

# Die Gestaltung von Wälzlagerungen

PDF 6/8:

Baumaschinen

Rohstoffaufbereitung

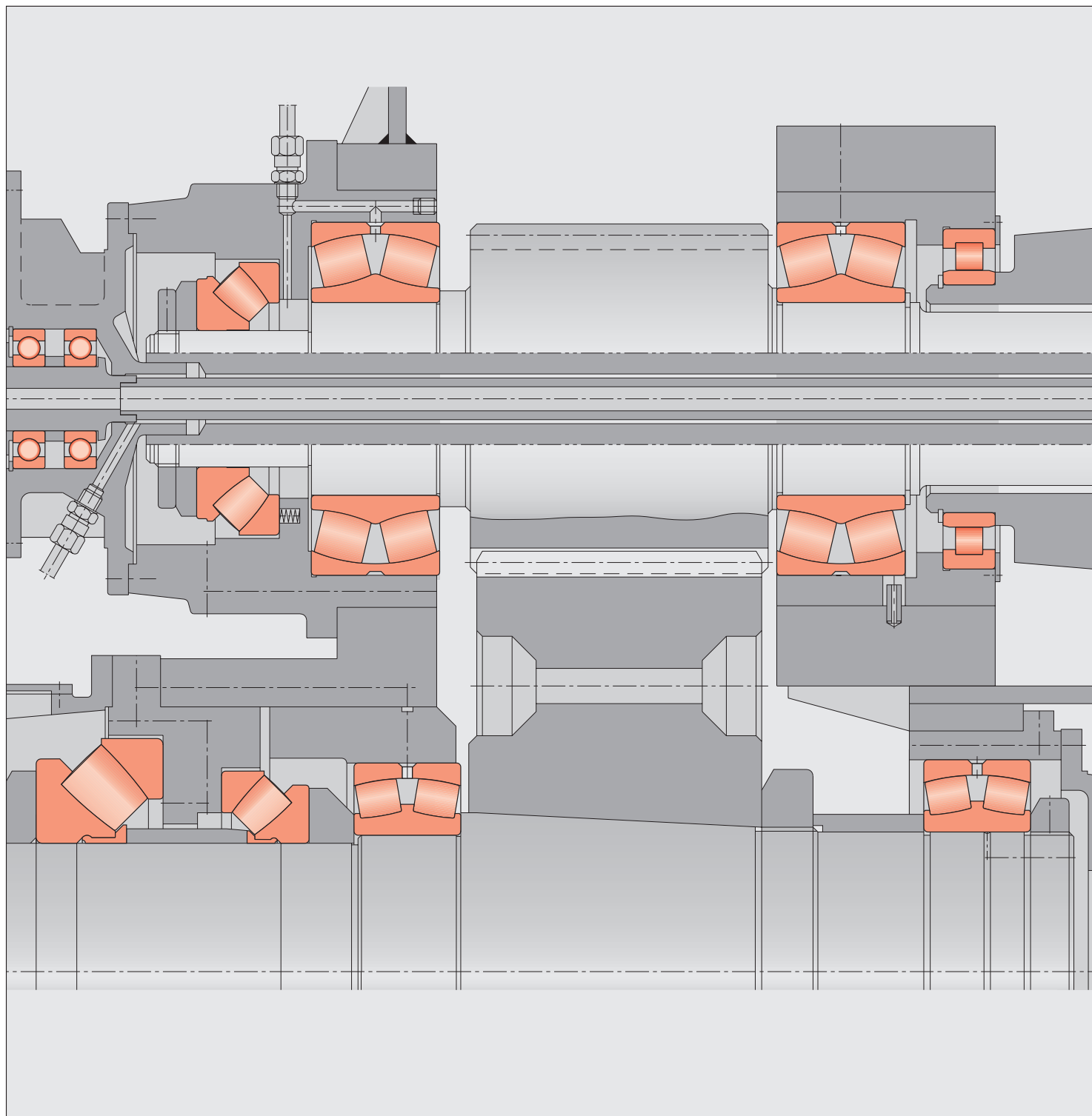
Hütten- und Walzwerkseinrichtungen

Landmaschinen · Nahrungs- und Genussmittelindustrie



FAG OEM und Handel AG

Publ.-Nr. WL 00 200/5 DA



---

# Die Gestaltung von Wälzlagerungen

Konstruktionsbeispiele aus dem  
Maschinen-, Fahrzeug- und Gerätebau

Publ.-Nr. WL 00 200/5 DA

## **FAG OEM und Handel AG**

Ein Unternehmen der FAG Kugelfischer-Gruppe

Postfach 1260 · D-97419 Schweinfurt

Telefon (0 97 21) 91-0 · Telefax (0 97 21) 91 34 35

Telex 67345-0 fag d

<http://www.fag.de>

---

---

# Vorwort

---

Diese Broschüre enthält Konstruktionsbeispiele für verschiedene Maschinen, Fahrzeuge und Geräte. Die Beispiele haben eines gemeinsam: Wälzlager. Deshalb stehen auch die lagerungstechnischen Fragen im Mittelpunkt der kurzen Texte. Von der Arbeitsweise der Maschine schließt man auf die Betriebsbedingungen. Daraus ergeben sich dann die geeignete Bauart und Ausführung, die Größe und Anordnung der Wälzlager, die Passung, Schmierung und Abdichtung.

Wichtige, in der Wälzlagertechnik gebräuchliche Begriffe sind kursiv gedruckt. Sie sind am Schluß in einem Stichwortverzeichnis zusammengefaßt und erläutert, zum Teil mit Hilfe von Skizzen.

---

Beispiel	Titel	PDF
	<b>BAUMASCHINEN</b>	
90	Antriebsachse einer Baumaschine . . . . .	6/8
91	Vibrations-Straßenwalze . . . . .	6/8
	<b>ROHSTOFFAUFBEREITUNG</b>	
	<b>Brecher und Mühlen</b>	
92	Zugstangenbrecher . . . . .	6/8
93	Hammermühle . . . . .	6/8
94	Doppelwellen-Hammerbrecher . . . . .	6/8
95	Kugel-Rohrmühle . . . . .	6/8
96	Laufrolle eines Drehofens . . . . .	6/8
	<b>Schwingmaschinen</b> . . . . .	6/8
97	Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung . . . . .	6/8
98	Freischwinger mit linearer Schwingbewegung . . . . .	6/8
99	Exzentrersieb . . . . .	6/8
100	Vibrationsmotor . . . . .	6/8
	<b>HÜTTEN- UND WALZWERKS- EINRICHTUNGEN</b>	
101-103	Großkonverter . . . . .	6/8
104	Walzen eines Quarto-Einweg- Kaltwalzgerüsts für Aluminium . . . . .	6/8
105	Arbeitswalzen der Fertigstaffel einer Quarto-Warmbreitbandstraße . . . . .	6/8
106	Walzen eines Duo-Block-Brammen- Gerüsts oder Block-Knüppelgerüsts . . . . .	6/8
107	Kombiniertes Untersetzungs- und Kammwalzengetriebe einer Knüppelstraße . . . . .	6/8
108	Arbeitswalzen einer Profilstraße . . . . .	6/8
109	Duo-Walzen eines Dressiergerüsts für Kupfer- und Messingbänder . . . . .	6/8
110	Richtrollen einer Schienen- Richtmaschine . . . . .	6/8
	<b>LANDMASCHINEN · NAHRUNGS- UND GENUSSMITTELINDUSTRIE</b>	
111	Scheibenpflug . . . . .	6/8
112	Plansichter . . . . .	6/8

---

# 90 Antriebsachse einer Baumaschine

Bei modernen Baumaschinen werden in der Radnabe Planetengetriebe verwendet. Dadurch erreicht man auf kleinem Raum ein großes Untersetzungsverhältnis, im Beispiel  $i_g = 6,35$ . Da das hohe Antriebsdrehmoment erst unmittelbar am Rad entsteht, genügt eine leichte Antriebswelle.

## Planetenradlagerung

Die Lagerung der Planetenräder soll bei wenig Einbauraum eine hohe Tragfähigkeit haben. Dies erreicht man mit Baueinheiten, bei denen die Außenlaufbahn im Planetenrad integriert ist. Das hier gewählte *winkelinstellbare* Pendelrollenlager gleicht kleine Fluchtungsfehler zwanglos aus, die sich aus der Durchbiegung des freitragenden Lagerzapfens unter Last ergeben. Hierdurch ergibt sich bei der Verzahnung ein gleichmäßiges Tragbild, was auf einen optimalen Zahneingriff hinweist. Im vorliegenden Beispiel wird die Innenkonstruktion des Pendelrollenlagers FAG 22309E.TVPB verwendet.

## Radlagerung

Bei Starrachsen von Baumaschinen besteht die Radlagerung in der Regel aus zwei Kegelrollenlagern, die

in *O-Anordnung* (größere *Stützbasis*) und mit Vorspannung axial gegeneinander *angestellt* sind. Damit hält man Verformungen und Verkippungen des Planetengetriebes klein und vermeidet unzulässige plastische Verformungen (Brinellierungen) infolge der harten Betriebsbeanspruchungen.

Als Radlager werden die Kegelrollenlager FAG 32021X (nach DIN ISO 355: T4DC105) und FAG 32024X (T4DC120) verwendet.

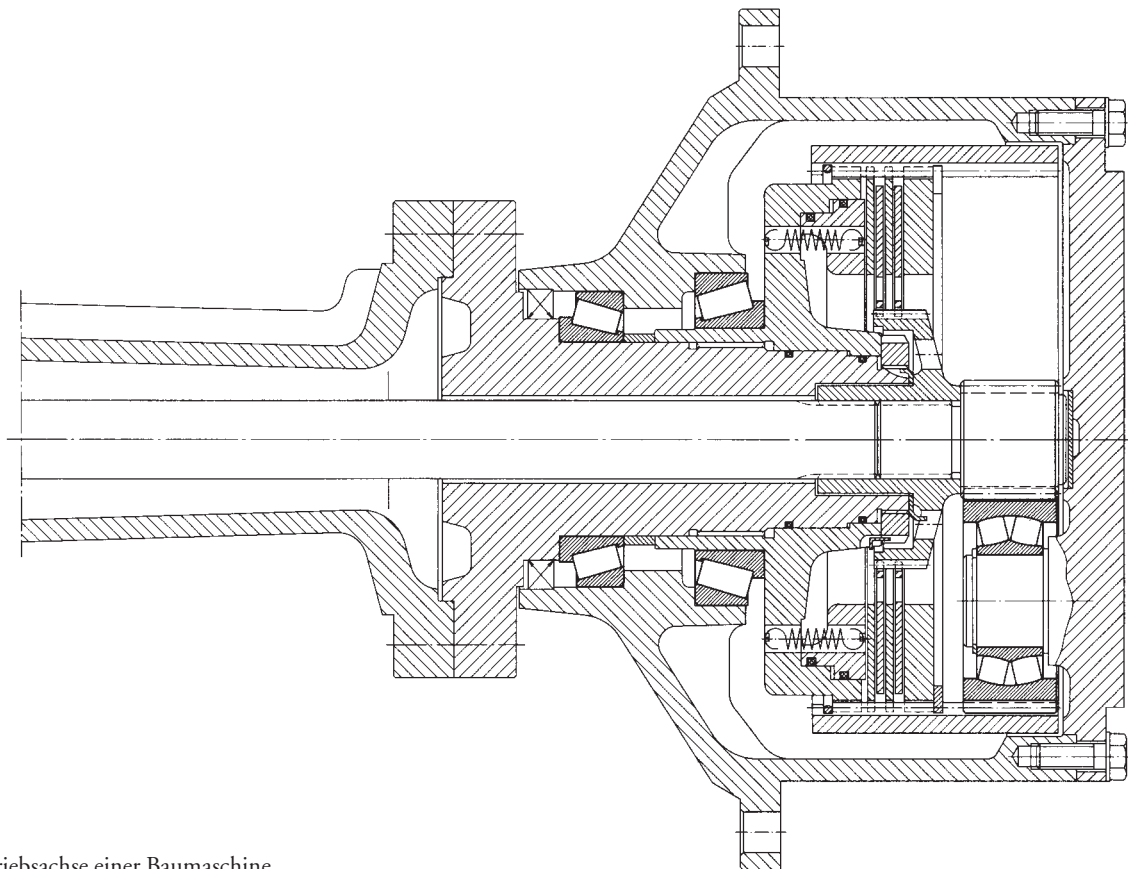
## Bearbeitungstoleranzen

Bei der Radlagerung haben die rotierenden Außenringe *Umfangslast*, die stillstehenden Innenringe *Punktlast*, deshalb: Zapfen k6; Nabe N7.

## Schmierung, Abdichtung

Wälzlager und Verzahnung werden in der umlaufenden Radnabe vom Getriebeöl umspült.

Radial-Wellendichtringe schützen die Lager vor Schmutz und Spritzwasser.



---

# 91 Vibrations-Straßenwalze

---

Straßenwalzen dieser Art haben eine Unwuchtwelle als Schwingungserreger.

## Technische Daten

Drehzahl der Erregerwelle  $n = 1800 \text{ min}^{-1}$ ; Radialkraft  $F_r = 238 \text{ kN}$ ; Lageranzahl  $z = 4$ ; geforderte *nominelle Lebensdauer*  $L_h \geq 2\,000$  Stunden.

## Lagerwahl, Dimensionierung

Die Zentrifugalkraft der Unwuchtgewichte auf beiden Walzenseiten wird von jeweils zwei Lagern aufgenommen. Die *dynamisch äquivalente Belastung* je Lager errechnet sich:

$$P = 1/z \cdot F_r = 1/4 \cdot F_r = 59,5 \text{ kN}$$

Für obige Bedingungen ergibt sich eine *dynamische Kennzahl*  $f_L = 1,52$  und ein *Drehzahlfaktor* von  $f_n = 0,302$ . Die ungünstige *dynamische Beanspruchung* wird mit einem Zuschlagfaktor  $f_z = 1,2$  berücksichtigt.

