

FAG



FAG-Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

X-life-Qualität

SCHAEFFLER GRUPPE
INDUSTRIE

Inhalt

1	FAG-Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung	2
1.1	Einsatzbedingungen für Lager in Schwingmaschinen	2
1.2	Grundausführungen der FAG-Spezial-Pendelrollenlager	2
1.2.1	X-life-Pendelrollenlager 223..-E1-T41A(D)	2
1.2.2	X-life-Pendelrollenlager 223..-E1-JPA-T41A	2
1.3	Lager mit kegeliger Bohrung	3
1.4	Lager mit beschichteter Bohrung	3
1.5	Spezifikation T41A(T41D)	3
1.5.1	Toleranzen der Lagerbohrung und des Außendurchmessers	3
1.5.2	Radialluftgruppen	4
1.5.3	Radialluftverminderung bei Lagern mit kegeliger Bohrung	5
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	20
4.2.1	Ölstandschmierung	20
4.2.2	Ölumlaufschmierung	22
4.3	Empfohlene Schmierstoffe	22
5	Überwachung von Schwingsieben	23
6	Maßtabellen der FAG-Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen	24
6.1	Reihe 223..-E1-T41A(D)	24
6.2	Reihe 223..-E1-JPA-T41A	25
7	Abfrage zur Lagerberechnung	26

FAG-Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Einsatzbedingungen · Grundauführungen der FAG-Spezial-Pendelrollenlager

1 FAG-Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

1.1 Einsatzbedingungen für Lager in Schwingmaschinen

Schwingsiebe zum Klassieren (= Trennen von Feststoffen nach der Korngröße) 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 Anwendungstechnik der Schaeffler Gruppe Industrie zu Rate gezogen werden.

1.2 Grundauführungen der FAG-Spezial-Pendelrollenlager

FAG-Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen haben die Hauptabmessungen der Maßreihe 23 (E DIN 616: 1995-01, ISO 15).

Für die besonderen Beanspruchungen in Schwingmaschinen fertigen wir alle in dieser Publikation beschriebenen Spezial-Pendelrollenlager nach der Spezifikation T41A oder T41D (siehe auch Abschnitt 1.5).

Höchste Tragfähigkeit durch beste Querschnittsausnutzung bieten die weiterentwickelten Pendelrollenlager der Reihe 223...-E1 in X-life-Qualität. In der Ausführung für schwingende Beanspruchung werden diese Lager bis 220 mm Bohrungsdurchmesser geliefert.

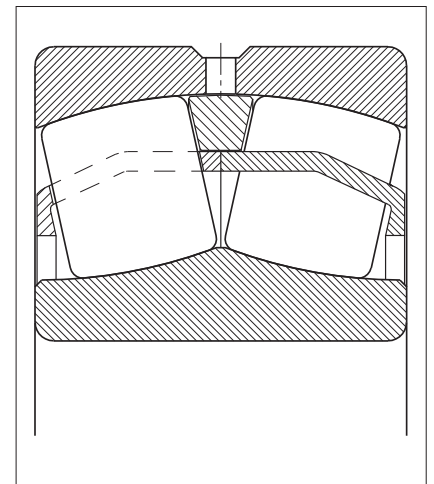
1.2.1 X-life-Pendelrollenlager 223...-E1-T41A(D)

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 Reihe 223...-E1 mit dem Nachsetzzeichen T41A oder T41D, Bild 1.

Dies sind die FAG-Standardausführungen für Lager mit 40 mm bis einschließlich 150 mm Bohrungsdurchmesser (Bohrungskennzahlen 08 bis 30).

Nach umfangreicher Erprobung in Versuchs- und Feldtests haben sich die Lager der X-life-Ausführung 223...-E1-T41A(D) in zahlreichen praktischen Einsatzfällen bestens bewährt.

Das Lager hat pro Rollenreihe eine Fensterkäfighälfte aus Stahlblech mit hoher Gestaltfestigkeit. Die Käfighälften stützen sich über den Käfigführungsring im Außenring ab. Der Führungsring ist einteilig ausgeführt. Alle Käfigteile sind speziell oberflächengehärtet.



1: X-life-Ausführungen 223...-E1-T41A(D) und 223...-E1-JPA-T41A der Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

1.2.2 X-life-Pendelrollenlager 223...-E1-JPA-T41A

Die Lager mit einem Bohrungsdurchmesser von 160 mm bis 220 mm (Bohrungskennzahl 32 bis 44) liefern wir nun ebenfalls in der im Bild 1 gezeigten Ausführung. Auch diese Lager entsprechen unserem bewährten X-life-Standard (siehe 1.2.1). Man erkennt die größeren Lager daran, dass der Stahlblechkäfig JPA im Nachsetzzeichen angegeben wird.

FAG-Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Lager mit kegeliger Bohrung · Lager mit beschichteter Bohrung · Spezifikation T41A(T41D)

1.3 Lager mit kegeliger Bohrung

Für besondere Fälle, zum Beispiel Sägegatter, werden auch Lager mit kegeliger Bohrung (Kegel 1:12) geliefert. Die Bestellbezeichnungen sind 223...-E1-K-T41A beziehungsweise 223...-E1-K-JPA-T41A ab einem Bohrungsdurchmesser von ≥ 160 mm.

1.4 Lager mit beschichteter Bohrung

Um Reibkorrosion zwischen der Lagerbohrung und der Welle zu vermindern oder zu vermeiden, liefern wir auftragsbezogen Pendelrollenlager mit Durotect® CK beschichteter zylindrischer Bohrung. Damit ist sichergestellt, dass die aufgrund thermischer Einflüsse notwendige Verschiebmöglichkeit (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.

Bei den Lagern 22317-E1-T41D bis 22330-E1-T41D wird die mit Durotect® CK beschichtete zylindrische Bohrung standardmäßig gefertigt. Nähere Informationen dazu enthält unsere Druckschrift PPD, FAG-Spezial-Pendelrollenlager mit Durotect® CK-Beschichtung in der Bohrung.

Bei Lagern außerhalb dieses Größenbereiches muss für eine beschichtete Innenringbohrung das Nachsetzzeichen J24BA in der Bestellbezeichnung angeschrieben werden.

Bestellbeispiel für ein Lager mit Durotect® CK beschichteter Bohrung innerhalb des Standardbereichs: 22320-E1-T41D.

Bestellbeispiel für ein Lager mit Durotect® CK beschichteter Bohrung außerhalb des Standardbereichs: 22316-E1-J24BA-T41A.

1.5 Spezifikation T41A(T41D)

Die FAG-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen werden nach der Spezifikation T41A oder T41D gefertigt. Diese berücksichtigt die besonderen Anforderungen des Anwendungsfalles.

In der Spezifikation sind unter anderem die Toleranzen von Bohrung und Außendurchmesser sowie die Radialluft der Lager festgelegt. Die übrigen Toleranzen entsprechen der Toleranzklasse PN nach DIN 620.

1.5.1 Toleranzen der Lagerbohrung und des Außendurchmessers

Die Spezifikation T41A(D) schreibt eine Einengung der Bohrungstoleranz auf etwa die obere Hälfte des normalen Toleranzfeldes vor. Für den Außendurchmesser ist nur der mittlere Bereich des Normal-Toleranzfeldes zulässig. Bei Lagern mit kegeliger Bohrung hat nur der Außendurchmesser den verkleinerten Toleranzbereich. Toleranzwerte siehe Tabelle, Bild 2. Durch diese Maßnahmen wird mit den Wellentoleranzen g6 oder f6 der für den Innenring erforderliche Schiebesitz und mit der Gehäuse-toleranz P6 der erforderliche Festsitz für den Außenring sicher erreicht. Bei beschichteter Bohrung empfehlen wir, die Wellentoleranz f6 zu verwenden. Der Innenring hat keine eindeutige Punktlast, der Außenring wird durch Umfangslast beansprucht.

Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzflächen siehe Seite 4.

2: Eingeengte Toleranz nach Spezifikation T41A(D)

Innenring

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

Abweichung Δ_{dmp}	Toleranzwerte in μm					
	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

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

FAG-Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Spezifikation T41A(T41D)

Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzflächen

Für die gewünschte Passung müssen die Lagersitze und Passflächen von Welle und Gehäusebohrung bestimmte Toleranzen einhalten, siehe folgende Tabelle.

