

FAG



FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

SCHAEFFLER GRUPPE
INDUSTRIE



Willkommen in der doppelten Weltklasse von INA und FAG



Die Partner-Power

X-life – so heißt die neue Premium-Qualität von INA und FAG, die Ihnen neue Erfolgsperspektiven eröffnet. Profitieren Sie von der vereinten Kompetenz zweier Marken mit weltweitem Renommee – in allen Anwendungsbereichen des Fahrzeug-, Maschinen- und Gerätebaus.

INA und FAG addieren ihre Stärken zu einer neuen Qualitäts-Dimension:

X-life.
Mehr Wirtschaftlichkeit.
Mehr Betriebssicherheit.

Was für X-life spricht:

X-life bietet eine hervorragende Produkt-Qualität, die die bisherigen Kennzahlen weit übertrifft.

Darüber hinaus optimiert X-life alle Parameter, die für einen reibungslosen Arbeitsablauf entscheidend sind. Dazu gehören der fachgerechte Ein- und Ausbau ebenso wie anwendungsgerechte Wartungsintervalle und auf den Einsatzfall abgestimmte Schmierstoffe.

Zusätzlich überzeugt X-life mit Produkteigenschaften, die genau Ihre speziellen Anforderungen erfüllen und Zusatznutzen bieten: z. B. besonders geräuscharme, besonders wartungsfreundliche oder besonders belastbare Systemlösungen.

Ihre X-life Vorteile auf einen Blick

- Produkteigenschaften weit über Standard
- nachhaltige Qualitäts-Sicherung und -Kontrolle
- extreme Zuverlässigkeit
- noch höhere Planungs- und Systemsicherheit
- optimale Verfügbarkeit
- reibungslose Arbeitsabläufe
- geringerer Energieverbrauch
- Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit
- Maximum an Service und Beratung

**Willkommen in der doppelten
Weltklasse von INA und FAG**

FAG

SCHAEFFLER GRUPPE
INDUSTRIE

Inhalt

1	FAG Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung	2
1.1	Einsatzbedingungen für Lager in Schwingmaschinen	2
1.2	Lagerreihen und Grundausführungen	2
1.2.1	X-life Pendelrollenlager der Reihe 223...-E1	2
1.2.2	Pendelrollenlager der Reihe 223...-A	3
1.2.3	Pendelrollenlager der Reihe 233...-A	3
1.3	Lager mit kegeliger Bohrung	3
1.4	Lager mit beschichteter Bohrung	3
1.5	Spezifikation T41A(D)	3
1.5.1	Toleranzen der Lagerbohrung und des Außendurchmessers	3
1.5.2	Radialluftgruppen, Radialluftverminderung bei Lagern mit kegeliger Bohrung	4
1.6	Zulässige Radialbeschleunigung	6
1.7	Wärmebehandlung	6
2	Dimensionierung der Lager	6
2.1	Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung	6
2.2	Freischwinger mit linearer Schwingbewegung	8
2.3	Exzentrersieb	10
2.4	Fliehkraftnomogramm	11
2.5	Tragzahlnomogramm	12
3	Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen	13
3.1	Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Fettschmierung)	13
3.2	Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölstandschmierung)	14
3.3	Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölumlaufschmierung)	15
3.4	Freischwinger mit linearer Schwingbewegung (Ölspritzschmierung)	16
3.5	Starrschwinger (Fettschmierung)	17
4	Schmierung der Lager	18
4.1	Fettschmierung	18
4.2	Ölschmierung	18
4.2.1	Ölstandschmierung	19
4.2.2	Ölumlaufschmierung	21
4.3	Empfohlene Schmierstoffe	22
5	Maßtabellen der FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen	23
5.1	Reihe 223...-E1-T41A(D)	23
5.2	Reihe 223...-A-MA-T41A	24

FAG Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Einsatzbedingungen · Lagerreihen und Grundauführungen

1 FAG Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

1.1 Einsatzbedingungen für Lager in Schwingmaschinen

Schwingsiebe zum Klassieren von Gütern und weitere Vibrationsaggregate, wie Straßenwalzen und Sägegatter, gehören zu den am stärksten beanspruchten Maschinen. Die Wälzlager in den Erregereinheiten dieser Maschinen müssen neben hohen Belastungen und hohen Drehzahlen auch Beschleunigungen und Zentrifugalkräfte aufnehmen. Vielfach herrschen zudem ungünstige Umweltbedingungen wie Schmutz und Feuchtigkeit.

Die von FAG entwickelten Spezial-Pendelrollenlager sind auf die Betriebsbedingungen in Schwingmaschinen abgestimmt und haben sich im praktischen Einsatz bestens bewährt.

Besonders beansprucht werden die Käfige der Wälzlager durch hohe Radialbeschleunigungen. In ungünstigen Fällen können auch Axialbeschleunigungen überlagert sein.

Die rotierende Unwucht erzeugt eine umlaufende Wellendurchbiegung und in den Lagern zusätzliche Gleitbewegungen. Dadurch erhöht sich die Reibung und damit die Betriebstemperatur der Lager. Die Spezial-Pendelrollenlager können dynamische Winkelfehler bis $0,15^\circ$ aufnehmen. Bei größeren Schiefstellungen sollte die FAG-Anwendungstechnik zu Rate gezogen werden.

1.2 Lagerreihen und Grundauführungen

FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen haben die Hauptabmessungen der Maßreihen 23 und 33 (E DIN 616: 1995-01 bzw. ISO 15).

Für die besonderen Beanspruchungen in Schwingmaschinen fertigt FAG alle in dieser Publikation beschriebenen Spezial-Pendelrollenlager nach der Spezifikation T41A(D), siehe auch Abschnitt 1.5.

Höchste Tragfähigkeit durch beste Querschnittsausnutzung bieten die weiterentwickelten Pendelrollenlager der Reihe 223..-E1. In der Ausführung für schwingende Beanspruchung werden die Lager bis 150 mm Bohrungsdurchmesser geliefert. Sie haben außenringgeführte, oberflächengehärtete Stahlblech-Fensterkäfige mit hoher Gestaltfestigkeit.

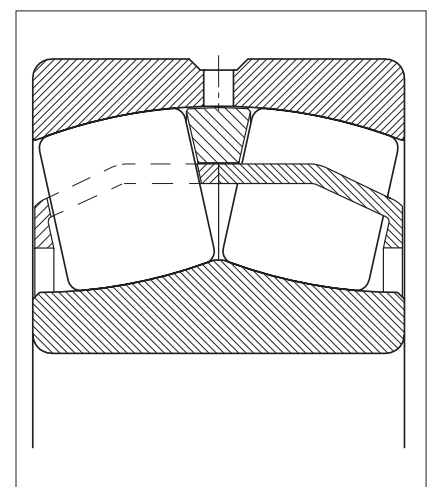
Lager der Maßreihe 223 über 150 mm Bohrungsdurchmesser liefert FAG in der Ausführung A. Der Innenring hat drei feste Borde. Zwei außenringgeführte Messing-Massivkäfighälften stützen die Massenkräfte radial nach außen ab. Breitere Lager der Reihe 233..-A haben eine vergleichbare Innenkonstruktion wie die Lager der Reihe 223..-A. Diese Lager werden in Sonderfällen verwendet, wenn höchste Tragfähigkeit gefordert ist.

1.2.1 X-life Pendelrollenlager der Reihe 223..-E1

FAG Pendelrollenlager der E1-Ausführung mit einem bordlosen Innenring zeichnen sich durch höchste Tragfähigkeit aus. Diesen Vorteil bieten auch die FAG Speziallager für schwingende Beanspruchung der Ausführung 223..-E1-T41A(D), Bild 1. Dies ist die neue FAG-Standardausführung für Lager mit 40 bis einschließlich 150 mm Bohrungsdurchmesser (Bohrungskennzahlen 08 bis 30). Nach umfangreicher Erprobung im Versuch haben sich die Lager der Ausführung 223..-E1-T41A in zahlreichen praktischen Einsatzfällen bestens bewährt.

Das Lager hat pro Rollenreihe eine außenringgeführte Fensterkäfighälfte aus Stahlblech.

Die Käfighälften stützen sich über den Käfigführungsring im Außenring ab. Der Führungsring ist einteilig ausgeführt. Alle Käfigteile sind speziell oberflächengehärtet.



1: X-life Ausführung 223..-E1-T41A(D) der Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen (Bohrungskennzahlen 08 bis 30)

FAG Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Lagerreihen und Grundauführungen · Lager mit kegeliger Bohrung · Lager mit beschichteter Bohrung · Spezifikation T41A(D)

1.2.2 Pendelrollenlager der Reihe 223..-A

Bei einem Bohrungsdurchmesser von 160 mm und mehr (Bohrungskennzahl ≥ 32) empfiehlt FAG die bewährten Spezial-Pendelrollenlager der Ausführung 223..-A-MA-T41A, Bild 2.

Die Lager haben am Innenring einen festen Mittelbord und zwei seitliche Halteborde. Der zweiteilige Massivkäfig aus Messing (Nachsetzzeichen MA) wird im Außenring geführt.

1.2.3 Pendelrollenlager der Reihe 233..-A

Kommt es bei Schwingmaschinen auf höchste Tragzahl an, liefern wir auf Anfrage Spezial-Pendelrollenlager der Reihe 233..-A(S)-MA-T41A mit 100 bis 200 mm Lagerbohrung (Bohrungskennzahl 20 bis 40).

Diese Lager haben drei feste Borde am Innenring. Der geteilte Messing-Massivkäfig (Nachsetzzeichen MA) wird im Außenring geführt.

1.3 Lager mit kegeliger Bohrung

Für besondere Fälle, z. B. Sägegatter, werden auch Lager mit kegeliger Bohrung (Kegel 1:12) geliefert. Diese Ausführungen haben die Nachsetzzeichen E1-K-T41A bzw. A-K-MA-T41A.

1.4 Lager mit beschichteter Bohrung

Um Reibkorrosion zwischen der Lagerbohrung und der Welle zu vermindern oder zu vermeiden, liefert FAG auftragsbezogen (bei 22317-E1-T41D bis 22322-E1-T41D standardmäßig) Pendelrollenlager mit dünnenschichtverchromter zylindrischer Bohrung. Damit ist sichergestellt, dass die aufgrund thermischer Einflüsse notwendige Verschiebbarkeit (Loslagerfunktion) zwischen Lagerbohrung und Welle über eine lange Betriebsdauer hinweg erhalten bleibt. Die Lager mit beschichteter Bohrung entsprechen in ihren Abmessungen und Toleranzen den FAG Standardlagern für Schwingmaschinen und sind mit diesen austauschbar.

Bestellbeispiel für ein Lager mit dünnenschichtverchromter Bohrung: 22324-E1-J24BA-T41A.

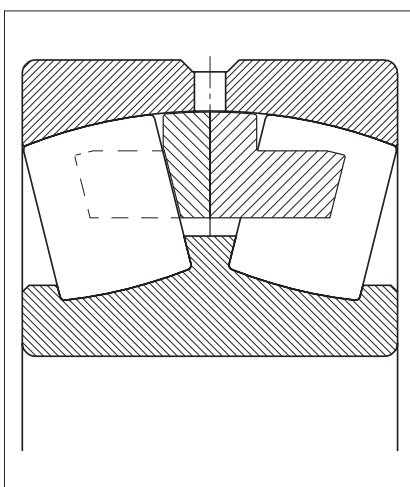
Anmerkung: Diese Beschichtung ist bei den Lagern 22317-E1-T41D bis 22322-E1-T41D standardmäßig vorhanden, die ab 01/2006 verfügbar sind (weitere Größen in Planung).

1.5 Spezifikation T41A(D)

Die FAG Pendelrollenlager für Schwingmaschinen werden nach der Spezifikation T41A(D) gefertigt. Diese berücksichtigt die besonderen Anforderungen des Anwendungsfalles. In der Spezifikation sind die Toleranzen und die Radialluft der Spezial-Pendelrollenlager festgelegt.