Damit ergibt sich die erforderliche *dynamische Tragzahl* eines Lagers zu

$$C = f_L/f_n \cdot P \cdot f_z = 1,52/0,302 \cdot 59,5 \cdot 1,2 = 359,4 \text{ kN}$$

Eingebaut ist auf jeder Seite der Unwuchtgewichte ein Zylinderrollenlager FAG NJ320E.M1A.C4 (*dynamische Tragzahl*  $C = 380 \text{ kN}$ ). Wegen der Schwingungsbeanspruchung haben die Lager einen außenbordgeführten Messing-*Massivkäfig* (M1A). Die Winkelfehler zwischen den beiden Lagerstellen, der von der Bearbeitung der Gehäusesitze herrührt, sind kleiner als der für Zylinderrollenlager zulässige Wert.

## Bearbeitungstoleranzen

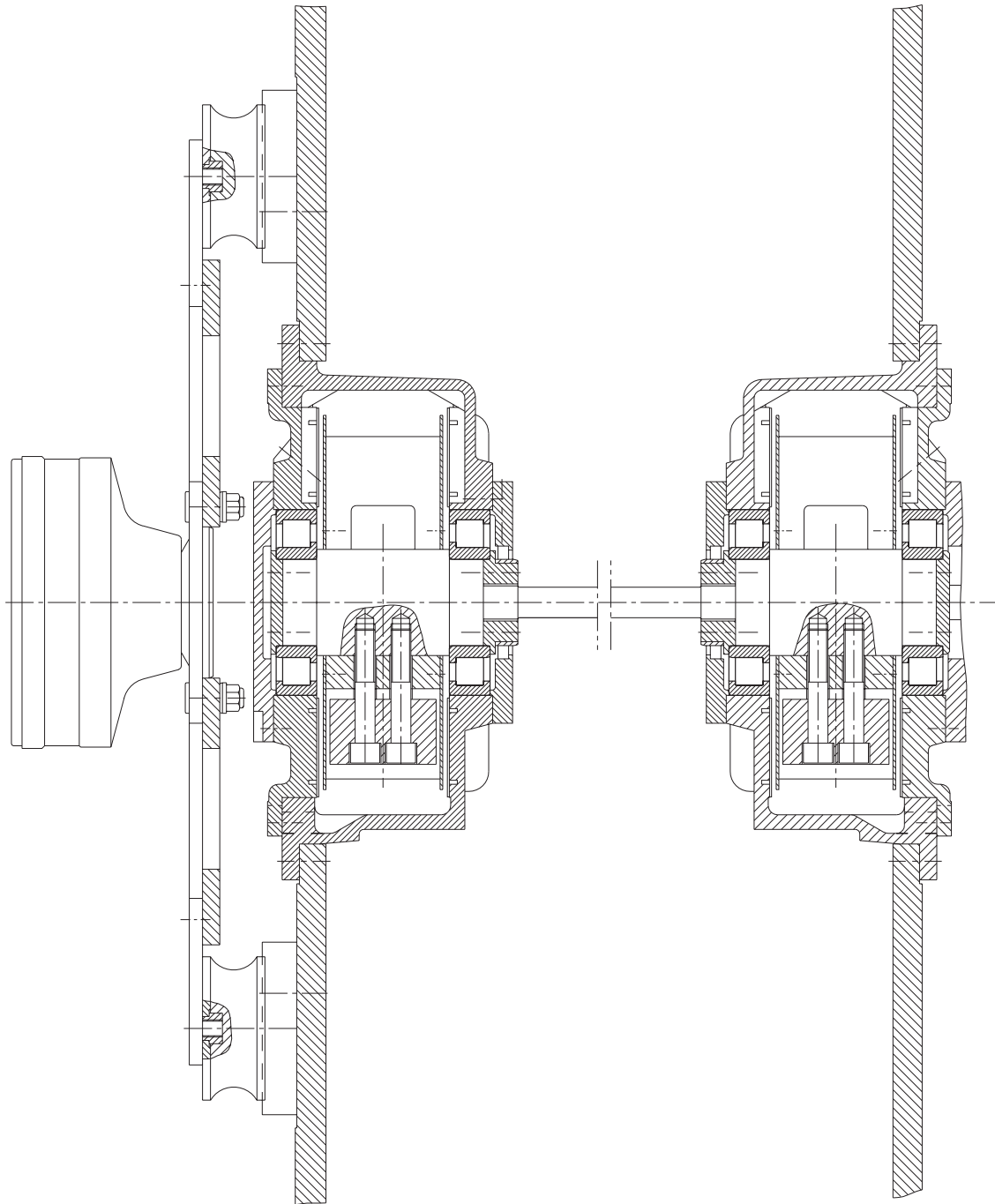
Wegen der Schwingungen ist es zweckmäßig, die Lagerinnenringe und die Lageraußenringe mit Festsitz zu passen. Die axiale Führung der Erregerwelle erfolgt über die Borde der Zylinderrollenlager. Erregerwelle k5; Gehäusebohrung M6.

## Schmierung, Abdichtung

Zur Schmierung der Lager wird das von den Unwuchtgewichten abgespritzte Öl verwendet. Zusätzliche Führungsbleche verbessern die Schmierstoffversorgung der Lager. Bewährt haben sich *Mineralöle* mit Hochdruck- und Korrosionsschutz<sup>zusätzen</sup>.

Die *Abdichtung* erfolgt nach innen über Wellendichtringe, nach außen über O-Ringe.

---



91: Lagerung einer Vibrations-Straßenwalze

# 92 Zugstangenbrecher

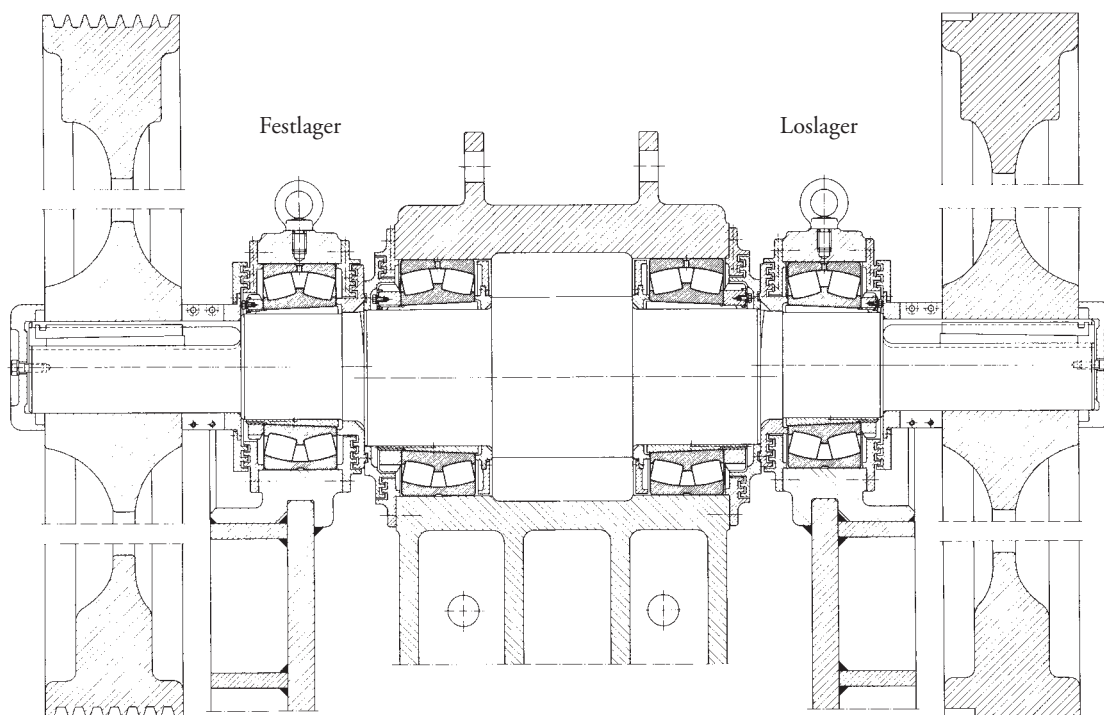
Zugstangenbrecher sind Backenbrecher großer Maulweite. Sie werden z. B. als Vorbrecher bei der Aufbereitung von Gestein für den Straßenbau eingesetzt. Nach dem Grobbrechen folgen weitere Arbeitsgänge, ehe man das fertige Produkt Schotter oder Splitt von bestimmter Größe erhält.

## Technische Daten

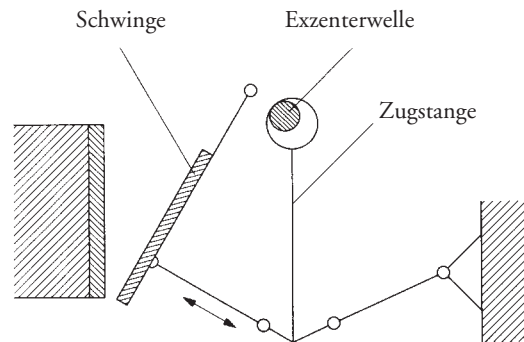
Antriebsleistung 103 kW; Drehzahl der Exzenterwelle =  $210 \text{ min}^{-1}$ ; Maulweite 1200 x 900 mm; Exzenterradius 28 mm.

## Lagerwahl, Dimensionierung

Die Zugstange sitzt auf einer horizontalen Exzenterwelle und bewegt über einen Kniehebel die Brechacke (Schwinge). Die Innenlager der Exzenterwelle, die die Zugstange tragen, sind durch die Brechkräfte sehr hoch belastet. Die Außenlager müssen zusätzlich zu diesen Kräften das Gewicht der Schwungräder und die Umfangskraft aus dem Antrieb übertragen. Wegen der hohen Belastungen und des rauen Betriebs werden Pendelrollenlager eingesetzt. Als Außenlager sind Pendelrollenlager FAG 23260K.MB, als Innenlager FAG 23176K.MB eingebaut. Die Zugstange ist schwimmend gelagert. Bei den Außenlagern sitzt auf der Antriebsseite das Festlager, auf der Gegenseite das Loslager. Mit der dynamischen Kennzahl  $f_L \approx 4,5$  ist die Lagerung hinsichtlich der nominellen Lebensdauer sicher dimensioniert.



92: Lagerung eines Zugstangenbrechers



## Bearbeitungstoleranzen

Die Lager werden mit Spannhülsen FAG H3260HGJ bzw. FAG H3176HGJ auf der Welle befestigt. Dazu sind die Lagersitzflächen auf der Welle nach h7 mit einer Zylinderformtoleranz IT5/2 (DIN ISO 1101), die Bohrungen der Gehäuse und der Zugstange nach H7 bearbeitet.

## Schmierung, Abdichtung

Fettschmierung mit einem Lithiumseifenfett der Konsistenzklasse 2 mit EP-Zusätzen entsprechend dem FAG Wälzlagerfett Arcanol L186V. Das Nachschmierintervall der Lager liegt bei 2...3 Monaten. Die Lager sind mit mehrgängigen Labyrinth abgedichtet. In die Labyrinth wird ein- bis zweimal wöchentlich Fett nachgepreßt.



# 93 Hammermühle

Hammermühlen dienen vorwiegend zur Zerkleinerung von Erzen, Kohle und Gestein.

## Technische Daten

Durchsatzleistung 90...120 t Eisenerz je Stunde; Antriebsleistung 280 kW; Rotordrehzahl  $1480 \text{ min}^{-1}$ ; Rotorgewicht einschließlich der Hämmer 4 000 kg (Gewichtskraft ca. 40 kN); Lagerabstand 2 000 mm.

## Lagerwahl

Wegen der hohen Belastungen und wegen des rauen Betriebs werden die Rotoren von Hammermühlen in Pendelrollenlagern gelagert. Mit dieser Lagerbauart, die *winkeleinstellbar* ist, kann man auch die Fluchtungenauigkeiten beider Lagergehäuse und eventuell auftretende Durchbiegungen des Rotors ausgleichen. Eingebaut sind zwei Pendelrollenlager FAG 23228EASK.M.C3, das eine als *Festlager*, das andere als *Loslager*. Die vergrößerte *Radialluft C3* wurde wegen der hohen Drehzahl gewählt. Die Lagerinnenringe erwärmen sich hierbei stärker als die Außenringe; das führt zu einer Verringerung der Lagerluft während des Betriebs.

## Dimensionierung der Lager

Die Lager sind radial durch das Rotorgewicht belastet. Dazu kommen Unwuchtkräfte und Stoßbelastungen, deren Höhe nur geschätzt werden kann. Bei der Berechnung der *nominellen Lebensdauer* werden sie berücksichtigt, indem man die Rotorgewichtskraft  $G_R$  – je nach den Betriebsverhältnissen – mit einem Zuschlagfaktor  $f_z$  von 2,5...3 multipliziert. In axialer Richtung wirken auf die Lager Führungskräfte, die man bei der *Lebensdauer*rechnung vernachlässigt. Mit der *dynamischen Tragzahl*  $C = 915 \text{ kN}$ , dem *Drehzahlfaktor*  $f_n = 0,32$  ( $n = 1480 \text{ min}^{-1}$ ) und der

Gewichtskraft des Rotors  $G_R = 40 \text{ kN}$  errechnet sich die *dynamische Kennzahl*  $f_L$  für ein Lager:

$$f_L = C \cdot f_n / (0,5 \cdot G_R \cdot f_z) = 915 \cdot 0,32 / (20 \cdot 3) = 4,88$$

Der übliche  $f_L$ -Wert liegt bei Hammermühlen zwischen 3,5...4,5. Die Lager sind also hinsichtlich der *nominellen Lebensdauer* ( $L_h$  ca. 100 000 h) ausreichend dimensioniert.

