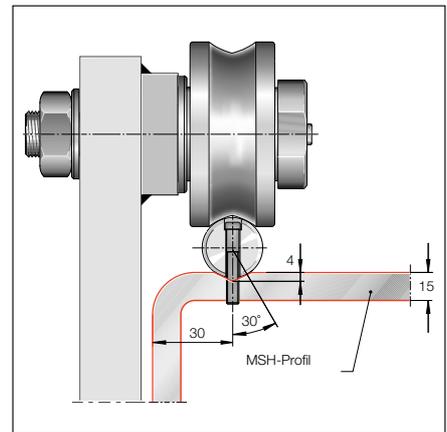


Bild 7 Laufwelle auf MSH-Profil (Beispiel)

Zapfen

Die Zapfen (Bild 5) dienen zur Befestigung der Profillaufrollen an die Anschlusskonstruktion. Sie bestehen standardmäßig aus hochwertigem Schraubenstahl. Üblicherweise werden bei einer geschlossenen Führung zentrische und exzentrische Zapfen eingesetzt. Der exzentrische Zapfen dient zur Anstellung und leichten Vorspannung einer Laufrolle an die Laufwelle für die Montage einer geschlossenen Führung (Bild 6).

Laufwellen und Tragschienen

Laufwellen dienen als Gegenlaufbahnen für die Profillaufrollen LFR. Sie haben metrische Abmessungen, werden standardmäßig in der Toleranzklasse h6 geschliffen und sind oberflächengehärtet.

Sie können direkt (Bild 7) oder über entspr. gestaltete Tragschienen aus Aluminium (Bilder 6 und 8) an die Anschlusskonstruktion geschraubt werden.

Laufwellen und Tragschienen können einteilig und für größere Längen auch mehrteilig zusammengesetzt werden.

Schmierung

Wie bei Wälzlagern üblich, sind die Wälzkontakte für eine ausreichend lange Lebensdauer zu schmieren. Die Profillaufrolle wird erstbefettet geliefert und sollte je nach Betriebsbedingungen nach einer gewissen Laufzeit mit einem Lithiumseifenfett über den Zapfen nachgeschmiert werden. Es kann aber auch z.B. für vollautomatische Anlagen mit Öl zentralgeschmiert werden.

Auch der äußere Wälzkontakt Rolle/Welle sollte im Normalfall geschmiert werden. Hier haben sich die dafür entwickelten Schmier- und Abstreifeinheiten (Bild 9) sehr gut bewährt. Ein federangedrückter Schmierfilz wird je nach Einsatzfall einmal jährlich oder halbjährlich mit einem Schmieröl CLP nach DIN 51 517 (Viskosität ca. 200 mm²/s) getränkt.

In besonderen Fällen, wo Öl und Fett absolut unerwünscht sind, kann die Führung auch im Trockenlauf betrieben werden. Es ist jedoch dann mit erhöhtem Verschleiß, spielbehafteter Führung und wesentlich verringerter Lebens- bzw. Gebrauchsdauer zu rechnen (um ca. Faktor 50 bis 100 reduziert).

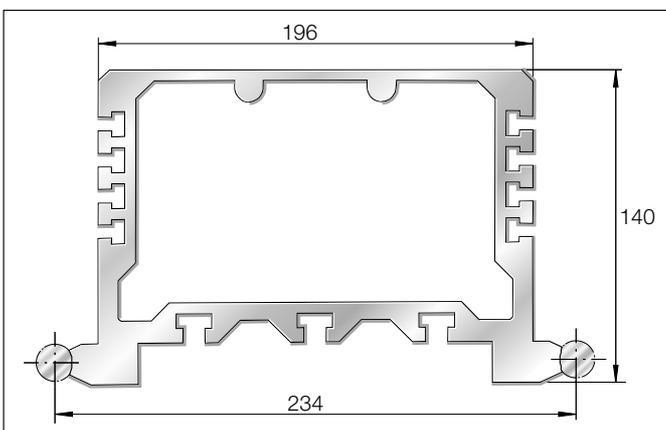


Bild 8 Alu-Strangpress-Profil für geschlossene Führung (Beispiel)