1.5.1 Toleranzen der Lagerbohrung und des Außendurchmessers

Die Spezifikation T41A(D) schreibt eine Einengung der Bohrungstoleranz auf die obere Hälfte des normalen Toleranzfeldes vor. Für den Außendurchmesser darf nur die mittlere Hälfte des Normal-Toleranzfeldes ausgenutzt werden. Bei Lagern mit kegeliger Bohrung hat nur der Außendurchmesser den verkleinerten Toleranzbereich. Toleranzwerte siehe Tabelle, Bild 3 (Seite 4). Durch diese Maßnahmen wird mit den Wellentoleranzen g6 oder f6 der für den Innenring erforderliche Schiebesitz und mit der Gehäusetoleranz P6 der erforderliche Festsitz für den Außenring sicher erreicht. Der Innenring hat keine eindeutige Punktlast, der Außenring wird durch Umfangslast beansprucht. Die übrigen Toleranzen entsprechen der Toleranzklasse PN nach DIN 620.



2: Ausführung 223..-A-MA-T41A der Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen (Bohrungskennzahl ≥ 32)

FAG Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Spezifikation T41A(D)

1.5.2 Radialluftgruppen, Radialluftverminderung bei Lagern mit kegeliger Bohrung

Die Spezifikation T41A(D) schreibt C4 als Standardluftgruppe für alle Pendelrollenlager in Schwingsieb-ausführung vor, so dass die offene Anschreibung entfällt. Damit wird eine radiale Verspannung der Lager beim ungünstigen Zusammentreffen der verschiedenen Einflüsse wie Passungen, Verformungen usw. sicher vermieden. Besonders gilt das für die Anfahr- und Einlaufphasen, bei denen die größten Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenring auftreten. Nur in seltenen Fällen, z. B. bei heißem Siebgut und übermäßiger Fremderwärmung der Lagerstelle,

3: Eingegengte Toleranz nach FAG-Spezifikation T41A(D)

Innenring

Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	Maße in mm					
		30	50	80	120	180	250
		50	80	120	180	250	315

Toleranzwerte in μm

Abweichung Δ_{dmp}	0	0	0	0	0	0	0
	-7	-9	-12	-15	-18	-21	

Außenring

Nennmaß des Außendurchmessers	über bis	Maße in mm					
		80	150	180	315	400	500
		150	180	315	400	500	630

Toleranzwerte in μm

Abweichung Δ_{Dmp}	-5	-5	-10	-13	-13	-15	
	-13	-18	-23	-28	-30	-35	

4: Radialluft der FAG Pendelrollenlager

Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	Maße in mm													
		30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280
		40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315

mit zylindrischer Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe C3	min	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240	260	280
	max	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320	350	370

Luftgruppe C4	min	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320	350	370
	max	80	100	120	145	180	210	240	280	310	340	380	420	460	500

mit kegeliger Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe C3	min	50	60	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270	300	330
	max	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350	390	430

Luftgruppe C4	min	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350	390	430
	max	85	100	120	150	180	220	260	300	340	370	410	450	490	540

FAG Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Spezifikation T41A(D)

muss für die Pendelrollenlager in Schwingmaschinen eine gesonderte Radialluftbetrachtung erfolgen. Für spezielle Anwendungen, z. B. Sägegatter, können auch Lager mit einer anderen Lagerluft als C4 erforderlich werden. Das Nachsetzzeichen für die Radialluft, z. B. C3,

ist dann offen anzuschreiben. Lager dieser Ausführung liefert FAG auf Anfrage. Radialluftwerte für die Spezial-Pendelrollenlager siehe Tabelle, Bild 4. Lager mit kegeliger Bohrung werden auf einem konischen Wellensitz oder mit einer Hülse auf einer

zylindrischen Welle montiert. Die Verminderung der Radialluft beim Montagevorgang (siehe Tabelle, Bild 5) kann als Maß für den Sitzcharakter zwischen Innenring und Welle genommen werden.

5: Radialluftverminderung beim Einbau von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung (Vollwelle)

Nennmaß der Lagerbohrung d		Verminderung der Radialluft		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:12				Kontrollwert der kleinsten Radialluft nach dem Einbau		
über mm	bis mm	min mm	max mm	Welle min mm	Welle max mm	Hülse min mm	Hülse max mm	CN min mm	C3 min mm	C4 min mm
30	40	0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	0,015	0,025	0,04
40	50	0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	0,02	0,03	0,05
50	65	0,03	0,04	0,45	0,6	0,5	0,7	0,025	0,035	0,055
65	80	0,04	0,05	0,6	0,75	0,7	0,85	0,025	0,04	0,07
80	100	0,045	0,06	0,7	0,9	0,75	1	0,035	0,05	0,08
100	120	0,05	0,07	0,7	1,1	0,8	1,2	0,05	0,065	0,1
120	140	0,065	0,09	1,1	1,4	1,2	1,5	0,055	0,08	0,11
140	160	0,075	0,1	1,2	1,6	1,3	1,7	0,055	0,09	0,13
160	180	0,08	0,11	1,3	1,7	1,4	1,9	0,06	0,1	0,15
180	200	0,09	0,13	1,4	2	1,5	2,2	0,07	0,1	0,16
200	225	0,1	0,14	1,6	2,2	1,7	2,4	0,08	0,12	0,18
225	250	0,11	0,15	1,7	2,4	1,8	2,6	0,09	0,13	0,2
250	280	0,12	0,17	1,9	2,6	2	2,9	0,1	0,14	0,22
280	315	0,13	0,19	2	3	2,2	3,2	0,11	0,15	0,24

FAG Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

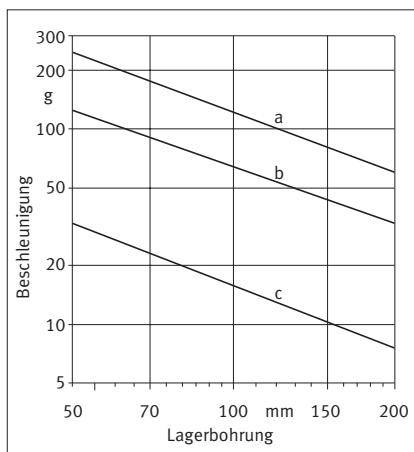
Dimensionierung der Lager

1.6 Zulässige Radialbeschleunigung

Die radiale Abstützung der Fliehkräfte zum Außenring erlaubt hohe Beschleunigungswerte für die Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen, siehe folgendes Diagramm.

Zulässige Radialbeschleunigungswerte der Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

- a) $n \cdot d_m = 350\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$
maximal mögliche Werte unter optimalen Einbaubedingungen und Ölschmierung, z. B. Planetengetriebe
- b) $n \cdot d_m = 140\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$
übliche Einsatzbedingungen für Sägegatter mit Fettschmierung
- c) $n \cdot d_m = 230\,000 \text{ bis } 300\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$
üblicher Einsatz für Schwingsiebe mit Fett- bzw. Ölschmierung



1.7 Wärmebehandlung

Alle FAG Pendelrollenlager der Reihen 223 und 233 für schwingende Beanspruchung sind so wärmebehandelt, dass sie bis zu einer Betriebstemperatur von 200 °C maßstabstabil sind.

2 Dimensionierung der Lager

Schwingsieblager legt man meist für eine nominelle Lebensdauer L_h zwischen 10 000 und 20 000 Stunden aus.

Es gilt:

$$L_h = (C/P)^p \cdot 10^6 / (n \cdot 60) \text{ [h]}$$

C dynamische Tragzahl [kN],
siehe Lagertabellen, Abschnitt 5
 P dynamisch äquivalente Belastung [kN], siehe Abschnitte 2.1 bis 2.3
 $p = 3,33$ Lebensdauerexponent für Rollenlager
 n Drehzahl [min^{-1}]

Bei der Bestimmung der dynamisch äquivalenten Belastung P der Pendelrollenlager für schwingende Anwendung werden die nicht genau definierbaren Einflüsse durch einen Sicherheitsfaktor f_z von 1,2 zur radialen Lagerbelastung F_r berücksichtigt. Damit ergeben sich erfahrungsgemäß ausreichende Laufzeiten.

Für genauere Rechnungen ermittelt man die erweiterte modifizierte Lebensdauer L_{hnm} nach DIN ISO 281, Beiblatt 1 (siehe auch Katalog WL 41700). Die dazu erforderliche Ermüdungsgrenzbelastung C_u ist in den Maßstabellen angegeben.

2.1 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung

Bild 6 zeigt das Prinzip eines unwuchterregten Kreisschwingers. Die Lagerbelastung ergibt sich entsprechend der Fliehkraft des Siebkastens aus Siebkastengewicht, Schwingradius und Drehzahl nach folgender Gleichung:

$$F_r = \frac{1}{z} \cdot \frac{m}{10^3} \cdot r \cdot \omega^2 =$$

$$= \frac{1}{z} \cdot \frac{G}{g} \cdot r \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \text{ [kN]} \quad (1)$$

F_r radiale Lagerbelastung [kN]

m Siebkastenmasse [kg]

r Schwingradius [m]

ω Winkelgeschwindigkeit [1/s]

G Siebkastengewichtskraft [kN]

g Erdbeschleunigung [9,81 m/s^2]

n Drehzahl [min^{-1}]

z Anzahl der Lager

Der Schwingradius r kann bei Freischwingern aus dem Verhältnis von Siebkastengewichtskraft und Erregergewichtskraft bestimmt werden. Da Freischwinger in der Regel weit überkritisch arbeiten und die statische Schwingamplitude annähernd erreicht wird, kann man annehmen, dass die gemeinsame Schwerachse der beiden Massen (Siebkasten und Erregerunwucht) bei der Rotation erhalten bleibt, Bild 7.

Unter dieser Voraussetzung gilt:

$$G \cdot r = G_1 (R - r)$$

Damit ergibt sich der Schwingradius zu

$$r = \frac{G_1 \cdot R}{G + G_1} \text{ [m]} \quad (2)$$

Dabei ist

G Siebkastengewichtskraft [kN]

G_1 Gewichtskraft des Erregers [kN]

R Abstand des Erregerschwerpunkts von der Lagerachse [m]

r Schwingradius des Siebkastens [m]

$G_1 \cdot R$ Unwuchtmoment des Erregers [kN m]

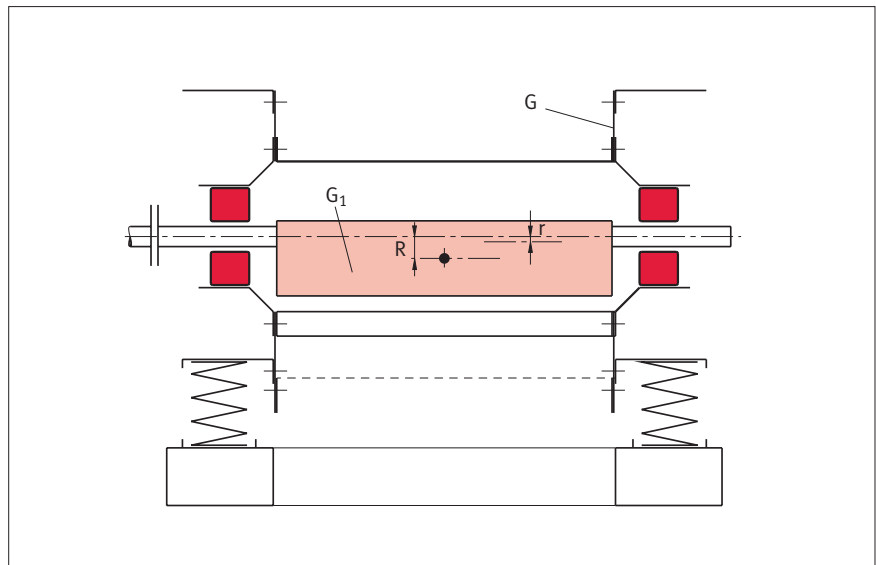
$G + G_1$ von den Federn abgestützte Gesamtgewichtskraft [kN]