Lagersitzfläche	Durchmesser-toleranz	Rundheits-toleranz	Parallelitäts-toleranz	Planlauf-toleranz der Anlagenschulter
Welle	IT6 (IT5)	Umfangslast IT4/2	IT4	IT4
		Punktlast IT5/2	IT5	
Gehäuse	IT7 (IT6)	Umfangslast IT5/2	IT5	IT5
		Punktlast IT6/2	IT6	

1.5.2 Radialluftgruppen

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 und so weiter sicher vermieden. Besonders gilt das für die Anfah- und Einlaufphasen, bei denen die größten Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenring auftreten. Nur in seltenen Fällen, zum Beispiel bei heißem Siebgut und übermäßiger Fremderwärmung der Lagerstelle, muss für die Pendelrollenlager in Schwingmaschinen eine gesonderte Radialluftbetrachtung erfolgen. Für spezielle Anwendungen, beispielsweise Sägegatter, können auch Lager mit einer anderen Lagerluft als C4 erforderlich werden. Das Nachsetzzeichen für die Radialluft, zum Beispiel C3, ist dann offen anzuschreiben. Lager dieser Ausführung liefern wir auf Anfrage. Radialluftwerte für die Spezial-Pendelrollenlager siehe Tabelle, Bild 3.

3: 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

mit zylindrischer Bohrung

Lagerluft in µm

Luftgruppe	min	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240	260	280
C3	max	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320	350	370
Luftgruppe	min	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320	350	370
C4	max	80	100	120	145	180	210	240	280	310	340	380	420	460	500

mit kegeliger Bohrung

Lagerluft in µm

Luftgruppe	min	50	60	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270	300	330
C3	max	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350	390	430
Luftgruppe	min	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350	390	430
C4	max	85	100	120	150	180	220	260	300	340	370	410	450	490	540

FAG-Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung

Spezifikation T41A(T41D)

1.5.3 Radialluftverminderung bei Lagern mit kegeliger Bohrung

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 4) kann als Maß für den Sitzcharakter zwischen Innenring und Welle genommen werden.

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

Nennmaß der Lagerbohrung		Verminderung der Radialluft		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:12				Kontrollwert der kleinsten Radialluft nach dem Einbau		
d über mm	bis mm	min mm	max mm	Welle mm		Hülse mm		CN min mm	C3 min	C4 min
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

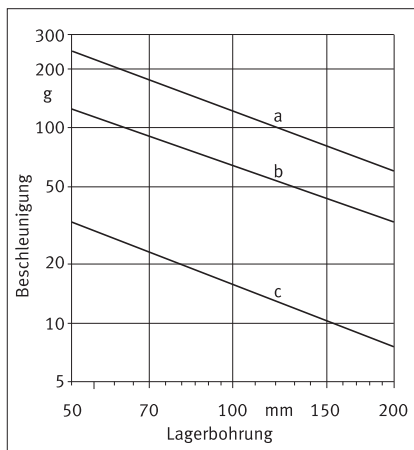
FAG-Pendelrollenlager für schwingende Beanspruchung Dimensionierung der Lager

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 Maßreihen 223 und 233)

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



1.7 Wärmebehandlung

Alle FAG-Pendelrollenlager der Reihen 223..-E1-T41A(D) und 223..-E1-JPA-T41A für schwingende Beanspruchung sind so wärmebehandelt, dass sie bis zu einer Betriebstemperatur von 200 °C maßstabil 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 ISO 281 (siehe auch Katalog HR 1, Wälzlager). Die dazu erforderliche Ermüdungsgrenzbelastung C_{ur} ist in den Maßtabellen angegeben.

2.1 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung

Bild 5 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 Freischwängern 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 6.

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

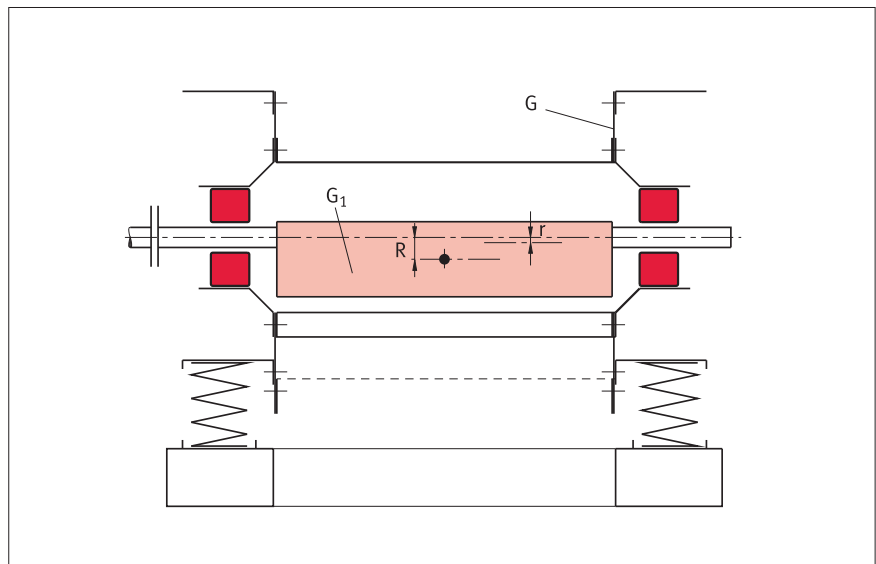
- G Siebkastengewichtskraft [kN]
- G_1 Gewichtskraft des Erregers [kN]
- R Abstand des Erregerschwerpunkts von der Lagerachse [m]
- r Schwingradius des Siebkastens [m]
- $G_1 \cdot R$ Unwuchtmoment des Erregers [kN m]
- $G + G_1$ von den Federn abgestützte Gesamtgewichtskraft [kN]

Dimensionierung der Lager

Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung

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

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



5: Prinzip des Freischwingers mit kreisförmiger Schwingbewegung

Beispiel

Siebkastengewichtskraft $G = 35 \text{ kN}$

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

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

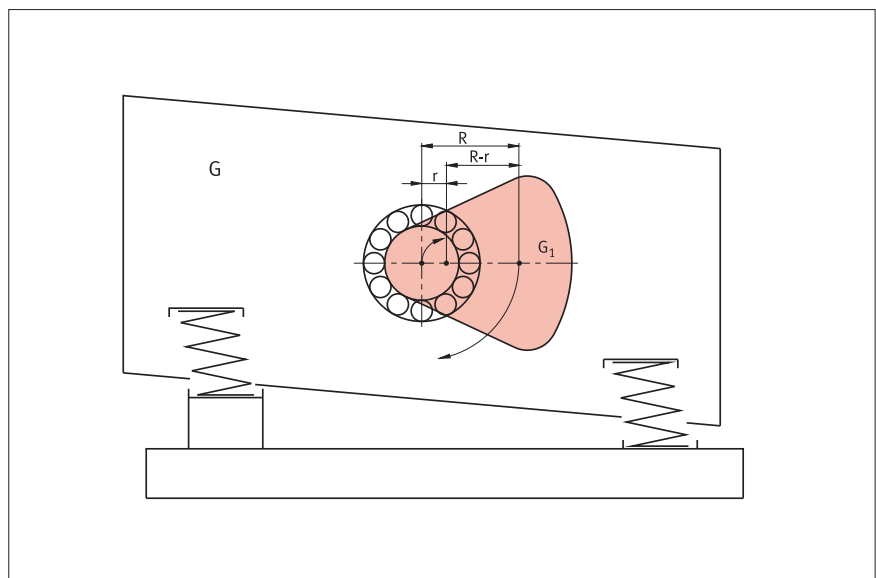
Lageranzahl $z = 2$

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

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



6: 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 7. 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

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

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

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

Dabei ist

r [m] Schwingradius

R [m] Abstand der Erregerschwerpunkte von den zugehörigen Lagerachsen

Senkrecht zur Schwingbewegung ergibt sich mit

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

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_{rmax} und F_{rmin} . 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

$$F_r = 0,68 \cdot F_{rmax} + 0,32 \cdot F_{rmin} \quad [\text{kN}]$$

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 Erregerschwerpunkte 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 $G_1 = 7,5$ kN
 Schwingradius r = 0,008 m
 Drehzahl n = 900 min⁻¹
 Lageranzahl z = 4

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

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

ergibt sich nach (4) und (5)