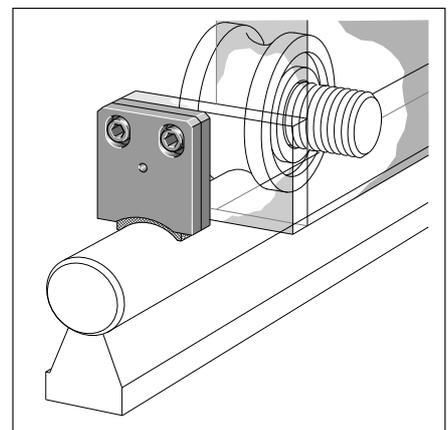


Bild 9 Schmier- und Abstreifeinheit ABW

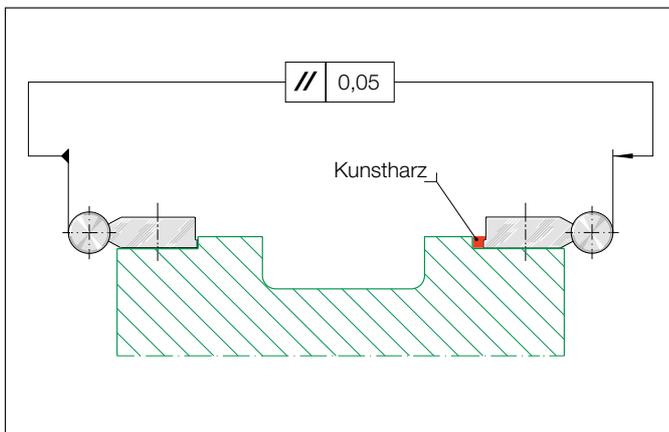


Bild 10 Max. zul. Paralleltätsfehler der Laufwellen bei geschlossener Führung

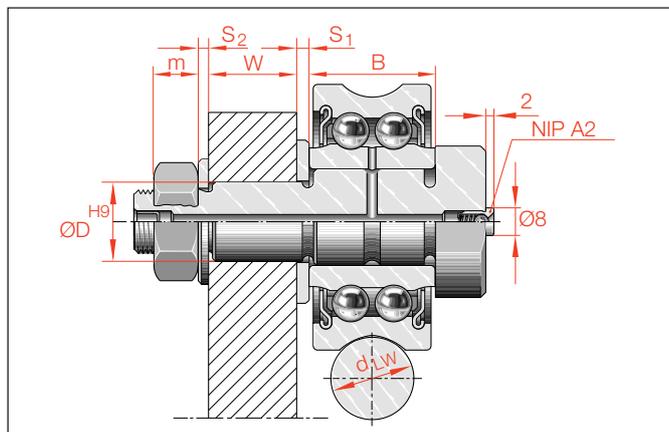


Bild 11 Konstruktions-Hilfsdaten bei fliegender Lagerung für geschlossene Anordnung

Geschlossene Anordnung

Allgemein wird die geschlossene Anordnung am häufigsten verwendet. Deshalb wird sie hier auch näher vorgestellt (Bild 6).

Die Anordnung der Laufbahnen (Wellen/Tragschienen) kann beliebig nebeneinander oder übereinander erfolgen. Sie sollen gut parallel ausgerichtet werden. Es empfiehlt sich, die Wellen- bzw. Tragschienen-Anflächen der Anschlusskonstruktion in einer Aufspannung zu bearbeiten.

Die Gestaltung einer Führungsanordnung mit Profillaufrollen wird im Wesentlichen bestimmt von:

- Genauigkeit
- Steifigkeit
- Belastbarkeit

Je genauer und leichtgängiger eine Profillaufrollenführung sein soll, umso

mehr ist auf die Form- und Lagegenauigkeit der Anschlusskonstruktion zu achten. Die Anschlussflächen sollten eben und parallel sein.

Für zwei Tragschienen neben- oder übereinander angeordnet ist eine Parallelität der Laufflächen wie in Bild 10 dargestellt notwendig, sofern eine spielfreie oder vorgespannte Lagerung gefordert wird.