Dimensionierung der Lager

Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung

Setzt man (2) in (1) ein, ergibt sich nach Umformung die radiale Lagerbelastung zu

$$F_r = \frac{1}{z} \cdot \frac{G_1}{g} \cdot \frac{R}{1 + \frac{G_1}{G}} \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \text{ [kN]} \quad (3)$$



6: Prinzip des Freischwingers mit kreisförmiger Schwingbewegung

Beispiel

Siebkastengewichtskraft $G = 35 \text{ kN}$

Schwingradius $r = 0,003 \text{ m}$

Drehzahl $n = 1200 \text{ min}^{-1}$

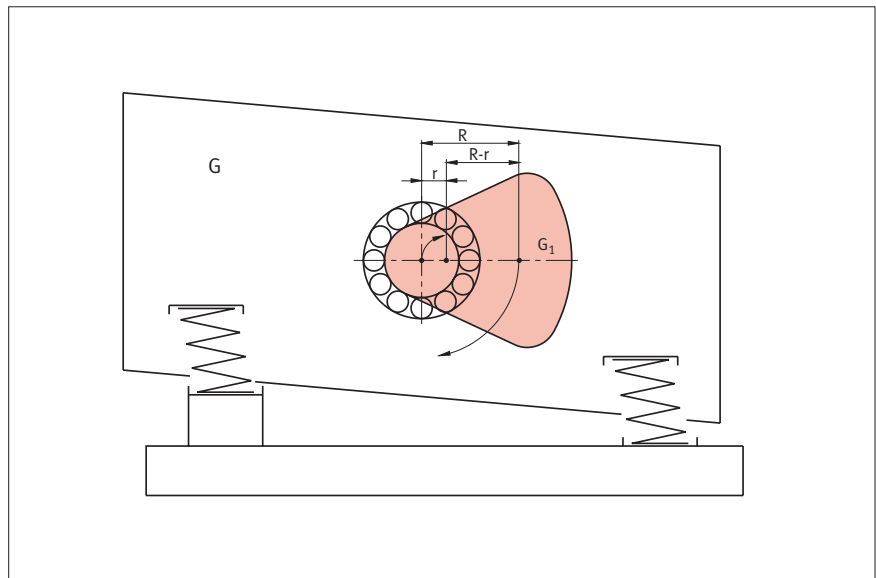
Lageranzahl $z = 2$

Lagerbelastung nach Gleichung (1)

$$F_r = \frac{1}{2} \cdot \frac{35}{9,81} \cdot 0,003 \left(\frac{\pi \cdot 1200}{30} \right)^2 = 84,5 \text{ [kN]}$$

Die zur Ermittlung der erforderlichen dynamischen Tragzahl des Lagers maßgebende dynamisch äquivalente Lagerbelastung ist dann

$$P = 1,2 \cdot F_r = 1,2 \cdot 84,5 = 101 \text{ [kN]}$$



7: Der Schwingradius ergibt sich aus dem Verhältnis von Siebkastengewichtskraft zu Erregergewichtskraft

Dimensionierung der Lager

Freischwinger mit linearer Schwingbewegung

2.2 Freischwinger mit linearer Schwingbewegung

Im Prinzip besteht der Erreger eines Linearschwingers aus zwei gegenläufigen, synchron arbeitenden Kreisschwingsystemen, Bild 8. Zur Bestimmung der Kräfte zerlegt man die umlaufenden Fliehkraftvektoren der Unwuchtwellen in Richtung der Verbindungslinie beider Wellen und in die dazu senkrechte Richtung. Dabei erkennt man, dass sich die in Richtung der Verbindungslinie liegenden Komponenten nach außen hin gegenseitig aufheben, während sich die dazu senkrecht stehenden Komponenten addieren und eine harmonisch pulsierende Massenkraft erzeugen, die den Siebkasten in lineare Schwingungen versetzt. Da sich wegen des überkritischen Betriebs in Schwingrichtung die sog. statische Amplitude einstellt und die gemeinsame Schwerachse des Siebkastens und der Erregerunwuchten bei der Schwingung unverändert bleibt, ergeben sich folgende Lagerbelastungen: In Richtung der Schwingbewegung wird

$$F_{r \min} = \frac{1}{z} \cdot \frac{m}{10^3} \cdot r \cdot \omega^2 =$$

$$= \frac{1}{z} \cdot \frac{G}{g} \cdot r \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 =$$

$$= \frac{1}{z} \cdot \frac{G_1}{g} \cdot (R - r) \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \quad [\text{kN}] \quad (4)$$

Dabei ist

r [m] Amplitude der linearen Schwingbewegungen

R [m] Abstand der Erreger-schwerpunkte von den zugehörigen Lagerachsen

Senkrecht zur Schwingbewegung ergibt sich mit

$$F_{r \max} = \frac{1}{z} \cdot \frac{G_1}{g} \cdot R \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \quad [\text{kN}] \quad (5)$$

eine etwas größere Lagerbelastung. Im Gegensatz zum Kreisschwinger, bei dem die Lagerbelastung immer gleich hoch ist, wechselt sie beim Linearschwinger während einer Umdrehung der Erregerwellen zweimal zwischen $F_{r \max}$ und $F_{r \min}$. Wenn man Gleichung (4) mit Gleichung (1) vergleicht, ergibt sich, dass die minimale Lagerbelastung eines Linearschwingers genau so groß ist wie die Lagerbelastung eines vergleichbaren Kreisschwingers.

Für den Linearschwinger mit periodisch nach einer Sinusfunktion wechselnder Belastung kann man die Lagerbelastung ermitteln nach der Formel

$$F_r = 0,68 \cdot F_{r \max} + 0,32 \cdot F_{r \min} \quad [\text{kN}]$$

Während bei einem Kreisschwinger die Angabe des Siebkastengewichts G, des Schwingradius r und der Drehzahl n zur Ermittlung der Lagerbelastung genügt, kann beim Linearschwinger mit diesen Angaben nur die minimale Belastung errechnet werden. Für eine genauere Rechnung muss zusätzlich noch entweder das Erregergewicht G_1 oder der Abstand R der Erreger-schwerpunkte von ihren Lagerachsen bekannt sein. Dann kann aus

$$G \cdot r = G_1 \cdot (R - r) \quad [\text{kN m}]$$

die noch fehlende Größe ermittelt werden.

Beispiel

Siebkastengewichtskraft G = 33 kN

Gewichtskraft des Erregers

$G_1 = 7,5 \text{ kN}$

Amplitude r = 0,008 m

Drehzahl n = 900 min⁻¹

Lageranzahl z = 4

$$\text{Mit } R = \frac{r \cdot (G + G_1)}{G_1}$$

$$= \frac{0,008 \cdot (33 + 7,5)}{7,5} = 0,0432 \text{ [m]}$$

ergibt sich nach (4) und (5)

$$F_{r \min} = \frac{1}{4} \cdot \frac{33}{9,81} \cdot 0,008 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 900}{30} \right)^2$$

$$= 59,8 \text{ [kN]}$$

$$F_{r \max} = \frac{1}{4} \cdot \frac{7,5}{9,81} \cdot 0,0432 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 900}{30} \right)^2$$

$$= 73,3 \text{ [kN]}$$

Lagerbelastung

$$F_r = 0,68 \cdot 73,3 + 0,32 \cdot 59,8 =$$

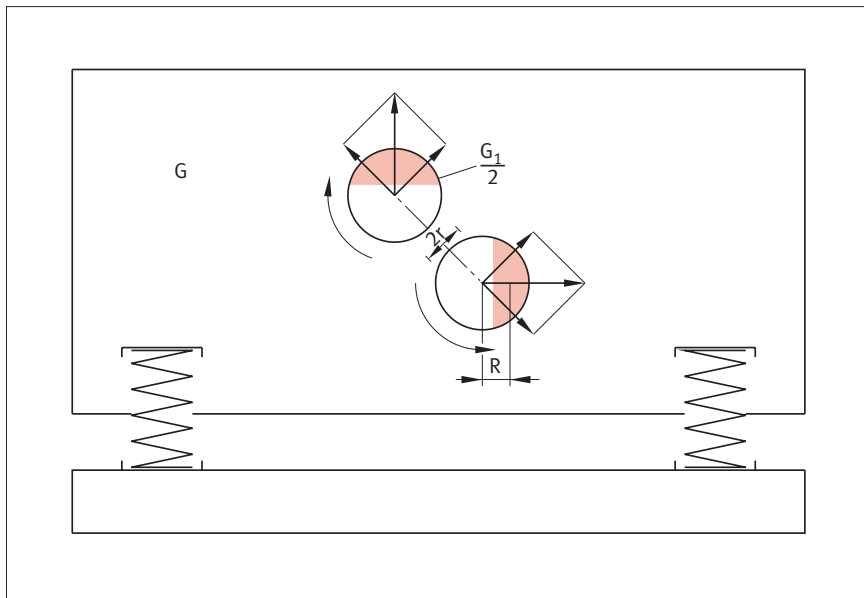
$$= 69 \text{ [kN]}$$

Die zur Ermittlung der erforderlichen dynamischen Tragzahl des Lagers maßgebende dynamisch äquivalente Lagerbelastung ist dann

$$P = 1,2 \cdot 69 = 83 \text{ [kN]}$$

Dimensionierung der Lager

Freischwinger mit linearer Schwingbewegung



8: Prinzip des Freischwingers mit linearer Schwingbewegung

Dimensionierung der Lager

Exzentrersieb

2.3 Exzentrersieb

Im Gegensatz zum Freischwinger ist beim Starrschwinger der Schwingradius durch die Exzentrizität der Welle festgelegt. Die Lagerbelastung für die beiden Innenlager ergibt sich wie beim Kreisschwinger zu

$$F_r = \frac{1}{z} \cdot \frac{G}{g} \cdot r \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \quad [kN] \quad (1)$$

wobei r hier den Exzenterradius der gekröpften Welle bedeutet und z die Anzahl der Innenlager, Bild 9. Der Einfluss der Stützfedern auf der Belastung der Innenlager kann vernachlässigt werden.

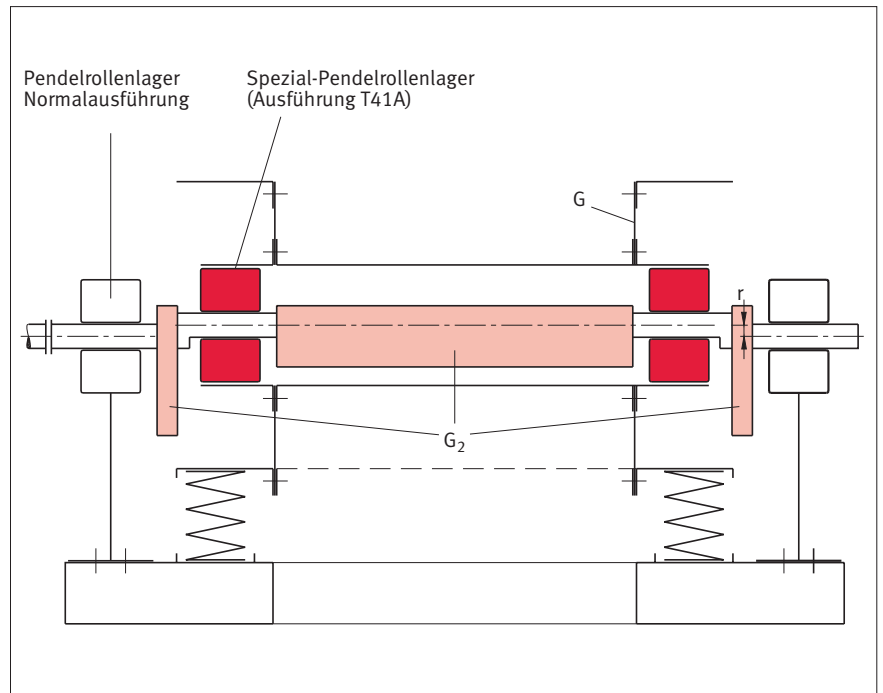
Die Außenlager der Exzentrersiebe sind nur gering belastet, da die Fliehkraft des Siebkastens im Leerlauf mit Gegengewichten (G_2) ausgeglichen wird. Die Belastung dieser Lager ist nicht konstant; sie wird durch die Stützfedern des Siebkastens sinusförmig verändert.

