INHALTSVERZEICHNIS

1.1 EINHEITEN UND BEGRIFFSBESTIMMUNGEN 12

1.2 GENAUIGKEITEN UND TOLERANZEN 13

1.2.1 Qualitäten 13
1.2.2 Profiltoleranzen 13
1.2.3 Längen, Bohrungsabstände 13
1.2.4 Sortierung 14
1.2.5 Geradheit 15
1.2.6 Wälzkörper 15

1.3 AUSLEGUNG 16

1.3.1 Wahl der Einbauform 16
1.3.2 Bestimmung der Schienen- und Käfiglängen 17
1.3.3 Bohrungstypen und Bohrbilder 18
1.3.4 Endstücke und Abstreifer 20
1.3.5 Tragzahlen, Tragfähigkeit 21
1.3.5.1 Statische Tragzahlen 21
1.3.5.2 Statische Tragfähigkeit 21
1.3.5.3 Dynamische Tragzahlen 22
1.3.5.4 Dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauer 22
1.3.5.5 Wirksame Tragzahl 24
1.3.5.6 Korrekturfaktoren für die Tragfähigkeit 25
1.3.5.7 Exzentrische Belastung 26
1.3.5.8 Berechnung 27

1.4 STEIFIGKEIT 32

1.5 VORSPANNUNG 34

1.5.1 Vorspannung einstellen 34
1.5.1.1 Druckschrauben 35
1.5.1.2 Führungsschienen mit Zustellkeil 35

1.6 SCHMIERUNG 36

1.6.1 Schmierstoffe 36
1.6.2 Fettschmierung 36
1.6.2.1 Inbetriebnahme und Befettungsmenge 36
1.6.2.2 Nachschmierung 37
1.6.3 Ölschmierung 37

1.7 REIBUNG 38

1.8 SCHUTZ VOR VERSCHMUTZUNG 39

1.9 EINSATZGRENZEN 39

1.10 EINBAU-RICHTLINIEN 40

1.10.1 Genauigkeit der Anschlusskonstruktion 40
1.10.2 Montagehinweise 41
1.10.2.1 Vor dem Einbau 41
1.10.2.2 Geschlossene Anordnung 42
1.10.2.3 Offene Anordnung 43

1.1 EINHEITEN UND BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

B	**mm**	Schienenbreite
B1	**mm**	Käfigbreite
b	**mm**	Mittenabstand der Führungen
b1	**mm**	Abstand der Schienenrückenflächen
C	**N**	dynamische Tragzahl für eine Käfiglänge von 100 mm
C_w	**N**	wirksame dynamische Tragzahl
C_{we}	**N**	Korrigierte, effektiv wirksame dynamische Tragzahl
C_L	**N/mm**	Steifigkeit der Flachkäfigführung
C_0	**N**	statische Tragzahl für eine Käfiglänge von 100 mm
C_{0we}	**N**	Korrigierte, effektiv wirksame statische Tragzahl
C_{0w}	**N**	wirksame statische Tragzahl
D_w	**mm**	Kugeldurchmesser
e	**mm**	Exzentrizität der Last
f_H	-	dynamischer Härtefaktor
f_{H0}	-	statischer Härtefaktor
f_α	-	dynamischer Lastrichtungsfaktor
$f_{\alpha 0}$	-	statischer Lastrichtungsfaktor
F	**N**	Betriebslast, Belastung der Führung
F_i	**N**	veränderliche Last
F_R	**N**	Verschiebewiderstand
F_{R0}	**N**	F_R, Anteil Schmiermittelreibung
F_{R1}	**N**	F_R, Anteil lastabhängige Rollreibung
F_{RA}	**N**	Verschiebewiderstand, Anteil Abstreifer
F_{RV}	**N**	Schlittenverschiebewiderstand, vorgespannt
F_w	**N**	Grenzlast für effektive Käfiglänge
H	**mm**	Abstand der Hub-Extremlagen
k_F	-	dynamischer Lastfaktor
k_{0F}	-	statischer Lastfaktor
K	-	Bauformfaktor zur Bestimmung der Steifigkeit
L	**mm**	Länge der Führungsschiene
L	**10^5m**	Nominelle Lebensdauer
L1	**mm**	Abstand der ersten Bohrung vom Schienenanfang
L1	**mm**	Abstand der ersten oder letzten Taschenmitte vom Käfigende
L2	**mm**	Abstand der letzten Bohrung vom Schienenende
L1, $L2_{min}$	**mm**	Mindestwert für L1 und L2
LA	**mm**	Bohrungsabstand bei Führungsschienen
LA	**mm**	Teilungsabstand bei Flachkäfigen
L_h	**h**	nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden
L_K	**mm**	Länge des Käfigs
L_R	**mm**	Länge der Führungsschiene mit Lauffläche für den Abstreifer
n	-	maximal mögliche Anzahl Bohrungsabstände LA
n_{osz}	**min^{-1}**	Anzahl der Doppelhübe pro Minute
p	-	Lebensdauerexponent
p	**N/mm^2**	Flächenpressung für Gleitbelag
P	**N**	dynamisch äquivalente Belastung
P_0	**N**	statisch äquivalente Belastung
q_i	**%**	Wirkungsdauerzeitanteil
RS	**N**	Dämpfkraft in Bewegungsrichtung
S_0	-	statische Tragsicherheit
t	**mm**	Gewindetiefe bei Bohrungstyp T03
v_i	**m/min**	veränderliche Geschwindigkeit
$\bar{v}$	**m/min**	dynamisch äquivalente Geschwindigkeit
x	-	Anzahl der Bohrungen
Z	-	Anzahl der Wälzkörper pro Reihe
α	**°**	Winkel der Lastrichtung abweichend zur Hauptlastrichtung
δ	**µm**	elastische Verformung in den Kontaktstellen
µ	-	Reibungskoeffizient
ν	**mm^2s^{-1}**	kinematische Viskosität
Δh	**µm**	zulässiger Höhenversatz

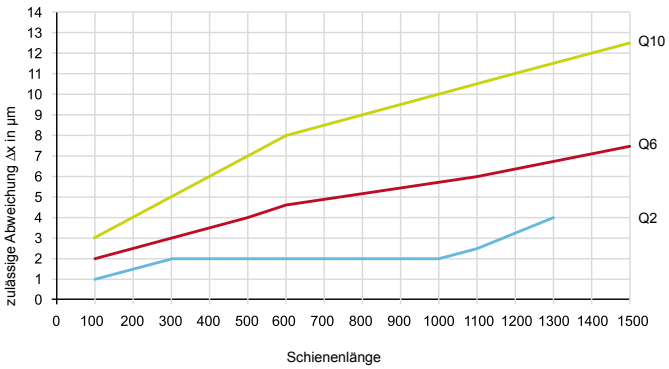
1.2 GENAUIGKEIT UND TOLERANZEN

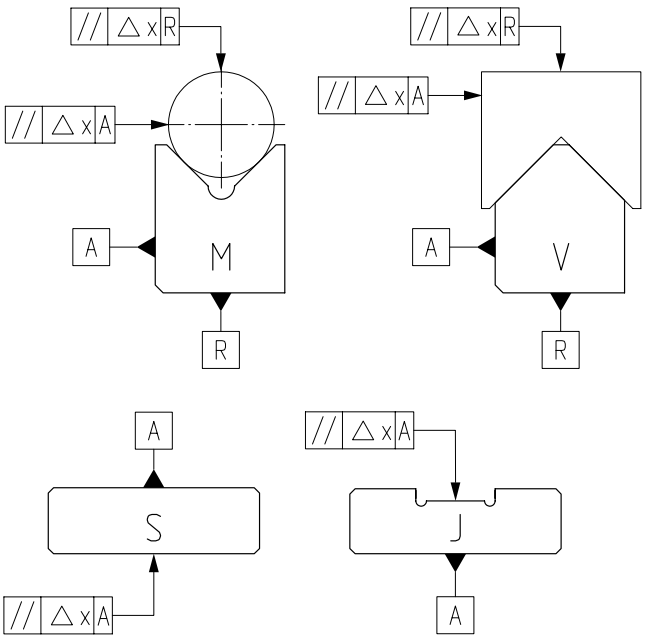
1.2.1 QUALITÄT

Laufbahnen und Auflageflächen sind feingeschliffen.

Die Führungsschienen sind in 3 Qualitäten lieferbar (Parallelitätstoleranz der Laufbahnen zu den Referenzseiten der Schiene bezogen auf eine definierte Länge).

Q10: Normalqualität für den allgemeinen Maschinenbau
Q6: Präzise Qualität für den Werkzeugmaschinenbau
Q2: Besonders präzise Qualität für aussergewöhnlich anspruchsvolle Konstruktionen





SONDERQUALITÄT AUF ANFRAGE

1.2.2 PROFILTOLERANZEN

Siehe Produktkapitel

1.2.3 LÄNGEN, BOHRUNGSABSTÄNDE

Länge: Die Längentoleranz ist mit der Formel ± [0.2+(0.0012* Länge L)] definiert.

Schienen über der angegebenen Maximallänge (Siehe Tabelle «Normallängen») werden mehrteilig hergestellt. Diese Teile sind genau sortiert. Um die Toleranz bei der Montage einzuhalten, dürfen die Schienen nicht vertauscht werden.

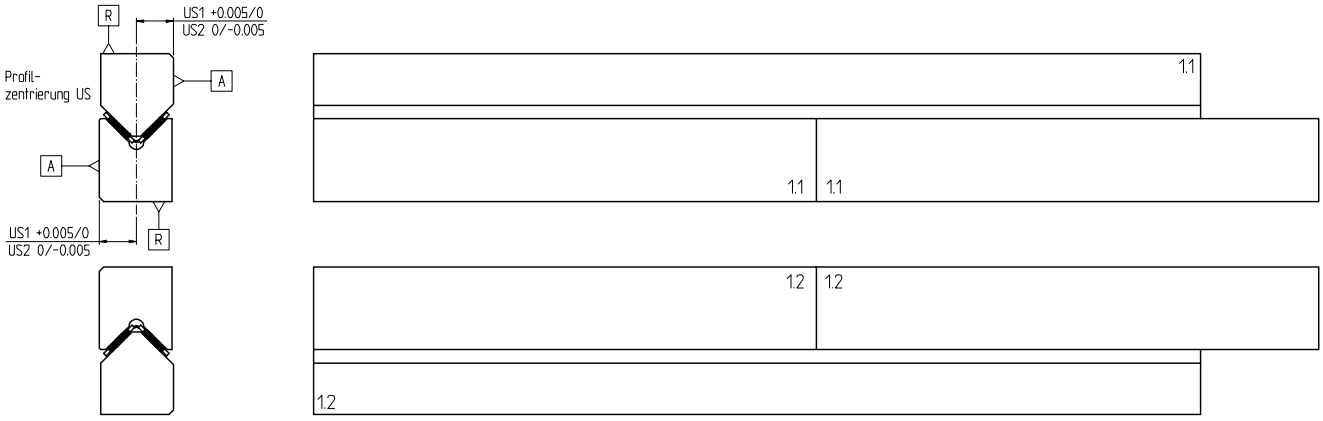
Bohrungsabstände: Die Toleranz der Bohrungsabstände ist so berechnet, dass Schienen bis zur maximalen Normlänge auf ein vorgebohrtes Bohrbild montiert werden können. Die Toleranz ist zwischen dem ersten und letzten Schienenloch bemessen und verteilt sich gleichmässig auf die Länge.

Bei Schienen über der maximalen Normlänge ist für die Einhaltung der entsprechenden Toleranz das Nachsetzzeichen „P“ erforderlich.