Für die konstruktive Gestaltung der Profillaufrollen-Anordnung ist Bild 11 und Tabelle 1 hilfreich.

Die Profillaufrollen sollen bei Montage ohne Spiel an die Laufwellen angestellt werden. Dies geschieht durch Verdrehen des exzentrischen Zapfens und anschließendem Anziehen der Mutter mit dem empfohlenen Mutteranzugsmoment. Die Führung ist richtig eingestellt, wenn sich beim Verschieben alle Profillaufrollen mitdrehen, also auch die unbelasteten.

In Anwendungsfällen mit

- hohen Beschleunigungen und Verzögerungen
- häufigen Lastwechseln oder
- häufigen rhythmischen Fahrbewegungen

kann in den Umkehrpositionen durch Rollenschlupf erhöhter Verschleiß auftreten. Daher ist es in diesen Fällen zweckmäßig, die Profillaufrollen mit leichter Vorspannung an die Laufwellen anzustellen.

Bei einer fliegenden Lagerung (Bild 11) kann dazu die elastische Biegung der Zapfen genutzt werden, in dem der exzentrische Zapfen etwas stärker verdreht und damit die Profillaufrolle fester an die Laufwelle angepresst wird. Diese Vorspannung stellt allerdings auch eine Vorlast dar, welche die Lebensdauer der Führung beeinflusst, was bei der Dimensionierung evtl. zu berücksichtigen ist.

Zapfen d	zugehörige Laufwelle d _{LW}	Zapfengewinde		Scheibe DIN 125 ³⁾ (für Mutter)		Wanddicke W ²⁾	für LFZ..A1 Scheibe DIN 125		für LFE..A1 Scheibe DIN 125		Profillaufrolle Breite B
		K ₁ ¹⁾	m	d ₁	s ₂		d ₁	s ₁	d ₁	s ₁	
12	12	M10×1,5	8	10,5	2	12	13	2,5	10,5	2	15,9
20	16	M16×1,5	13	17	3	20	21	3	17	3	22,6
25	20	M20×1,5	16	21	3	25	25	4	23	3	25,8
	25	M20×1,5	16	21	3	25	25	4	23	3	25,8
30	30	M24×1,5	19	25	4	32	31	4	28	4	29
40	40	M30×1,5	24	31	4	40	40	6	37	5	38
	50	M30×1,5	24	31	4	40	40	6	37	5	46