Im Betrieb wird der Massenausgleich der Maschine durch das Siebgut gestört. Dadurch werden die Außenlager zusätzlich belastet.

Diese Zusatzlast ist jedoch ebenfalls sehr niedrig.

Die Wahl der Lager richtet sich nach dem Wellendurchmesser.

Damit kommt man zu Lagern, deren Tragfähigkeit so hoch ist, dass sich eine Berechnung der Ermüdungslebensdauer erübrigt. Da diese Lager nicht an der Schwingbewegung teilnehmen, genügt die Normalausführung der Pendelrollenlager.



9: Prinzip des Exzentrersiebs

Beispiel

Siebkastengewichtskraft $G = 60 \text{ kN}$
 Exzenterradius $r = 0,005 \text{ m}$
 Drehzahl $n = 850 \text{ min}^{-1}$
 Lageranzahl $z = 2$
 Innenlager: Lagerbelastung nach Gleichung (1)

$$F_r = \frac{1}{2} \cdot \frac{60}{9,81} \cdot 0,005 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 850}{30} \right)^2 = 121 \text{ kN}$$

Die zur Ermittlung der erforderlichen dynamischen Tragzahl des Lagers maßgebende dynamisch äquivalente Lagerbelastung ist dann $P = 1,2 \cdot 121 = 145 \text{ [kN]}$

Dimensionierung der Lager

Fliehkraftnomogramm

2.4 Fliehkraftnomogramm zur Berechnung der Fliehkraft der Unwuchtmassen bzw. der Fliehkraft der Siebkastenmasse

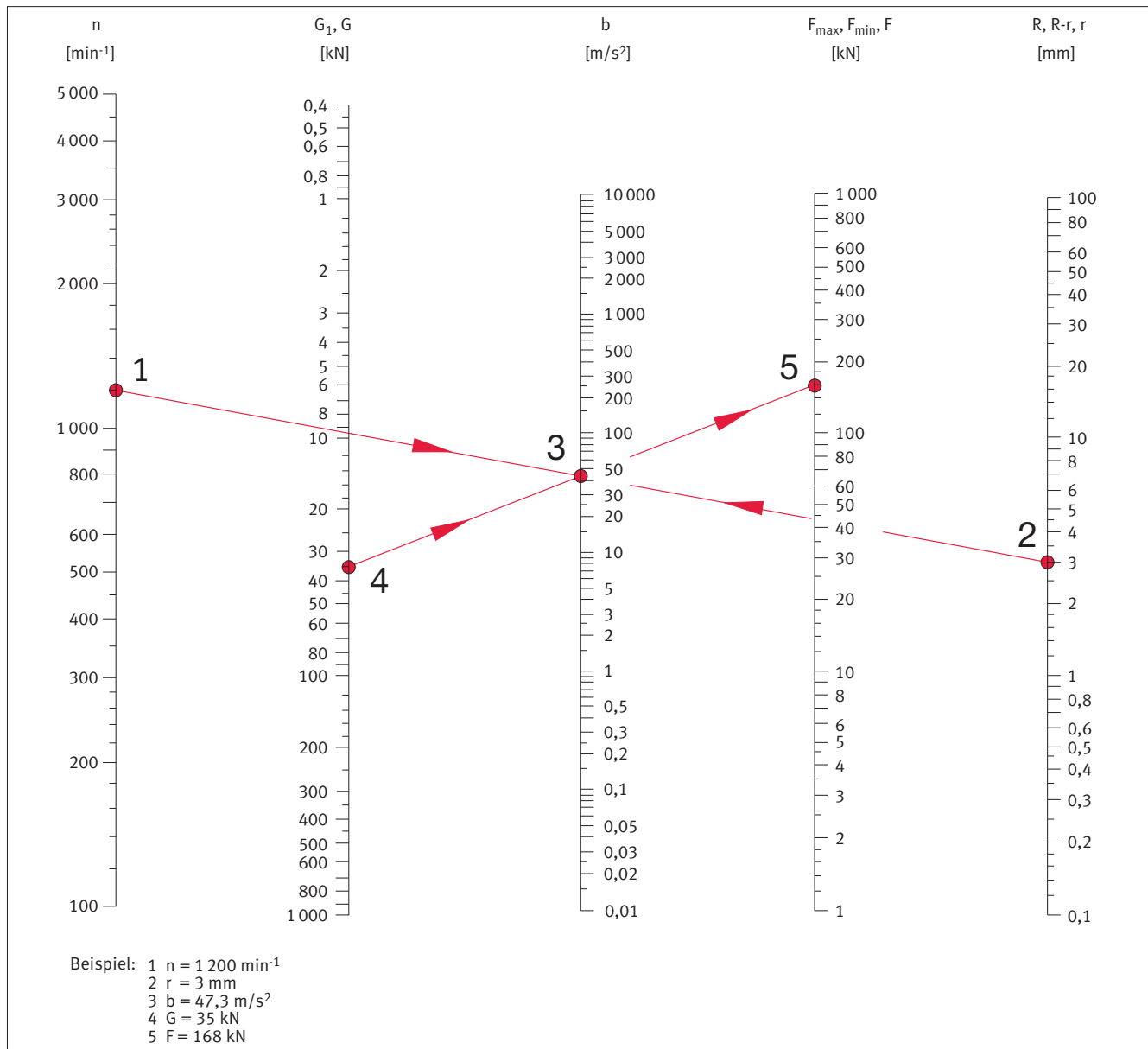
F_{max} , F_{min} und F sind Fliehkräfte
 n ist die Drehzahl [min^{-1}]
 r ist der Schwingradius [m]
 R ist der Abstand des Erregerschwerpunktes von der Lagerachse [m]

b ist die Beschleunigung [m/s^2]
 G ist die Siebkastengewichtskraft [kN]
 G_1 ist die Unwuchtgewichtskraft [kN]
 $g = 9,81$ ist die Erdbeschleunigung [m/s^2]

$$F_{max} = \frac{G_1}{g} \cdot R \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \text{ [kN]}$$

$$F_{min} = \frac{G_1}{g} \cdot (R - r) \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \text{ [kN]}$$

$$F = \frac{G}{g} \cdot r \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \text{ [kN]}$$



Dimensionierung der Lager

Tragzahlnomogramm

2.5 Tragzahlnomogramm zur Ermittlung der erforderlichen dynamischen Tragzahl

Zur Ermittlung der dynamischen Tragzahl C [kN] werden benötigt:

- n Drehzahl [min^{-1}]
- L_h nominelle Lebensdauer [h]
- P dynamisch äquivalente Belastung [kN]

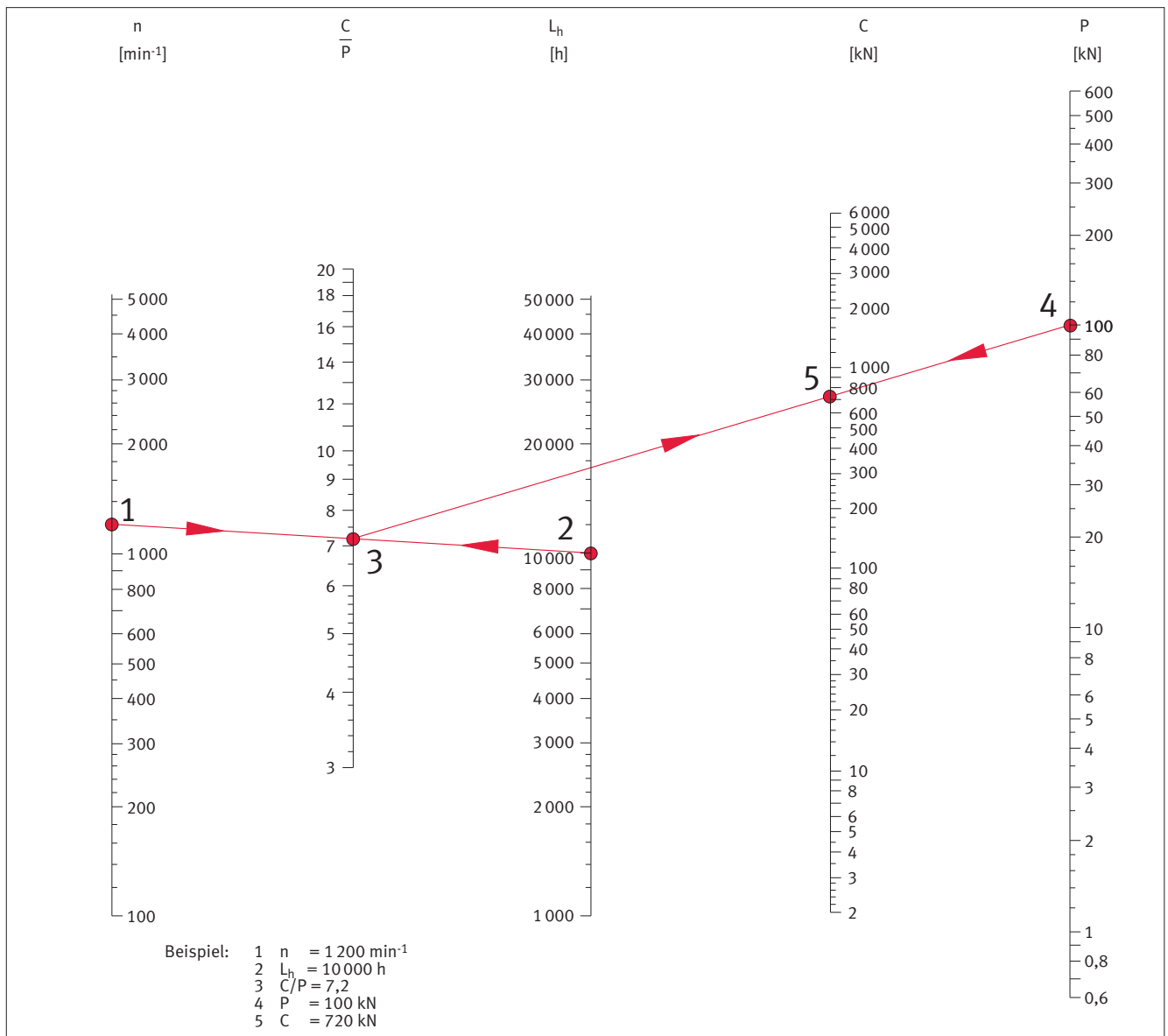
Bei Freischwängern mit kreisförmiger Schwingbewegung und Innenlagern mit Exzentriseiben

$$P = 1,2 \cdot \frac{F}{z} \text{ [kN]}$$

Bei Freischwängern mit linearer Schwingbewegung

$$P = 1,2 \cdot \left(\frac{0,68 \cdot F_{\max} + 0,32 \cdot F_{\min}}{z} \right)$$

dabei ist 1,2 ist der Zuschlagfaktor
 z ist die Anzahl der Lager
 F ist die Fliehkraft aus Nomogramm 1 (Abschnitt 2.4)



Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Fettschmierung)

3 Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

3.1 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Fettschmierung)

Bild 10 zeigt die prinzipielle Ausführung der Lagerung eines Freischwingers mit kreisförmiger Schwingbewegung und Fettschmierung. Die Unwuchtwelle ist in zwei Spezial-Pendelrollenlagern FAG 223...-E1-T41A abgestützt. Das antriebsseitige Lager ist als Festlager, das gegenüberliegende Lager als Loslager ausgebildet.