1.2.4 SORTIERUNG

Schienen gleicher Ausführung (gleiches Bestellzeichen) werden paarweise hergestellt, markiert und verpackt.
Die paarweise Sortierung bezieht sich auf den Abstand Profilmitte zu Anschraubfläche „A“

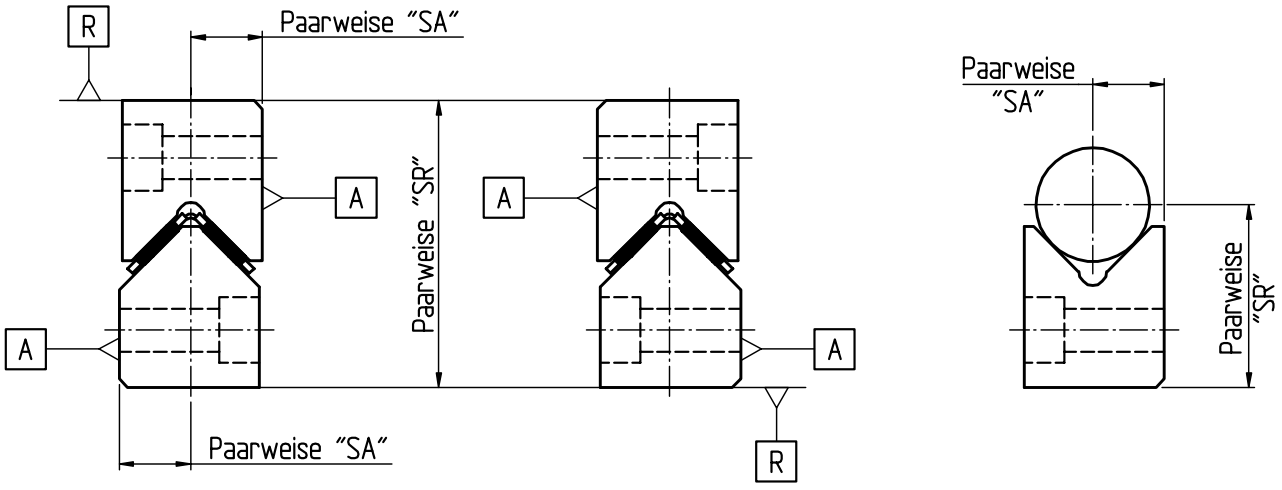
Die Standardsortierung (US1/US2) erlaubt die Austauschbarkeit der Teile unter Beibehaltung einer sehr engen Toleranz.
In der höchsten Toleranzklasse, oder auf Kundenanfrage, werden die Schienen in engeren Toleranzen sortiert und gekennzeichnet.



Bei Schienen mit ungleichen Bestellzeichen, die aber paarweise zusammensortiert werden müssen, sind die Bestellzeichen durch das Nachsetzzeichen „X“ zu ergänzen, z.B.

1M + 1ML = 2SX oder
1M + 1V + 1J + 1S = 4SRX oder
1V…T15 + 1V…T03 = 2SX

Sortierungsmöglichkeiten:



Paarweise Sortierungs-Code	Anzahl der zusammensortierten Schienen	In Bezug auf Referenzseite
2SA	2	Referenzseite A
3SA	3	Referenzseite A
4SA	4	Referenzseite A
usw…	Schienenanzahl	Referenzseite A
2SR	2	Referenzseite R
3SR	3	Referenzseite R
4SR	4	Referenzseite R
usw…	Schienenanzahl	Referenzseite R
2SAR	2	Referenzseiten A + R
3SAR	3	Referenzseiten A + R
4SAR	4	Referenzseiten A + R
usw…	Schienenanzahl	Referenzseiten A + R

1.2.5 GERADHEIT

Neben der Parallelität wird werksseitig auch die Geradheit geprüft (Toleranzen gemäss DIN 644).

Geradheitsabweichungen können bei der Montage durch Spannen gegen die Auflageflächen ausgeglichen werden.

1.2.6 WÄLZKÖRPER

Flachkäfige enthalten normalerweise Nadel- oder Zylinderrollen mit einer Durchmessertoleranz von 2 µm und einem Formfehler von maximal 1 µm.

Für besondere Ansprüche, im speziellen für Führungsschienen der Qualität 2, können Nadel- oder Zylinderrollen in Sonderausführung auch mit einer Durchmessersortierung von 1 µm und einem maximalen Formfehler von 0,5 µm geliefert werden.

Für Kugeln beträgt die Durchmessersortierung 1 µm und der maximale Formfehler 0,13 µm.

Siehe auch Tabelle (Seite 76), im Kapitel 8 Flachkäfige.

1.3 AUSLEGUNG

1.3.1 WAHL DER EINBAUFORM

Geschlossene Anordnung M/V

Diese Anordnung kann Lasten und Momente in beliebigen Richtungen aufnehmen, erlaubt beliebige Betriebslagen und kann vorgespannt werden (Vorspannung Seite 34).

Sie ist eine Fest/Festlagerung und besteht aus zwei M- /ML- und zwei V-Führungsschienen mit den entsprechenden Winkel-Flachkäfigen.

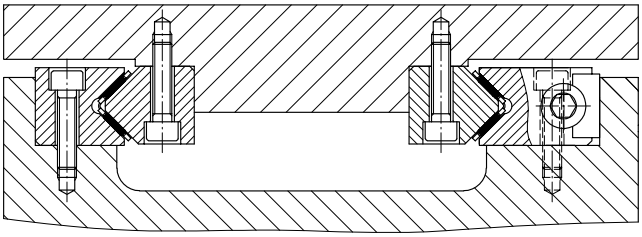


Bild 1. Geschlossene Anordnung M/V

Offene Anordnung

Diese Anordnung ist sehr montagefreundlich und wird hauptsächlich in Fällen zentrischer und senkrecht zur Führung wirkender Belastung eingesetzt.

Sie ist eine Fest-/Loslagerung und besteht aus M- und V-Führungsschienen mit dem entsprechenden Winkel-Flachkäfig und J- und S-Führungsschienen mit dem entsprechenden Flachkäfig.

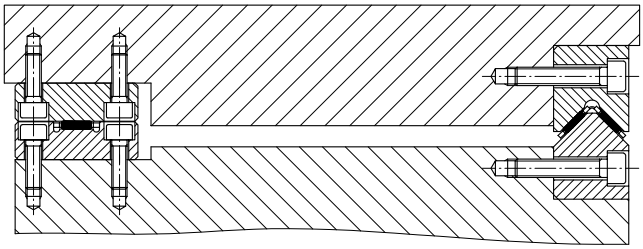


Bild 2. Offene Anordnung M/V, J/S

Geschlossene Anordnung LUE

Diese Anordnung kann Lasten und Momente in beliebigen Richtungen bei höchsten Genauigkeitsanforderungen aufnehmen. Das System ist durch masslich aufeinander abgestimmte Komponenten in sich vorgespannt.

Die Aufteilung in Fest- und Loslagerung verhindert das Verspannen des Systems durch Wärmedehnungen. Die Führung besteht aus M- und V-Führungsschiene, J- und S-Führungsschiene, Umgriffen LU, Winkel-Flachkäfig und Flachkäfig.

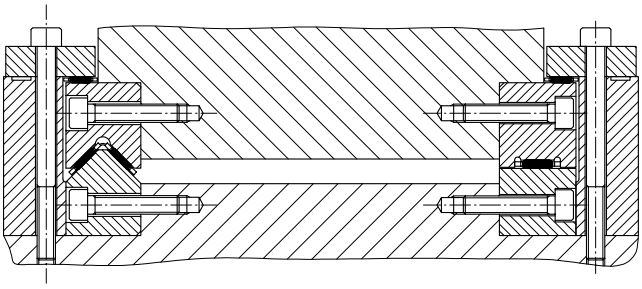


Bild 3. Geschlossene Anordnung M/V

1.3.2 BESTIMMUNG DER SCHIENEN- UND KÄFIGLÄNGEN

Steifigkeit und Tragfähigkeit der Führung werden durch die Grösse und Länge des Flachkäfigs bestimmt (LK). Dabei steigt das Lastaufnahmevermögen und die Tragfähigkeit für Momente um die Längsachse (Rollen) proportional zur Käfiglänge, während die zulässigen Momente um die Hochachse (Gieren) und Querachse (Nicken) im Quadrat mit der Käfiglänge steigen.

Auslegungsgrundlagen:

– Der Käfig legt immer den halben Weg der bewegten Schiene zurück.
– der Käfig muss stets auf seiner ganzen Länge zwischen den beiden Führungsschienen bleiben
– Abstreifer müssen immer auf den Laufbahnen aufliegen

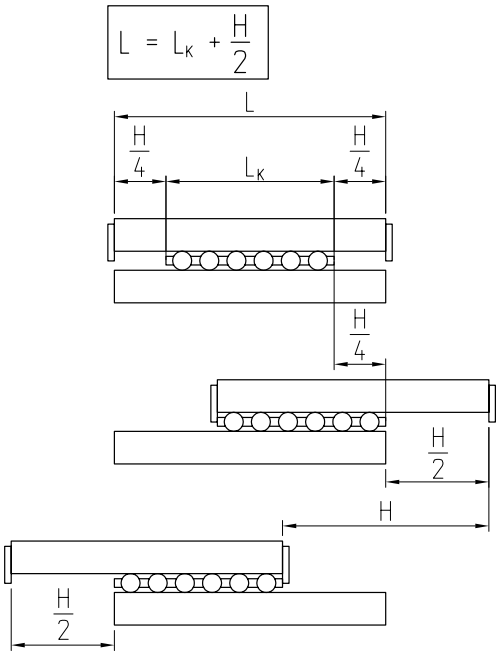
Empfehlung für minimale Käfiglängen, abhängig vom Hub:

$L_K \geq 1.5 \cdot H$	für offene Anordnung, um die Ausnutzungsgrenze (Bild 12, Seite 26) einzuhalten
$L_K \geq H$	für geschlossene Anordnung

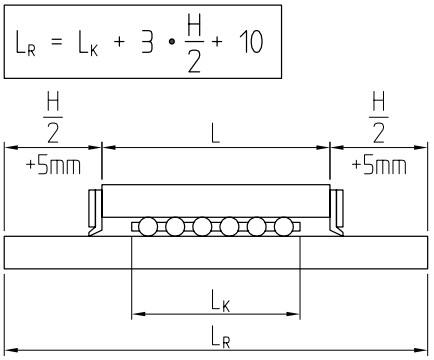
H	**mm**	Abstand der Hub-Extremlagen

A) Berechnung der Schienenlängen L, L_R
bei vorgegebener Käfiglänge und vorgegebenem Hub:

Führungen ohne Abstreifer

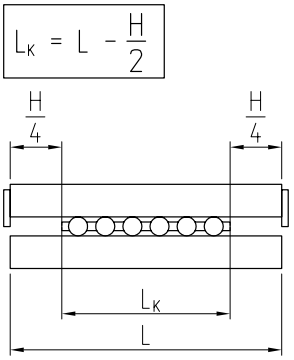


Führungen mit Abstreifer



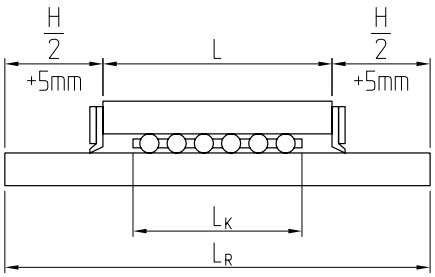
B) Berechnung der Käfiglänge L_K
bei vorgegebenen Schienenlängen und vorgegebenem Hub:

Führungen ohne Abstreifer



Führungen mit Abstreifer:

$$L_K = L_R - 3 \cdot \frac{H}{2} - 10$$



Anhand der Belastungs- und Steifigkeitsvorgaben und der ermittelten Käfiglänge kann die notwendige Käfiggrösse gewählt werden.

Besondere Längenverhältnisse:

Werden die Längen nach obigen Gleichungen ausgelegt, so befindet sich der Flachkäfig in jeder Hubposition zwischen den Laufbahnen.

Um maximale Tragfähigkeit oder einen grossen Hub zu erreichen, können bei normalen Betriebsbedingungen die Längen so ausgelegt werden, dass der Flachkäfig über die Schienenenden hinausfährt. In diesem Falle sind Laufbahneinläufe (Nachsetzzeichen E2) vorzusehen.

1.3.3 BOHRUNGSTYPEN UND BOHRBILDER

Führungsschienen werden mit Schrauben befestigt. Hierzu sind EGIS-Führungsschienen mit 4 Bohrungstypen lieferbar. (Bild 4).

EGIS-Führungsschienen der Baureihen M und V in Normlängen werden gehärtet und vorgeschliffen mit Senklöchern T15 bevorratet. Durch den Einbau von Einsatzmuttern ESM können diese Schienen wie mit einem Gewindeloch (T03) befestigt werden (Bild 5). Die Einsatzmuttern müssen getrennt bestellt und in die Senkung eingeklebt werden (T13, Zubehör, Seite 91).