## Lagereinbau

Die Lager werden mit Abziehhülsen FAG AHX3228 auf der Rotorwelle befestigt. Sie sind in Stehlagergehäuse MGO3228K eingebaut. Beide Gehäuse sind in offener Ausführung als *Festlager* (Ausführung BF) und als *Loslager* (Ausführung BL) ausgeführt. Die geteilten Gehäuse der Reihe MGO wurden speziell für die Lagerung von Mühlen entwickelt. Sie sind für *Ölschmierung* eingerichtet und haben eine besonders wirksame *Abdichtung*.

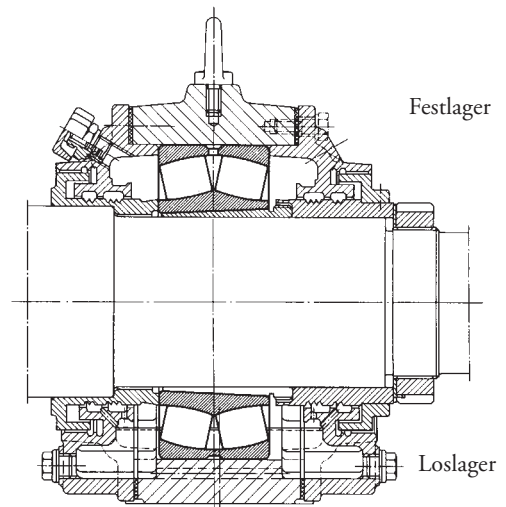
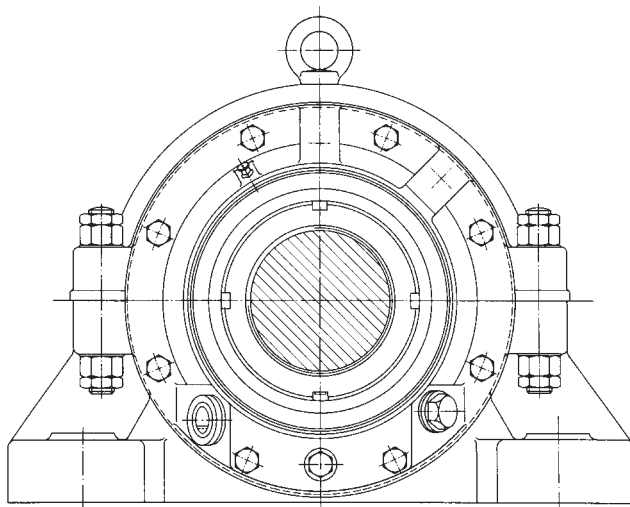
## Bearbeitungstoleranzen

Zur Hülsenbefestigung werden die Wellensitze nach h7 mit einer Zylinderformtoleranz IT5/2 (DIN ISO 1101) gefertigt. Die Gehäusebohrungen sind nach G6 bearbeitet. Damit ist die Forderung, daß der Außenring des *Loslagers* im Gehäuse verschiebbar sein muß, erfüllt.

## Schmierung, Abdichtung

Die Lager haben eine *Öltauschschmierung*. Sie gewährleistet bei der hohen Drehzahl eine ausreichende Betriebssicherheit.

Mit *Fett* geschmierte Labyrinth schützen das Lager vor Verunreinigungen. Zur Unterstützung der Dichtwirkung wird in die Labyrinth häufig *Fett* nachgepreßt. Spritzrillen auf den Wellen und *Ölfangnuten* in den Gehäusedeckeln verhindernden *Ölaustritt*.



93: Lagerung einer Hammermühle

# 94 Doppelwellen-Hammerbrecher

Doppelwellen-Hammerbrecher sind eine besondere Bauart der Hammerbrecher oder Hammermühlen. Sie haben zwei gegenläufige Wellen, auf denen die Hämmer befestigt sind. Diese Bauart eignet sich besonders für große Aufgabestücke bei großer Durchsatzleistung und hohem Zerkleinerungsgrad.

## Technische Daten

Durchsatzleistung 350...400 t/h Eisenerz; Antriebsleistung  $2 \times 220$  kW; Rotordrehzahl  $395 \text{ min}^{-1}$ , Rotorgewicht einschließlich Hämmer 100 kN; Lagerabstand 2270 mm.

## Lagerwahl

Wegen des rauen Betriebs werden Pendelrollenlager vorgesehen, die Fluchtungenauigkeiten der beiden Stehlagergehäuse und Wellendurchbiegungen ausgleichen können.

## Dimensionierung der Lager

Neben der Belastung des Rotorgewichts treten Zusatzkräfte durch Unwucht und Stöße auf. Sie werden mit dem Zuschlagfaktor  $f_z = 2,5$  berücksichtigt, d. h. die Rotorgewichtskraft  $G_R$  wird mit diesem Faktor multipliziert. Geringe axiale Führungskräfte sind bei der *Lebensdauer*ermittlung vernachlässigbar.

Ausgehend vom Wellendurchmesser an den Lagersitzstellen wurde je ein Pendelrollenlager FAG 23234EASK.M gewählt. Bei der niedrigen Drehzahl genügt die normale *Radialluft* CN.

Mit der *dynamischen Tragzahl*  $C = 1370$  kN, dem *Drehzahlfaktor*  $f_n = 0,476$  ( $n = 395 \text{ min}^{-1}$ ) und der Gewichtskraft des Rotors  $G_R = 100$  kN ergibt sich die *dynamische Kennzahl*  $f_L$  pro Lager zu:

$$f_L = C \cdot f_n / (0,5 \cdot G_R \cdot f_z) = 1370 \cdot 0,476 / (50 \cdot 2,5) = 5,2$$

Die Lager sind mit diesem  $f_L$ -Wert, der einer *nominalen Lebensdauer*  $L_h$  von ca. 120 000 Stunden entspricht, sehr sicher dimensioniert.

## Lagereinbau

Die Lager werden mit Abziehhülsen FAG AH3234 auf der Rotorwelle befestigt. Sie sind in FAG Stehlagergehäusen BNM3234KR.132887 eingebaut. Davon ist ein Gehäuse als *Loslager* (einseitig geschlossen, Ausführung AL), das andere als *Festlager* (durchgehende Welle, Ausführung BF) ausgebildet.

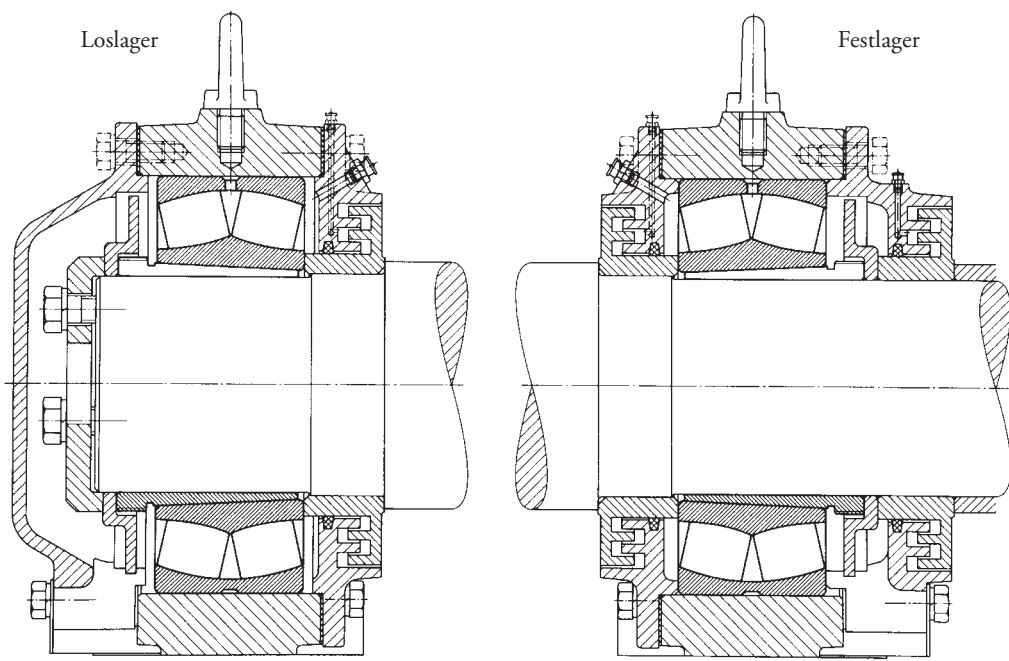
Die ungeteilten Gehäuse der Reihe BNM wurden speziell für die Lagerung von Hammermühlen und Hammerbrechern entwickelt. Sie sind für *Fettschmierung* eingerichtet (*Fettregler*) und besonders wirksam *abdichtet*.

## Bearbeitungstoleranzen

Die Wellensitze werden nach h7 mit einer Zylinderformtoleranz IT5/2 (DIN ISO 1101) gefertigt. Die Gehäusebohrungen sind nach H7 bearbeitet; dies läßt bei der *Loslagerung* eine Verschiebung des Außenrings zu.

## Schmierung, Abdichtung

Bei der vorliegenden Drehzahl genügt *Fettschmierung* mit FAG Wälzlagerfett *Arcanol* L71V. In Zeitabständen ist Nachschmierung notwendig. Ein *Fettregler* schützt das Lager vor Überschmierung. Wegen der ungünstigen Umgebungsbedingungen ist eine zweigängige *Labyrinthabdichtung* vorgesehen. Die Wirksamkeit der *Dichtung* wird durch häufiges Nachpressen von *Fett* in die Labyrinthgänge unterstützt.



# 95 Kugel-Rohrmühle

Rohrmühlen werden meist in der Hütten-, Bergbau- und Zementindustrie eingesetzt. Die hier beschriebene Rohrmühle in einer australischen Goldmine zermahlt goldhaltiges Mineral (Korngröße 4...30 mm) durch Mahlkörper (Kugeln) zu Sandkorngröße. Die Feinheit des Materials wird durch die Anzahl der Kugeln und durch die zugesetzte Wassermenge bestimmt. Die um ihre waagerechte Achse drehende zylindrische Mahltrommel ist mit Hartgußplatten ausgekleidet und hat mit dem Mahlgut ein hohes Gewicht.

## Technische Daten

Trommel: Durchmesser 5 490 mm, Länge 8 700 mm; Antriebsleistung 3 850 kW; Drehzahl 13,56 min<sup>-1</sup>; Gewicht der gefüllten Trommel 400 t; maximale Radialbelastung pro Lager  $F_r = 1962$  kN; maximale Axialbelastung  $F_a = 100$  kN; Lagerabstand 11 680 mm, Materialdurchsatz 250 t/h.

## Lagerwahl

### Lagerung der Trommelzapfen

Neben den hohen Gewichtskräften sind die Lager bei Rotation der Trommel durch die Mahlkörperfüllung ständigen stoßartigen Belastungen ausgesetzt. Beide Trommelzapfen werden in Pendelrollenlagern der Reihen 239, 248 oder 249 abgestützt. Die Lager gleichen statische und dynamische Winkelfehler aus, die durch Fluchtungenauigkeiten der Lagersitze (großer Lagerabstand) oder bei Durchbiegung der Trommel entstehen können. Eingebaut sind im vorliegenden Fall Pendelrollenlager mit kegelförmiger Lagerbohrung K 1:30; FAG 248/1500BK30MB auf der Antriebsseite als *Festlager*, auf der Material-Einlaufseite als *Loslager*. Die Lagerbefestigung auf den Zapfen erfolgt mit Hilfe einer Keilhülse.

### Lagerung des Antriebsritzels

Das Antriebsritzels ist abgestützt in zwei Pendelrollenlagern FAG 23276BK.MB mit Spannhülse FAG H3276HG in Stehlagergehäusen mit Taconite-*Abdichtung* FAG SD3276TST.

## Dimensionierung der Lager

Bei der Dimensionierung der Trommellagerung geht man von der halben Gewichtskraft der gefüllten Trommel aus

$$(400/2 \cdot 9,81 = 1962 \text{ kN}).$$

Die Stöße werden durch den Stoßfaktor  $f_z = 1,5$  berücksichtigt. Gefordert wird eine *nominelle Lebensdauer* von 100 000 h; dies entspricht einer *dynamischen Kennzahl*  $f_L = 4,9$ .

Die *dynamisch äquivalente Belastung* ist

$$P = f_z \cdot F_r + Y \cdot F_a = 2 \cdot 1,5 \cdot 1962 + 4,5 \cdot 100 = 3393 \text{ kN}$$

Mit der *dynamischen Tragzahl*  $C = 12900$  kN ergibt sich die *dynamische Kennzahl*:

$$f_L = C/P \cdot f_n = 12900/3393 \cdot 1,31 = 4,98 \quad (L_h > 100000 \text{ h}).$$

Die Lagerung ist hinsichtlich der *nominellen Lebensdauer* sehr sicher ausgelegt.

Die Lager sind in geteilte FAG Stehlagergehäuse SZA48/1500HF als *Festlagerausführung* bzw. SZA48/1500HL als *Loslagerausführung* eingebaut. Die Lageraußenringe sitzen fest in Gleitschalen (z. B. aus Grauguß), die sich in der unteren Gehäusehälfte befinden. Sie dienen zum leichteren axialen Längenausgleich. In die Trennfuge Gleitschale/Gehäuse eingepreßtes *Fett* unterstützt den Gleiteffekt.