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

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

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

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

Lagerbelastung

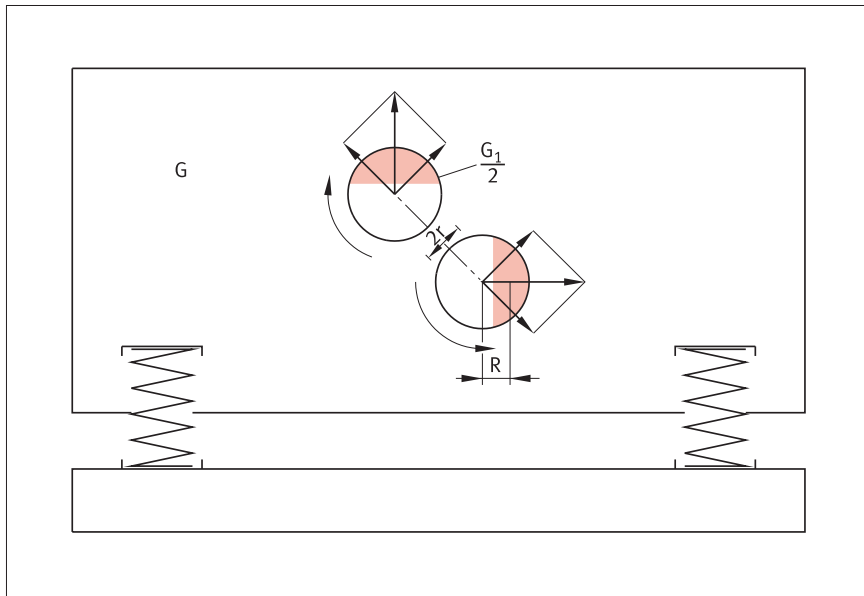
$$F_r = 0,68 \cdot 73,3 + 0,32 \cdot 59,8 = 69 \quad [\text{kN}]$$

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

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

Dimensionierung der Lager

Freischwinger mit linearer Schwingbewegung



7: Prinzip des Freischwingers mit linearer Schwingbewegung

Dimensionierung der Lager

Exzentrersieb

2.3 Exzentrersieb

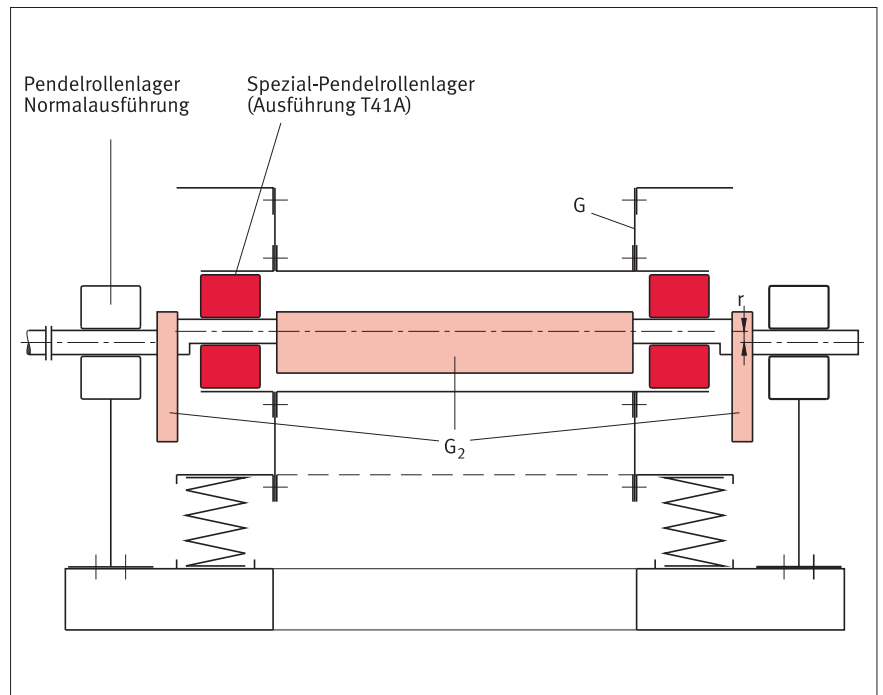
Im Gegensatz zum Freischwinger ist beim Starrschwinger der Schwingradius durch die Exzentrizität der Welle festgelegt. Die Lagerbelastung für die beiden Innenlager ergibt sich wie beim Kreisschwinger zu

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

wobei r hier den Exzenterradius der gekröpften Welle bedeutet und z die Anzahl der Innenlager, Bild 8. 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.



8: 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 beziehungsweise der Fliehkraft der Siebkastenmasse

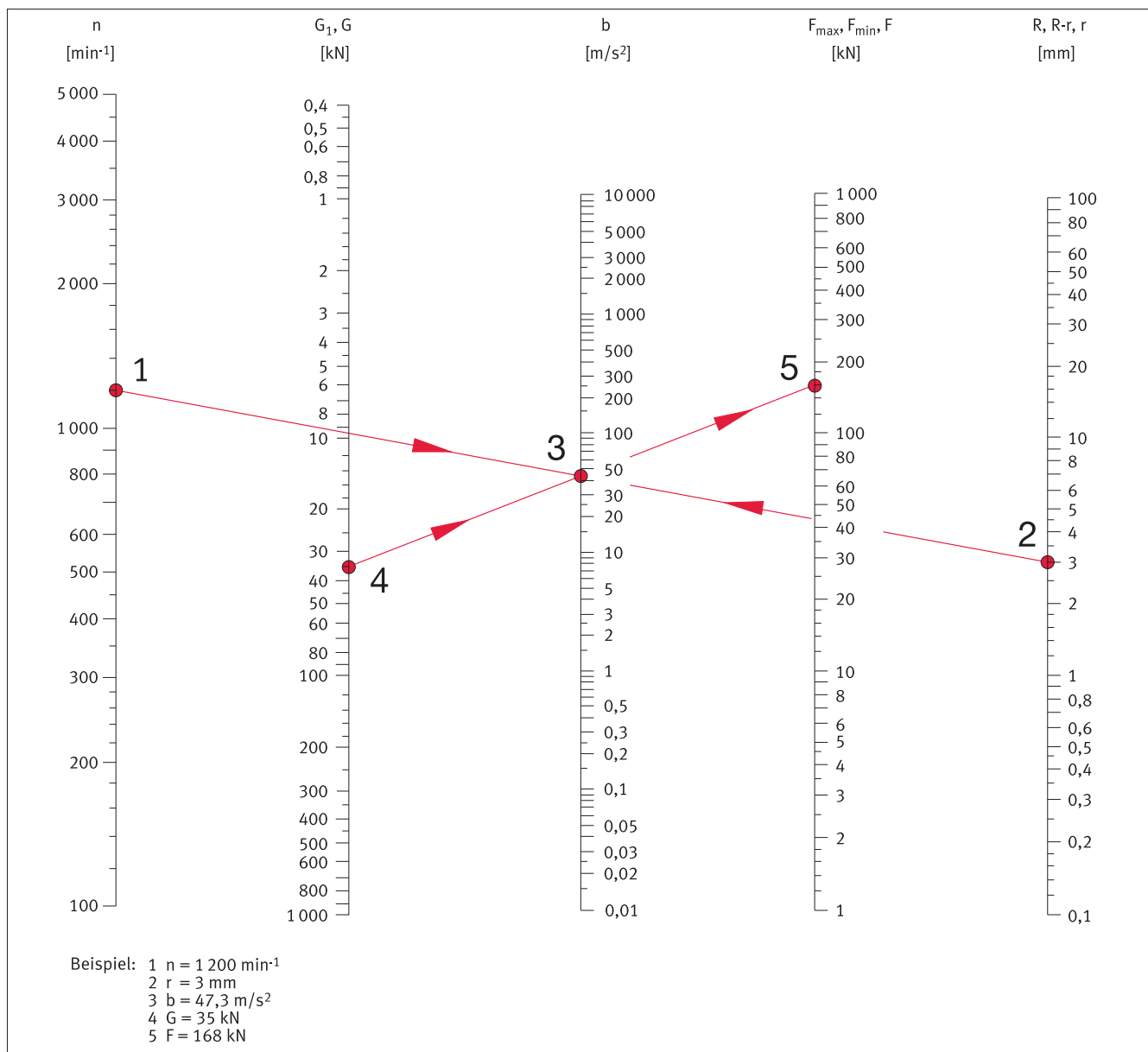
F_{max} , F_{min} und F sind Fliehkräfte
 n ist die Drehzahl [min^{-1}]
 r ist der Schwingradius [m]
 R ist der Abstand des Erregerschwerpunktes von der Lagerachse [m]

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]