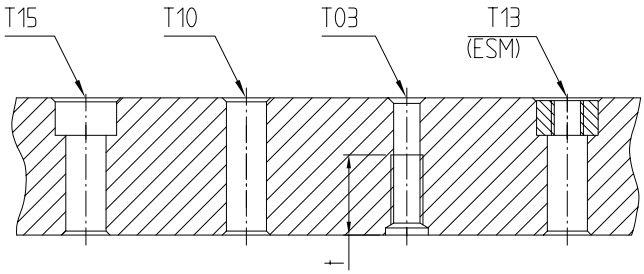


Bild 4. Bohrungstypen

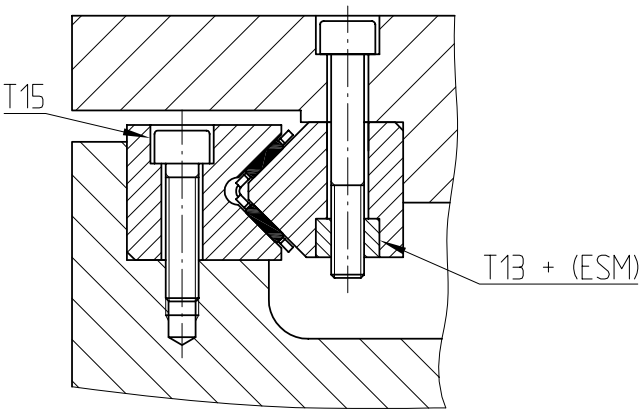


Bild 5. Befestigung mit Bohrungstyp T13

Ohne besondere Angabe sind die Lochabstände L1 und L2 an beiden Enden einer Schiene gleich gross und abhängig von der Schienenlänge (symmetrisches Bohrbild, Bild 6).
Auf Wunsch sind auch Schienen mit unsymmetrischem Bohrbild lieferbar.
In diesem Falle müssen $L1 \geq L1_{min}$ und $L2 \geq L2_{min}$ sein.

△ Lage des Abstandes L1 beachten! Definition der Lage von L1 siehe Bild 7.
Nachsetzzeichen LA (L1/L2)

Bohrbilder ermitteln

Anzahl der Teilungen

$$n = \frac{(L-2 \cdot L1_{min})}{LA}$$ ganzzahliger Anteil

Abstände L1 und L2

$$L1+L2 = L-n \cdot LA$$

Führungsschienen mit symmetrischem Bohrbild

$$L1 = L2 = (L-n \cdot LA)/2$$

Zahl der Bohrungen

$$x = n+1$$

L	**mm**	Länge der Führungsschiene
LA	**mm**	Bohrungsabstand
L1,L2	**mm**	Abstand Schienenanfang bzw. Schienenende zur nächsten Bohrung
$L1_{min}$, $L2_{min}$	**mm**	Mindestwert für L1 und L2 (Tabellen Abmessungen)
n	**-**	maximal mögliche Teilungen
x	**-**	Anzahl der Bohrungen

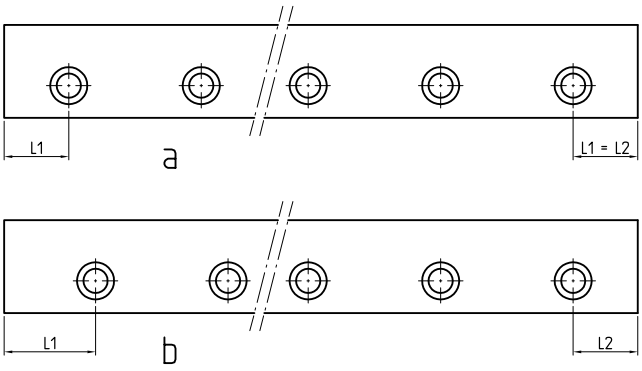


Bild 6. Symmetrisches (a) und unsymmetrisches (b) Bohrbild bei einer Bohrungsreihe

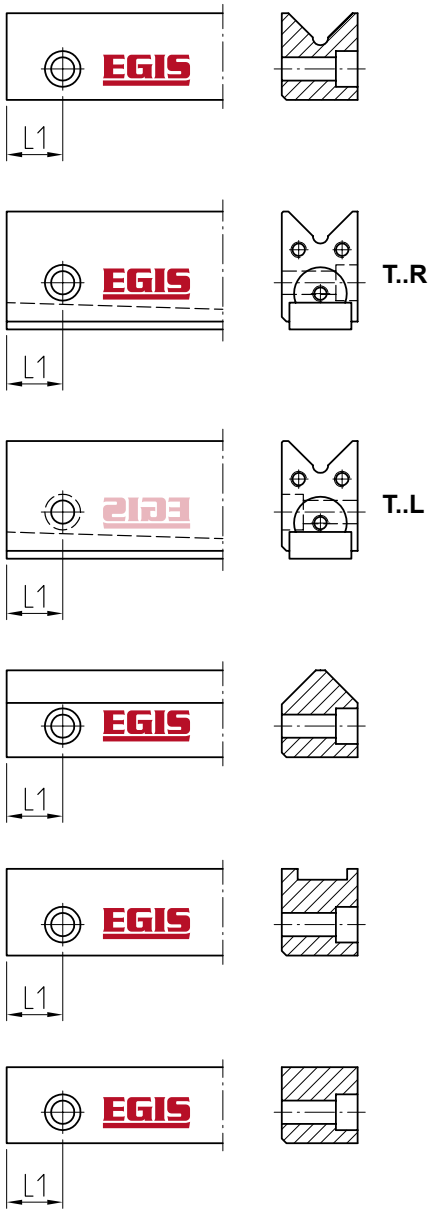


Bild 7. Lage des Abstandes der ersten Bohrung vom Schienenanfang L1

1.3.4 ENDSTÜCKE UND ABSTREIFER

Endstücke oder Endstücke mit Abstreifer halten den Käfig in den Hub-Endpositonen in seiner richtigen Lage. Pro Käfig sind zwei Endstücke zu montieren. Ist dies nicht möglich, so müssen Teile der Anschlusskonstruktion die Funktion der Endstücke übernehmen.

△ Endstücke oder Abstreifer dürfen nicht zur Hubbegrenzung eingesetzt werden.

△ Endstücken oder Abstreifer dürfen sich nicht kreuzen (Bild 8)

In bestimmten Anwendungsfällen, z. B. bei hohen Beschleunigungen, Extrembelastungen in den Hubendpositionen oder bei wechselnden, aber über längere Zeiträume jeweils gleichbleibenden Teilhüben, kann die Käfigpositionierung durch normale Endstücke unter Umständen nicht mehr gewährleistet sein. In solchen Fällen bietet sich bei Einsatz von Abstreifern die Montage von zusätzlichen Endstücken vor den Abstreifern oder als optimale Lösung die integrierte Zwangsführung des Käfigs an (Baureihe MVZ, Seite 54).

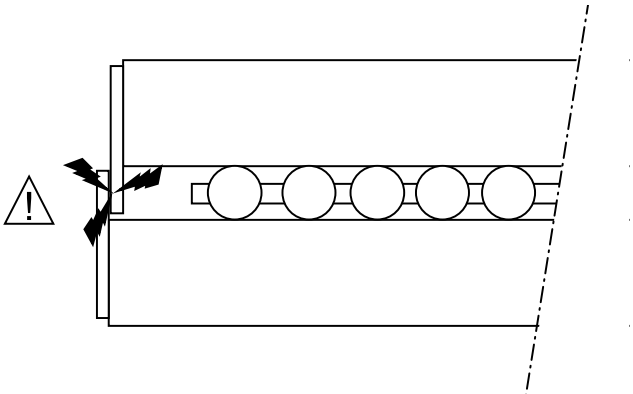


Bild 8. Falsch montierte Endstücke oder Abstreifer

1.3.5 TRAGZAHLEN, TRAGFÄHIGKEIT

Für die Auslegung einer Flachkäfigführung sind die dynamischen und statischen Tragzahlen massgebend.
Die Tragzahlen für Längsführungen ohne Wälzkörperumlauf sind nach der internationalen Norm ISO 14728 definiert.

1.3.5.1 STATISCHE TRAGZAHLEN

Die statischen Tragzahlen C_0 sind die Belastungen, die an Laufbahnen und Wälzkörpern eine bleibende Gesamtverformung von einem Zehntausendstel des Wälzkörperdurchmessers hervorrufen.

Statische Tragsicherheit

Die statische Tragsicherheit S_0 ist die Sicherheit gegenüber bleibender Verformung im Wälzkontakt.

$$S_0 = \frac{C_{0w}}{P_0}$$

S_0		statische Tragsicherheit
C_{0w}	**N**	wirksame statische Tragzahl (Seite 24)
P_0	**N**	maximale statisch äquivalente Belastung.

△ Tragsicherheit beachten!

Nach ISO 14728 darf die statische Sicherheit $S_0 = C_0/P_0$ den Wert 2 nicht unterschreiten.

Werden hohe Anforderungen an die Laufgenauigkeit und Laufruhe gestellt, sollte eine statische Tragsicherheit von $S_0 = 3$ nicht unterschritten werden.

1.3.5.2 STATISCHE TRAGFÄHIGKEIT

Die zulässige statische Belastung einer Flachkäfigführung wird durch folgende Eigenschaften begrenzt:

– Statische Tragzahl der Flachkäfige:
Empfehlungen für S_0 beachten.
– Tragfähigkeit der Laufbahnen:
Erforderliche Härte HRC 58 min.
– Belastbarkeit der Anschlusskonstruktion:
Die Anschlusskonstruktion wird in der Regel auf hohe Steifigkeit und daher mit ausreichender Festigkeit ausgelegt.
– Belastbarkeit der Schraubenverbindung:
Die Auslegung der Schienenbefestigung basiert unter Berücksichtigung üblicher Werkstoffe für die Anschlusskonstruktion auf der Schraubenfestigkeit 8.8 und den entsprechenden Anziehdrehmomenten.
Mit Schrauben dieser Festigkeit können einerseits die Belastungen übertragen werden und andrerseits wird die Genauigkeit der Führung kaum beeinflusst.

  Bei der Verwendung von Schrauben höherer Festigkeitsklassen sollte im Interesse der Genauigkeit das Anziehdrehmoment entsprechend der Festigkeitsklasse 8.8 nicht überschritten werden (Ausnahme: Umgriff der LUE-Systeme, siehe Seite 73).

△ Für S0 <3 bei vorwiegender Zug- und/oder Momentenbelastung Schraubenverbindung überprüfen!

TRAGZAHLEN, TRAGFÄHIGKEIT

1.3.5.3 DYNAMISCHE TRAGZAHLEN

Basis der dynamischen Tragzahl C ist die mit einer Zuverlässigkeit von 90% erreichte oder überschrittene, nominelle Lebensdauer von 100000 m Verschiebeweg.

1.3.5.4 DYNAMISCHE TRAGFÄHIGKEIT UND LEBENSDAUER

Die dynamische Tragfähigkeit wird durch das Ermüdungsverhalten der Lagerkomponenten bestimmt. Der Ermüdungszeitraum -die Lebensdauer in Stunden- ergibt sich aus der Belastung und der Verfahrgeschwindigkeit der Führung sowie der statistischen Wahrscheinlichkeit des Auftrittes eines Schadens.

Nominelle Lebensdauer

$$L = \left(\frac{C_w}{P}\right)^p$$

$$L_h = \frac{8.33 \cdot 10^5}{H \cdot n_{osz}} \cdot \left(\frac{C_w}{P}\right)^p$$

$$L_h = \frac{1666}{\bar{v}} \cdot \left(\frac{C_w}{P}\right)^p$$

L	**mm**	nominelle Lebensdauer in 100000 m
L_h	**h**	nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden
C_w	**N**	wirksame dynamische Tragzahl (Seite 24)
P	**N**	dynamisch äquivalente Belastung
p	**-**	Lebensdauerexponent
		für rollengelagerte Flachkäfigführungen: p=10/3 für kugelgelagerte Flachkäfigführungen: p=3
H	**mm**	Abstand der Hub-Extremlagen
n_{osz}	**min^{-1}**	Anzahl der Doppelhübe pro Minute
$\bar{v}$	**m/min**	dynamisch äquivalente Geschwindigkeit

△ Nach ISO 14728 darf die dynamische äquivalente Belastung den Wert $P = 0.5 \cdot C_W$ nicht überschreiten.