## Bearbeitungstoleranzen

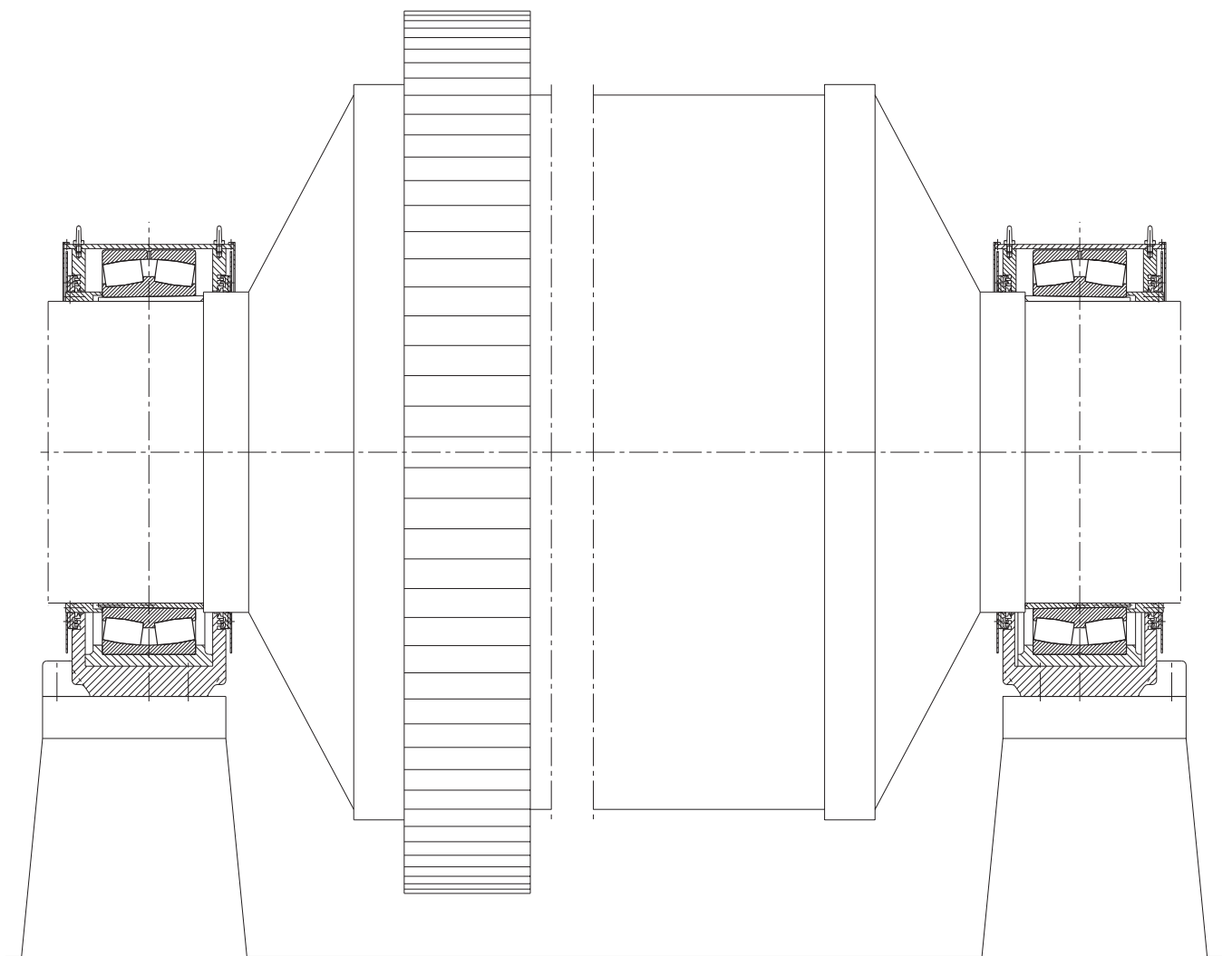
Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast* und benötigen einen festen Sitz auf den Trommelzapfen. Dies erreicht man problemlos durch Keilhülsebefestigung mittels Hydraulikmontage. Hierbei ist die *Radialluftverminderung* und die *Radialluft* nach dem Einbau zu beachten (siehe Tabelle im FAG-Katalog WL 41 520, Abschnitt Pendelrollenlager).

Die Zylinderzapfen sind nach h9 und einer Zylinderformtoleranz IT5/2 (DIN ISO 1101), die Gehäusebohrungen nach Toleranz H7 bearbeitet.

## Schmierung, Abdichtung

*Fettschmierung* mit einem Lithiumseifenfett der *Konsistenzklasse 2* mit *EP-Zusätzen*, z. B. FAG Wälzlagerfett *Arcanol L186V*. Eine kontinuierliche Nachschmierung mit ca. 5 g/h und Lager sorgt für sichere Schmierverhältnisse.

Die Lager sind mit mehrgängigen Labyrinth abgedichtet. Wegen der extremen Umweltbedingungen sind den Labyrinth Schmutzabweisbleche und berührende *Dichtungen* (V-Ringe) vorgeschaltet. Diese Kombination wird auch als Taconite-*Abdichtung* bezeichnet. Auch die Labyrinth werden kontinuierlich mit ca. 5 g/h und Labyrinth nachgeschmiert.



---

# 96 Laufrolle eines Drehofens

---

Drehöfen für die Zementherstellung haben eine Länge von 150 m und mehr. Sie sind in Abständen von ca. 30 m auf Laufrollen abgestützt.

## Technische Daten

Außendurchmesser des Ofens 4,4 m; Laufrollendurchmesser 1,6 m; Laufrollenbreite 0,8 m; radiale Belastung je Laufrolle 2400 kN; axiale Belastung 700 kN. Drehzahl 5 min<sup>-1</sup>; Masse von Laufrolle und Gehäuse 13 t.

## Lagerwahl, Dimensionierung

Zur Lagerung solcher Drehrohröfen bietet FAG komplette Baueinheiten an, bestehend aus einem Zwillingengehäuse SRL, der Laufrolle mit Achse LRW und den Lagern. Im vorliegenden Beispiel sitzen die beiden Lager der Laufrolle in geteilten Stehlagergehäusen mit einem gemeinsamen Unterteil (Rahmen) aus Grauguß. Eingebaut sind Pendelrollenlager FAG 24184B (*dynamische Tragzahl*  $C = 6200$  kN) als *schwimmende*

*Lagerung*, d. h. die Achse kann sich um ein definiertes *Axialspiel* gegenüber dem Gehäuse verschieben. Die Pendelrollenlager nehmen außer den Radialkräften auch Axialkräfte auf, die bei Verschiebungen des Drehofens entstehen.

Mit einer *dynamischen Kennzahl*  $f_L = 4,9$ , dies entspricht einer *nominellen Lebensdauer*  $L_h = 100\ 000$  h, ist die Lagerung sicher ausgelegt.

## Bearbeitungstoleranzen

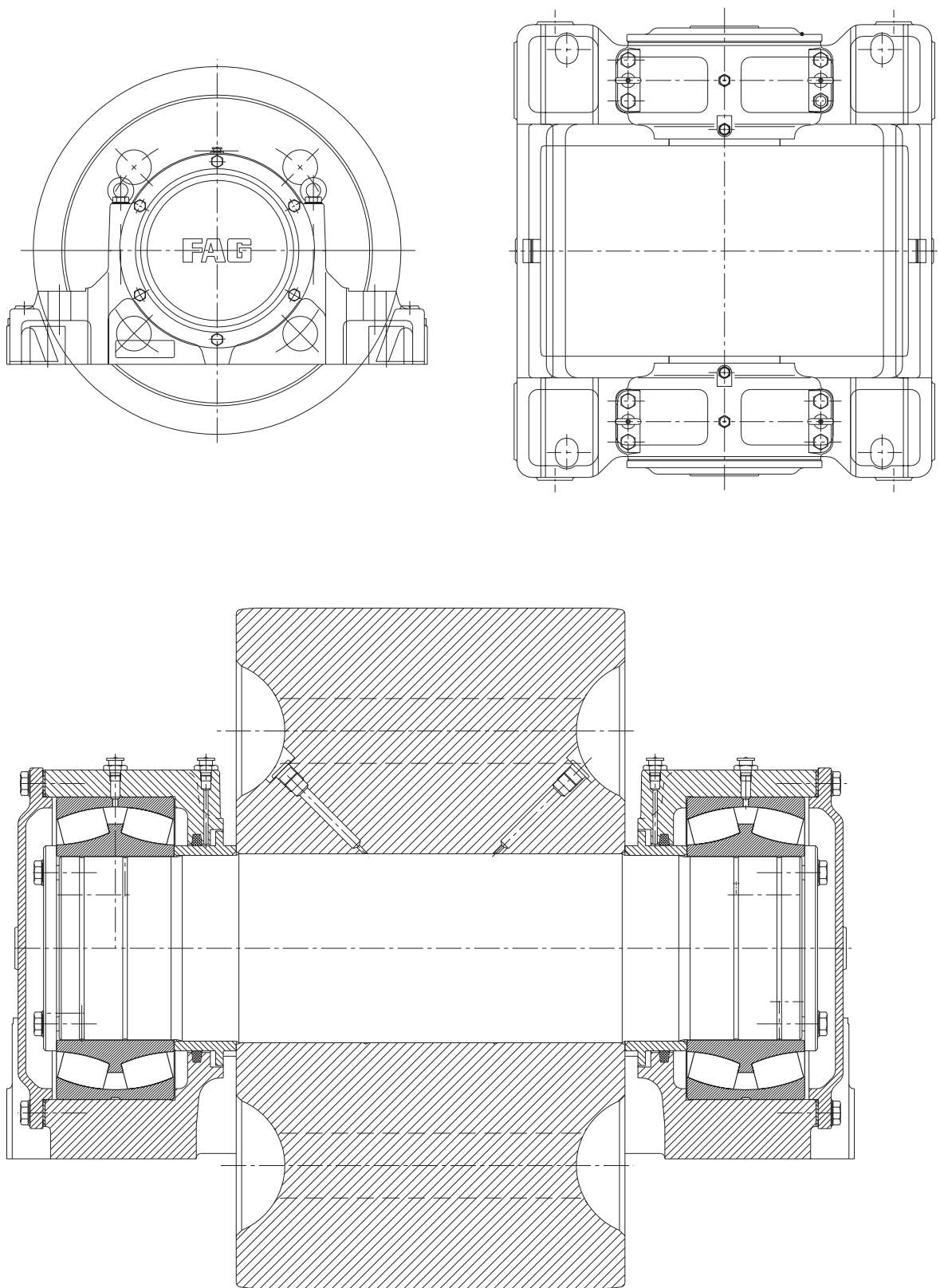
Welle nach n6, da *Umfangslast* am Innenring; Gehäusebohrung nach H7.

## Schmierung, Abdichtung

*Fettschmierung* mit einem Lithiumseifenfett, das Hochdruckzusätze enthält (z. B. Wälzlagerfett *Arcanol* L186V).

Zur Laufrolle hin sind die Lager mit Filzstreifen und fettgefüllten Labyrinthen *abgedichtet*.

---



96: Laufrolle eines Drehofens

---

# Schwingmaschinen

---

Mit Schwingsieben werden Schüttgüter gefördert und sortiert. Sie laufen im Bergbau, in Steinbrüchen, in Schotterwerken, in Gießereien, in der Lebensmittelindustrie, in der chemischen Industrie und in der Aufbereitungs- und Verfahrenstechnik.

Die wichtigsten Schwingsiebbauformen sind der Freischwinger mit kreisförmiger und der Freischwinger mit linearer Schwingbewegung sowie das Exzentrersieb. Zu den Schwingmaschinen kann man auch Vibrationsmotoren und Vibrations-Straßenwalzen rechnen.

## Wahl der Lagerbauart und Lagerausführung

Wälzlager werden in Schwingsieben durch hohe, zu meist stoßartige Kräfte beansprucht, wobei erschwerend hinzukommt, daß die Lagerung während der Drehung um die eigene Achse eine kreisförmige, ellip-senförmige oder lineare Schwingbewegung ausführt. Dabei treten hohe Radialbeschleunigungen (bis 7 g) auf, die die Lager und besonders die *Käfige* zusätzlich beanspruchen. Hohe Betriebsdrehzahlen bei meist un-genauer Fluchtung der Lagerstellen sowie größere Wel-lendurchbiegungen sind weitere Anforderungen, die sich am besten mit Pendelrollenlagern erfüllen lassen.

Für diese erschwerten Betriebsbedingungen kommen FAG Pendelrollenlager mit eingengter Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz und einer vergrößerten *Radialluft* zum Einsatz:

Die FAG-Standardausführung E.T41A ist für Wellen-durchmesser von 40...150 mm vorgesehen. Durch zwei Stahlblech-Fenster *käfige* werden die Fliehkräfte der lastfreien Rollen aufgenommen und über einen *Käfigführungsring* im Außenring radial abgestützt.

Für Wellendurchmesser ab 160 mm wird die Schwing-sieblagerausführung A.MA.T41A eingesetzt. Die La-ger haben am Innenring einen festen Mittelbord und beidseitig Halteborde. Der zweiteilige Messing-*Massiv-käfig* wird im Außenring geführt.

## Dimensionierung der Lager

Schwingsieblagerungen, die mit bewährten Lagerun-gen vergleichbar sind, können anhand der *dynamischen Kennzahl*  $f_L$  dimensioniert werden. Voraussetzung ist, daß auch die Randbedingungen vergleichbar sind. An-zustreben sind  $f_L$ -Werte zwischen 2,5 und 3.