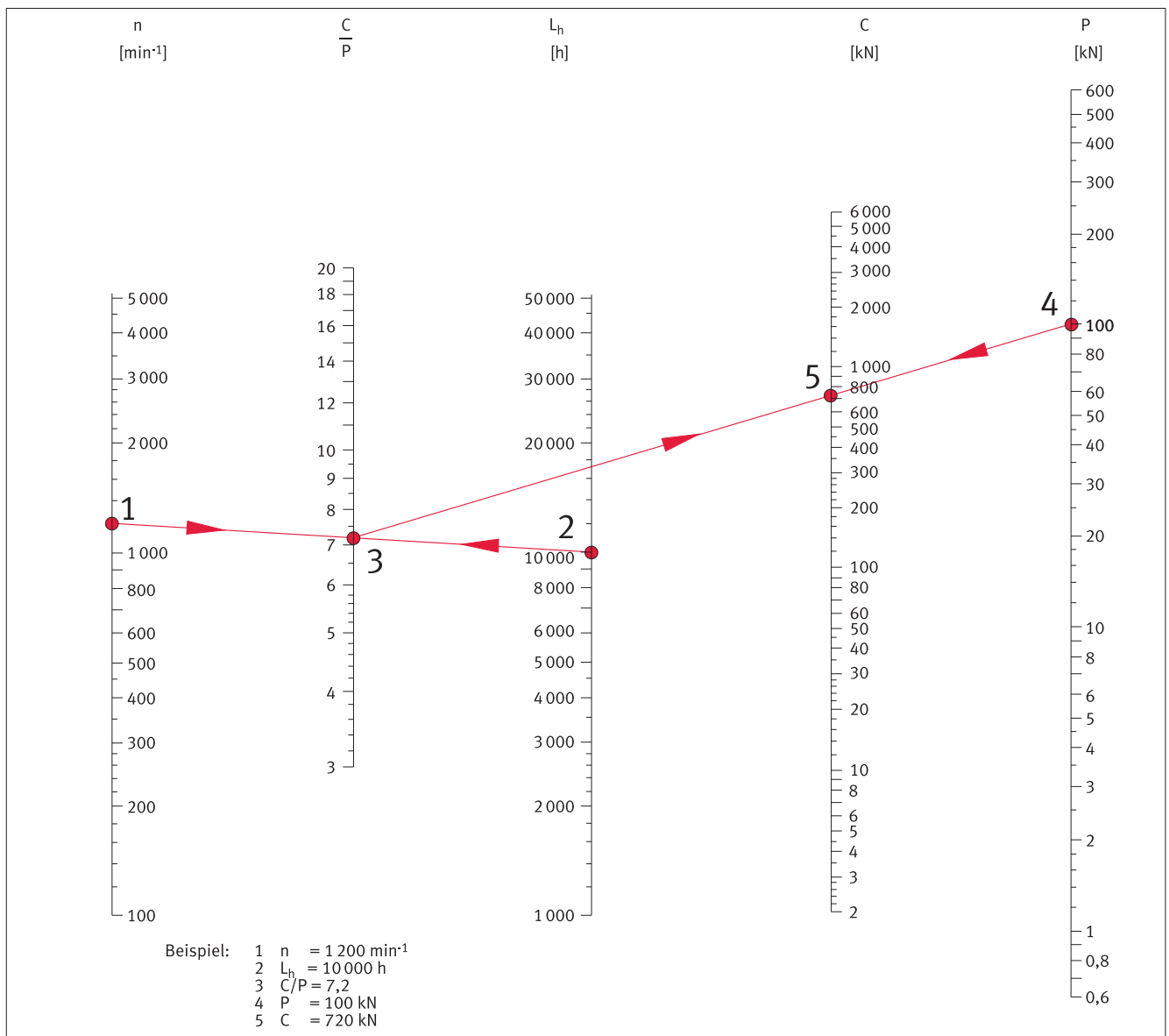
Bei Freischwängern mit kreisförmiger Schwingbewegung und Innenlagern mit Exzentriseiben

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

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 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 9 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

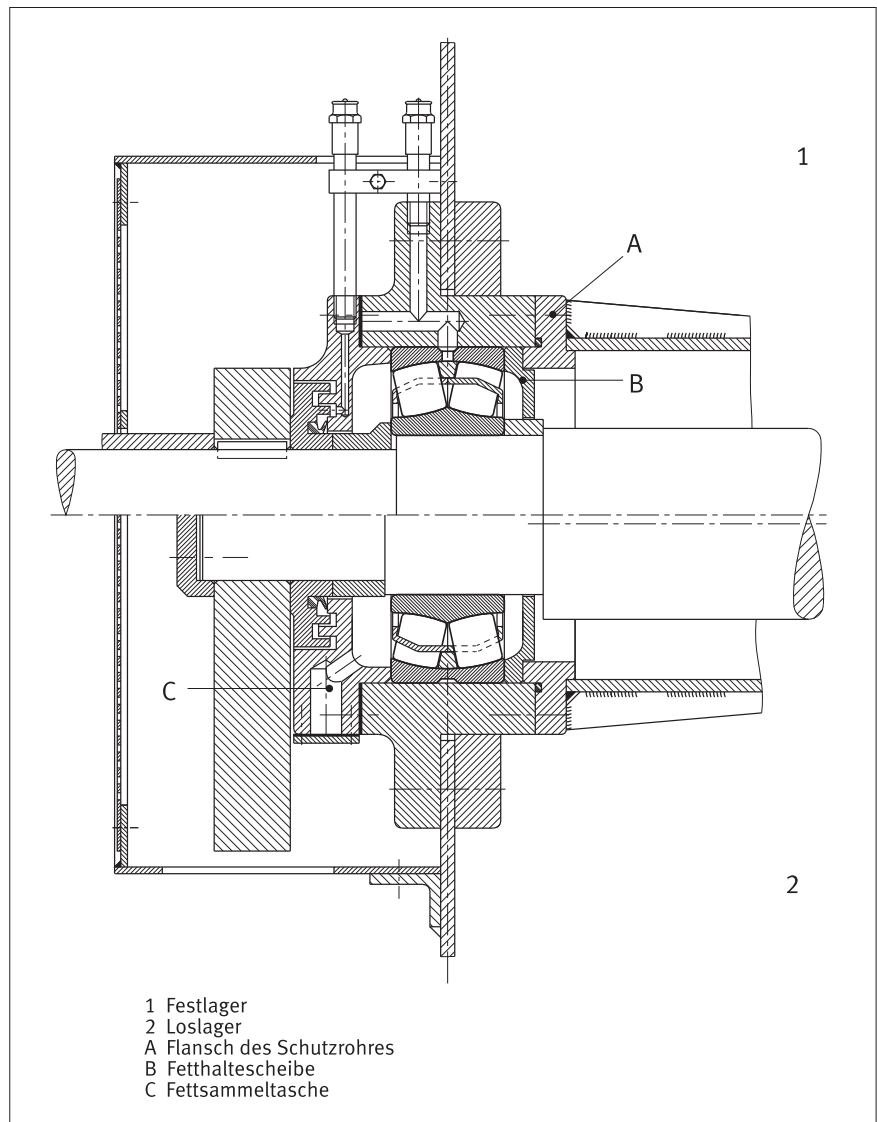
Nach der Kontrolle der Anschluss-teile wird das Lager zunächst in die Gehäusebohrung eingesetzt. Kleinere Lager kann man kalt einpressen. Bei größeren Lagern wird der Gehäusekörper so weit gleichmäßig erwärmt, dass das Passungsübermaß zwischen Lageraußenring und Gehäusebohrung aufgehoben ist. Beim Erkalten 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 9) 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.