TRAGZAHLEN, TRAGFÄHIGKEIT

Äquivalente Belastung und Geschwindigkeit

Die Lebensdauergleichungen setzen konstante Belastung und Geschwindigkeit voraus. Ist dies nicht der Fall, können äquivalente Betriebswerte zur Berechnung herangezogen werden. (Norm ISO 281)

Dynamisch äquivalente Belastung
Allgemein

$$P = \sqrt[p]{\left(\int_0^T |v(t) \cdot F^P(t)|dt\right) / \left(\int_0^T |v(t)|dt\right)}$$

Dynamisch äquivalente Geschwindigkeit
Allgemein

$$\bar{v} = \frac{1}{T}\int_0^T |v(t)|dt$$

Stufenweise veränderliche Belastung

$$P = \sqrt[p]{\frac{q_1 \cdot F_1^p + q_2 \cdot F_2^p + ... + q_2 \cdot F_z^p}{100}}$$

Stufenweise veränderliche Geschwindigkeit

$$\bar{v} = \frac{q_1 \cdot v_1 + q_2 \cdot v_2 + ... + q_z \cdot v_z}{100}$$

Stufenweise veränderliche Belastung und stufenweise veränderliche Geschwindigkeit

$$P = \sqrt[p]{\frac{q_1 \cdot v_1 + F_1^p \cdot q_2 \cdot v_2 \cdot F_2^p + ... + q_2 \cdot v_z \cdot F_z^p}{q_1 \cdot v_1 + q_2 \cdot v_2 + ... + q_2 \cdot v_z}}$$

P	**N**	dynamisch äquivalente Belastung
p	**-**	Lebensdauerexponent:
		für rollengelagerte Flachkäfigführungen: p=10/3 für kugelgelagerte Flachkäfigführungen: p=3
q_i	**%**	Zeitanteil an der Wirkungsdauer
F_i	**N**	veränderliche Last
v_i	**m/min**	veränderliche Geschwindigkeit
$\bar{v}$	**m/min**	dynamisch äquivalente Geschwindigkeit

Gebrauchsdauer

Mit Gebrauchsdauer bezeichnet man die tatsächlich zu erwartende Lebensdauer einer Flachkäfigführung. Sie kann von der nominellen Lebensdauer abweichen.

Potentielle Ursachen sind Verschleiss und/oder Ermüdung durch:

– Verschmutzung
– unzureichende Schmierung
– Fluchtungsfehler
– Bewegungen mit sehr kleinen Hüben
– Stillstandserschütterungen (Riffelbildung).

Die Gebrauchsdauer einer Flachkäfigführung kann wegen der Vielfalt der Einbau- und Betriebsverhältnisse im Voraus nicht genau berechnet werden. Ein Vergleich mit ähnlichen Einbaufällen ergibt die zuverlässigsten Aussagen.

1.3.5.5 WIRKSAME TRAGZAHL

Die bei den jeweiligen Produkten angegebenen dynamischen und statischen Tragzahlen C und C_0 beziehen sich auf einen Käfig mit einer theoretischen Länge von 100 mm. Dies erlaubt den unmittelbaren Vergleich der Tragfähigkeit von Flachkäfigen verschiedener Baureihen und Baugrössen. Für die tatsächlich tragenden Käfiglängen sind die wirksamen dynamischen und statischen Tragzahlen C_w und C_{0w} nach den folgenden Gleichungen zu berechnen.

Für Nadelrollenflachkäfige:

$$C_w = C \cdot \left(\frac{L_K - 2L1 + LA}{100}\right)^{\frac{3}{4}} \cdot \left(\frac{L_K - 2L1}{100 - LA}\right)^{\frac{1}{36}}$$

$$C_{0w} = C_0 \cdot \left(\frac{L_K - 2L1 + LA}{100}\right)$$

Für Kugelflachkäfige:

$$C_w = C \cdot \left(\frac{L_K - 2L1 + LA}{100}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{L_K - 2L1}{100 - LA}\right)^{\frac{1}{36}}$$

$$C_{ow} = C_o \cdot \left(\frac{L_K - 2L1 + LA}{100}\right)$$

C	**N**	dynamische Tragzahl für eine Käfiglänge von 100 mm (Tabelle Abmessungen)
C_0	**N**	statische Tragzahl für eine Käfiglänge von 100 mm (Tabelle Abmessungen)
C_w	**N**	wirksame dynamische Tragzahl
C_{0w}	**N**	wirksame statische Tragzahl
L_K	**mm**	Länge des Käfigs (Bild 9)
L1	**mm**	Abstand der ersten oder letzten Taschenmitte vom Käfigende (Bild 9)
LA	**mm**	Taschenteilung des Käfig-Grundkörpers (Bild 9, Tabelle Abmessungen)

Die Werte für C_{0w} und C_w entsprechen der Tragzahlberechnung nach ISO 14728

△ Die Gleichungen ergeben nur dann genaue Ergebnisse, wenn der Käfiglänge Lk eine ganzzahlige Anzahl von Wälzkörpern pro Reihe zugrunde gelegt wird.

Gleichung für Kontrolle von Z:

$$Z = \frac{L_K - 2L1}{LA} + 1 = \text{ganzzahlig!}$$

Z - Anzahl der Wälzkörper pro Reihe. (Bild 9)

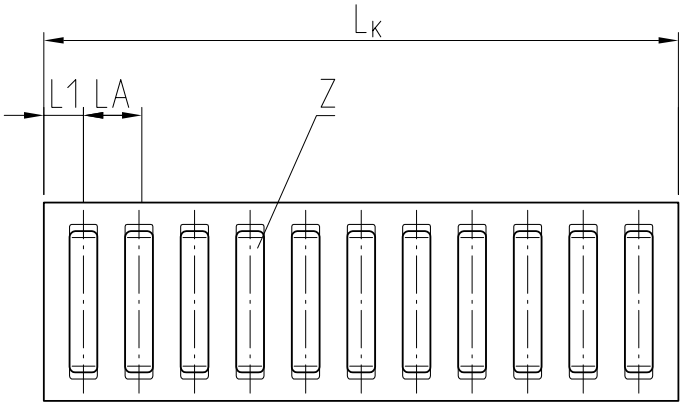


Bild 9. Abmessungen zur Ermittlung der wirksamen Tragzahl

1.3.5.6 KORREKTURFAKTOREN FÜR DIE TRAGFÄHIGKEIT

Die bei den jeweiligen Produkten angegebenen Tragzahlen gelten nur unter folgenden Voraussetzungen:

– Laufbahnhärte ≥ HRC 58 (670HV)

– Zentrische Lastrichtung

Abweichende Bedingungen sind mittels folgender Korrekturfaktoren zu berücksichtigen:

– Härtefaktoren f_{H0} bzw f_H

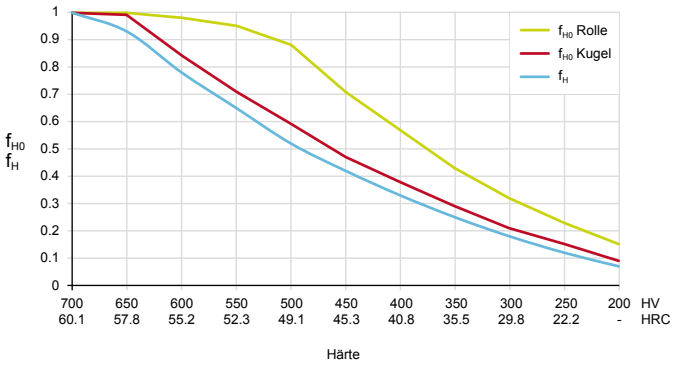
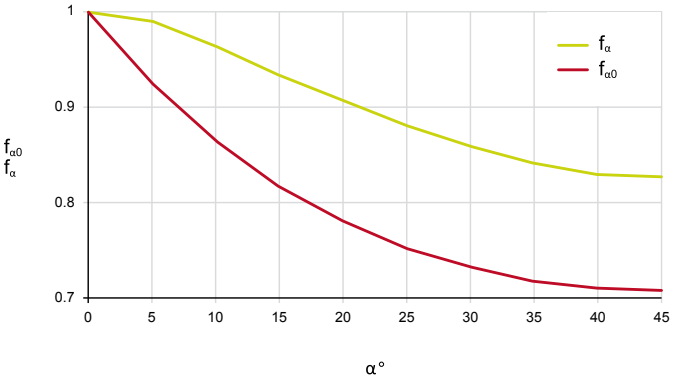


Bild 10. Härtefaktoren

– Faktor Lastrichtung f_α bzw. $f_{\alpha 0}$
Die Tragzahlen bei den jeweiligen Produkten gelten unter der Voraussetzung, dass die Last symmetrisch zu den Käfigschenkeln wirkt ($\alpha = 0°$). Korrekturfaktor für andere Lastrichtungen siehe Bild:



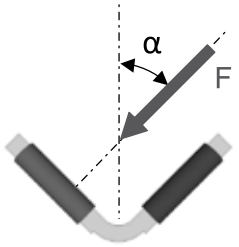


Bild 11. Faktor Lastrichtung

Statische Tragzahl

$$C_{0we} = f_{\alpha 0} \cdot f_{H0} \cdot C_{0w}$$

C_{0we}	**N**	Korrigierte, effektiv wirksame statische Tragzahl
$f_{\alpha 0}$	-	statischer Lastrichtungsfaktor
f_{H0}	-	statischer Härtefaktor
C_{0w}	**N**	statische Tragzahl für die effektive Käfiglänge

Dynamische Tragzahl

$$C_{we} = f_\alpha \cdot f_H \cdot C_w$$

C_{we}	**N**	Korrigierte, effektiv wirksame dynamische Tragzahl
f_α	-	dynamischer Lastrichtungsfaktor
f_H	-	dynamischer Härtefaktor
C_w	**N**	dynamische Tragzahl für die effektive Käfiglänge

1.3.5.7 EXZENTRISCHE BELASTUNG

In einer Längsführung ohne Wälzkörperumlauf legt der Flachkäfig stets den halben Weg der bewegten Führungsschiene zurück und ändert damit seine Position gegenüber der Belastung. Deshalb ist er meistens nicht gleichmässig belastet.
Die bei den jeweiligen Produkten angegebenen Tragzahlen gelten jedoch nur bei gleichmässiger Lastverteilung.

Exzentrische Belastung bei offener Anordnung

Offene Anordnung: siehe Auslegung, (Seite 16, Bild 2)

Bei exzentrischer Belastung kann die Tragfähigkeit mit der statischen äquivalenten Käfiglast ermittelt werden (Bild 12).

$P_0 = k_{0F} \cdot F$

P_0	**N**	statisch äequivalente Belastung
k_{0F}	-	statischer Lastfaktor
F	**N**	Belastung der Führung

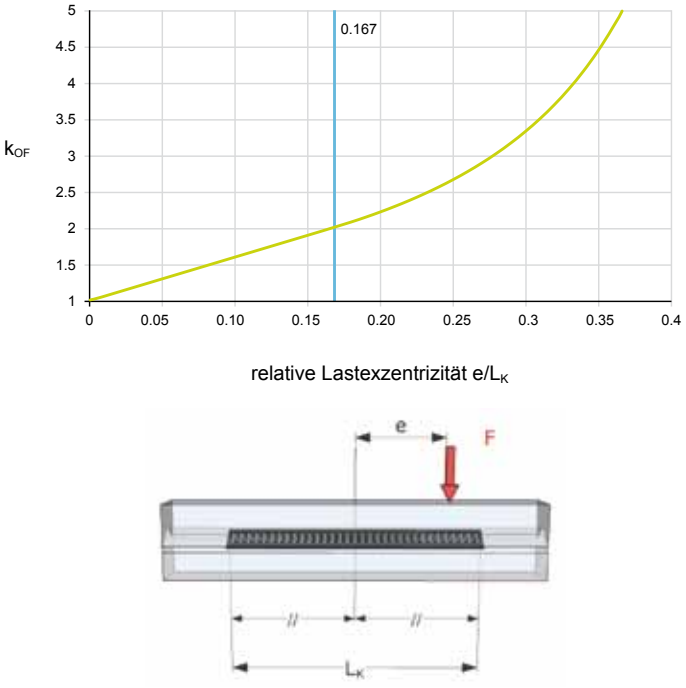


Bild 12. Statischer Lastfaktor bei exzentrisch belasteten Flachkäfigen und offener Anordnung

△ Ab einer Lastexzentrizität > 0.167 ist nur noch ein Teil der Wälzkörper belastet. Dadurch werden Tragfähigkeit und Steifigkeit der Führung stark beeinträchtigt.