---



# 97 Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung

## Technische Daten

Siebkastengewichtskraft  $G = 35 \text{ kN}$ ; Schwingradius  $r = 0,003 \text{ m}$ ; Drehzahl  $n = 1200 \text{ min}^{-1}$ ; Lageranzahl  $z = 2$ ; Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

## Dimensionierung der Lager

Da Freischwinger weit überkritisch arbeiten, rotieren der Schwerpunkt des Siebkastens und der Schwerpunkt der Erregerunwucht um eine gemeinsame Schwerachse. Die Lagerbelastung ergibt sich entsprechend der Fliehkraft des Siebkastens aus:

$$F_r = 1/z \cdot G / g \cdot r \cdot (\pi \cdot n/30)^2 = \\ = 1/2 \cdot 35 / 9,81 \cdot 0,003 \cdot (3,14 \cdot 1200/30)^2 = 84,5 \text{ kN}$$

Wegen der ungünstigen *dynamischen Beanspruchung* ist es zweckmäßig, die Lagerbelastung mit dem Zuschlagfaktor  $f_z = 1,2$  zu multiplizieren. Damit wird die *dynamisch äquivalente Belastung*

$$P = f_z \cdot F_r = 1,2 \cdot 84,5 = 101,4 \text{ kN}$$

Mit der *dynamischen Kennzahl*  $f_L = 2,72$  ( $L_h = 14000 \text{ h}$ ) und dem *Drehzahlfaktor*  $f_n = 0,34$  ( $n = 1200 \text{ min}^{-1}$ ) errechnet sich die erforderliche *dynamische Tragzahl*  $C$  zu

$$C = f_L / f_n \cdot P = 2,72 / 0,34 \cdot 101,4 = 811,2 \text{ kN}$$

Bei Schwingsieben wählt man eine *dynamische Kennzahl*  $f_L$  von 2,5...3, entsprechend einer *nominellen Ermüdungslebensdauer*  $L_h$  von 11 000 bis 20 000 Stunden. Gewählt wird das Pendelrollenlager FAG 22324E.T41A mit einer *dynamischen Tragzahl* von 900 kN.

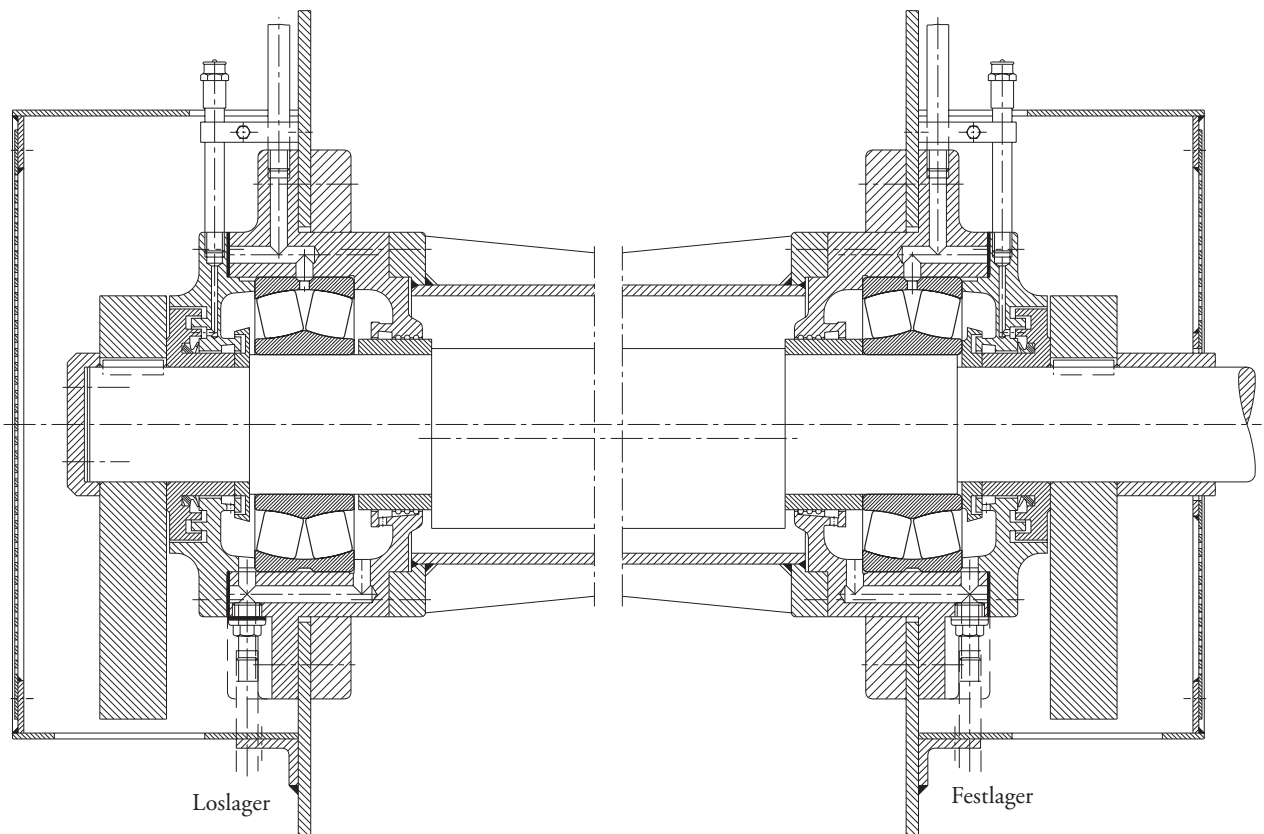
## Bearbeitungstoleranzen

Von den beiden Pendelrollenlagern der Unwuchtwellen ist ein Lager als *Festlager*, das andere als *Loslager* eingebaut. Die Innenringe erhalten *Punktlast* und werden mit einer Wellentoleranz g6 oder f6 eingebaut. Die Außenringe erhalten *Umfangslast* und werden in der Gehäusebohrung nach P6 fest gepaßt.

## Schmierung, Abdichtung

Die Lagerung hat *Ölumlautschmierung*. Es werden *Mineralöle* mit einer *Mindestviskosität* von  $20 \text{ mm}^2/\text{s}$  bei Betriebstemperatur empfohlen. Das *Öl* sollte *Hochdruckzusätze* und *Korrosionsschutzzusätze* enthalten.

Die Abdichtung nach außen besteht aus einem *fettgefüllten, nachschmierbaren Labyrinth*. Gegen *Ölaustritt* ist ein *Spritzring* mit *Ölfangnut* vorgesehen. Zwischen *Spritzring* und *Labyrinth* ist zur *Trennung von Öl und Fett* ein *V-Ring* angeordnet.



97: Lagerung eines Freischwingers mit kreisförmiger Schwingbewegung

# 98 Freischwinger mit linearer Schwingbewegung

Im Prinzip besteht der Linearschwinger aus zwei gegenläufigen, synchron arbeitenden Kreisschwingersystemen.

## Technische Daten

Siebkastengewichtskraft  $G = 33 \text{ kN}$ ; Gewichtskraft des Erregers  $G_1 = 7,5 \text{ kN}$ ; Amplitude  $r = 0,008 \text{ m}$ ; Drehzahl  $n = 900 \text{ min}^{-1}$ ; Lageranzahl  $z = 4$ ; Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

## Dimensionierung der Lager

Beim Linearschwinger wechselt die Lagerbelastung während einer Umdrehung der Erregerwellen zweimal zwischen dem Maximalwert  $F_{r \max}$  und dem Minimalwert  $F_{r \min}$ .

Zur Berechnung dieser Kräfte wird der Schwerpunktsabstand  $R$  des Erregergewichts benötigt. Zwischen den Gewichtskräften  $G$  und  $G_1$ , der Schwingungsamplitude  $r$  und dem Abstand  $R$  besteht die Beziehung

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

Im Beispiel ist  $R = 0,043 \text{ m}$

Wenn die Fliehkräfte senkrecht zur Schwingungsrichtung wirken, tritt die maximale Radialkraft  $F_{r \max}$  auf. Sie errechnet sich aus

$$F_{r \max} = 1/z \cdot G_1 / g \cdot R \cdot (\pi \cdot n/30)^2 = \\ = 1/4 \cdot 7,5 / 9,81 \cdot 0,043 \cdot (3,14 \cdot 900/30)^2 = 73 \text{ kN}$$

Die minimale Radialkraft  $F_{r \min}$  liegt vor, wenn die Richtung der Fliehkräfte mit der Schwingbewegung übereinstimmt. Die Radialkraft ergibt sich dann zu

$$F_{r \min} = 1/4 \cdot G_1 / g \cdot (R - r) \cdot (\pi \cdot n/30)^2 = \\ = 1/4 \cdot 7,5 / 9,81 \cdot 0,035 \cdot (3,14 \cdot 900/30)^2 = 59,4 \text{ kN}$$

Da die Radialkraft zwischen dem Maximum und dem Minimum sinusförmig verläuft, wird die *dynamisch äquivalente Belastung*  $P$  unter Berücksichtigung des

Zuschlagfaktors  $f_z = 1,2$  aus folgender Näherungsgleichung berechnet:

$$P = 1,2 \cdot (0,68 \cdot F_{r \max} + 0,32 \cdot F_{r \min}) = \\ = 1,2 \cdot (0,68 \cdot 73 + 0,32 \cdot 59,4) = 82,4 \text{ kN}$$

Mit der für Schwingsiebe gewählten *dynamischen Kennzahl*  $f_L = 2,53$  ( $L_n = 11000 \text{ h}$ ) und dem *Drehzahlfaktor*  $f_n = 0,372$  ( $n = 900 \text{ min}^{-1}$ ) errechnet sich die erforderliche *dynamische Tragzahl*  $C$  zu

$$C = f_L / f_n \cdot P = 2,53 / 0,372 \cdot 82,4 = 560,4 \text{ kN}$$

Gewählt wird das Pendelrollenlager FAG 22320E.T41A mit einer *dynamischen Tragzahl* von 655 kN.

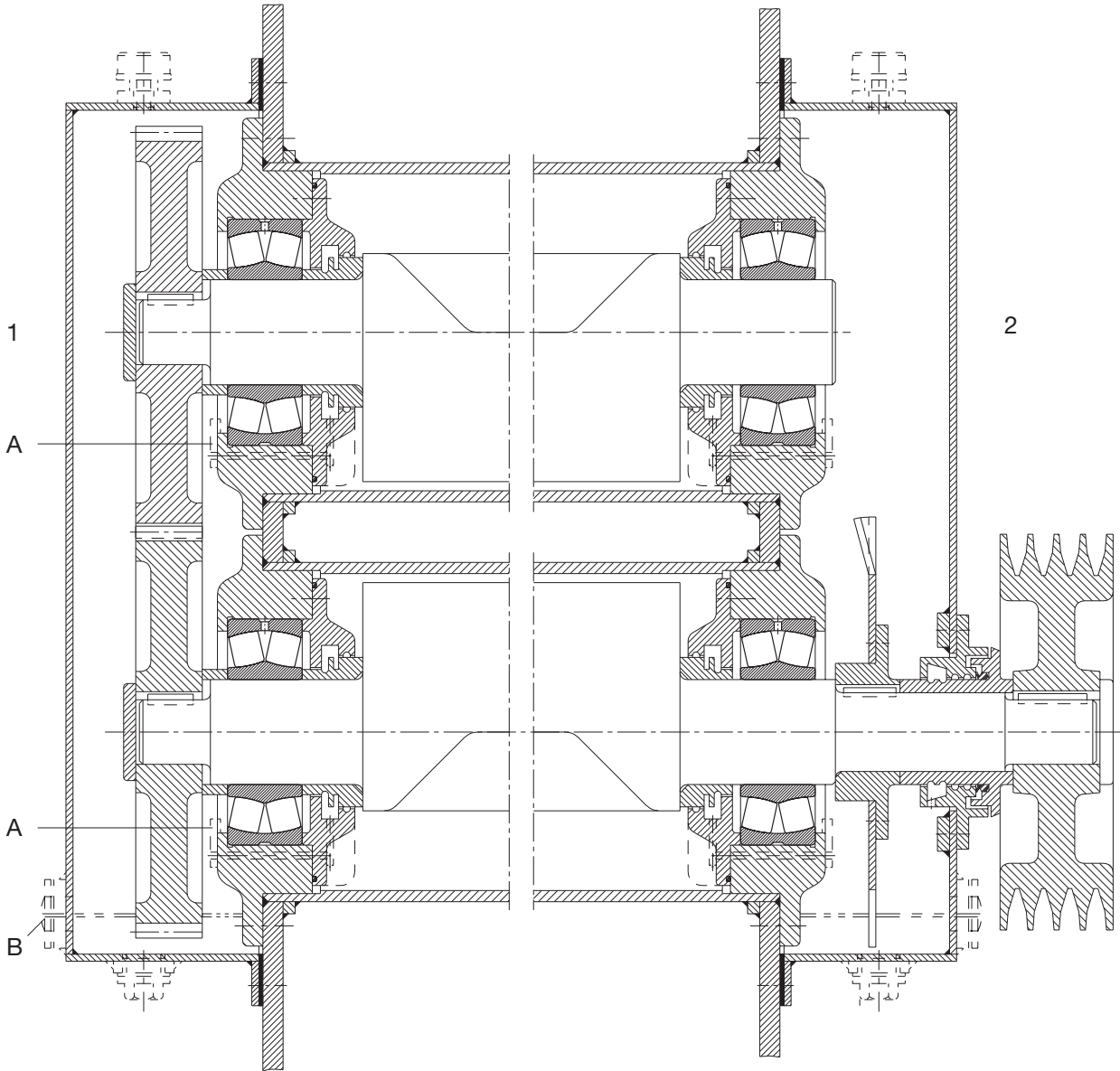
## Bearbeitungstoleranzen

Die *Festlagerstellen* der beiden Unwuchtwellen liegen auf der Seite der Zahnräder, die *Loslagerstellen* auf der Antriebsseite. Die Innenringe (*Punktlast*) werden lose gepaßt, d. h. die Welle wird nach g6 oder f6 bearbeitet. Die Lageraußenringe erhalten *Umfangslast* und werden in der Gehäusebohrung nach P6 fest gepaßt.