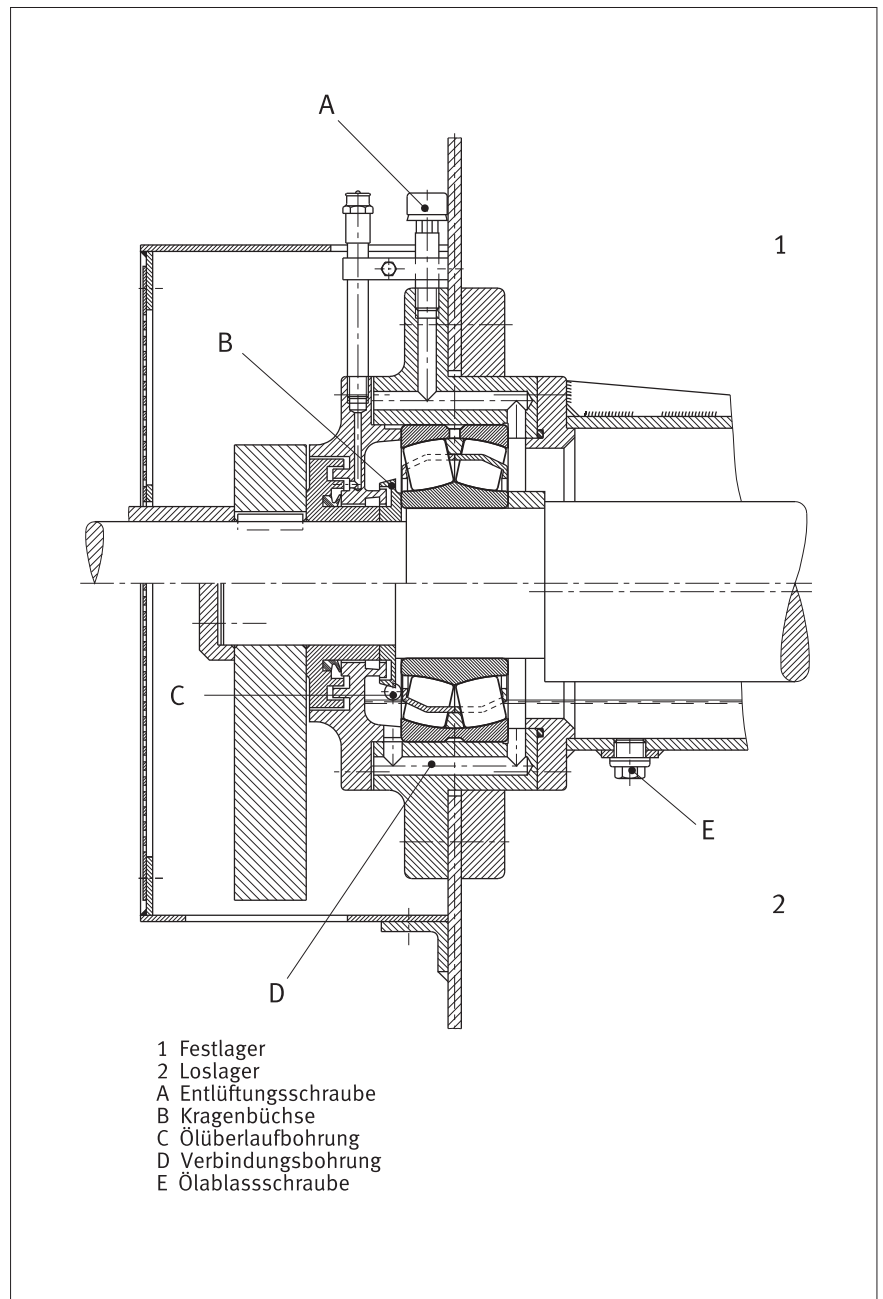
9: Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Fettschmierung)

Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölstandschmierung)

3.2 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölstandschmierung)

In Bild 10 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.



10: Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölstandschmierung)

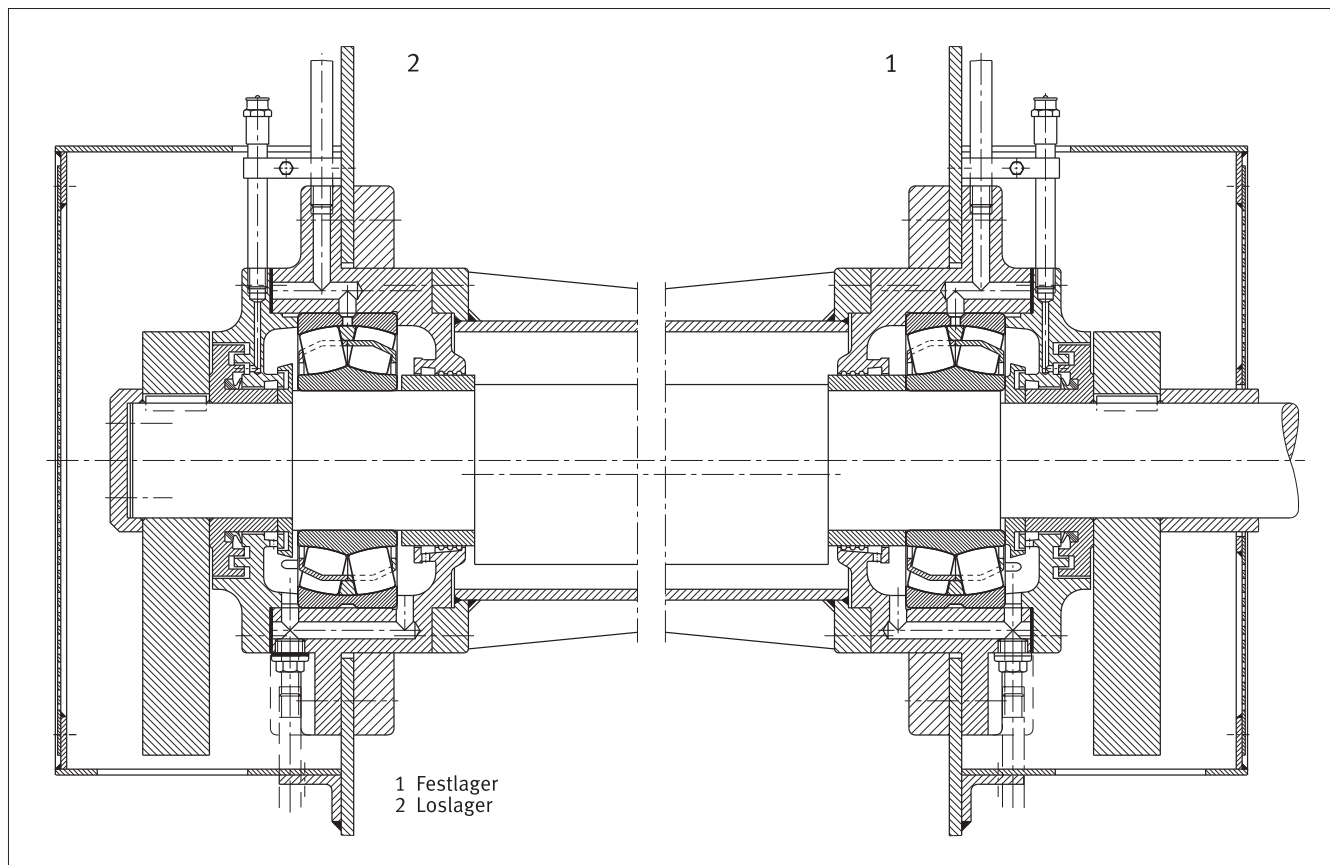
Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölumlaufschmierung)

3.3 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölumlaufschmierung)

Der konstruktive Aufbau der in Bild 11 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).



11: Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung (Ölumlaufschmierung)

Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Freischwinger mit linearer Schwingbewegung (Ölspritzschmierung)

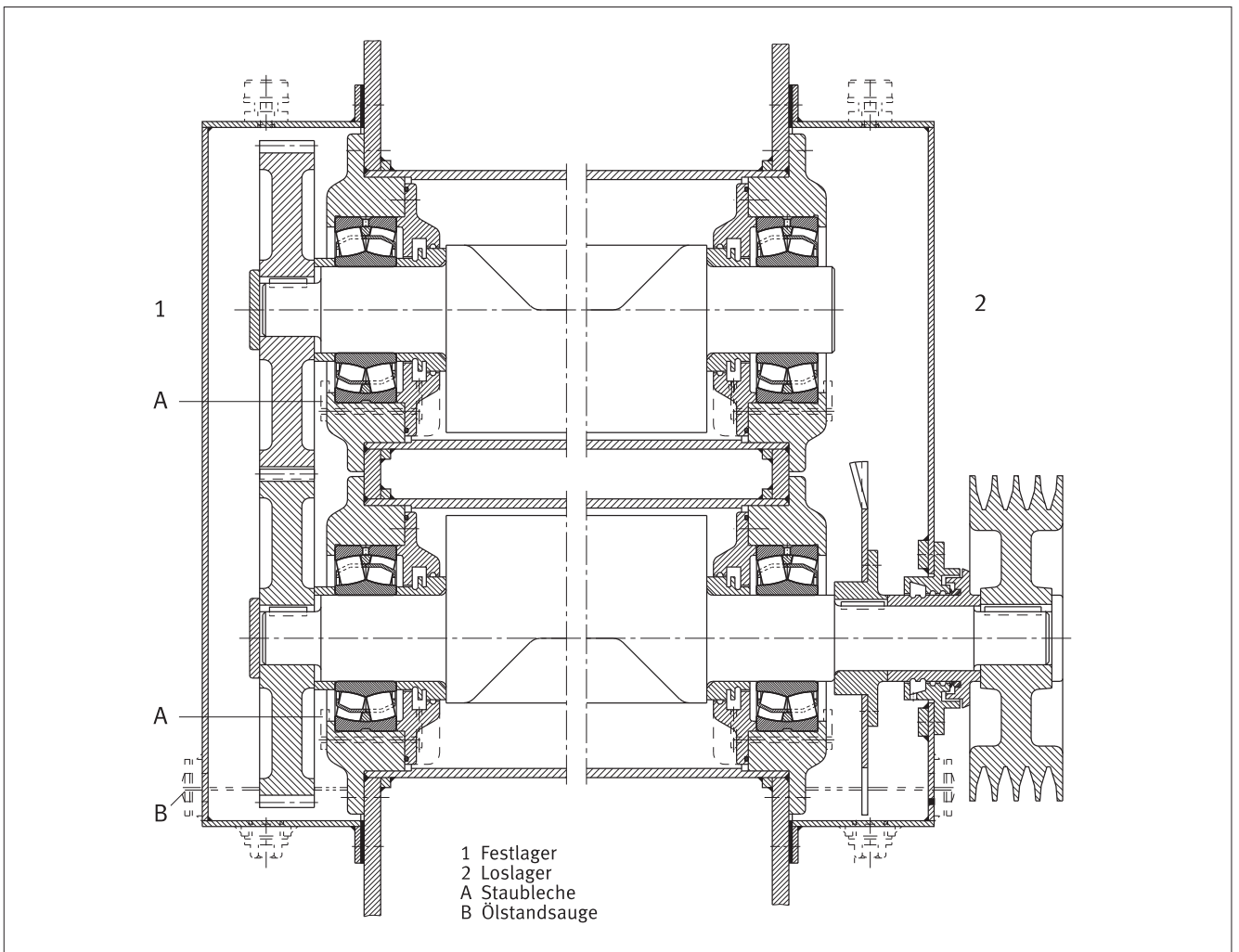
3.4 Freischwinger mit linearer Schwingbewegung (Ölspritzschmierung)