Exzentrische Belastung bei geschlossener Anordnung

Geschlossene Anordnung : siehe Auslegung, (Seite 16, Bild 1)

Längsführungen in geschlossener Anordnung können zusätzliche Lasten und Kippmomente aufnehmen.
In diesen Fällen ist die Berechnung der äquivalenten Käfiglast verhältnismässig aufwändig. Auf Anfrage bietet EGIS Unterstützung mit entsprechenden Berechnungsprogrammen. (Seiten 28 bis 31)

1.3.5.8 BERECHNUNG

Beispiel

Eingabedaten

Führungsschiene			M 5025 und V 5025
Flachkäfig			E-HW15
dynamische Tragzahl für eine Käfiglänge von 100mm	C	=	25960 N
statische Tragzahl für eine Käfiglänge von 100mm	C_0	=	88900 N
Betriebslast, zentrisch auf die Führung wirkend (Faktoren f_α, $f_{\alpha 0}$, k_{0F} = 1)	F	=	9500 N
Dynamisch äquivalente Belastung	P	=	9500 N
Statisch äquivalente Belastung	P_0	=	9500 N
Abstand der Hub-Extremlagen	H	=	100 mm
Anzahl Doppelhübe je Minute	n_{osz}	=	50 min^{-1}
Käfiglänge	L_K	=	300 mm

Gesuchte Daten

Statische Tragsicherheit	S_0
Nominelle Lebensdauer	L und L_h

Berechnung

Überprüfung der Anzahl Wälzkörper pro Reihe (LA, L1, Masstabellen)

$$Z = \left(\frac{L_K - 2L1}{LA}\right) + 1 \qquad Z = \left(\frac{300 - 7}{4.5}\right) + 1 = 66$$

Für Berechnung:

$$L_K = (Z-1) \cdot LA + 2L1 = 299.5 \text{ mm}$$

Wirksame statische Tragzahl

$$C_{0w} = C_0 \cdot \frac{L_K - 2L1 + LA}{100}$$

$$C_{0w} = 88900 \cdot \frac{297}{100} = 264000 \text{ N}$$

Statische Tragsicherheit S_o

$$S_0 = \frac{C_{0w}}{P_0} \qquad S_0 = \frac{264000}{9500} = 27.8$$

Wirksame dynamische Tragzahl C_w:

$$C_w = C \cdot \left(\frac{L_K - 2L1 + LA}{100}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{L_K - 2L1}{100 - LA}\right)^{1/36}$$

$$C_w = 25960 \cdot \left(\frac{295}{100}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{288}{95.5}\right)^{1/36} = 60250 \text{ N}$$

Nominelle Lebensdauer L:

$$L = \left(\frac{C_w}{P}\right)^{10/3} \qquad L = \left(\frac{60250}{9500}\right)^{10/3} = 472 \cdot 10^5$$

Nominelle Lebensdauer Lh

$$L_h = \frac{8.33 \cdot 10^5}{H \cdot n_{osz}} \cdot \left(\frac{C_w}{P}\right)^{10/3}$$

$$L_h = \frac{8.33 \cdot 10^5}{100 \cdot 50} \cdot 472 = 78600 \text{ h}$$

Berechnungsprogramm

Die Berechnung auf den Seiten 21 bis 27 ermöglicht eine erste Auslegung von Flachkäfigführungen.
Dabei gehen die Gleichungen von einem statisch bestimmten System aus.
In der Praxis handelt es sich aber meistens um ein statisch unbestimmtes System. Dieses lässt sich nicht einfach berechnen, sondern erfordert für eine genaue Berechnung die Berücksichtigung der Vorspannung und der inneren Lastverteilung.
Mit einem entsprechenden Berechnungsprogramm von EGIS lassen sich Tragfähigkeit und Steifigkeit für unterschiedliche Belastungen berechnen.

Das Berechnungsprogramm ermittelt unter anderem folgende Daten:

– statische Tragsicherheit
– Verlagerungen, die sich aus der Elastizität der Lagerung ergeben.

Dabei wird das nichtlineare Federungsverhalten der Wälzkörper berücksichtigt.
Die Anschlusskonstruktion wird als starr angenommen.

Für die Berechnung sind für jeden Lastfall folgende Angaben erforderlich(Bild 14 und Datenblatt, Seite 29):

– Grösse und Lage der Führungselemente
– Lage der Antriebsachse
– Lage der Angriffspunkte und Komponenten von äusseren Kräften
– Querkraftfreie Momente
– Lage der Schwerpunkte und Grösse von Gewichten
– Bewegungsgrössen
– Wirkungsdaueranteil

Mit dem nachfolgenden Datenblatt lassen sich Geometrie und Belastungen einfach beschreiben.
Für die Beschreibung wird ein rechtshändiges Koordinatensystem benützt. Für Momente gilt die Rechtsschraubenregel.

Lage des Koordinatenursprungs:

– Schlitten in Hub-Mittelposition
– x: Mitte der tragenden Käfiglänge
– y: Mittelebene der Führungsschienen
– z: Mittig zwischen den Führungsschienen

Für die Berechnung können eine oder mehrere von der Mittellage abweichende Hubpositionen angegeben werden.

Die im Datenblatt eingetragenen Daten entsprechen beispielhaft der im Bild 15 dargestellten Führung.

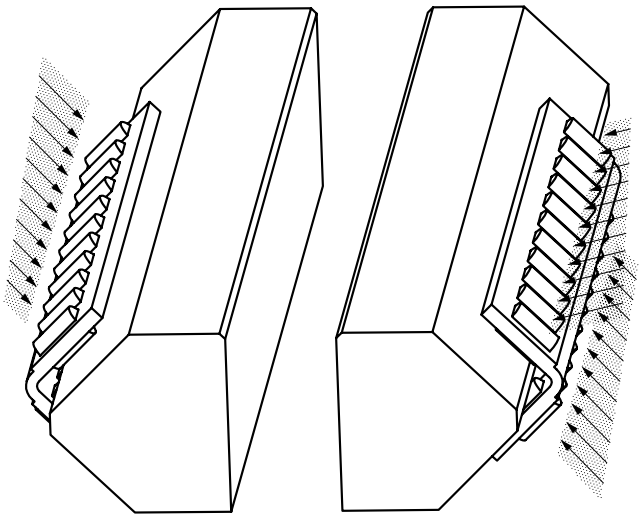


Bild 13. Innere Lastverteilung bei Belastung durch Kräfte und Momente

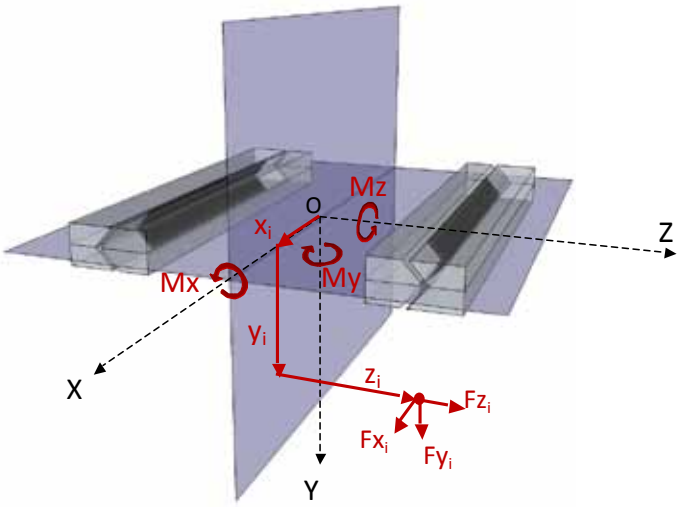


Bild 14. Koordinatensystem

Datenblatt

Projekt : Beispiel

Führung : Horizontal Bohrschlitten

Führungsgeometrie

Schienengrösse		4020	
Käfiglänge	L_K	200	mm
Führungsabstand	b1	145	mm
Einbauanordnung		XI	
Hub	H	110	mm

Lage der Antriebsachse

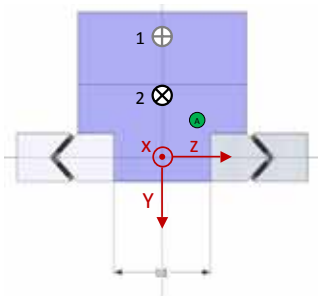
	y_A	-32	mm
	z_A	30	mm

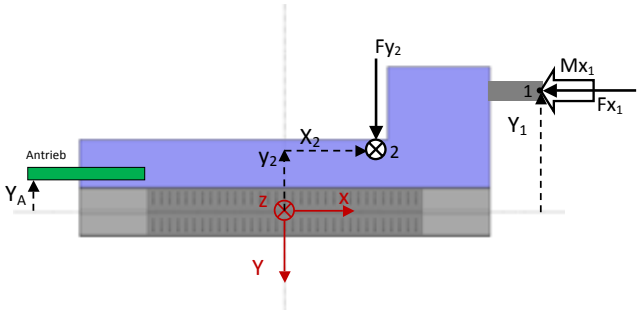
Lastfall Nr. / Beschreibung

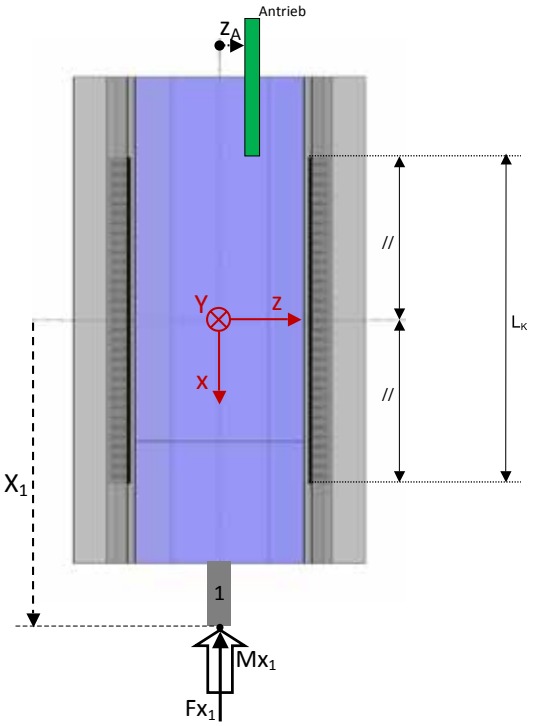
Nr.	1	Bohren			
Schlittenposition(en) für die Berechnung x_B	50				mm
Geschwindigkeit v	3				m/min
Wirkungsdaueranteil q	50				%

Punkt i	Beschreibung	Koordinaten			Kräfte, Kompnenten			Momente		
		x_i	y_i	z_i	F_{xi}	F_{yi}	F_{zi}	M_{xi}	M_{yi}	M_{zi}
		mm	mm	mm	N	N	N	Nmm	Nmm	Nmm
1	Bohrwerkzeug: Bohrdruck, Drehmoment	195	-90	0	-1200			-20000		
2	Gewicht Schlitten + Spindel	55	-40	0		800				
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Beispiel: Horizontal-Bohrschlitten







Einbauanordnung

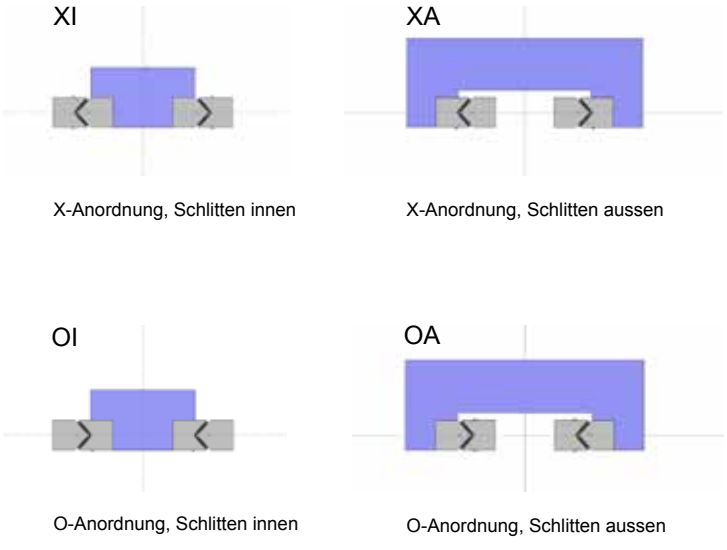


Bild 15. Geometrie und Belastungsangaben

Beispiel : Horizontal-Bohrschlitten

Resultate

Kraft auf Schlittenantrieb
Resultierende Belastung auf Führung:

Fx =	-1200	N
Fy =	800	N
Fz =	0	N
Mx =	-20000	Nmm
My =	-36000	Nmm
Mz =	-82400	Nmm

Erforderliche Vorspannkraft **Pv =** 3050 N

Prozentsatz der statischen Tragfähigkeit **C_0:** 2.54 %

Verlagerung der Führung:

del y =	0.13992	µm
del z =	-0.00719	µm
phi x =	-0.00152	mrad
phi y =	-0.00389	mrad
phi z =	-0.00863	mrad

Statische Tragsicherheit: **S_0 =** 31.6

Verlagerung am Punkt i (µm)

Nr.	del ix	del iy	del iz
1	-0.27622	0.18561	0.04155
2	-0.77686	-1.54327	0.88915
3	-0.34527	-0.33483	0.26788

Die berechneten Verlagerungen enthalten nur die Auswirkung der Einfederung von Wälzkörpern und Laufbahnen.
Die Deformationen der Anschlusskonstruktion sind nicht berücksichtigt.