## Schmierung, Abdichtung

Die Lagerung hat *Ölschmierung*. Zur Schmierung der Pendelrollenlager auf der Festlagerseite genügt das Öl, das die Zahnräder, von denen das untere in das Ölbad eintaucht, abschleudern. Auf der Gegenseite hat eine Schleuderscheibe dieselbe Wirkung. Staubleche (A) an den Stirnseiten der Gehäuse erzeugen in den Lagern einen so hohen Ölstand, daß die untersten Rollen etwa zur Hälfte im Öl stehen. Der Ölstand ist so hoch, daß das untere Zahnrad und die Schleuderscheibe gerade noch eintauchen. Der Ölspiegel kann mit einem Ölstandauge kontrolliert werden.

Der Durchgang der Antriebswelle ist mit einem Spritzring und einem V-Ring im Labyrinth *abgedichtet*.



- 1 Festlager
- 2 Loslager
- A Staubleche
- B Ölstandsauge

98: Lagerung eines Freischwingers mit linearer Schwingbewegung

# 99 Exzentrersieb

Beim Exzentrersieb ist der Schwingradius so groß wie die Exzentrizität der Welle. Er ist unveränderlich; daher heißen diese Siebe auch Starrschwinger.

## Technische Daten

Siebkastengewichtskraft  $G = 60 \text{ kN}$ ; Exzentrerradius  $r = 0,005 \text{ m}$ ; Drehzahl  $n = 850 \text{ min}^{-1}$ ; Anzahl der Innenlager  $z = 2$ ; Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

## Dimensionierung der Lager

### Innenlager

Für die beiden Innenlager eines Exzentrersiebs – sie nehmen an der Schwingbewegung teil – ergibt sich die *dynamisch äquivalente Belastung*  $P$  wie beim Freischwinger mit kreisförmiger Schwingbewegung zu

$$P = 1,2 \cdot F_r = 1,2/z \cdot G/g \cdot r \cdot (\pi \cdot n/30)^2 = 1,2/2 \cdot 60/9,81 \cdot 0,005 \cdot (3,14 \cdot 850/30)^2 = 145,4 \text{ kN}$$

Erforderliche *dynamische Tragzahl*  $C$ :

$$C = f_L/f_n \cdot P = 2,93/0,378 \cdot 145,4 = 1127 \text{ kN}$$

Gewählt werden Pendelrollenlager FAG 22328E.T41A (*dynamische Tragzahl*  $C = 1220 \text{ kN}$ ).

### Außenlager

Die ortsfesten Außenlager sind nur gering belastet, da die Fliehkraft des Siebkastens durch Gegengewichte ausgeglichen wird. Im allgemeinen werden ebenfalls

Pendelrollenlager der Reihe 223 eingebaut. Die Lagergröße richtet sich nach dem Wellendurchmesser. Damit kommt man zu Lagern, deren Tragfähigkeit so hoch ist, daß sich eine Berechnung der *Ermüdungsdauer* erübrigt. Da diese Lager nicht an der Schwingbewegung teilnehmen, genügt die Normalausführung mit normaler Lagerluft. Im vorliegendem Fall sind Pendelrollenlager FAG 22320EK (*dynamische Tragzahl*  $C = 655 \text{ kN}$ ) eingebaut.

## Bearbeitungstoleranzen

### Innenlagerung

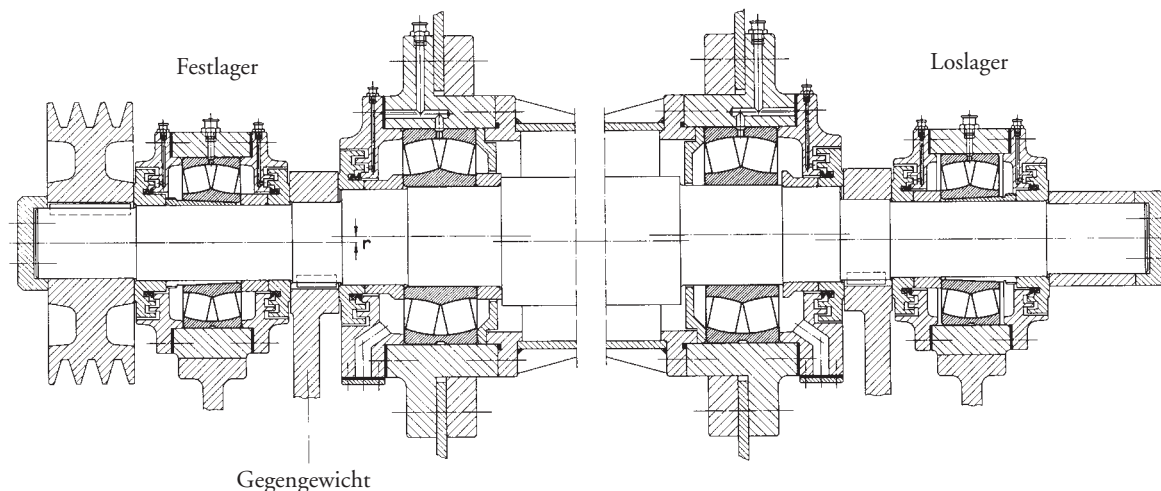
An den Innenlagern (*Festlager-Loslager-Anordnung*) liegt *Punktlast* für die Innenringe vor: Die Welle wird nach g6 oder f6 bearbeitet. Im Gehäuse werden die Lager nach P6 fest gepaßt.

### Außenlagerung

Die Außenlager – ebenfalls eine *Festlager-Loslager-Anordnung* – sind mit Abziehhülsen auf der Welle befestigt. Die Welle ist nach h8, die Gehäusebohrung nach H7 bearbeitet.

## Schmierung, Abdichtung

*Fettschmierung* mit Lithiumseifenfett der *Konsistenzklasse 2* mit Korrosionsschutz- und Hochdruckzusätzen. Schmierstoffzuführung zwischen den Rollenreihen durch Schmierbohrungen in den Lageraußenringen. Die *Abdichtung* erfolgt durch *fettgefüllte, nachschmierbare Labyrinth*.



# 100 Vibrationsmotor

Die Schwingungen der Vibrationsgeräte werden von einem oder mehreren Erregern erzeugt. Ein solcher Erreger ist beispielsweise ein Elektromotor, an dessen Rotorenden Unwuchtkörper angebracht sind. Man spricht dann von einem „Vibrationsmotor“. Vibrationsmotoren laufen vorwiegend in Maschinen zur Herstellung von Betonfertigteilen sowie in Sieben und Schüttelrinnen.

## Technische Daten

Leistung  $N = 0,7 \text{ kW}$ , Drehzahl  $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ .  
Als Belastung wirken die Gewichtskraft des Rotors und die Zentrifugalkraft der Unwuchtkörper: Maximale Radialbelastung eines Lagers  $F_r = 6,5 \text{ kN}$ .

## Lagerwahl, Dimensionierung

Wegen der hohen Zentrifugalkräfte reicht die Tragfähigkeit der sonst bei mittelgroßen Elektromotoren üblichen Rillenkugellager nicht aus. Vibrationsmotoren lagert man deshalb mit Zylinderrollenlagern. Eingebaut sind zwei Zylinderrollenlager FAG NJ2306E.TVP2.C4; die *dynamische Tragzahl* der Lager beträgt  $73,5 \text{ kN}$ .

Für die aus der Fliehkraft resultierende ungünstige dynamische Lagerbelastung ist ein Zuschlagfaktor  $f_z = 1,2$  vorzusehen. Unter dessen Berücksichtigung ergibt sich die *dynamisch äquivalente Belastung* zu

$$P = 1,2 \cdot F_r = 7,8 \text{ kN}.$$

Mit dem *Drehzahlfaktor*  $f_n = 0,26$  ( $n = 3000 \text{ min}^{-1}$ ) wird die *dynamische Kennzahl*

$$f_L = C/P \cdot f_n = 73,5/7,8 \cdot 0,26 = 2,45$$

Dieser  $f_L$ -Wert entspricht einer *nominellen Lebensdauer* von  $10\,000 \text{ h}$ . Die Lager sind somit richtig bemessen.

## Bearbeitungstoleranzen

Welle k5; Gehäuse N6.

Die Lageraußenringe haben *Umfangslast* und werden deshalb fest gepaßt. Da am Innenring eine *Pendellast* auftritt, ist es zweckmäßig, auch den Innenring fest auf die Welle zu passen. Bei nicht *zerlegbaren* Lagern würde diese Forderung zu einem schwierigen Lagereinbau und -ausbau führen. Man verwendet deshalb *zerlegbare* Zylinderrollenlager der Bauart NJ.

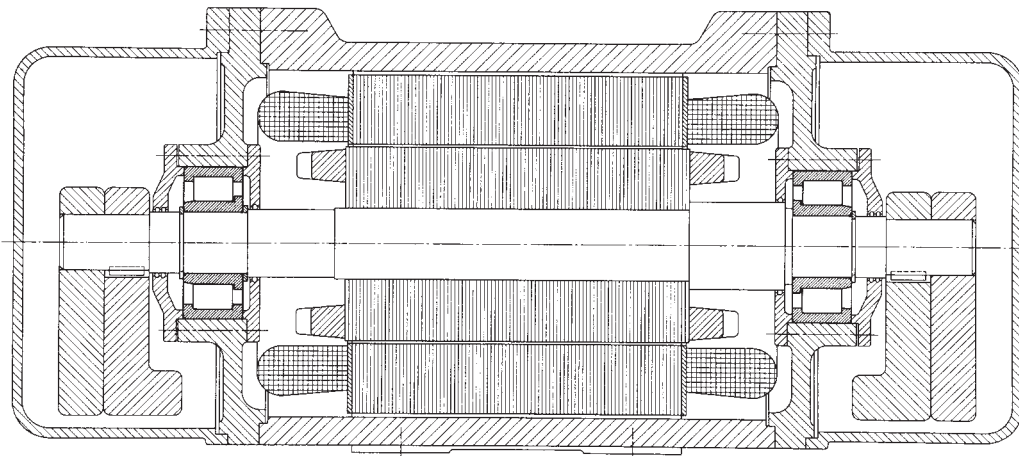
## Lagerluft

Durch die festen *Passungen* verringert sich die *Radialluft* der Lager. Außerdem erwärmen sich die Innenringe im Betrieb stärker als die Außenringe, was zu einer zusätzlichen *Radialluftverminderung* führt. Infolgedessen werden Lager der *Radialluftgruppe C4* (d. h. *Radialluft* größer als C3) eingebaut.

Damit die Lagerung axial nicht verspannt wird, baut man die Innenringe so ein, daß die Rollensätze der beiden Lager zwischen dem Innenringbord eine *Axialluft* von  $0,2 \dots 0,3 \text{ mm}$  haben (*Schwimmende Lagerung*).

## Schmierung, Abdichtung

Beide Lager werden mit *Fett* geschmiert. Bewährt haben sich Lithiumseifenfette der *Konsistenzklasse 2* mit *EP-Zusätzen*. Nach etwa  $500 \text{ Betriebsstunden}$  wird nachgeschmiert. Da der Vibrationsmotor auf beiden Seiten geschlossen ist, genügen als *Abdichtung* Dichtspalte mit Rillen.



100: Lagerung der Erregerwelle eines Vibrationsmotors

# 101–103 Großkonverter

Da Konverter im Schwenkbetrieb arbeiten und nur gelegentlich bis zu 360° drehen, werden die Lager nach ihrer statischen Tragfähigkeit ausgewählt. Wichtige Kriterien bei der Wahl der Lagerbauart sind neben der hohen *statischen Tragzahl* der Ausgleich von größeren Fluchtungenauigkeiten und Längenänderungen. Wegen des großen Lagerabstands und wegen der Verwindung und Durchbiegung des Tragrings sind Fluchtungenauigkeiten bei Konvertern unvermeidlich. Ebenso treten, aufgrund großer Temperaturunterschiede beim Anheizen und Erkalten des Konverters, erhebliche Längenänderungen auf.

## Lagerwahl

Beispiel 101 zeigt die übliche Konverterlagerung. Sowohl auf der *Festlager*- als auch auf der *Loslager*seite sind Pendelrollenlager vorgesehen. Auf der *Loslager*seite ist im Gehäuse eine Gleitbuchse eingebaut, in der sich das Pendelrollenlager in axialer Richtung verschieben kann. Um den Reibungswiderstand möglichst niedrig zu halten, ist die Bohrung der Buchse geschliffen und mit Festschmierstoff (Molybdändisulfid) behandelt.

Zur Berechnung der Axialbelastung wird ein Reibungsbeiwert von  $\mu = 0,1 \dots 0,15$  angesetzt.

Im Beispiel 102 sind beide Pendelrollenlager in den Gehäusen als *Festlager* eingebaut. Die Verschiebung in Längsrichtung erfolgt über zwei seitlich angeordnete Linearlager (Roller), auf denen das eine der beiden Gehäuse ruht. Bei dieser Konstruktion muß also beim Längenausgleich nur die Rollreibung der Linearlager – Reibungsbeiwert  $\mu \approx 0,05$  – überwunden werden.

## Dimensionierung der Lager

Bei Konvertern soll die *statische Kennzahl*  $f_s = C_0/P_0$  größer als 2 sein; siehe Berechnungsbeispiel.

$C_0$  ist die *statische Tragzahl* des Lagers

$P_0$  ist die *statisch äquivalente Belastung*

## Technische Daten

Berechnungsbeispiel: Zwei Pendelrollenlager mit zusätzlicher Linearlagerung (Beispiel 102).

*Festlager*: Radialbelastung  $F_{rF} = 5800$  kN;

*Loslager*: Radialbelastung  $F_{rL} = 5300$  kN;

Axialbelastung aus dem Antrieb  $F_a = 800$  kN und aus der Längsverschiebung  $0,05 \cdot F_{rL} = 265$  kN;

Zapfendurchmesser an der Lagersitzstelle 900 mm.