Bild 12 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 beziehungsweise die Schleuderscheibe gerade in den Ölsumpf eintaucht. Die Ölüberwachung erfolgt durch seitliche Ölstandsaugen.



12: Freischwinger mit linearer Schwingbewegung (Ölspritzschmierung)

Konstruktive Gestaltung der Lagerstellen

Starrschwinger (Fettschmierung)

3.5 Starrschwinger (Fettschmierung)

Bild 13 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 abschwelldenden, 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-

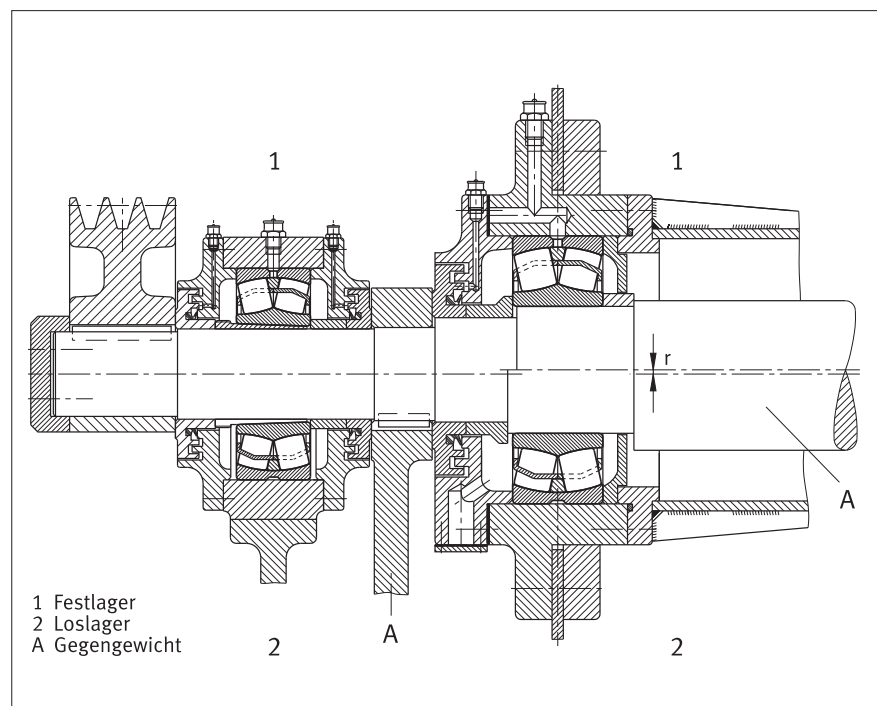
liegende Lager als Loslager mit axial verschiebbarem Außenring ausgebildet.

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.



13: Starrschwinger (Fettschmierung)

Schmierung der Lager

Fettschmierung

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 zum Beispiel für die FAG-Fette Arcanol MULTITOP und LOAD400 der Fall ist.

Treten höhere Betriebstemperaturen auf, zum Beispiel 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 HR 1, Wälzlager.

Bei der Montage der Wälzlager die Hohlräume der Lager nach Tabelle 14 mit Fett befüllen. Während der Anlaufphase wird sich das Fett im Lager verteilen und teilweise (circa 30 % der Fettmenge/Lager) auch die Gehäusefreiräume V_G neben dem Lager füllen.

Diese Freiräume dürfen nach abgeschlossener Fettverteilung im Lager zu maximal 50 % mit Fett gefüllt sein.

Es gilt somit:

$$\begin{aligned} \text{Fettfüllmenge Gehäuse Räume:} \\ H_G = (0,5 \cdot V_G) \cdot \rho \\ - 0,3 \text{ Fettmenge/Lager} \end{aligned}$$

mit der Fettdichte
(für die meisten Fette) $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$

So wird übermäßige Walkarbeit und damit verbundene Temperaturentwicklung vermieden. Das Fett in den Gehäusefreiräumen wirkt als Depot und trägt, je nach Betriebsbedingungen und Einbauverhältnissen, zur Gebrauchsdauerverlängerung bei.

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 14, 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 Staubaufschlag, Feuchtigkeit, hohe Betriebstemperatur) häufiger nachzuschmieren. Dazu sollte man das gleiche Fett wie für die Wälzlager verwenden.

Schmierung der Lager

Fettschmierung

14: Erstbefüllungs- und Nachschmiermengen in g für Pendelrollenlager 223 in Schwingmaschinen (Nachschmierintervall: 50 Betriebsstunden)

Bohrungs- kennzahl	Erst- befüllungs- menge	Nachschmiermenge bei Drehzahl min ⁻¹																	
		500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	
08	16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
09	22	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10
10	27	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	15
11	43	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	20	
12	50	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15			
13	56	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	20			
14	76	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	15	20	25					
15	91	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	20	25						
16	100	5	5	5	10	10	10	10	10	15	20	25							
17	130	5	5	10	10	10	10	10	15	20	25	35							
18	145	10	10	10	10	10	10	15	20	25	30	40							
19	180	10	10	10	10	10	15	15	25	35	45								
20	185	10	10	10	10	15	15	20	30	40									
22	270	10	10	15	15	20	20	30	50	70									
24	330	15	15	20	25	30	35	55	85										
26	420	15	20	20	25	35	40	65											
28	525	20	25	30	35	45	60	100											
30	630	25	30	40	50	65	90												
32	725	25	35	45	60	80	100												
34	870	30	40	55	80	110	140												
36	1000	35	50	65	90	120													
38	1200	45	65	90	130														
40	1400	50	70	100	150														
44	1700	70	105	160															

Schmierung der Lager

Ölschmierung

4.2 Ölschmierung

Liegen die Drehzahlen über dem für Fettschmierung üblichen Bereich (das heißt 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 = Bezugsviskosität) soll ≥ 2 sein.

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 Unwuchtmasse oder durch die Wälzkörper selbst an die Wälzkontaktstellen gefördert.