1.4 STEIFIGKEIT

Flachkäfigführungen haben Nadelrollen, Zylinderrollen oder Kugeln als lastübertragende Wälzkörper. Nadelrollen und Zylinderrollen haben im Wälzkontakt Linienberührung, Kugeln dagegen Punktberührung. Die Betriebslast F bewirkt in den Kontaktstellen eine elastische Verformung und damit eine Annäherung der Laufbahnen um die Einfederung δ.

Steifigkeit ist das Verhältnis von Belastung und Verformung:

$$C_L = \frac{F}{\delta}$$

Bei gleichem Flächenbedarf weisen Führungen mit Nadelrollen aufgrund der Vielzahl der Kontaktlinien eine wesentlich grössere Steifigkeit auf als solche mit Zylinderrollen. Die Steifigkeit von Führungen mit Kugeln ist aufgrund der Punktberührung um ein Vielfaches kleiner (Bild 16).

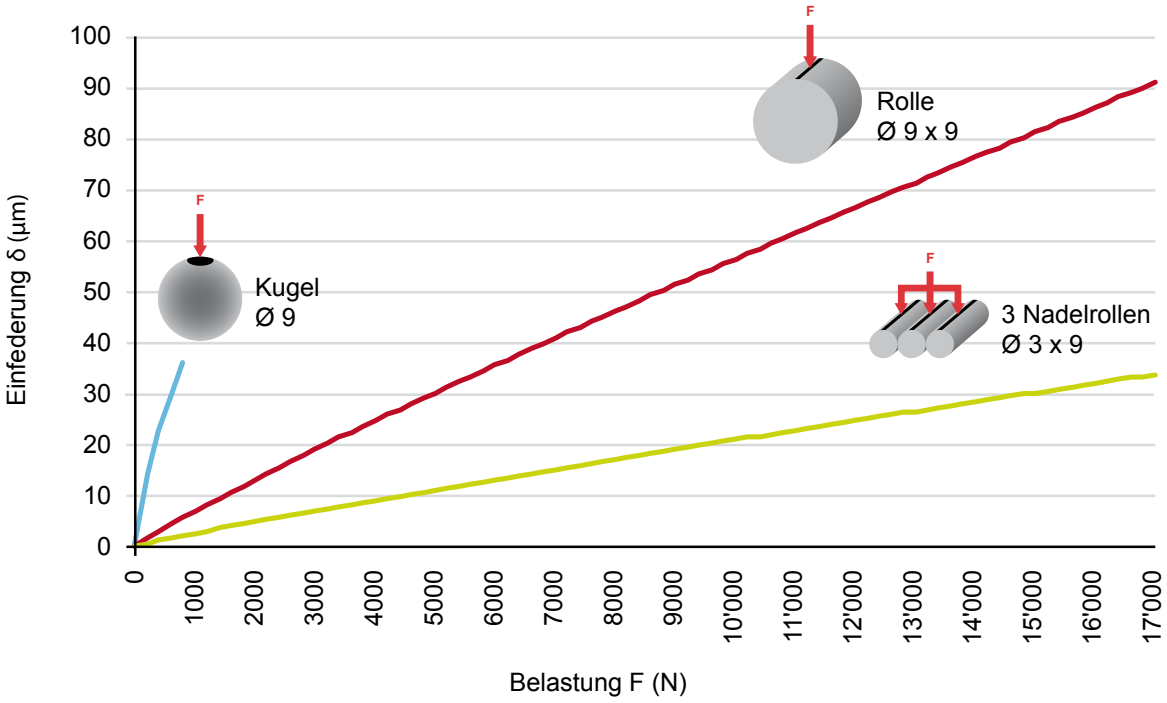


Bild 16. Vergleich der Wälzkörperformen bei gleichem Flächenbedarf

△ Verformungen der Anschlusskonstruktion sowie Setzungserscheinungen u. ä. sind dabei nicht berücksichtigt. Die Verformung kann deshalb in der Praxis etwas höher sein.

Bei Führungen mit M- und V-Führungsschienen in geschlossener Anordnung kann die Steifigkeit durch Vorspannung erhöht werden (Vorspannung, Seite 34).

Die Steifigkeit ist abhängig von der Belastung und der Anzahl sowie Geometrie der Wälzkörper.

Flachkäfigführungen mit Linienberührung

$$\delta = K \cdot (F/Z)^{0.9} / L_w^{0.8}$$

$$C_L = 1/K \cdot F^{0.1} \cdot Z^{0.9} \cdot L_w^{0.8}$$

Flachkäfigführungen mit Punktberührung

$$\delta = K \cdot (F/Z)^{2/3} / D_w^{1/3}$$

$$C_L = 1/K \cdot F^{1/3} \cdot Z^{2/3} \cdot D_w^{1/3}$$

δ	**µm**	elastische Verformung in den Kontaktstellen, Annäherung der beiden Laufbahnebenen
K	**-**	Faktor zur Ermittung der elastischen Verformung, abhängig von der Bauform (Tabelle 17)
F	**N**	Betriebslast
Z	**-**	Anzahl der Wälzkörper pro Reihe
L_w	**mm**	Wälzkörperlänge
C_L	**N/µm**	Steifigkeit der Flachkäfigführung
D_W	**mm**	Kugeldurchmesser.

Berechnungsbeispiel

Führungsschiene	M 5025 und V 5025
Flachkäfig	E-HW15 x 300
Betriebslast	F = 9500 N
Anzahl Wälzkörper pro Reihe	Z = 66
Wälzkörperlänge	L_w = 6.8 mm
Faktor für Bauform (Tabelle)	K = 0.0822

Berechnung der elastischen Verformung:

$$\delta = K \cdot (F/Z)^{0.9} / L_w^{0.8}$$

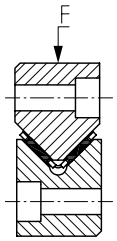
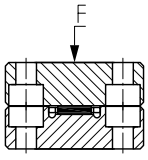
$$\delta = 0.0822 \cdot (9500/66)^{0.9} / 6.8^{0.8} = 1.6\ \mu m$$

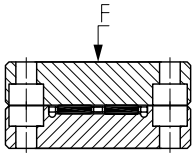
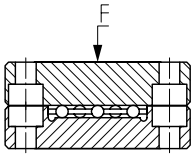
Berechnung der Steifigkeit:

$$C_L = 1/K \cdot F^{0.1} \cdot Z^{0.9} \cdot L_w^{0.8}$$

$$C_L = 1/0.0822 \cdot 9500^{0.1} \cdot 66^{0.9} \cdot 6.8^{0.8} = 6100\ N/\mu m$$

Tabelle 17: Faktor K zur Bestimmung der elastischen Verformung

Führungsschiene Bauform	Faktor K
	**0.0822**
	**0.0794**

Führungsschiene Bauform	Faktor K
	**0.0426**
	**0.8776**

1.5 VORSPANNUNG

Eine Vorspannung von Flachkäfigführungen kann aus folgenden Gründen nützlich sein:

– Erhöhung der Steifigkeit
– Verbesserung der Laufgenauigkeit
– Verbesserung der Lastverteilung und damit Reduzierung der Höchstlast auf die äussersten Wälzkörper
– Erhöhung der zulässigen Momente

Die Vorspannung hat Einfluss auf Verschiebewiderstand und Lebensdauer.

Richtwert für die Vorspannung: 2 bis 3% von C0.
Mit den EGIS-Berechnungsprogrammen kann die optimale Vorspannung für konkrete Belastungsdaten festgelegt werden.

Eine optimale Vorspannung verringert die Möglichkeit einer unkontrollierten
Bewegung des Flachkäfigs (Käfigwandern).

Damit die Steifigkeit unserer Längsführungen voll zur Geltung kommt, muss darauf geachtet werden, dass die Anschlusskonstruktion entsprechend starr und präzis ausgeführt wird.

Bei leicht verformbarer oder ungenauer Anschlusskonstruktion können sich zwischen den Laufbahnen Winkelfehler ergeben, welche zu einer erhöhten Belastung an den Wälzkörperenden führen.

Hierbei würde keine erhöhte Steifigkeit erreicht, sondern die Kantenlast hätte eine Verringerung der Gebrauchsdauer zur Folge.

1.5.1 VORSPANNUNG EINSTELLEN

Die Vorspannung lässt sich nach unterschiedlichen Methoden messen und einstellen:

– durch Druckschrauben mit Einstelldrehmoment nach Tabelle, Seite 35
– über die Verschiebereibung F_{RV} des Schlittens (siehe unten)
– über die Messung der Verformung der Anschlusskonstruktion.

$$F_{RV} = \frac{C_{0w}}{40'000}$$

F_{RV}	**N**	Schlittenverschiebereibung
C_{0w}	**N**	wirksame statische Tragzahl

Voraussetzungen:

– Vorspannung 2,5% C_0
– Führung ohne Betriebslast, geschmiert
– Bewegung mit ca. 0,05 m/s

1.5.1.1 DRUCKSCHRAUBEN

Bei kleiner Belastung (S_0>5) kann die Führung mittels Druckschrauben vorgespannt werden.
Durch Anbringen der Druckschrauben (Stiftschrauben nach ISO 4026, DIN 913) zwischen den Befestigungsschrauben und an den Enden der Führungsschienen erhält man gleichzeitig eine kleinere Stützweite (Tabelle 18, Bild 19)

1.5.1.2 FÜHRUNGSSCHIENEN MIT ZUSTELLKEIL

Bei hohen Anforderungen an die Steifigkeit oder bei grösserer Belastung (S0 <5) empfiehlt sich die Verwendung von Führungsschienen ML mit Zustellkeil. Mit diesen wird eine gleichmässige Verteilung der Vorspannung über die gesamte Schienenlänge erreicht.

TABELLE 18. DRUCKSCHRAUBEN / EINSTELLDREHMOMENTE

Führungsschiene	Flachkäfig	Druckschraube		Einstelldrehmoment
		Abmessung	Abstand / mm	M_E[1] / Nm
M / V 3015	E-HW10	M4	40	0.34
M / V 4020	E-HW15	M6	80	1.2
M / V 5025	E-HW16	M6	80	1.8
M / V 4525	E-HRW50	M6	80	1
M / V 6035	E-HW20	M8	100	2.9
M / V 6535	E-HRW70	M8	100	3.5
M / V 7040	E-HW25	M10	100	5.7
M / V 8050	E-HW30	M12	100	7.7

1) Drehmoment für eine Vorspannung von 2,5% C_0

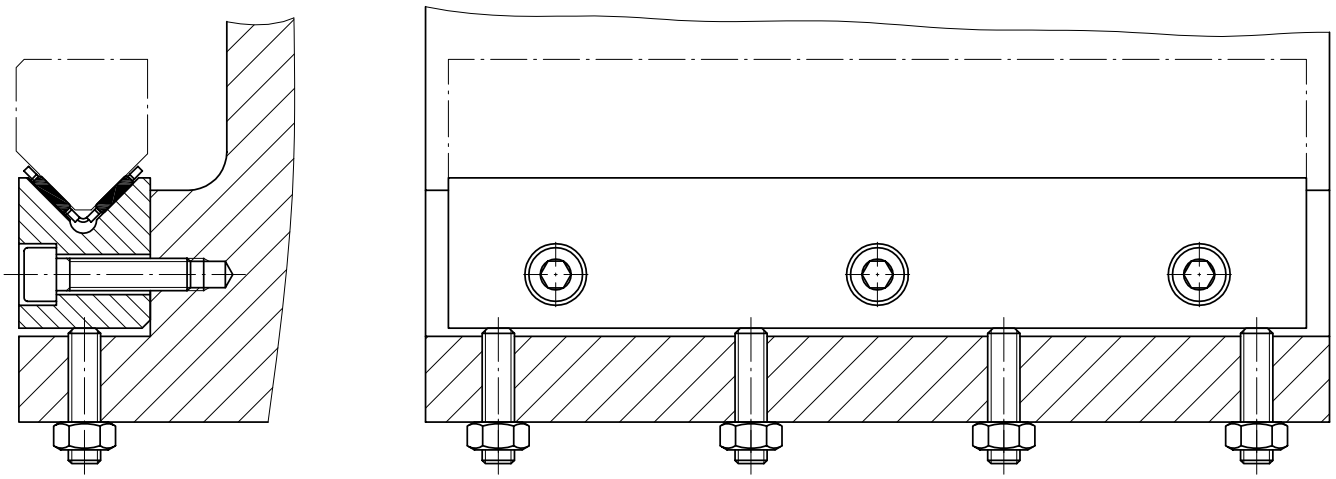


Bild 19. Position der Druckschrauben

1.6 SCHMIERUNG

Die Leistungsfähigkeit von Maschinen wird ganz erheblich durch die eingebauten Flachkäfigführungen beeinflusst. Hierbei spielt die Schmierung eine bedeutende Rolle.