Eingebaut sind zwei Pendelrollenlager FAG 230/900K.MB (*statische Tragzahl*  $C_0 = 26\,000$  kN, Axialfaktor  $Y_0 = 3,1$ ).

### *Festlager*

$$P_0 = F_{rF} + Y_0 \cdot (F_a + 0,05 \cdot F_{rL}) \\ = 5\,800 + 3,1 \cdot (800 + 265) = 9\,100 \text{ kN}$$

$$\text{Statische Kennzahl } f_s = 26\,000 / 9\,100 = 2,85$$

### *Loslager*

$$P_0 = F_{rL} + Y_0 \cdot 0,05 \cdot F_{rL} \\ = 5\,300 + 3,1 \cdot 265 = 6\,120 \text{ kN}$$

$$\text{Statische Kennzahl } f_s = 26\,000 / 6\,120 = 4,24$$

Beide Lager sind also sicher dimensioniert. Für die beiden Linearlager sind je fünf Zylinderrollen (80 x 120 mm) erforderlich. Die Führungsschienen (Laufbahnen) haben eine Härte von 59...65 HRC.

## Bearbeitungstoleranzen

Bei zylindrischer Lagerbohrung: Zapfen m6. Bei kegeliger Lagerbohrung und Hydraulikhülse: Zapfen h7. Die Wellenzapfen sind mit einer Zylinderformtoleranz IT5/2 (DIN ISO 1101) bearbeitet.

Die Aufnahmebohrungen im Gehäuse haben H7-Toleranz. Eine festere *Passung* ist nicht zu empfehlen, da die Lager wegen der geteilten Gehäuse oval verspannt werden könnten.

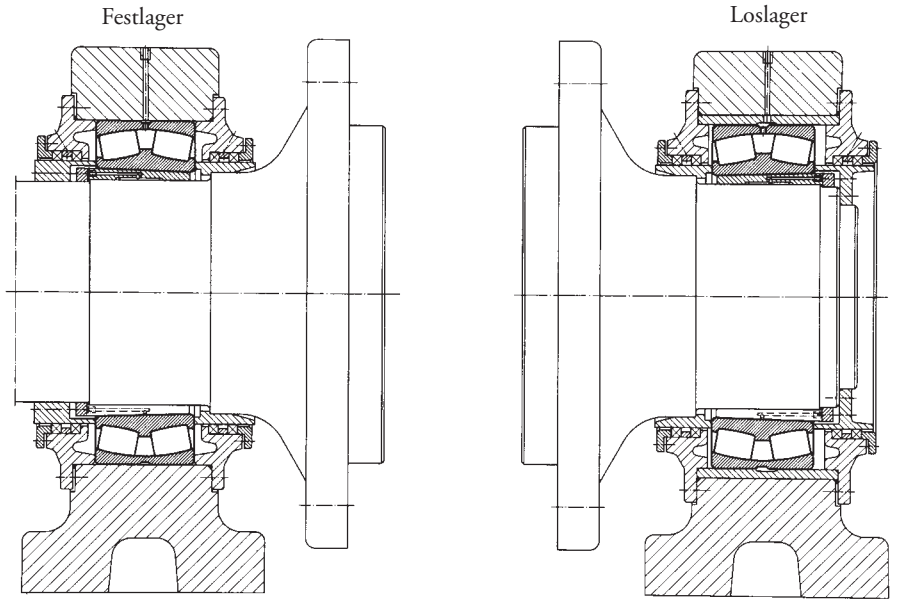
## Schmierung, Abdichtung

Konverterlager werden mit *Fett* geschmiert. Zu empfehlen sind Lithiumseifenfette der *Konsistenzklasse 2* mit *EP*- und *Korrosionsschutzzusatz* (z. B. FAG Wälzlagerfett *Arcanol* L186V). Eine wirkungsvolle *Abdichtung* erreicht man mit graphitierten Packungsringen.

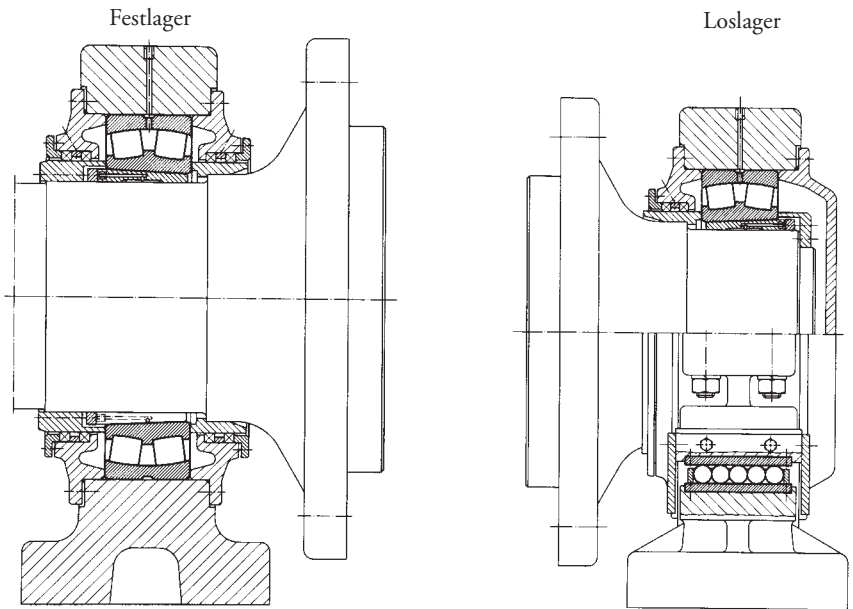
## Geteilte Wälzlager

Hüttenwerke fordern vielfach, daß das Lager auf der Antriebsseite eines Konverters ohne Demontage des Antriebsaggregats ausgewechselt werden kann. Das er-möglichen geteilte Pendelrollenlager (Beispiel 103). Aus Preisgründen dienen geteilte Lager meistens als Ersatz.

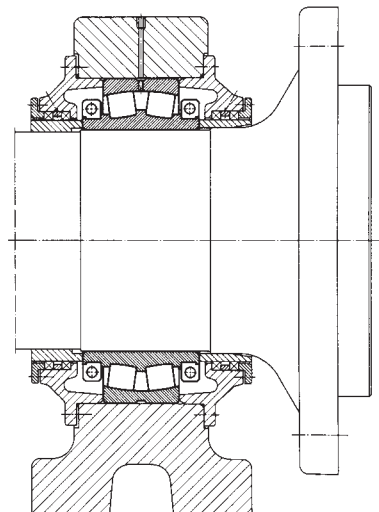
101: Konverterlagerung  
(zwei Pendelrollenlager)



102: Konverterlagerung  
(zwei Pendelrollenlager  
zwei Linearlager)



103: Festlagerseite mit  
geteiltem Pendelrollenlager



# 104 Walzen eines Quarto-Kaltwalzgerüsts für Aluminium

## Technische Daten

Stützwalzen: Walzendurchmesser 1 525 mm  
Ballenlänge 2 500 mm

Arbeitswalzen: Walzendurchmesser 600 mm  
Ballenlänge 2 500 mm

Walzkraft maximal 26 000 kN

Walzgeschwindigkeit max. 1 260 m/min

## Wahl der Stützwalzenlager (Bild 104a)

### *Radiallagerung*

Zur Aufnahme der hohen Radialkräfte bei begrenztem Einbauraum und hohen Drehzahlen eignen sich am besten Zylinderrollenlager. Auf jeder Walzenseite ist ein vierreihiges Zylinderrollenlager FAG 527048 (Abmessungen 900 x 1220 x 840 mm) eingebaut. Die Lager haben Bolzenkäfige und erreichen eine *dynamische Tragzahl C* = 31 500 kN.

Die vergrößerte *Radialluft C4* ist erforderlich, weil die Innenringe fest gepaßt sind und sich im Betrieb stärker erwärmen als die Außenringe.

Bearbeitungstoleranzen:

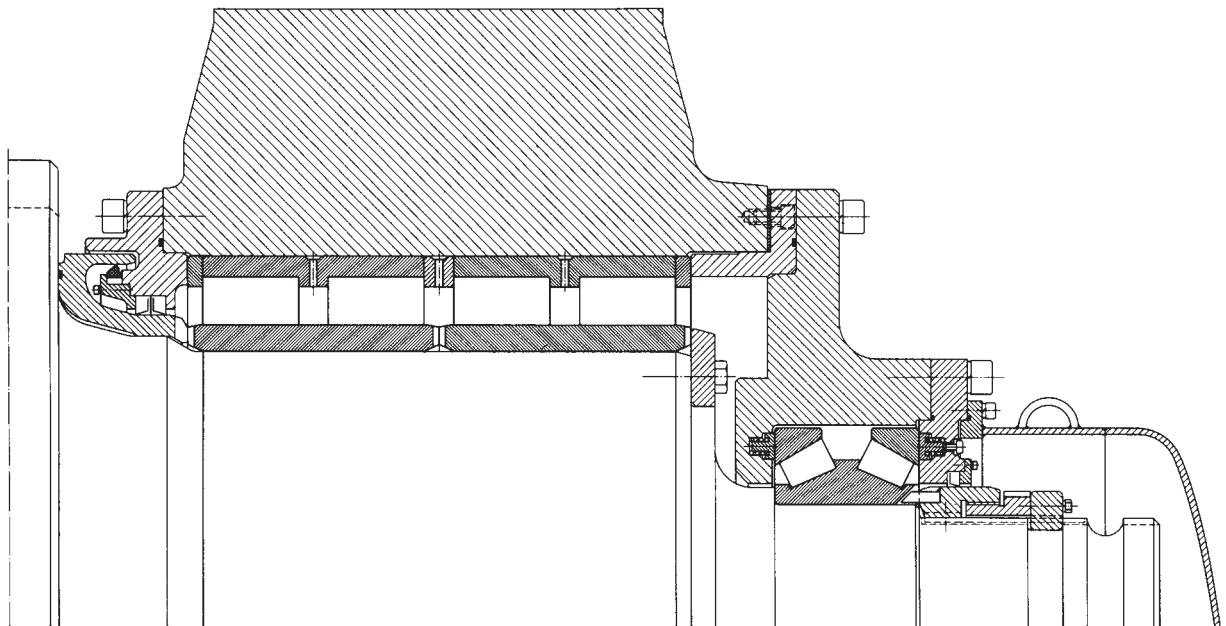
Walzenzapfen +0,350 / +0,440 mm, Einbaustück H7.

### *Axiallagerung*

Weil bei Bandgerüsten die Axialbelastungen niedrig sind, werden *Axiallager* verwendet, die im Vergleich zu den *Radiallagern* klein sind. Auf beiden Seiten der Stützwalze ist ein zweireihiges Kegelrollenlager FAG 531295A (Abmessungen 400 x 650 x 240 mm) eingebaut. Die *dynamische Tragzahl C* beträgt 3450 kN.

Bearbeitungstoleranzen: Welle f6.

Die Außenringe sind radial nicht unterstützt, axial sind sie mit Schraubenfedern angestellt.



104a: Lagerung der Stützwalzen eines Quarto-Kaltwalzgerüsts für Aluminium (Antriebs- und Bedienungsseite sind gleich gelagert)



## Wahl der Arbeitswalzenlager (Bild 104b, c)

### *Radiallagerung*

Auf jeder Walzenseite sind zwei zweireihige Zylinderrollenlager FAG 532381.K22 (Abmessungen 350 x 500 x 190 mm) eingebaut. Die Toleranzen der Zylinderrollenlager sind so eingengt, daß alle Rollenreihen gleichmäßig tragen. Die Lager haben *Massivkäfige* aus Messing und eine vergrößerte *Radialluft C3*.

Bearbeitungstoleranzen

Walzenzapfen p6; Bohrung im Einbaustück H6.

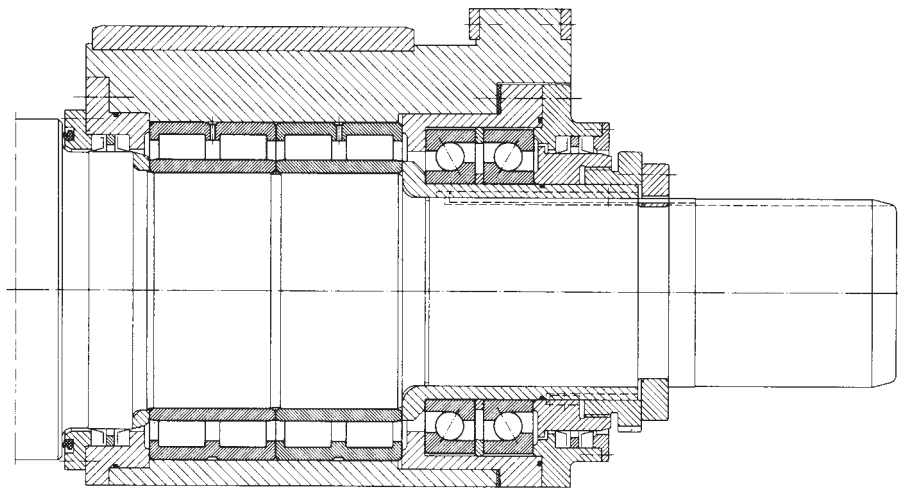
### *Axiallagerung*

Auf der *Festlagerseite* (Bedienungsseite) sind zwei Schrägkugellager FAG 7064MP.UA in *X-Anordnung* eingebaut. Beim Zusammenbau beliebiger Einzellager

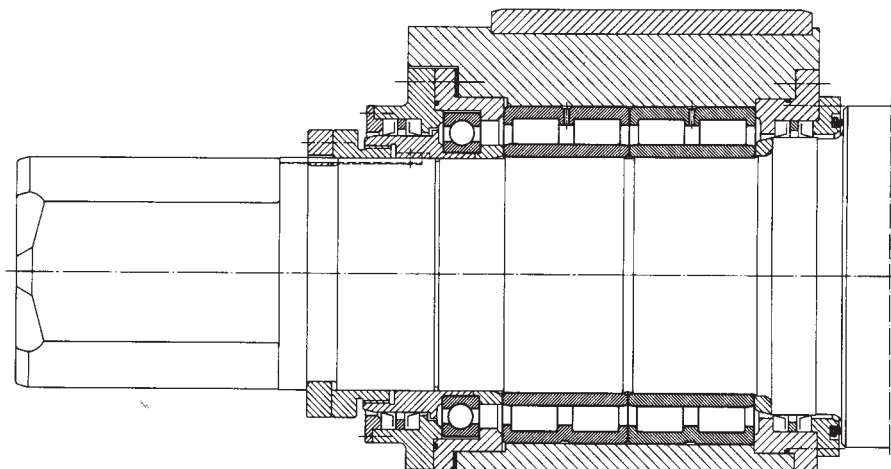
der *Universalausführung* UA entsteht bei *X- oder O-Anordnung* ein Lagerpaar mit geringer *Axialluft*. Die Schrägkugellager nehmen die beim Walzen auftretenden Axialkräfte auf. Das Rillenkugellager FAG 61972M.C3 auf der *Loslagerseite* (Antriebsseite) führt lediglich das Einbaustück in axialer Richtung. Bearbeitungstoleranzen: Buchse k6; Außenringe sind radial nicht unterstützt.