Montage und Demontage der Lager

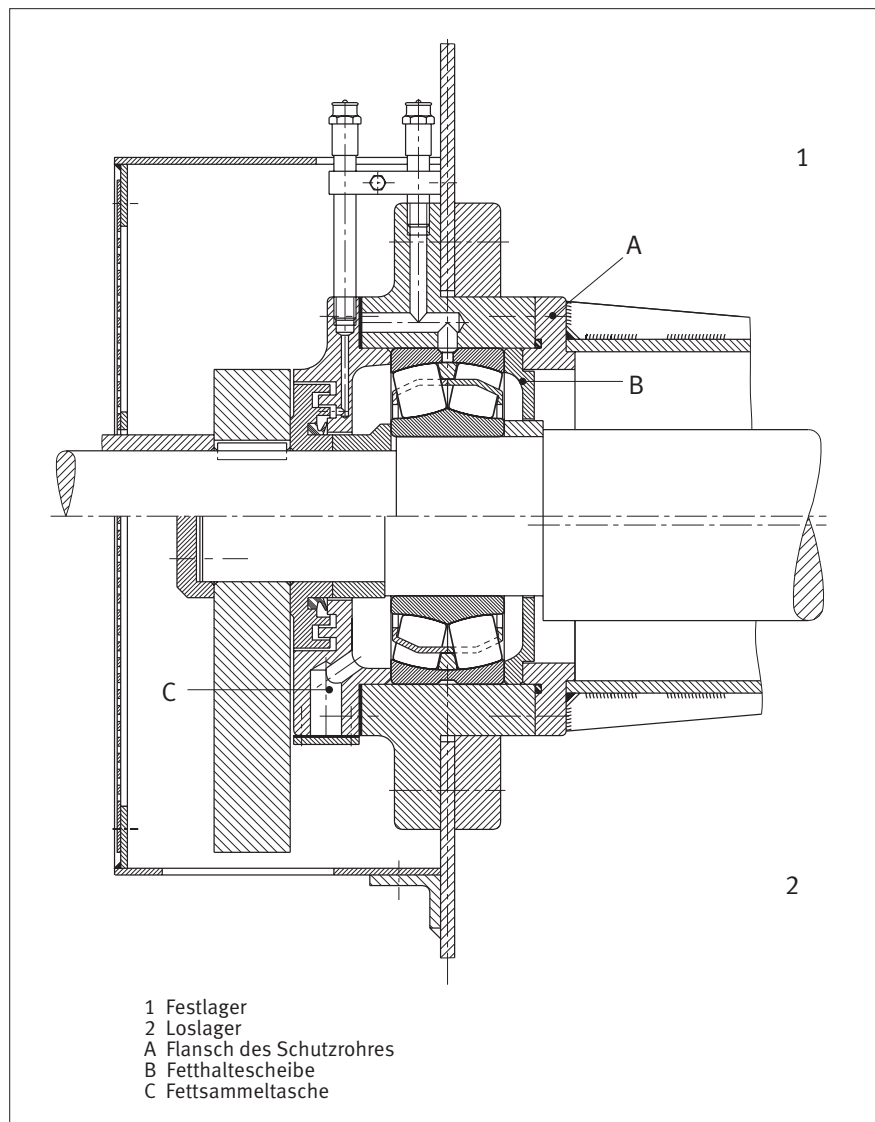
Nach der Kontrolle der Anschluss-teile wird das Lager zunächst in die Gehäusebohrung eingesetzt. Kleinere Lager kann man kalt einpressen. Bei größeren Lagern wird der Gehäusekörper so weit gleichmäßig erwärmt, dass das Passungsübermaß zwischen Lageraußenring und Gehäusebohrung aufgehoben ist. Beim Erkalten des Gehäuses stellt sich der Festsitz ein. Anschließend schiebt man Lager und Gehäuse auf die Welle. Bei der Demontage wird das Auspressen des Lagers aus dem Gehäuse erleichtert, wenn man anstelle des Schutzrohrflansches (Teil A in Bild 10) einen Ring anschraubt, der auf seinem Umfang mit mehreren Abdrückschrauben versehen ist.

Schmierung und Abdichtung

Günstig ist die hier gezeigte Fettzufuhr durch die umlaufende

Nut und die Schmierbohrungen im Lageraußenring. So gelangt das frische Fett direkt an die Roll- und Gleitflächen des Wälzlagers, und eine gleichmäßige Schmierung beider Rollenreihen ist sichergestellt. Das frische Fett verdrängt den verbrauchten, eventuell verunreinigten Schmierstoff aus dem Lagerinneren. Auf der Innenseite der Lagerung entweicht das Altfett durch den

Spalt der Fetthaltescheibe und setzt sich im Schutzrohr ab. Auf der Außenseite setzt es sich an der Fettsammeltasche ab, aus der es von Zeit zu Zeit entfernt wird. Nach außen ist die Lagerung durch ein nachschmierbares Labyrinth abgedichtet, dessen Dichtwirkung durch einen V-Ring im innersten Labyrinthgang noch erhöht werden kann.



10: Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Fettschmierung)

Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

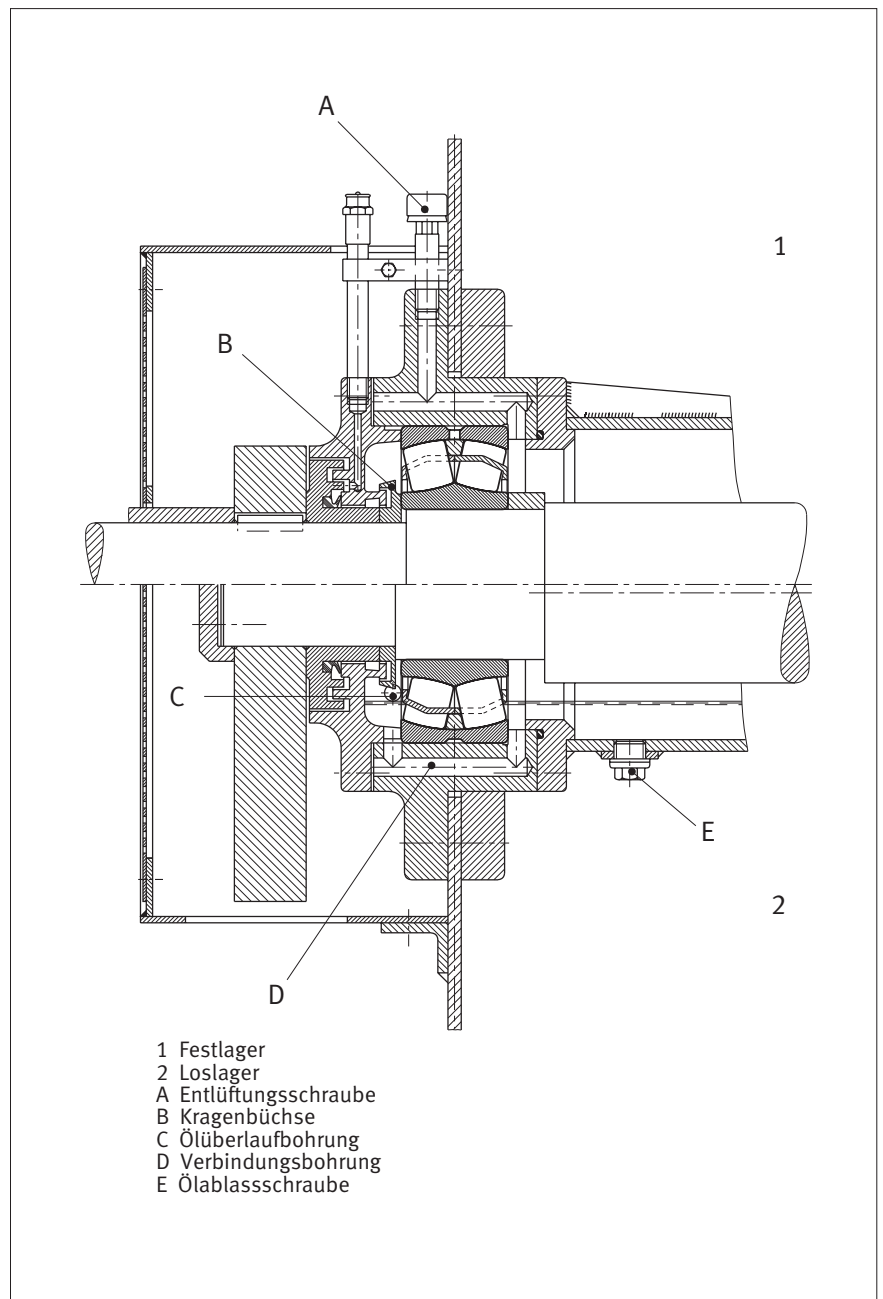
Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölstandschmierung)

3.2 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölstandschmierung)

In Bild 11 ist die prinzipielle Ausführung der Lagerung eines Freischwingers mit kreisförmiger Schwingbewegung und Ölstandschmierung dargestellt.

Als Abdichtung nach außen gegen Schmutzeintritt dient ein mit Fett gefülltes nachschmierbares Labyrinth. Gegen Ölaustritt wird ein Spritzring mit Ölfangnut verwendet. Auf der Lagerseite ist die Dichtungspartie durch eine Kragenbüchse abgeschirmt.

Damit das im Labyrinth befindliche Fett nicht in die Ölräume gelangt, ist zwischen Labyrinth und Spritzring ein V-Ring angeordnet. Durch die unten im Gehäuse angebrachte Verbindungsbohrung wird die Ölstandshöhe zu beiden Seiten des Lagers ausgeglichen. Der Ölspiegel soll so hoch liegen, dass die unterste Rolle des Lagers im Stillstand etwa zur Hälfte ins Öl eintaucht. Dazu ist in dieser Höhe eine Überlaufbohrung angebracht, die nach der Füllung des Gehäuses verschlossen wird. Die Ölablassschraube enthält einen kleinen Dauermagneten, der Verschleißpartikel aus dem Öl abscheidet. Damit das Öl nicht allzu häufig gewechselt werden muss, soll die Ölmenge möglichst groß bemessen werden. Im Allgemeinen wird das Wellenschutzrohr als zusätzlicher Ölbehälter genutzt.



11: Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölstandschmierung)

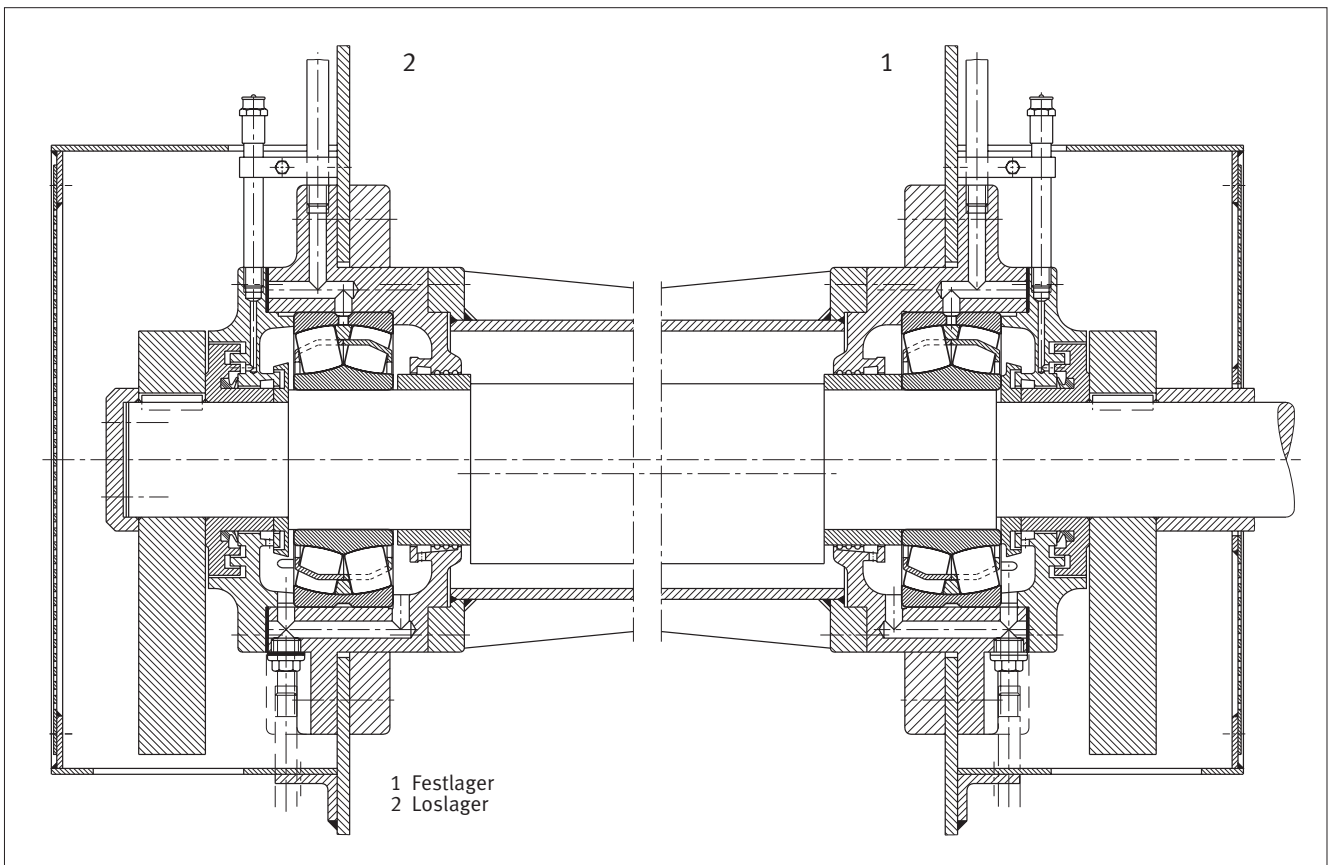
Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölumlaufschmierung)

3.3 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölumlaufschmierung)

Der konstruktive Aufbau der in Bild 12 gezeigten Lagerung mit Ölumlaufschmierung ist ähnlich dem der Lagerung mit Ölstandschmierung (siehe 3.2). Durch die Verbindungsbohrung im Gehäuseunterteil wird die Ölstandshöhe zu beiden Seiten der Lager ausgeglichen.