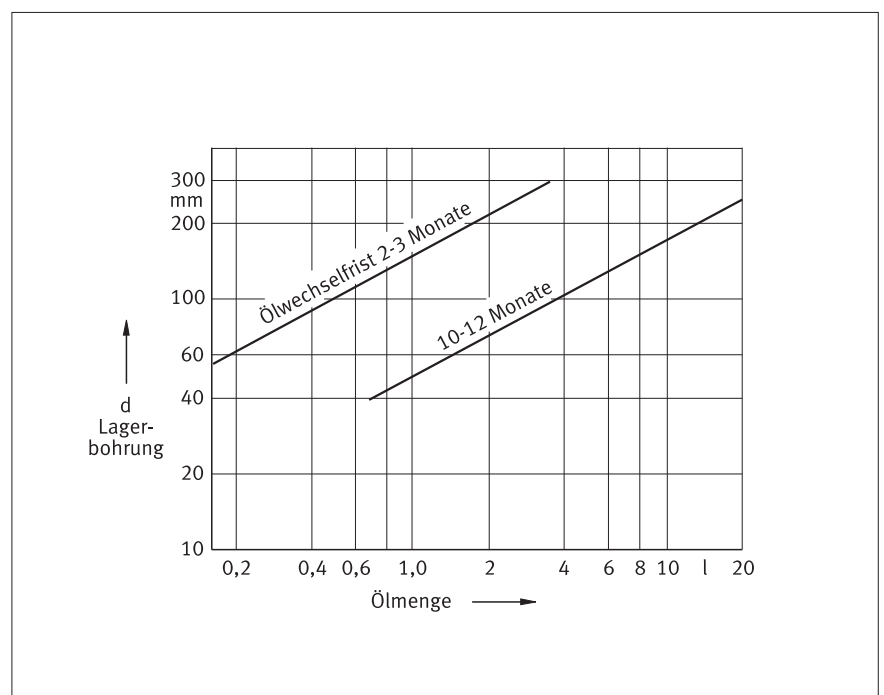
Dazu muss der Ölstand in der Anlage oder im Lagergehäuse so hoch sein, dass die Zahnräder oder Unwuchtmassen im Betrieb in das Öl eintauchen und es verwirbeln können. Bei Stillstand muss die unterste Rolle bis zur Hälfte in das Öl eintauchen, Bild 16.

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 Alterungszustand des Öles ab.

Richtwerte für die Ölmenge und Ölwechselfristen in Abhängigkeit von der Lagerbohrung enthält Bild 15. Weitere Einzelheiten siehe Publikation WL 81 115/4 DA „Schmierung von Wälzlagern“.

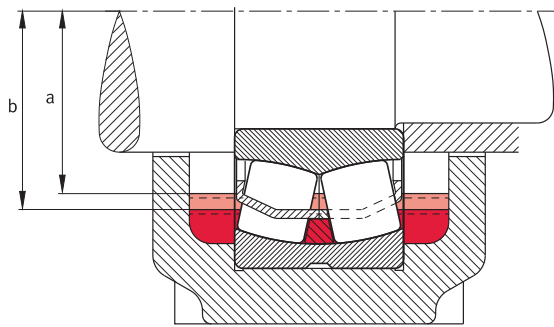
Wir empfehlen eine regelmäßige Öluntersuchung, um anhand deren Ergebnisse die Ölwechselfristen genauer festlegen zu können.



15: Ölmenge und Ölwechselfrist in Abhängigkeit von der Lagerbohrung

Schmierung der Lager

Ölschmierung



a ist der normale Ölstand
b ist der niedrigste Ölstand

Bohrungs- kennzahl	Lagerreihe 223	
	a mm	b
08	31	34
09	35	38
10	39	42
11	42	46
12	46	50
13	50	54
14	54	59
15	58	62
16	62	67
17	66	71
18	69	74
19	72	78
20	78	84
22	86	94
24	93	101
26	100	109
28	107	117
30	115	125
32	122	133
34	129	140
36	137	149
38	144	156
40	152	165
44	168	182
48	182	195
52	196	211
56	212	228

16: Bestimmung des Ölstands im Stillstand

Schmierung der Lager

Ölschmierung · Empfohlene Schmierstoffe

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 17, entnommen werden.

Um Ölstaub 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.

4.3 Empfohlene Schmierstoffe

Fette für Schwingsieblagerungen

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

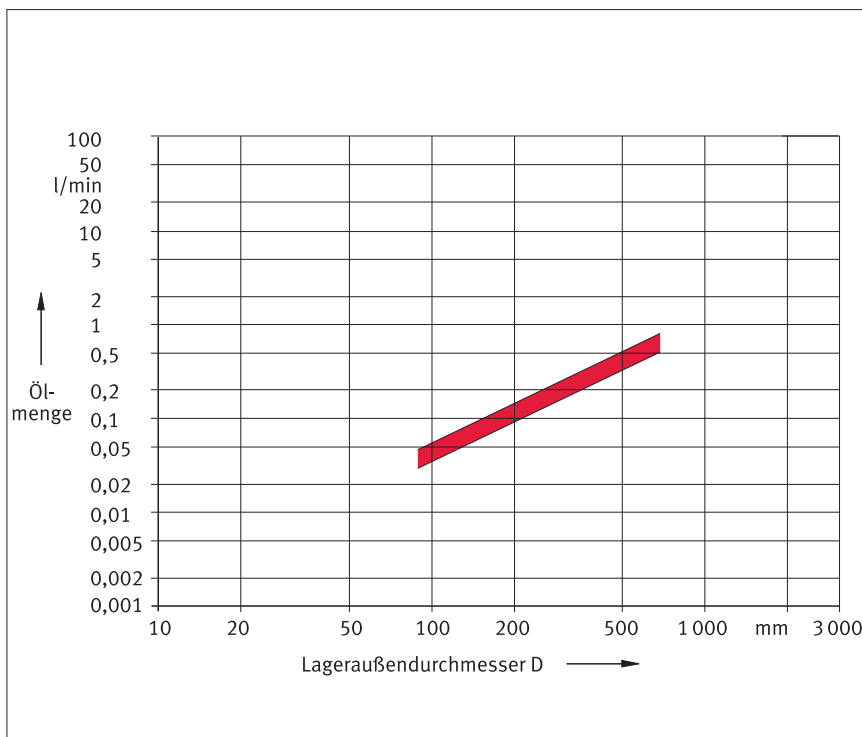
Fette für Normaltemperaturen:

Arcanol MULTITOP
Arcanol LOAD400
Arcanol LOAD220
Arcanol VIB3

Fett für hohe Temperaturen:

Arcanol TEMP120

Für Fette, die nicht unsere Eingangskontrolle durchlaufen, können wir keine Aussagen über Chargenschwankungen, Formulierungsänderungen oder Produktionseinflüsse machen.



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

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 Siliconölen eingesetzt werden. Öle mit Viskositätsindex-Verbesserern sind nicht sinnvoll.

Überwachung von Schwingsiebenen

5 Überwachung von Schwingsiebenen

Die Schwingungsdiagnose ist ein zuverlässiges Verfahren, um beginnende Maschinenschäden frühzeitig zu erkennen.

Die Schaeffler Gruppe bietet hierzu Überwachungssysteme, die auch unter sehr rauen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden können.

Überwachungssysteme für Schwingsiebe erkennen Maschinenschäden in einem sehr frühen Stadium. Durch die rechtzeitige Alarmierung helfen sie, ungeplante Stillstände zu vermeiden. Messdaten können jederzeit vor Ort oder aus der Ferne abgerufen und vom Betreiber selbst oder vom Schaeffler-Teleservice-Center ausgewertet werden.

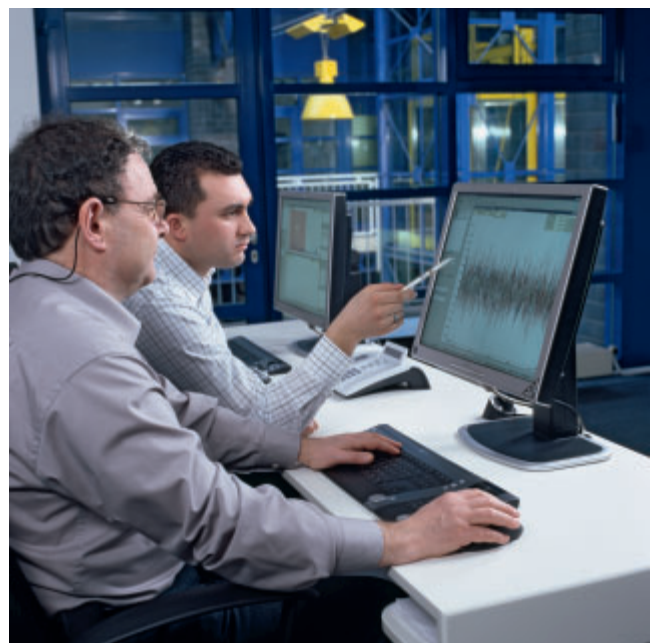
Durch eine Überwachung der Schwingsiebe können zum Beispiel folgende Anlagenzustände erkannt werden:

- Lagerschäden
- Lose Teile
- Gebrochene Federn
- Überlasten
- Aufsetzen.

Darüber hinaus beinhaltet die Angebotspalette der Schaeffler Gruppe im Bereich Instandhaltung und Qualitätssicherung weitere Produkte und Dienstleistungen: angefangen bei der Montage über die Anlagenüberwachung bis zur Einführung und Umsetzung vorbeugender Instandhaltungsmaßnahmen.