Tabelle 1 Hilfsmaße für fliegende Lagerung

¹⁾ Für Mutter mind. Festigkeitsklasse 8 verwenden

²⁾ Empfohlene Mindestwanddicke

³⁾ Im Lieferumfang enthalten

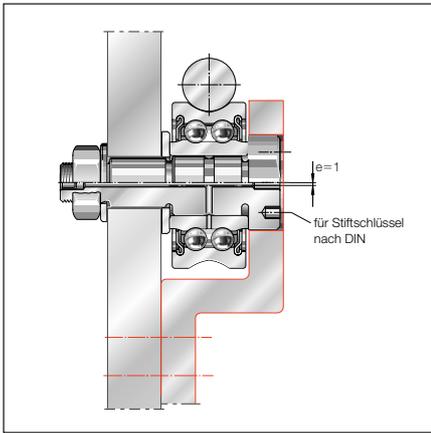


Bild 12 Beidseits gelagerte Profillaufrolle für höhere Belastbarkeit

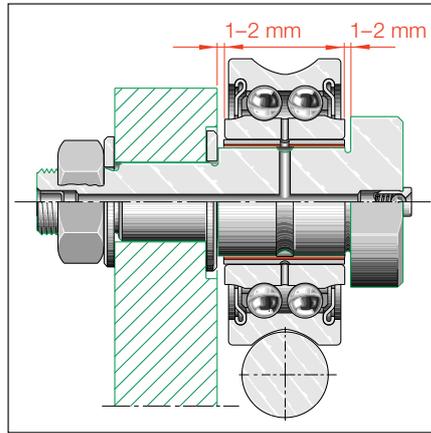


Bild 13 Loslagerung, schwimmend

Hier sei nochmals auf die Wichtigkeit der Schmierung hingewiesen, am einfachsten mit der dazu passenden Schmier- und Abstreifeinheit ABW. Es muss spätestens dann nachgeschmiert werden, wenn Tribokorrosion auftritt. Sie ist erkennbar an einer rotbräunlichen Verfärbung der Laufwelle und des Außenringes der Profillaufrolle. Dementsprechend sind die Nachschmierintervalle zu verkürzen. Um die max. zul. Tragfähigkeit voll nutzen zu können ist es zweckmäßig, anstatt einer sog. fliegenden Anordnung die Profillaufrolle beidseitig gegenüber der Anschlusskonstruktion abzustützen (Bild 12).

Fest-/Loslageranordnung

Bei größeren Abständen der parallelen Laufwellen kann oft eine ausreichende Parallelität über die Verfahrslänge nicht sichergestellt werden (Bild 14).

Dabei besteht die Gefahr, dass der theoretische 2-Punkt-Kontakt der Profillaufrolle auf der Laufwelle nicht mehr gegeben ist und die Profillaufrolle dann nur an einem Punkt der Laufwelle anliegt bzw. auf der Laufwelle hochklettert. Dies führt funktionell zu nicht zufriedenstellendem Lauf, erhöhtem Verschleiß und vorzeitigem Ausfall der Führung.

Daher ist es in solchen Fällen ratsam, eine Festlager-/Loslageranordnung zu wählen. Hierbei kann die Loslagerseite entweder mit Hilfe einer Gleitlagerbuchse in einer Profillaufrolle (Bild 13) oder mittels einer nicht profilierten Laufrolle (Bild 14) schwimmend ausgebildet werden. Dadurch kann die Laufrolle sich axial frei bewegen und Parallelitätsfehler zwischen der Laufwelle der Festlagerseite und der Laufwelle der Loslagerseite ausgleichen.

Seitliche Grenzbelastung

Im Bild 15 ist ein Belastungsfall dargestellt, bei der die zulässige Belastung nicht von der Profillaufrolle, sondern von der Tragschiene begrenzt wird. Es kann sich aufgrund der Biegebeanspruchung zwischen Laufwelle und Tragschiene ein unzulässiger Spalt bilden. Deshalb sind hierfür Grenzbelastungen ermittelt, die im Betrieb incl. Stoßbelastungen nicht überschritten werden dürfen.