Die Abdichtungen sind von der Ölstandschmierung übernommen. Die Ölablaufbohrung ist so hoch gelegt, dass auch bei Unterbrechung der Ölzufuhr noch ein geringer Ölstand als Notreserve erhalten bleibt. Zugeführt wird das Öl über die Schmiernut und Schmierbohrungen im Lageraußenring. Ölfilterung ist unbedingt erforderlich (vgl. Abschnitt 4.2.2).



12: Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölumlaufschmierung)

Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Freischwinger mit linearer Schwingbewegung (Ölspritzschmierung)

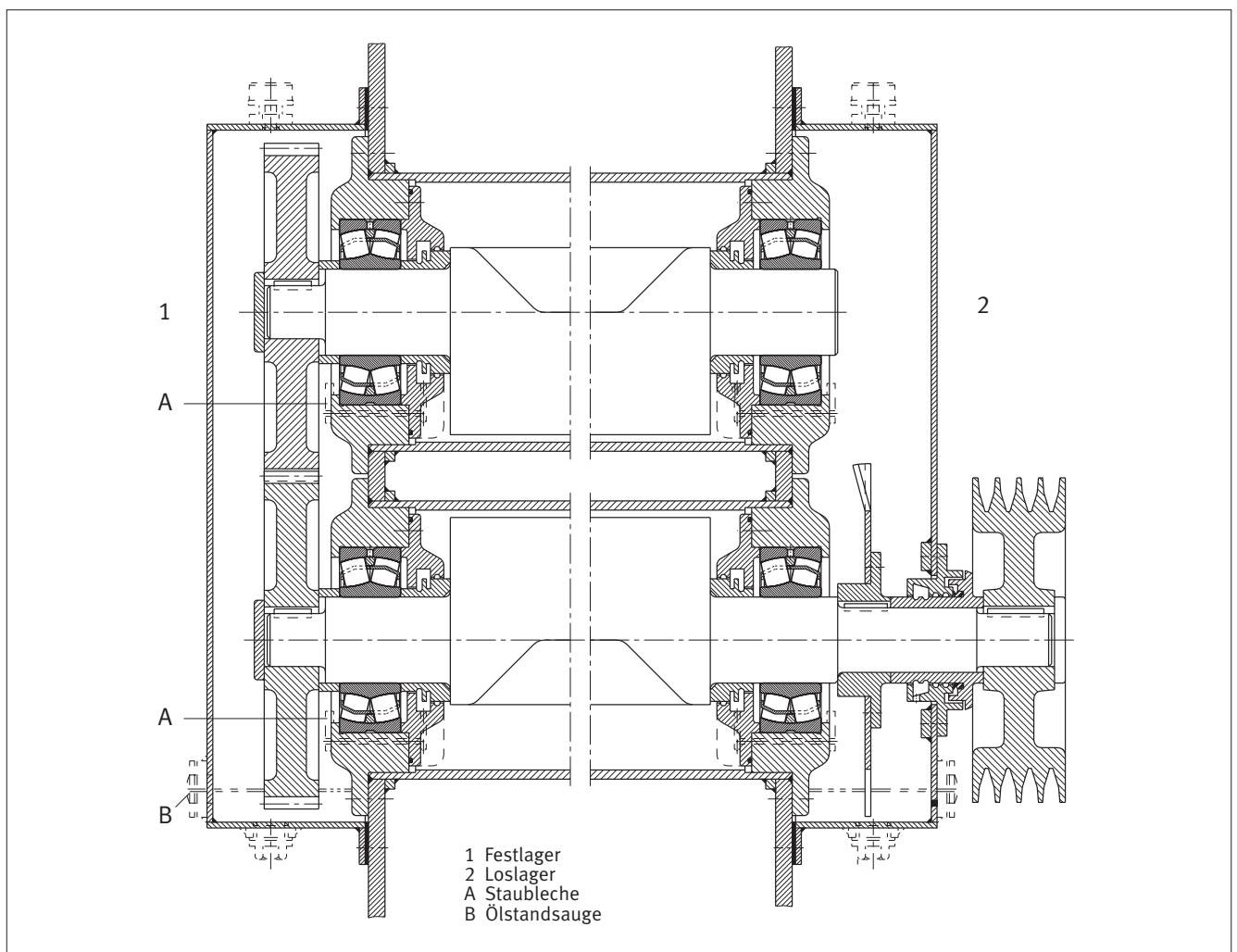
3.4 Freischwinger mit linearer Schwingbewegung (Ölspritzschmierung)

Bild 13 zeigt die Lagerung eines Erregers für einen Freischwinger mit linearer Schwingbewegung. Die beiden gegenläufigen, mit Zahnrädern synchronisierten Unwuchtwellen sind mit FAG Spezial-Pendelrollenlagern 223..-E1-T41A ausgerüstet. Die Lager auf der Synchronisationsseite sind als

Festlager eingebaut, um die Abrollverhältnisse der Zahnräder bei auftretenden Längenänderungen (Temperaturdifferenz) nicht zu stören.

Das von den Zahnrädern und einer Schleuderscheibe abgeschleuderte Öl schmiert die Lager. Staubleche an den unteren Hälften der Gehäusestirnseiten sichern einen etwa bis zur Mitte der untersten Rolle reichenden Ölstand in den Lagern.

Die Antriebswellendurchführung ist mit einer Spritzringdichtung und – zum Schutz gegen Schmutzeintritt – mit einem Labyrinth ausgerüstet. Zwischen Labyrinth und Spritzring kann zusätzlich ein V-Ring angeordnet werden. Der Ölstand ist nur so hoch, dass das untere Zahnrad bzw. die Schleuderscheibe gerade in den Ölsumpf eintaucht. Die Ölüberwachung erfolgt durch seitliche Ölstandsaugen.



13: Freischwinger mit linearer Schwingbewegung (Ölspritzschmierung)

Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Starrschwinger (Fettschmierung)

3.5 Starrschwinger (Fettschmierung)

Bild 14 zeigt die Exzenterwelle eines Starrschwingers. Da die Innenlager etwa den gleichen Beanspruchungen unterliegen wie die Lager eines Freischwingers, sind an diesen Lagerstellen FAG Spezial-Pendelrollenlager der Reihe 223..-E1-T41A eingebaut.

Obwohl sich durch das Zusammenwirken der umlaufenden Siebkastenfliehkraft und der in ihrer Richtung gleichbleibenden Federkräfte nicht eindeutig Punktlast für den Innenring ergibt, werden die Passungen meist wie beim Freischwinger gewählt.

Die Außenringe werden mit P6 im Gehäuse und die Innenringe mit f6 oder g6 auf der Welle gepasst. Eines der beiden Innenlager wird als Festlager, das andere als Loslager mit einem auf der Welle verschiebbaren Innenring eingebaut. Im übrigen entspricht der Aufbau der gezeigten Innenlagerung völlig dem der Lagerung eines fettgeschmierten Freischwingers. Bei den Außenlagern ergeben sich andere Verhältnisse. Damit nach Möglichkeit keine Unwuchtkräfte auf das Fundament übertragen werden und die radiale Lagerbelastung klein bleibt, wird das Unwuchtmoment des Siebkastens beim Exzentertrieb durch Unwuchtgewichte ausgeglichen. Die Außenlager werden beim Leerlauf nur durch die Kräfte der Stützfedern beansprucht. Die Stützfedern werden so stark vorgespannt, dass die Außenlager einer sinusförmig an- und abschwellenden, aber in ihrer Richtung unveränderlichen Radiallast unterliegen. Obwohl der genaue Massenausgleich im Betrieb durch

das Siebgut gestört wird – den Federkräften überlagert sich dann eine unausgeglichene umlaufende Fliehkraft – und die Lastrichtung daher um einen gewissen Winkel hin- und herpendeln kann, werden die Lager zweckmäßigerweise so gepasst, als ob Punktlast für den Außenring vorläge.

Für die Außenringe darf deshalb nur ein loser Sitz in der Gehäusebohrung gewählt werden.

Die Innenringe werden meist – wie dargestellt – mit Abziehhülsen auf der Welle befestigt.

Das Lager auf der Antriebsseite wird als Festlager, das gegenüber-

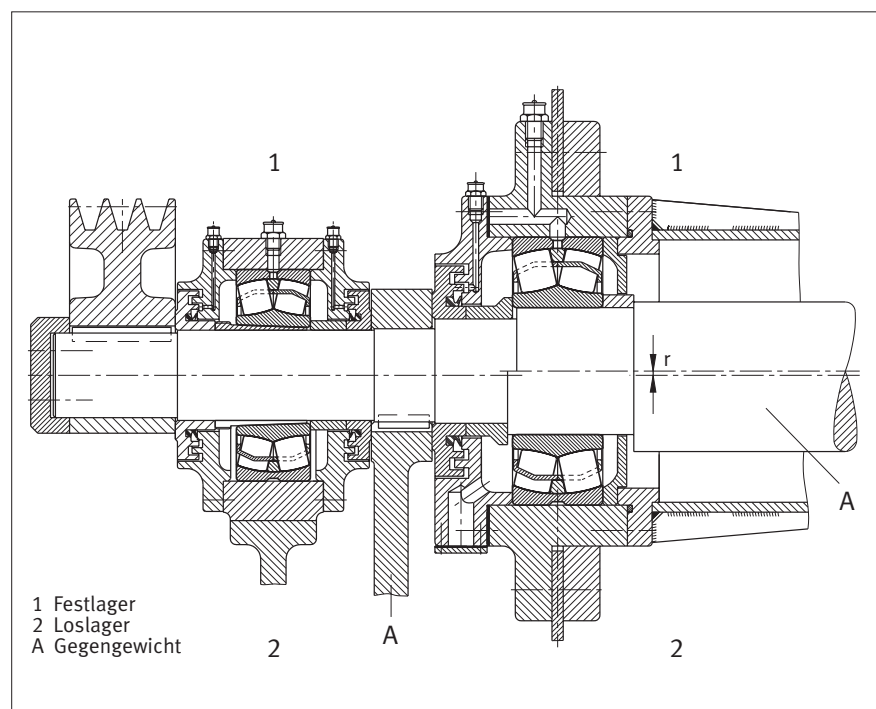
liegende Lager als Loslager mit axial verschiebbarem Außenring ausgebildet.