Der Schmierstoff minimiert Reibung und Verschleiss im Wälzkontakt und an den Gleitstellen zwischen Käfig und Wälzkörpern. Daneben bieten Schmierstoffe auch einen beschränkten Korrosionsschutz und sie können die Abdichtung unterstützen.

1.6.1 SCHMIERSTOFFE

Als Schmierstoffe eignen sich Fett oder Öl.
Technische und wirtschaftliche Überlegungen bestimmen die Wahl des Schmierverfahrens:

Vorteile der Fettschmierung

– lange Nachschmierintervalle
– bei Verzicht auf Nachschmierung geringer konstruktiver Aufwand
– Verdicker im Fett ergibt Notlaufeigenschaften
– Unterstützung der Abdichtung

Vorteile der Ölschmierung

– sehr gute Schmierstoffversorgung
– Schmutz wird ausgeschwemmt
– Wärme wird abgeführt

Flachkäfigführungen benötigen nur wenig Schmierung. Sie werden konserviert geliefert. Die Konservierung ist mit Fetten und Ölen verträglich.

Flachkäfigführungen werden meist im Bereich der Mischreibung betrieben. Deshalb sollten legierte Schmierstoffe mit Hochdruckadditiven (Kennbuchstabe P nach DIN 51502) eingesetzt werden.

△ Keine Kühlschmierstoffe verwenden! Sie verdünnen die Schmierstoffe und können Korrosion verursachen. Keine Schmierstoffe mit Feststoffzusätzen verwenden!

1.6.2 FETTSCHMIERUNG

Allgemeine Empfehlung:
Lithiumverseifte, EP-legierte Fette auf Mineralölbasis.
Spezifikation nach DIN 51825: KP2N-20
Grundölviskosität: ISO-VG 150 bis ISO-VG220.

△ Bei hohen Belastungen S_0<8 unbedingt EP –legierte Fette mit einer Grundölviskosität um ISO-VG 220 verwenden.

1.6.2.1 INBETRIEBNAHME UND FETTMENGEN

Führung vor und während der Montage gegen Verunreinigung schützen.

Ohne Nachschmiervorrichtung:
Bei der Erstschmierung die Fettmenge nach Tabelle auf beide Seiten in die Käfigtaschen verteilen. Die Laufbahnen der Führungsschienen ebenfalls dünn befetten.

Mit Nachschmiervorrichtung:
Zuerst die Zufuhrleitung mit Fett befüllen und die Laufbahnen dünn befetten. Danach die Führung montieren und die Fettmenge nach Tabelle zuführen. Bei diesem Vorgang die Führung mehrmals über den ganzen Hub bewegen, um eine gleichmässige Fettverteilung zu erreichen.

TABELLE 20. FETTMENGEN FÜR ERSTSCHMIERUNG (RICHTWERTE)

Flachkäfig / Baureihe	**Fettmenge für Erstschmierung** g/100 mm Käfiglänge [1]
E-HW 10	0.6
E-HW 15[2] / E-FFW 2025 / E-FF 2025 ZW	0.6
E-HW 20[2] / E-FFW 2535 / E-FF 2535ZW	1
E-HW 25[2] / E-FFW 3045 / E-FF 3045 ZW	1.3
E-HW 30[2] / E-FFW 3555 / E-FF 3555 ZW	2.1
E-HRW 50	1.5
E-HRW 70	3.5
E-HRW 100	6.6
E-H 10[2] / E-FF 2010	0.3
E-H 15[2] / E-FF 2515	0.5
E-H 20[2] / E-FF 3020	0.7
E-H 25[2] / E-FF 3525	1.1

1) Bei hohen Geschwindigkeiten nur ca. 25% der Menge
2) Bei gedämpften Käfigen ca. 80% der Menge

1.6.2.2 NACHSCHMIERUNG

Die Nachschmierung sollte mindestens jährlich mit etwa 50% der Fettmenge für die Erstschmierung erfolgen. Dabei ist häufigeres Nachschmieren mit Teilmengen empfehlenswert. Optimaler Zeitpunkt und Menge können nur unter Betriebsbedingungen und bei einer ausreichenden Beobachtungszeit ermittelt werden.

1.6.3 ÖLSCHMIERUNG

Allgemeine Empfehlung:
Schmieröle CLP nach DIN 51517 und HLP nach DIN 51524

Betriebstemperaturen von 0 °C bis +70 °C:
Viskosität zwischen ISO-VG 32 und ISO-VG 68

Tieftemperaturbereich:
Viskosität ISO-VG 10 bis ISO-VG 22

Bettbahnöle CGLP können bis ISO-VG 220 verwendet werden

Ölzuführung über Ölimpuls- oder Tropfölschmierung. Bei Arbeitsbedingungen mit hoher Verschmutzungsgefahr bietet sich Öl-Luftschmierung an. Der dabei entstehende geringe Überdruck in der Führung unterstützt die Wirksamkeit vorhandener Abdichtungen.

Bei der Zuführung des Schmieröls unbedingt die Einbaulage(Bild 21) berücksichtigen, damit der Schmierstoff zu allen Wälzkörperreihen gelangen kann.

Sofern keine Erfahrungen oder Angaben des Ölherstellers vorliegen, muss das Verhalten von Schmierölen gegenüber den in der Führung verwendeten Werkstoffen unter Betriebsbedingungen geprüft werden.

Mineralöle können in der Regel miteinander gemischt werden.

Syntheseöle müssen hingegen in Bezug auf Mischbarkeit und Verträglichkeit geprüft werden.

In Zweifelsfällen empfiehlt sich eine Rückfrage beim Schmierstofflieferant.

Inbetriebnahme
Führung ölen und während der Montage gegen Verunreinigung schützen.

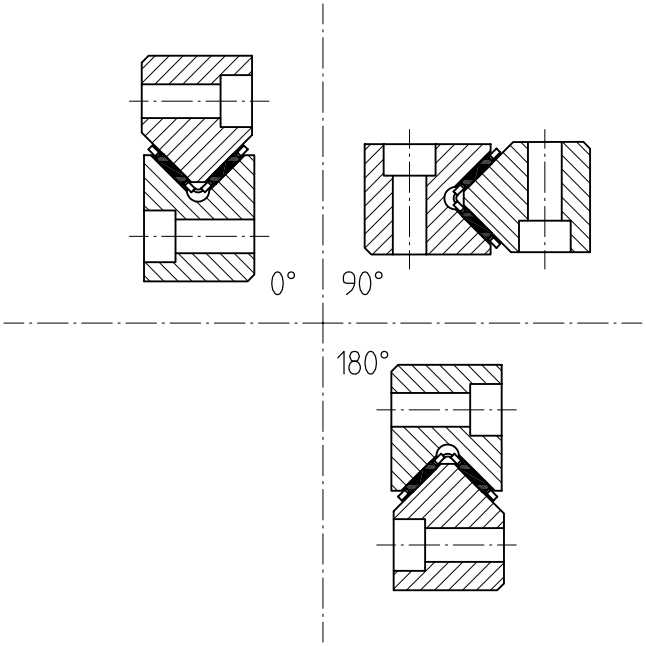


Bild 21. Einbaulagen

1.7 REIBUNG

Flachkäfigführungen haben wie alle Wälzlager eine für Anfahren und Bewegung praktisch gleichbleibende geringe Reibung. Gegenüber der Gleitreibung entsteht dadurch kein „Stick-slip-Effekt“.

Die Reibung (Verschiebewiderstand F_R) setzt sich aus folgenden Anteilen mit unterschiedlichen Abhängigkeiten zusammen:

$$F_R = F_{R1} + F_{R0} + F_{RA}$$

Reibungsanteil		**Abhängigkeit**
Rollreibung	F_{R1}	Belastung/Schmierzustand
Schmiermittelreibung	F_{R0}	Käfigdimensionen Hubgeschwindigkeit Schmiermittel
Abstreiferreibung	F_{RA}	Bauart, Vorspannung

Lastabhängige Rollreibung F_{R1}

$$F_{R1} = \mu \cdot F$$

F_{R1}	**N**	Lastabhängiger Reibungsanteil
F	**N**	Belastung des Flachkäfigs
μ	**-**	Reibungskoeffizient

Im geschmierten Zustand liegt der Reibungskoeffizient
bei 0.00035 für Flachkäfige
bei 0.00050 für Winkelflachkäfige

Schmiermittelreibung F_{R0}

$$F_{R0} = f_0 \cdot (\nu \cdot v)^{2/3} \cdot B1 \cdot L_K{}^{1/3} \cdot 10^{-6}$$

F_{R0}	**N**	Anteil der Schmiermittelreibung am Verschiebewiderstand
f_0	**-**	Bauform-Faktor
		f_0 = 85 für Flachkäfige
		f_0 = 120 für Winkelflachkäfige
ν	**mm^2s^{-1}**	Schmiermittelviskosität bei Betriebstemperatur
		bei Fettschmierung Viskosität des Grundöles
v	**m/min**	Geschwindigkeit
B1	**mm**	Käfigbreite
L_K	**mm**	Tragende Käfiglänge

Erstbefettung oder Nachschmieren ergeben vorübergehend eine erhöhte Schmiermittelreibung.

Abstreiferreibung F_{RA}

Die Reibung der Abstreifer ergibt sich aus der Länge der Abstreiferlippe und Lippenvorspannung. Diese kann bei der Abstreifermontage wesentlich beeinflusst werden.

Anhaltswert pro Abstreifer:

Profilform M/V	$F_{RA} = 0.20 \cdot B$
Profilform J/S	$F_{RA} = 0.15 \cdot B$

F_{RA}	**N**	Reibung pro Abstreifer
B	**mm**	Breite der Schiene

1.8 SCHUTZ VOR VERSCHMUTZUNG

Für die Betriebssicherheit von Flachkäfigführungen ist der Schutz vor Verschmutzung äusserst wichtig.

In vielen Fällen genügen Abstreifer, um die Laufbahnen sauber zu halten. Diese müssen während der ganzen Bewegung auf den Laufbahnen aufliegen.

Für erhöhte Ansprüche können Komplettlösungen für M- und V-Führungsschienen mit konventionellen Abstreifern und integrierten Längsdichtungen (Nachsetzzeichen ..ZZ, ..PP) oder Abdichtungen in der Anschlusskonstruktion eingesetzt werden.

1.9 EINSATZGRENZEN

Betriebstemperaturen

Längsführungen mit Metall-Flachkäfigen eignen sich für Dauertemperaturen bis +150 °C .

Dabei müssen entsprechende Schmiermittel verwendet werden. Bei höheren Betriebstemperaturen müssen die Führungsschienen massstabilisiert sein. (Rückfrage bei EGIS).

Längsführungen mit Flachkäfigen aus Kunststoff eignen sich für Temperaturen bis +120°C.

Bei Verwendung von Abstreifern darf eine Betriebstemperatur von +100 °C nicht überschritten werden.

Beschleunigung

Treten in einer Längsführung hohe Beschleunigungen auf, sind EGIS-Flachkäfige aus Leichtmetall aufgrund ihres geringen Gewichtes besonders geeignet.
Sie können für Beschleunigungen bis 250 m/s^2 eingesetzt werden.

1.10 EINBAU-RICHTLINIEN

1.10.1 GENAUIGKEIT DER ANSCHLUSSKONSTRUKTION

Die Genauigkeit der Auflageflächen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Laufgenauigkeit und Leichtgängigkeit einer Längsführung.

Rechtwinkligkeit und Parallelität

Der rechte Winkel zwischen den Auflageflächen muss genau eingehalten werden
(zulässiger Fehler ± 0,3 mrad)

⊥ 0.003/10

Parallelitätsfehler der Auflageflächen dürfen nicht wesentlich grösser sein als die entsprechenden Toleranzen der Führungsschienen.