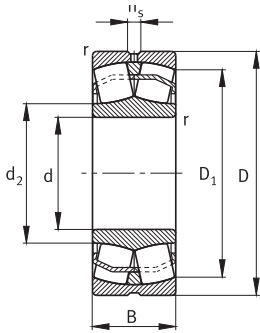
Ein breites Programm an Montage- und Ausrichtwerkzeugen, Messinstrumenten und Schmiermitteln sowie Schulungen erleichtert Instandhaltungsarbeiten und hilft, Arbeitsabläufe effizienter zu gestalten. Dank langjähriger Erfahrung und qualifizierter Fachleute ist Schaeffler der kompetente Partner für kundenorientierte Lösungen rund um den Lebenszyklus von Wälzlagern.

Mehr Information zum Leistungsspektrum im Bereich Service finden Sie im Internet unter www.schaeffler.de/services oder schreiben Sie eine E-Mail an industrial-services@schaeffler.com.



FAG-Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

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



6.1 FAG-Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen mit zylindrischer Bohrung, Reihe 223..-E1-T41A(D)

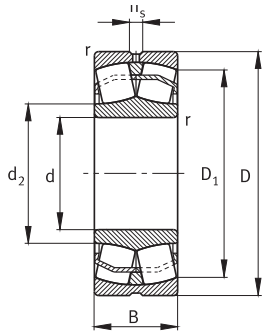
Welle	Abmessung							Tragzahl		Ermüdungs- grenz- belastung C_{ur} kN	Grenz- drehzahl n_G min ⁻¹	Bezugs- drehzahl n_B	Kurzzeichen Lager FAG	Masse m ≈ kg
	d	D	B	r min	n_s	D_1 ≈	d_2 ≈	dyn. C_r kN	stat. C_{0r}					
40	40	90	33	1,5	4,8	76	52,4	156	149	13,1	7 500	5 500	22308-E1-T41A	1,05
45	45	100	36	1,5	6,5	84,7	58,9	187	183	16,1	6 700	5 000	22309-E1-T41A	1,39
50	50	110	40	2	6,5	92,6	63	229	223	20,3	6 000	4 800	22310-E1-T41A	1,9
55	55	120	43	2	6,5	101,4	68,9	265	260	23,9	5 600	4 500	22311-E1-T41A	2,27
60	60	130	46	2,1	6,5	110,1	74,8	310	310	28	5 000	4 200	22312-E1-T41A	2,89
65	65	140	48	2,1	9,5	119,3	83,2	350	365	32,5	4 800	3 800	22313-E1-T41A	3,57
70	70	150	51	2,1	9,5	128	86,7	390	390	36,5	4 500	3 700	22314-E1-T41A	4,21
75	75	160	55	2,1	9,5	136,3	92,4	445	450	40,5	4 300	3 550	22315-E1-T41A	5,18
80	80	170	58	2,1	9,5	145,1	98,3	495	510	45	4 300	3 400	22316-E1-T41A	6,27
85	85	180	60	3	9,5	154,2	104,4	540	560	50	4 000	3 200	22317-E1-T41D	7,06
90	90	190	64	3	12,2	162,5	110,2	610	630	55	3 600	3 000	22318-E1-T41D	8,51
95	95	200	67	3	12,2	171,2	116	670	700	60	3 000	2 800	22319-E1-T41D	9,69
100	100	215	73	3	12,2	184,7	130,2	810	920	75	3 000	2 380	22320-E1-T41D	12,8
110	110	240	80	3	15	204,9	143,1	950	1 070	91	2 600	2 130	22322-E1-T41D	17,7
120	120	260	86	3	15	222,4	150,8	1 080	1 170	103	2 600	2 000	22324-E1-T41D	22,5
130	130	280	93	4	17,7	239,5	162,2	1 250	1 370	117	2 400	1 820	22326-E1-T41D	28
140	140	300	102	4	17,7	255,7	173,5	1 460	1 630	132	2 200	1 660	22328-E1-T41D	35,1
150	150	320	108	4	17,7	273,2	185,3	1 640	1 850	148	2 000	1 520	22330-E1-T41D	42,2

Alle Pendelrollenlager der Reihe 223..-E1-T41A(D) sind X-life-Ausführungen, die auch mit kegeliger Bohrung geliefert werden können.

Der JPA-Käfig ist bei diesen Lagern Standard und wird deshalb nicht angeschrieben.

FAG-Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen

mit zylindrischer Bohrung, Reihe 223..-E1-JPA-T41A



6.2 FAG Spezial-Pendelrollenlager für Schwingmaschinen mit zylindrischer Bohrung, Reihe 223..-E1-JPA-T41A

Welle	Abmessung						Tragzahl		Ermüdungs- grenz- belastung C_{ur} kN	Grenz- drehzahl n_G min^{-1}	Bezugs- drehzahl n_B	Kurzzeichen Lager FAG	Masse m \approx kg
	d	D	B	r	n_s	D_1	dyn. C_r kN	stat. C_{0r}					
160	160	340	114	4	17,7	286,7	1 680	1 990	158	2 100	1 460	22332-E1-JPA-T41A	52,7
170	170	360	120	4	17,7	303,7	1 870	2 220	174	2 100	1 350	22334-E1-JPA-T41A	59,5
180	180	380	126	4	23,5	320,8	2 060	2 460	191	1 960	1 250	22336-E1-JPA-T41A	72,2
190	190	400	132	5	23,5	338	2 260	2 700	208	1 820	1 170	22338-E1-JPA-T41A	81
200	200	420	138	5	23,5	354,9	2 440	2 950	226	1 820	1 100	22340-E1-JPA-T41A	93,5
220	220	460	145	5	23,5	391,9	2 800	3 400	265	1 680	970	22344-E1-JPA-T41A	120

Alle Pendelrollenlager der Reihe 223..-E1-JPA-T41A sind X-life-Ausführungen, die auch mit kegeliger Bohrung geliefert werden können.

Bei diesen Lagern wird der JPA-Käfig angeschrieben, weil er nicht Standard ist.

Auf Anfrage liefern wir auch Spezial-Pendelrollenlager 223..-A-MA-T41A, siehe Katalog HR 1, Wälzlager.

Abfrage zur Lagerberechnung

7 Abfrage zur Lagerberechnung

(Zeichnung beigefügt: ja / nein)

Bauart: Kreissieb Linearsieb Exzentrersieb
 Die Prinzipskizzen hierzu finden Sie auf den Seiten 7 bis 10.

**Lastkollektiv/
Auslegungsdaten:**

1. Massen [kg]	Siebkasten m	_____
	Unwuchtgewichte (Erreger) m_1	_____
2. Geometrie [m]	Schwingradius r	_____
	Abstand Erregerschwerpunkt/Lagerachse R	_____
3. Drehzahl [min^{-1}]	Betriebsdrehzahl n	_____
4. Einsatzzeit	Stunden pro Tag	_____
	Ein- oder Mehrschichtbetrieb	_____
5. Lebensdauer [h]	geforderte Mindestlebensdauer	_____

**Lagerstelle-/
Einbaudaten:**

1. Einbaustelle	A. Loslager <input type="checkbox"/>	B. Festlager <input type="checkbox"/>
	C. schwimmende Lagerung <input type="checkbox"/>	
2. Lagersitz	zylindrisch <input type="checkbox"/>	konisch <input type="checkbox"/>
3. Anzahl der Wälzlager z	_____	
4. Lagersitzdurchmesser [mm]	Welle _____	Passung _____
	Gehäuse _____	Passung _____
5. weitere Abmessungen [mm]	max. Durchmesser _____	
	min. Durchmesser _____	
	Breite _____	

Umgebungseinfluss:

Umgebungstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	_____		
Siebgut (Heißsieb) [$^{\circ}\text{C}$]	_____		
Betriebstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]	_____		
Feuchtigkeit [%]	_____		
Staub	stark <input type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	wenig/kein <input type="checkbox"/>
chem. Einflüsse	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
Aufstellplatz	Halle <input type="checkbox"/>	im Freien <input type="checkbox"/>	

Schmierung: Fett Ölsumpf Ölumlaufl Ölnebel-Schmierung

Abdichtung: nachschmierbare Labyrinth mit V-Ringen
 Öl-Abspritzringe und Ölfangnuten

Sonstige Hinweise: _____

Notizen

Notizen

**Schaeffler Technologies
GmbH & Co. KG**

Postfach 1260
97419 Schweinfurt

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt

Telefon +49 9721 91-0
Telefax +49 9721 91-3435

E-Mail mining_processing@schaeffler.com
Internet www.fag.de

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 Technologies GmbH & Co. KG

Ausgabe: 2011, Dezember

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

TPI 197 D-D