Üblich und bewährt sind für die Bearbeitungstoleranzen der Sitze der Außenlager

Welle: h8/h9
(Wellentoleranz für Abziehhülsenbefestigung)

Gehäuse: H7

Als ortsfeste, gering belastete Außenlager wählt man normale Pendelrollenlager mit konischer Bohrung und normaler Lagerluft.



14: Starrschwinger (Fettschmierung)

Schmierung der Lager

Fettschmierung · Ölschmierung

4 Schmierung der Lager

Pendelrollenlager in Schwingmaschinen werden durch die Betriebsbelastungen und die Umgebungsbedingungen sehr hoch beansprucht. Schmierstoffsorte, Schmierverfahren und Schmierstoffversorgung sind sorgfältig auszuwählen und abzustimmen, damit die Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit und die Lebensdauer der Schwingmaschinenlager erfüllt werden.

Je nach den Betriebsbedingungen, der Lagergröße und besonderen Anforderungen der Anlagenbetreiber kann zwischen einer Schmierung mit Fett oder mit Öl gewählt werden.

4.1 Fettschmierung

In den meisten Schwingmaschinen werden die Spezial-Pendelrollenlager mit Fett geschmiert. Fettschmierung ist üblich bis zu einem Drehzahlkennwert

$n \cdot d_m = 300\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$
(n Betriebsdrehzahl, d_m mittlerer Lagerdurchmesser). Dabei sollten nur bewährte und geprüfte Fette verwendet werden, siehe Abschnitt 4.3. Ein Wechsel der Fettsorte ist zu vermeiden.

Für übliche Betriebsbedingungen in Schwingmaschinen empfehlen wir lithiumverseifte Fette mit Hochdruck- und Korrosionsschutzzusätzen der Penetrationsklasse 2. Die in DIN 51 825 beschriebenen Mindestanforderungen reichen bei dieser Anwendung nicht aus. Für die Schmierfette muss vielmehr die Eignung im Wälzlager nachgewiesen sein, wie dies z. B. für die FAG-Fette Arcanol MULTITOP und LOAD400 der Fall ist. Treten höhere Betriebstemperaturen

auf, z. B. in Heißgutsieben, oder werden die Lager in Sonderfällen durch das Siebgut sehr stark erwärmt, sind temperaturstabile Spezialfette sinnvoll.

Die erforderliche Grundölviskosität richtet sich nach den Betriebsbedingungen. Anzustreben ist ein Viskositätsverhältnis $\kappa = \nu/\nu_1 \geq 2$. Dabei ist ν die Betriebsviskosität, ν_1 die Bezugviskosität, siehe auch Katalog WL 41 700.

Bei der Montage der Wälzlager sind die Hohlräume der Lager voll mit Fett auszustreichen. Um eine übermäßige Walkarbeit des Schmierstoffs zu vermeiden, müssen die Gehäuseräume zu beiden Seiten des Lagers frei bleiben, damit sich das überschüssige Fett während der Anlaufphase in den Freiräumen des Gehäuses verteilen kann. Zu empfehlen ist grundsätzlich eine Nachschmierung durch die Schmiernut und die drei Schmierbohrungen, die bei allen FAG Spezial-Pendelrollenlagern standardmäßig im Außenring vorhanden sind.

Dadurch ist eine gleichmäßige Versorgung beider Rollenreihen sichergestellt.

Bei einer seitlichen Nachschmierung der Wälzlager sollte der Abstand zwischen Gehäusewand und Lagerstirnseite an der Zuführungsseite möglichst klein gehalten werden, damit das Fett schnell und vollständig in das Lagerinnere gelangen kann. Die Fettaustrittsbohrung ist auf der gegenüberliegenden Lagerseite anzuordnen. Bei Schwingmaschinenlagerungen ist es sinnvoll, relativ kleine Fettmengen in kurzen Intervallen nachzuschmieren.

In der Tabelle, Bild 15, sind die Nachschmiermengen in Abhängigkeit von der Lagergröße und der Drehzahl

angegeben. Diese Nachschmiermengen beziehen sich auf ein Nachschmierintervall von 50 Betriebsstunden und normale Betriebstemperaturen.

Bei einer kontinuierlichen Nachschmierung über eine zentrale Schmierstoffversorgungsanlage kann die erforderliche Fettmenge m_1 je Stunde und Lager ermittelt werden aus der Beziehung

$$m_1 = 0,00004 \cdot D \cdot B$$

Dabei sind

m_1 = erforderliche Fettmenge [g/h]

D = Außendurchmesser des Lagers [mm]

B = Breite des Lagers [mm]

Die Labyrinthabdichtungen sind wöchentlich, bei ungünstigen Betriebsbedingungen (hoher Staubanfall, Feuchtigkeit, hohe Betriebstemperatur) häufiger nachzuschmieren. Dazu sollte man das gleiche Fett wie für die Wälzlager verwenden.

4.2 Ölschmierung

Liegen die Drehzahlen über dem für Fettschmierung üblichen Bereich (d. h. Drehzahlkennwert $n \cdot d_m > 300\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$), muss eine Ölschmierung vorgesehen werden. Auch bei Fremderwärmung oder aus Wartungsgründen kann Ölschmierung erforderlich sein. Für die Lagerschmierung empfehlen wir Mineralöle oder synthetische Öle mit Hochdruck- und Korrosionsschutzzusätzen, siehe auch Abschnitt 4.3. Auch gute Mehrbereichsöle können verwendet werden.

Das Viskositätsverhältnis $\kappa = \nu/\nu_1$ (ν = Betriebsviskosität, ν_1 = Bezugviskosität) soll ≥ 2 sein.

Schmierung der Lager

Fettschmierung · Ölschmierung

15: Nachschmiermengen in g für Pendelrollenlager 223 in Schwingmaschinen (Nachschmierintervall: 50 Betriebsstunden)

Bohrungs- kennzahl	Drehzahl min ⁻¹																	
	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	
08	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
09	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	15	15	20	
12	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	15	15			
13	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	20				
14	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	15	20	25					
15	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	20	25						
16	5	5	5	10	10	10	10	10	15	20	25							
17	5	5	10	10	10	10	10	15	20	25	35							
18	10	10	10	10	10	10	15	20	25	30	40							
19	10	10	10	10	10	15	15	25	35	45								
20	10	10	10	10	15	15	20	30	40									
22	10	10	15	15	20	20	30	50	70									
24	15	15	20	25	30	35	55	85										
26	15	20	20	25	35	40	65											
28	20	25	30	35	45	60	100											
30	25	30	40	50	65	90												
32	25	35	45	60	80	100												
34	30	40	55	80	110	140												
36	35	50	65	90	120													
38	45	65	90	130														
40	50	70	100	150														
44	70	105	160															
48	105	170																
52	120	200																
56	190																	

4.2.1 Ölstandschmierung (Tauchschmierung)

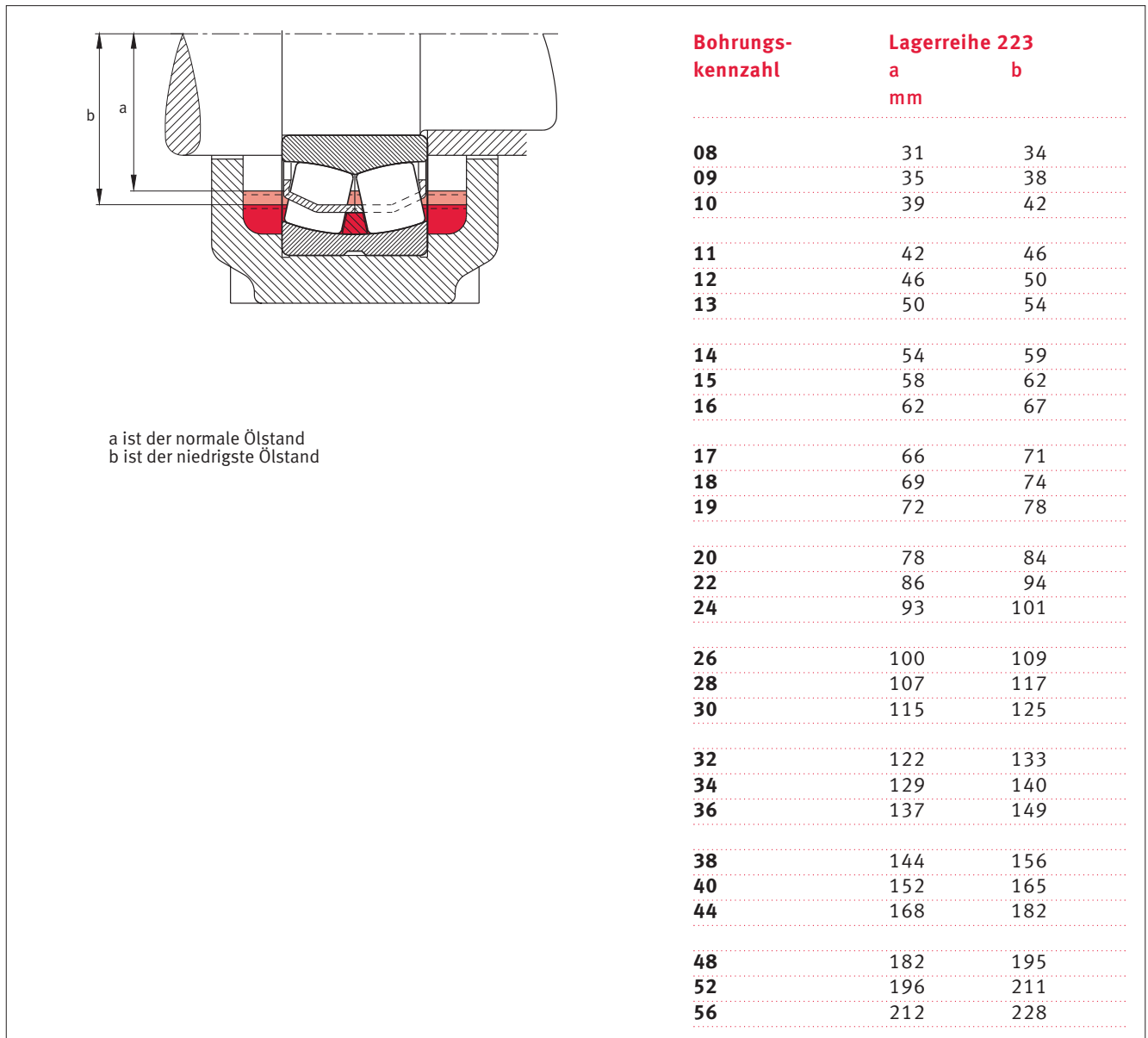
Die Ölstandschmierung wird normalerweise bis zu einem Drehzahlkennwert $n \cdot d_m = 300\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ angewandt, bei häufigem Ölwechsel auch bis $n \cdot d_m = 500\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$.

Bei diesem Schmierverfahren wird der Schmierstoff durch vorhandene Zahnräder, durch die Unwuchtmass oder durch die Wälzkörper selbst an die Wälzkontaktstellen gefördert. Dazu muss der Ölstand in der Anlage bzw. im Lagergehäuse so

hoch sein, dass die Zahnräder oder Unwuchtmassen im Betrieb in das Öl eintauchen und es verwirbeln können. Bei Stillstand muss die unterste Rolle bis zur Hälfte in das Öl eintauchen, Bild 16.

Schmierung der Lager

Ölschmierung



16: Bestimmung des Ölstands im Stillstand

Eine genügend große Ölmenge verlängert die Ölwechselfrist. Reichen die Räume in den Gehäusen nicht aus, wird das Wellenschutzrohr zwischen den Lagern zur Aufnahme des Ölvorrats mit verwendet oder ein zusätzlicher Ölbehälter vorgesehen.