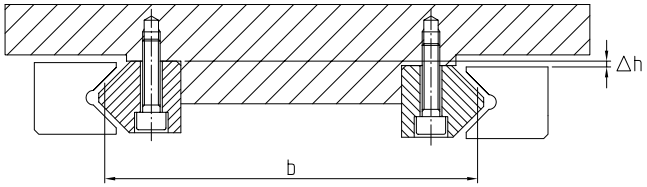


Bild 22. Höhenversatz bei geschlossener Anordnung

Höhenversatz

Im Interesse einer möglichst gleichmässigen Lastverteilung über die Wälzkörperlänge sollte der Höhenversatz Δh nicht überschritten werden (Bild 22 und 23).

Zulässiger Höhenversatz bei Nadelrollen-Flachkäfigen
$\Delta h < 0{,}1 \cdot b$
Zulässiger Höhenversatz bei Zylinderrollen-Flachkäfigen
$\Delta h < 0{,}3 \cdot b$

Δh	**µm**	Zulässiger Höhenversatz
b	**mm**	Mittenabstand der Führungen

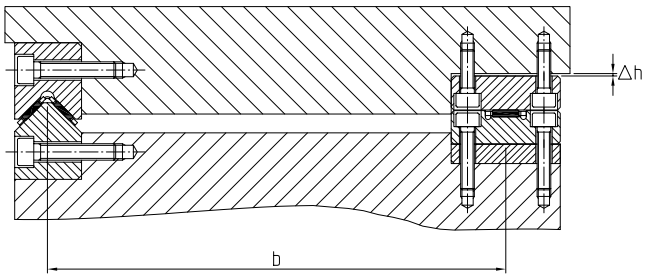


Bild 23. Ausgleich des Höhenversatzes bei offener Anordnung mit einer Zwischenlage

Oberfläche

An die Oberflächengüte der Auflageflächen werden von der Funktion her keine besonderen Anforderungen gestellt. Um gute Formgenauigkeit und eine zweckmässige Messbasis zu erhalten, empfiehlt es sich jedoch,
die Flächen feinzuschlichten und die Bohrungen sorgfältig zu entgraten.

1.10.2 MONTAGEHINWEISE

1.10.2.1 VOR DEM EINBAU

Führungsschienen werden konserviert und in Korrosionsschutzpapier verpackt geliefert. Dabei sind masslich aufeinander abgestimmte Teile satzweise verpackt und entsprechend nummeriert. Flachkäfige sind konserviert und korrosionsgeschützt verpackt.

Nummerierung: **1 . 2**

Satznummer | Stossstellennummer

Führungsschienen erst kurz vor dem Einbau auspacken und gegebenenfalls den Korrosionsschutz entfernen. Leichtes Einölen schützt die Schienen während der Montage vor Korrosion. Teile mit identischer Satznummer bereitlegen!

Dabei beachten:

– Bei der Montage müssen Schienen mit gleicher Satz-Nr. in die gleiche Führung eingebaut werden
– Bei Stossstellen auf die Stossstellennummer achten.
– In der geschlossenen Anordnung können die M- und V- Schienen unterschiedliche Satznummern aufweisen (Bild 24).

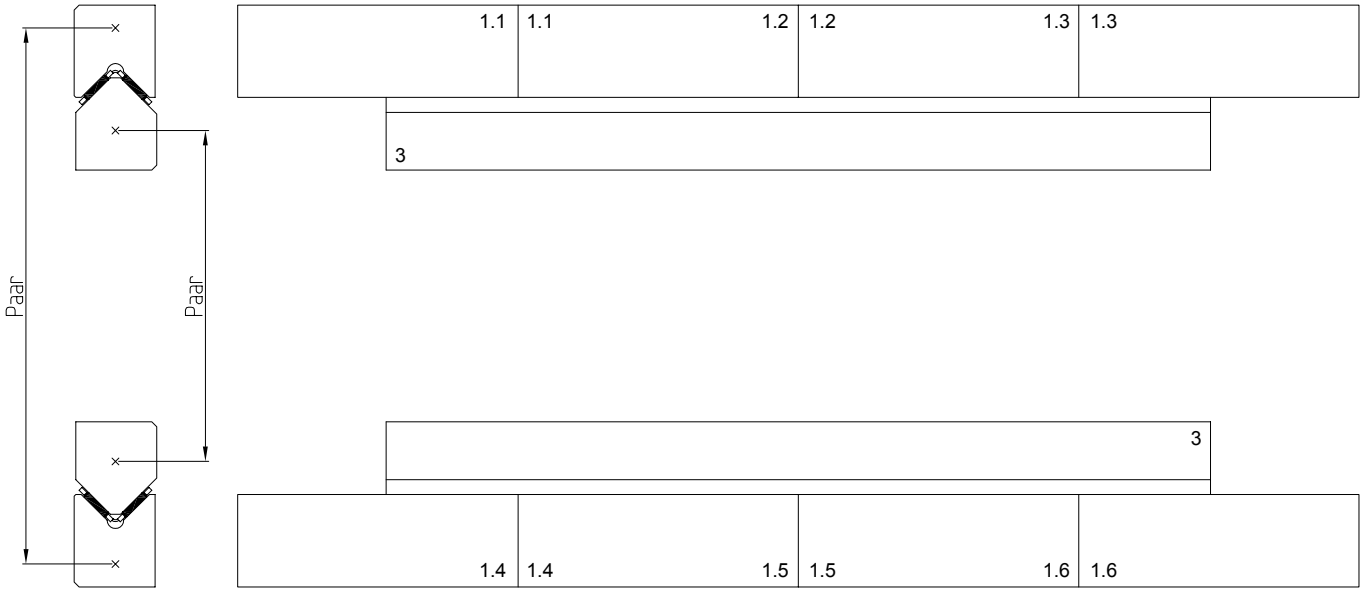


Bild 24 . Nummerierung bei ein- und mehrteiligen Führungsschienen

1.10.2.2 MONTAGE GESCHLOSSENE ANORDNUNG

△ Paarweise verpackte Führungsschienen unbedingt in die gleiche Führung einbauen!

Die Schienenauflageflächen sind unbeschriftet und weisen einen grösseren Kantenbruch auf.

Das nicht zuzustellende Führungsschienenpaar (1) (Bild 25) montieren. Dabei vor dem Festziehen der Befestigungsschrauben die Führungsschienen gegen die Auflage der Rückenfläche spannen und auf Parallelität kontrollieren (Bild 26).

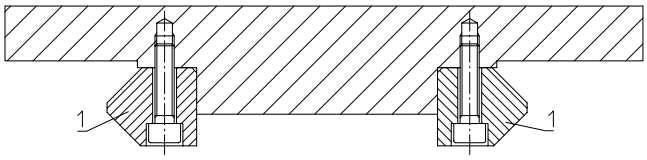


Bild 25. Montage.

Feste Gegenschiene (2)montieren,

Zustellschiene (3) befestigen, dabei
Schrauben nur leicht anziehen, sodass die Schiene noch bewegt werden kann.

Führung in Längsrichtung einschieben. Käfige zwischen die Schienen einschieben und genau positionieren, damit sie in den Endstellungen nicht an den Endstücken anstehen.

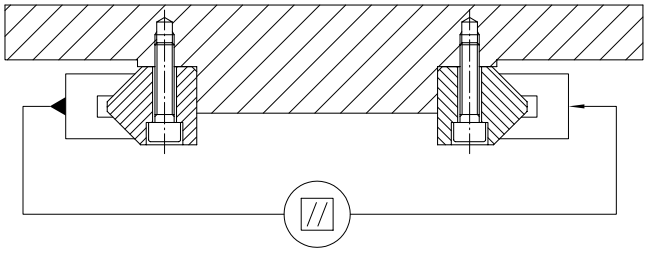


Bild 26. Parallelitätskontrolle

Zustellschiene (3) mit Druckschrauben (4) (Bild 27) (bei ML-Schienen mit Keil) (Bild 29 bis 31 vorspannen).

Dabei zur Vorwegnahme von Setzerscheinungen zuerst etwa auf das Doppelte des gewünschen Wertes vorspannen. Dann wieder entspannen und Vorspannung auf gewünschten Wert einstellen.
Befestigungsschrauben festziehen.
Abstreifer oder Endstücke anschrauben.

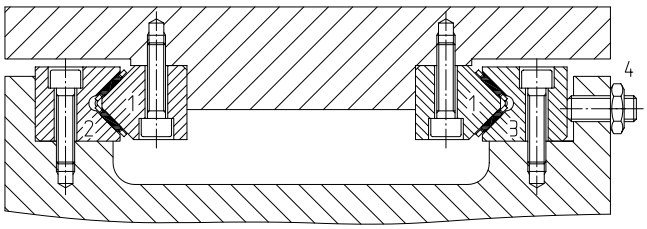


Bild 27. Vorspannung.

Beim Vorspannen mit Druckschrauben diese in zwei Schritten mit dem erforderlichen Einstelldrehmoment einstellen und mit Kontermutter oder Schraubensicherung fixieren.

△ Nur Druckschrauben einstellen, die durch den Flachkäfig unterstützt sind (siehe Bild 28).

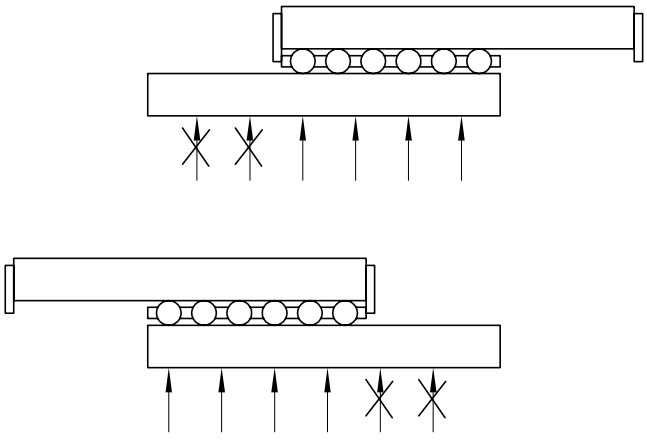


Bild 28. Vorspannung einstellen.

Wird die Vorspannkraft über Führungsschienen mit Zustellkeil Typ ML eingestellt, so ist wie folgt vorzugehen: Zustellkeil unter die ML-Schiene schieben und Führung spielfrei einstellen (Bild 29).
Den ungehärteten Keil auf der Zustellseite der Schiene so kürzen, dass er ca. 3 mm gegenüber der Stirnseite der Schiene zurücksteht (Bild 29). Auf der gegenüberliegenden Seite den Keil bündig mit dem Schienenende kürzen.

Zum Vorspannen den Keil mit einem weichen Bolzen eintreiben (Bild 30). Eine Verschiebung des Keils um 1 mm ergibt eine Höhenänderung von 15 µm.

Nach dem Einstellen den Zustellkeil mit der Innen-Sechskantschraube auf der Stirnseite der Führungsschiene fixieren (Bild 31).

Überprüfung der Vorspannung siehe Kapitel „Vorspannung einstellen“

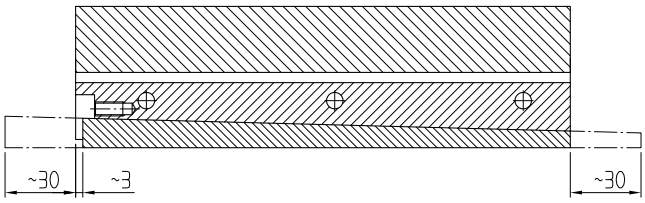


Bild 29. Einschieben und Kürzen des Zustellkeils

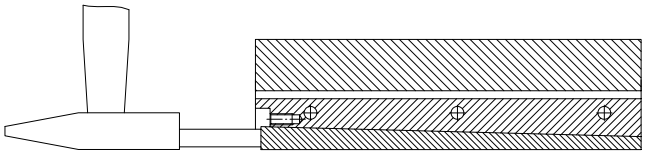


Bild 30. Vorspannung einstellen

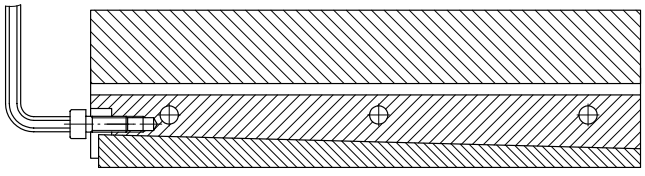


Bild 31. Zustellkeil fixieren

1.10.2.3 MONTAGE OFFENE ANORDNUNG

Nach Überprüfung der Genauigkeit der Auflageflächen, insbesondere des Höhenversatzes (siehe Kapitel Genauigkeit der Anschlussteile) können die Schienen in beliebiger Reihenfolge montiert werden.

Satzweise gekennzeichnete Schienen (Sortierung 4SX) müssen entsprechend montiert werden.