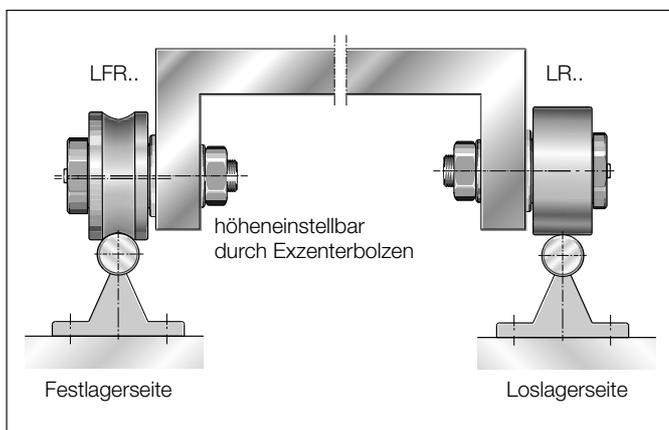


Bild 14 Festlager/Loslager-Anordnung

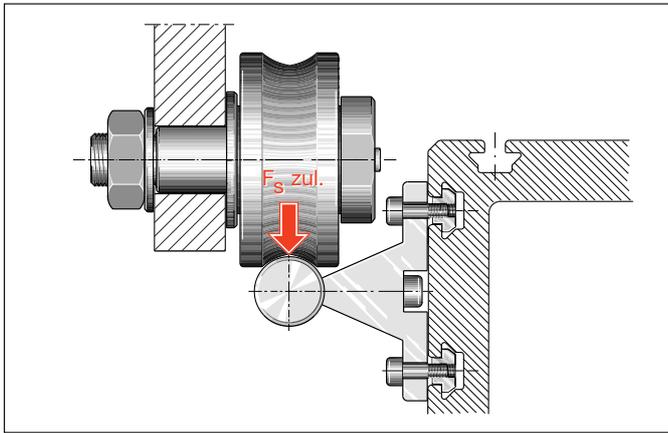


Bild 15 Seitliche Grenzbelastung auf Tragschienen TS..W

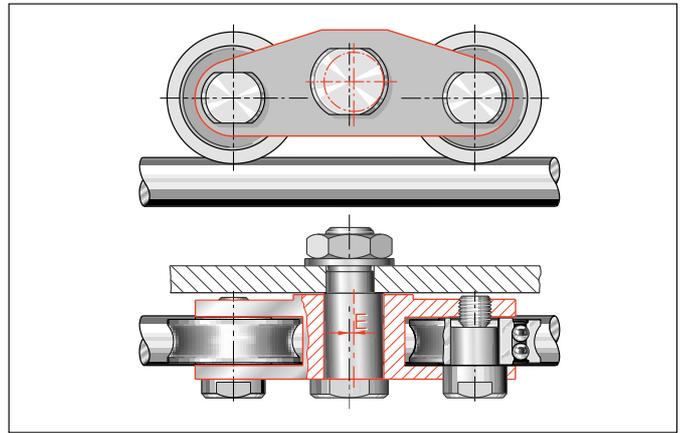


Bild 16 Wippen-Anordnung

Wippen – Anordnung

Reicht Tragsicherheit und Lebensdauer der gewünschten Profillaufrolle nicht aus und kann aus begrenzten Bauraum-Verhältnissen nicht auf größere Typen übergegangen werden, dann können auch 2 oder mehrere Profillaufrollen paarig angeordnet und als Wippen hintereinander geschaltet werden (Bild 16).

Die Wippen ergeben eine gleichmäßige Lastverteilung und können mit Hilfe exzentrischer Zapfen spielfrei angestellt werden.

Anschlusskonstruktionen

Um sowohl die Profillaufrolle als auch die Laufwelle/Tragschiene konstruktiv anzubinden, sind verschiedene Anschlussbauteile aus Stahl oder Leichtmetall nutzbar, so u.a. Platten, T-, Doppel T- und U-Profile sowie MSH-Profile mit quadratischen oder rechteckigen Querschnitten (Bilder 2, 6, 7). Für Serienanwendungen sind auch Alu-Strangpress-Profile wirtschaftlich einsetzbar, an die z.B. die Laufwellen an entsprechend definierten Stellen angeschraubt werden können (Bild 8).

Zusammenfassung

Profillaufrollen-Führungen sind einfache, robuste und preiswerte Maschinenelemente, die als Baukastensystem vielfache Möglichkeiten der individuellen konstruktiven Gestaltung zulassen. Sie haben sich deshalb seit vielen Jahren insbesondere in der Handhabungs- und Automationstechnik bewährt, sowohl bei Einzel- als auch bei Serienanwendungen.

In dieser Abhandlung ist auf die Konzeption, die konstruktiven Besonderheiten für die Planung sowie Montage und Betrieb als auch auf anwendungstechnische Anregungen eingegangen worden. Für Serienanwendungen können über entsprechende Computerprogramme die für Planung und Auslegung erforderlichen Berechnungen der Führungen vorgenommen werden.

Weitere Details für die konstruktive Einplanung können den INA-Druckschriften TPI 99 und LFR entnommen werden. Bitte anfordern bei

INA-Schaeffler KG
Geschäftsbereich Lineartechnik
Abt. Organisation & Kommunikation
Berliner Straße 134
66424 Homburg/Saar

Telefon (0 68 41) 7 01-0
FAX (0 68 41) 7 01-6 25
E-Mail info.linear@de.ina.com

Autor:

Dipl.-Ing. Herbert Sindermann ist Leiter des Ingenieur- und Verkaufsbüros Bielefeld der INA-Schaeffler KG



INA-Schaeffler KG

Geschäftsbereich Lineartechnik
66406 Homburg (Saar)
Telefon (0 68 41) 7 01-0
Telefax (0 68 41) 7 01-6 25
info.linear@de.ina.com
www.ina.com