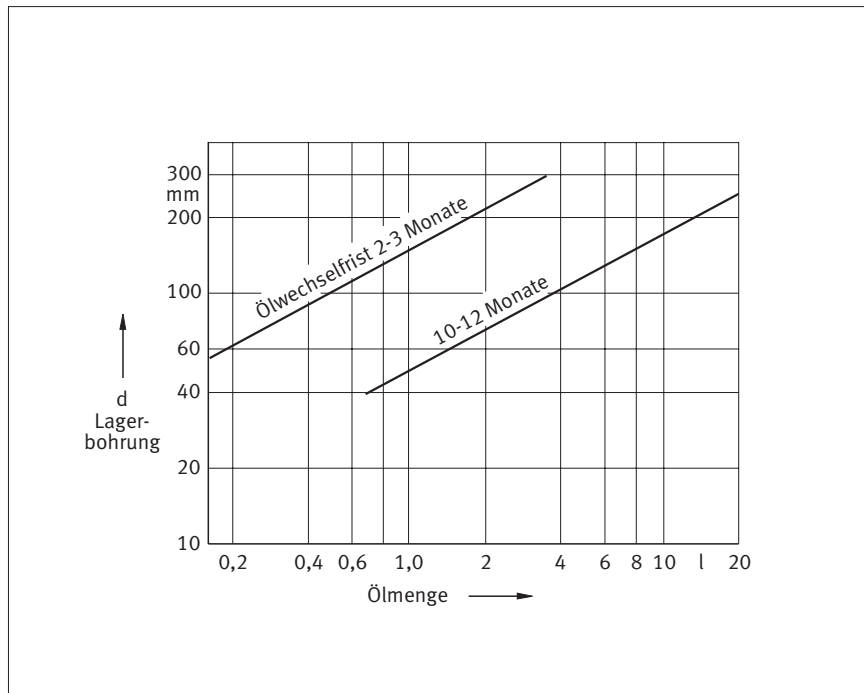
Die Ölwechselfrist hängt von der Verschmutzung und vom Alterungs-zustand des Öles ab. Richtwerte für die Ölmenge und Ölwechsel-fristen in Abhängigkeit von der Lagerbohrung enthält Bild 17. Weitere Einzelheiten siehe

Publikation WL 81 115/4 DA „Schmierung von Wälzlagern“.

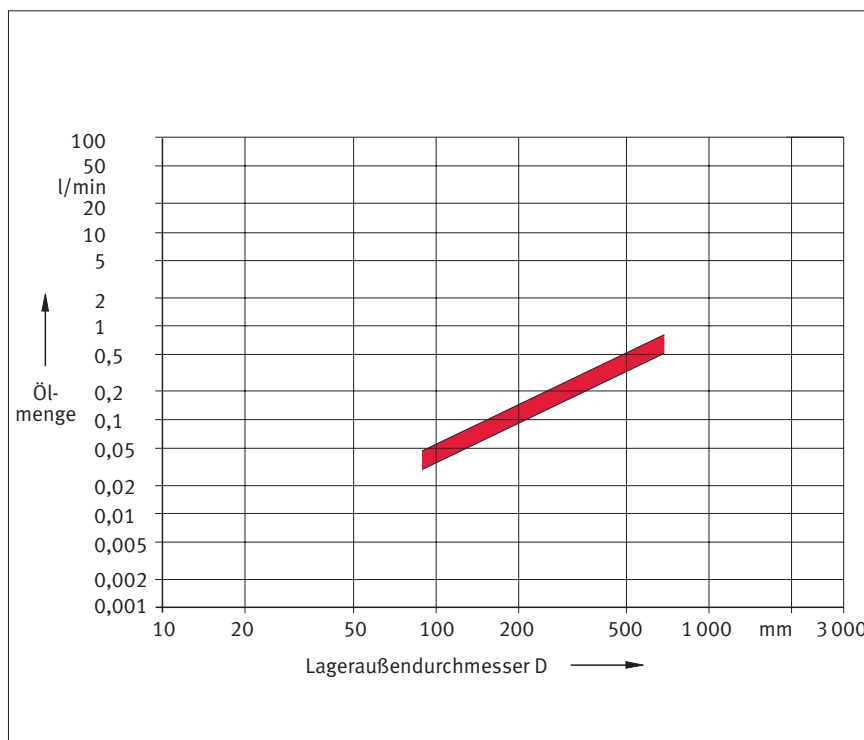
Wir empfehlen eine regelmäßige Öluntersuchung, um anhand deren Ergebnisse die Ölwechselfristen genauer festlegen zu können.

Schmierung der Lager

Ölschmierung



17: Ölmenge und Ölwechselfrist in Abhängigkeit von der Lagerbohrung



18: Mindest-Öldurchflussmenge bei Pendelrollenlagern der Reihe 223 in Schwingmaschinen

4.2.2 Ölumlaufschmierung

Liegt der Drehzahlkennwert höher als der für Tauchschmierung angegebene zulässige Wert oder gelten besondere Bedingungen (erhöhte Wärmeabfuhr erforderlich, nicht ausreichende Ölräume), muss eine Ölumlaufschmierung vorgesehen werden. Das Öl sollte durch die Schmiernut und die Schmierbohrungen im Außenring zugeführt werden.

Richtwerte für die üblichen Öldurchflussmengen können dem Diagramm, Bild 18, entnommen werden.

Um Ölstaum im Schmiersystem zu verhindern, müssen die Querschnitte der drucklosen Rückführkanäle den Zuführquerschnitten angepasst werden (4- bis 5-mal so groß).

Unbedingt erforderlich ist bei der Ölumlaufschmierung ein Filter zum Aussondern von Verschleißteilchen und Verunreinigungen, um eine Beeinträchtigung der Lagergebrauchsdauer zu vermeiden. Durch die Auswertung regelmäßiger Öluntersuchungen kann man die Ölwechselfristen den jeweiligen Betriebsverhältnissen genauer anpassen.

Schmierung der Lager

Empfohlene Schmierstoffe

4.3 Empfohlene Schmierstoffe

Fette für Schwingsieblagerungen

Die Qualität der FAG Wälzlagerfette Arcanol wird durch 100%ige Kontrolle jeder Charge sorgfältig überwacht.

Fette für Normaltemperaturen:

Arcanol MULTITOP
Arcanol LOAD400
Arcanol LOAD220

Fett für hohe Temperaturen:

Arcanol TEMP120

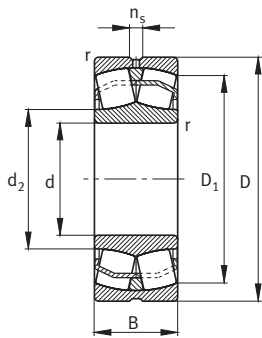
Für Fette, die nicht unsere Eingangskontrolle durchlaufen, kann FAG keine Aussagen über Chargenschwankungen, Formulierungsänderungen oder Produktionseinflüsse machen. FAG hält jedoch eine Liste geeigneter handelsüblicher Fette bereit, die ständig aktualisiert wird. Die derzeit gültige Ausgabe kann telefonisch bei FAG angefordert werden unter +49 9721 91-3883.

Öle für Schwingsieblagerungen

Bei Ölen für diesen Anwendungsfall muss nachgewiesen sein, dass die Additivierung im Wälzlager wirksam ist. Grundsätzlich können Mineralöle und Syntheseöle mit Ausnahme von Silikonölen eingesetzt werden. Öle mit Viskositätsindex-Verbesserern sind nicht sinnvoll. Eine aktuelle Liste empfehlenswerter Öle kann telefonisch bei FAG angefordert werden unter +49 9721 91-3883.

FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

mit zylindrischer Bohrung, Reihe 223...-E1-T41A(D)

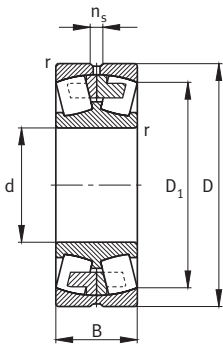


FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen mit zylindrischer Bohrung, Reihe 223...-E1-T41A(D)														
Welle	Abmessung							Tragzahl dyn. C_r kN	stat. C_{0r}	Ermüdungs- grenz- belastung C_{ur} kN	Grenz- drehzahl n_G min ⁻¹	Bezugs- drehzahl n_B	Kurzzeichen Lager FAG	Gewicht ≈ kg
	d	D	B	r	n_s	D_1	d_2							
	mm													
40	40	90	33	1,5	4,8	76	52,4	156	150	13,1	7 500	5 800	22308-E1-T41A	1,05
45	45	100	36	1,5	6,5	84,7	58,9	186	183	16,1	6 700	5 300	22309-E1-T41A	1,39
50	50	110	40	2	6,5	92,6	63	228	224	20,3	6 000	4 950	22310-E1-T41A	1,9
55	55	120	43	2	6,5	101,4	68,9	265	260	23,9	5 600	4 650	22311-E1-T41A	2,27
60	60	130	46	2,1	6,5	110,1	74,8	310	310	28	5 000	4 300	22312-E1-T41A	2,89
65	65	140	48	2,1	9,5	119,3	83,2	355	365	32,5	4 800	3 950	22313-E1-T41A	3,57
70	70	150	51	2,1	9,5	128	86,7	390	390	36,5	4 500	3 850	22314-E1-T41A	4,21
75	75	160	55	2,1	9,5	136,3	92,4	440	450	40,5	4 300	3 650	22315-E1-T41A	5,18
80	80	170	58	2,1	9,5	145,1	98,3	500	510	45	4 300	3 450	22316-E1-T41A	6,27
85	85	180	60	3	9,5	154,2	104,4	540	560	50	4 000	3 300	22317-E1-T41D	7,06
90	90	190	64	3	12,2	162,5	110,2	610	630	55	3 600	3 100	22318-E1-T41D	8,51
95	95	200	67	3	12,2	171,2	116	670	695	60	3 000	2 900	22319-E1-T41D	9,69
100	100	215	73	3	12,2	183,3	124,2	815	915	75	3 000	2 550	22320-E1-T41D	12,8
110	110	240	80	3	15	204,9	143,1	950	1 060	91	2 600	2 250	22322-E1-T41D	17,7
120	120	260	86	3	15	222,4	150,8	1 080	1 160	103	2 600	2 080	22324-E1-T41A	22,5
130	130	280	93	4	17,7	240	162,2	1 250	1 370	117	2 400	1 870	22326-E1-T41A	28
140	140	300	102	4	17,7	255,7	173,5	1 460	1 630	132	2 200	1 700	22328-E1-T41A	35,1
150	150	320	108	4	17,7	273,2	185,3	1 630	1 860	147	2 000	1 550	22330-E1-T41A	42,2

Alle Pendelrollenlager der Reihe 223...-E1-T41A(D) sind X-life-Ausführungen.

FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

mit zylindrischer Bohrung, Reihe 223..-A-MA-T41A



FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen mit zylindrischer Bohrung, Reihe 223..-A-MA-T41A													
Welle	Abmessung						Tragzahl		Ermüdungs- grenz- belastung C_{ur} kN	Grenz- drehzahl n_G min ⁻¹	Bezugs- drehzahl n_B	Kurzzeichen Lager FAG	Gewicht ≈ kg
	d	D	B	r	n_s	D_1	dyn. C_r	stat. C_{0r}					
	mm			min		≈	kN						
160	160	340	114	4	17,7	289	1 430	1 900	136	2 000	1 490	22332-A-MA-T41A	52,7
170	170	360	120	4	17,7	305	1 600	2 120	144	1 800	1 380	22334-A-MA-T41A	59,5
180	180	380	126	4	23,5	324	1 700	2 240	229	1 500	1 280	22336-A-MA-T41A	72,2
190	190	400	132	5	23,5	339	1 860	2 500	173	1 500	1 220	22338-A-MA-T41A	81
200	200	420	138	5	23,5	359	2 080	2 800	189	1 400	1 130	22340-A-MA-T41A	93,5
220	220	460	145	5	23,5	392	2 320	3 350	217	1 300	980	22344-A-MA-T41A	120

Schaeffler KG

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt

Internet www.fag.de

E-Mail mining_processing@schaeffler.com

Telefon +49 9721 91-0

Telefax +49 9721 91-3435

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen.

Technische Änderungen behalten wir uns vor.

© Schaeffler KG · 2007, Januar

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

WL 21 100/5 DA