### Schmierung

Alle Lagerungen der Stütz- und Arbeitswalzen werden mit *Ölnebel* geschmiert. Es wird ein *Öl* hoher *Viskosität* mit Hochdruckzusätzen verwendet, weil die Zylinderrollenlager – besonders an den Stützwalzen – hoch belastet sind und dort auch Betriebstemperaturen bis 70 °C auftreten.



104b: Lagerung der Arbeitswalzen, Bedienungsseite



104c: Lagerung der Arbeitswalzen, Antriebsseite

# 105 Arbeitswalzen der Fertigstaffel einer Quarto-Warmbreitbandstraße

Die Lagerungen von Arbeitswalzen werden oft durch große Mengen Wasser oder Walzenkühlmittel beaufschlagt. Dazu kommen bei Warmwalzwerken noch erhebliche Mengen an Schmutz. Deshalb müssen die Lagerstellen sorgfältig *abgedichtet* sein. In der Regel werden sie mit *Fett* geschmiert, das die Dichtwirkung unterstützt. Bei modernen Walzwerken ist man bestrebt, den Fettverbrauch und die Umweltbelastung durch austretendes *Fett-Wasser-Gemisch* zu vermindern.

## Technische Daten

Walzenballendurchmesser 736 mm; Walzenballenlänge 2235 mm; Walzgeschwindigkeit 3,5...15 m/s.

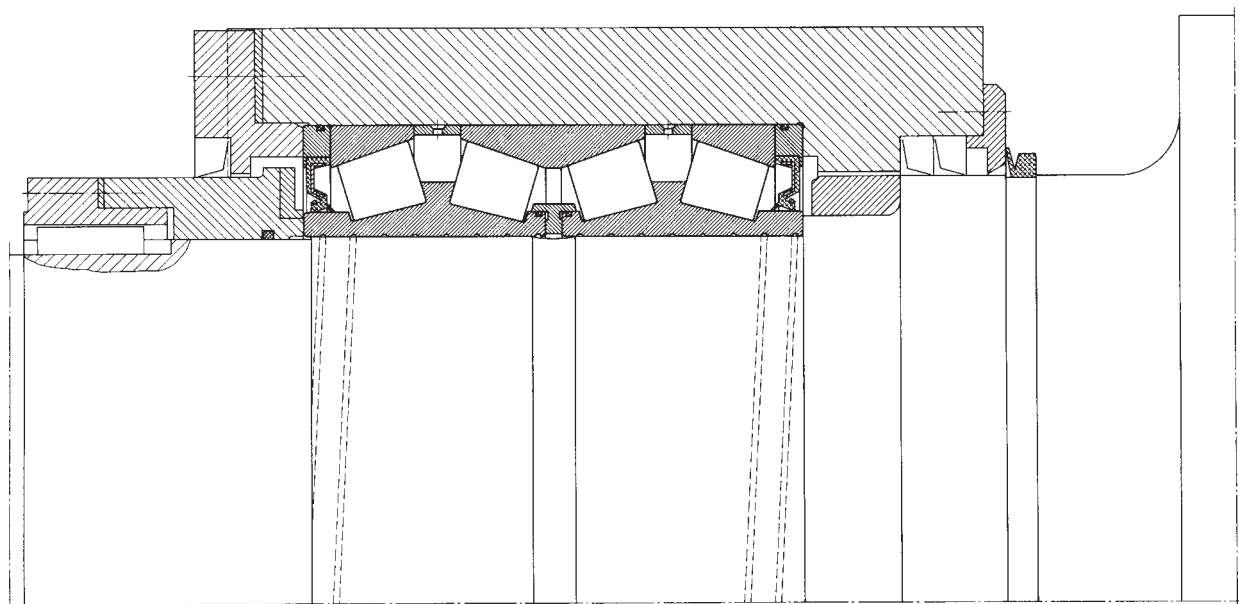
## Lagerwahl, Dimensionierung

Als Lagerbauart für Arbeitswalzen haben sich vierreihige Kegelrollenlager bewährt. Sie nehmen zu hohen Radialkräften auch Axialkräfte auf und beanspruchen wenig Einbauraum. Die Lager erhalten auf den Zapfen einen Schiebesitz; dadurch ist ein schneller Walzenwechsel möglich. In diesem Einbaufall werden abgedichtete, vierreihige Kegelrollenlager FAG 563681A (Abmessungen 482,6 x 615,95 x 330,2 mm) verwendet. Die *Gebrauchsdauer* der Arbeitswalzenlager wird hauptsächlich von den Kräften, der Walzgeschwindigkeit,

der Schmierung und der Sauberkeit beeinflusst. In der Regel erreichen offene Lager wegen schlechter Schmierungs- und Sauberkeitsbedingungen nicht die *nominelle Lebensdauer*. Dagegen ergibt die *modifizierte Lebensdauerberechnung* für abgedichtete Lager meist *Faktoren*  $a_{23}$  größer 1, d. h. die *erreichbare Lebensdauer* übertrifft die *nominelle Lebensdauer*. Der Wert liegt trotz geringerer *Tragzahl* in der Regel über dem eines gleich großen nicht abgedichteten Lagers.

## Schmierung, Abdichtung

Die Lager sind mit relativ kleinen Mengen hochwertiger Wälzlager*fetts* gefüllt. Auf jeder Lagerseite ist eine berührende zweilippige *Dichtung* eingebaut. Die innere Dichtlippe verhindert den Austritt von *Fett* aus dem Lager; die äußere Dichtlippe schützt gegen eventuell noch in das Einbaustück eingedrungene Flüssigkeit. Im Walzbetrieb und beim Walzenwechsel braucht nicht nachgeschmiert werden. Die bei der Montage eingebrachte *Fettmenge* reicht in der Regel für eine Einbaustückreise, d. h. für eine Einsatzzeit von 1000...1200 Stunden aus. Die Einbaustücke enthalten die konventionellen *Außendichtungen* (Manschetten*dichtungen*). Diese werden mit einem preiswerten, umweltschonenden Dichtfett gefüllt.



# 106 Walzen eines Duo-Block-Brammengerüstes oder Duo-Block-Knüppelgerüstes

## Technische Daten

Walzendurchmesser 1168 mm (46"); Walzenballenlänge 3100 mm (122"); Walzgeschwindigkeit 2,5...5 m/s; ein Jahresausstoß von 1 Million Tonnen. Das Gerüst arbeitet im Reversierbetrieb, d. h. das Walzgut geht hin und her, die Drehrichtung der Walzen wechselt von Stich zu Stich.

## Walzenlagerung

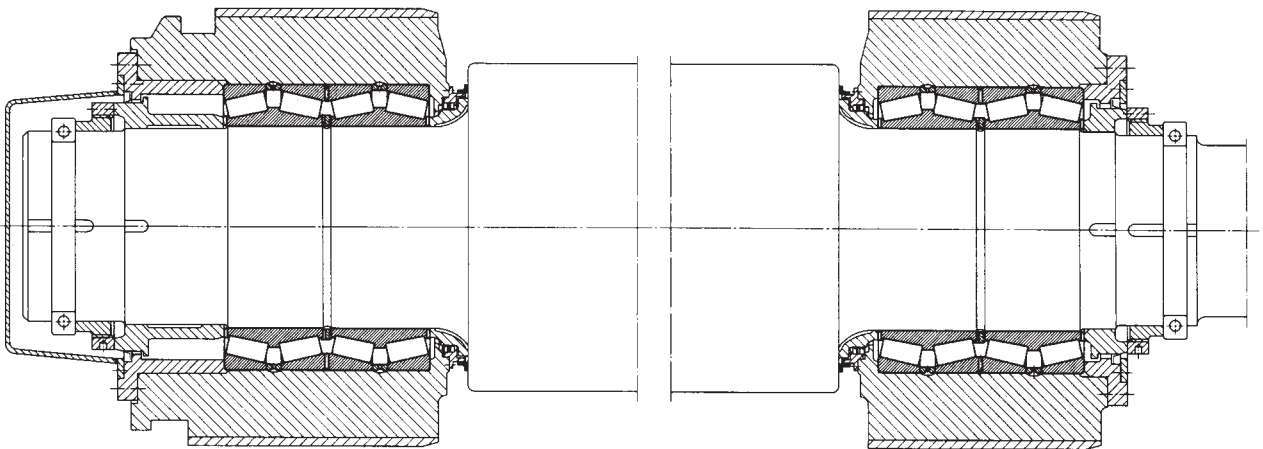
Zur Lagerung der Arbeitswalzen kommen auch hier mehrreihige Kegelrollenlager zum Einsatz. Sie benötigen relativ wenig Einbauraum und nehmen hohe Radial- und Axialkräfte auf. Die Walzen sind auf beiden Seiten in einem vierreihigen Kegelrollenlager FAG 514433A mit den Abmessungen 730,25 x 1035,05 x 755,65 mm abgestützt.

Die Lagerringe haben auf den Walzenzapfen und in den Einbaustücken einen losen Sitz, damit man sie leicht ein- und ausbauen kann. Hierbei wandert der Innenring in Umfangsrichtung auf dem Walzenzapfen. Um dabei *Verschleiß* und Erwärmung zu verringern, werden die Paßflächen meist über eine schraubenförmige Nut in der Lagerbohrung mit *Fett* versorgt.

## Schmierung

Die Kegelrollenlager werden mit *Fett* geschmiert. Durch Nuten an den Stirnflächen der Innen- und des Zwischenrings wird kontinuierlich *Fett* zugeführt.

Überschüssiges *Fett* entweicht durch die Bohrungen im mittleren Außenring und in den Zwischenringen.



# 107 Kombiniertes Untersetzungs- und Kammwalzengetriebe einer Knüppelstraße

## Technische Daten

Die Knüppelstraße ist für eine monatliche Produktionsleistung von 55 000 Tonnen ausgelegt. Die Straße besteht aus der Vor- und Fertigstaffel. Jede Staffel hat vier Gerüste, wobei abwechselnd ein Vertikal- und ein Horizontalgerüst angeordnet sind. Der Antrieb der Vertikalgerüste ist nach oben gelegt; das hat u. a. den Vorteil, daß die Fundamente nicht so tief werden; man nimmt allerdings eine große Bauhöhe der Gerüste in Kauf.

Motorleistung 1 100/2 200 kW;  
Motordrehzahl 350/750 min<sup>-1</sup>.

## Lagerwahl, Dimensionierung

Radialkräfte und Axialkräfte werden getrennt aufgenommen: die Radialkräfte in Zylinderrollenlagern, die Axialkräfte in Schrägkugellagern und Vierpunktlagern. Zylinderrollenlager als *Radiallager* haben den Vorteil, daß sie bei hoher Tragfähigkeit nur einen kleinen Einbauraum benötigen, d. h. man kann den Abstand zwischen den Getriebewellen gering halten. Mit entscheidend bei der Wahl der Lagergröße ist der Durchmesser der einzelnen Getriebewellen, der sich aus der Festigkeitsrechnung ergibt. Die beiden größten Zylinderrollenlager des Getriebes befinden sich auf der Seite der Kammwalzen und haben die Abmessungen 750 x 1000 x 250 mm. Als *Axiallager* sitzt auf jeder der vier Getriebewellen ein Vierpunktlager (zweiseitig wirkendes Schrägkugellager).

Ein Vierpunktlager bietet gegenüber zwei Schrägkugellagern den Vorteil geringerer Baubreite und gegenüber einem Rillenkugellager den Vorteil geringerer *Axialluft* und höherer axialer Tragfähigkeit. Vierpunktlager können aber nur dann verwendet werden, wenn die Axiallast ihre Richtung nicht zu häufig wechselt. Die Wellen des vorgeschalteten Kegelgetriebes dürfen in Anbetracht der empfindlichen Bogenverzahnung nur sehr wenig *Axialluft* haben. Das erreicht man hier mit je zwei zusammengepaßten Schrägkugellagern auf der Ritzelwelle und auf der Kegelradwelle. Sie übernehmen auch die Axiallast, während Zylinderrollenlager die Radiallast aufnehmen.

## Bearbeitungstoleranzen

Zylinderrollenlager: Wellenzapfen p6; Gehäuse H6/H7.

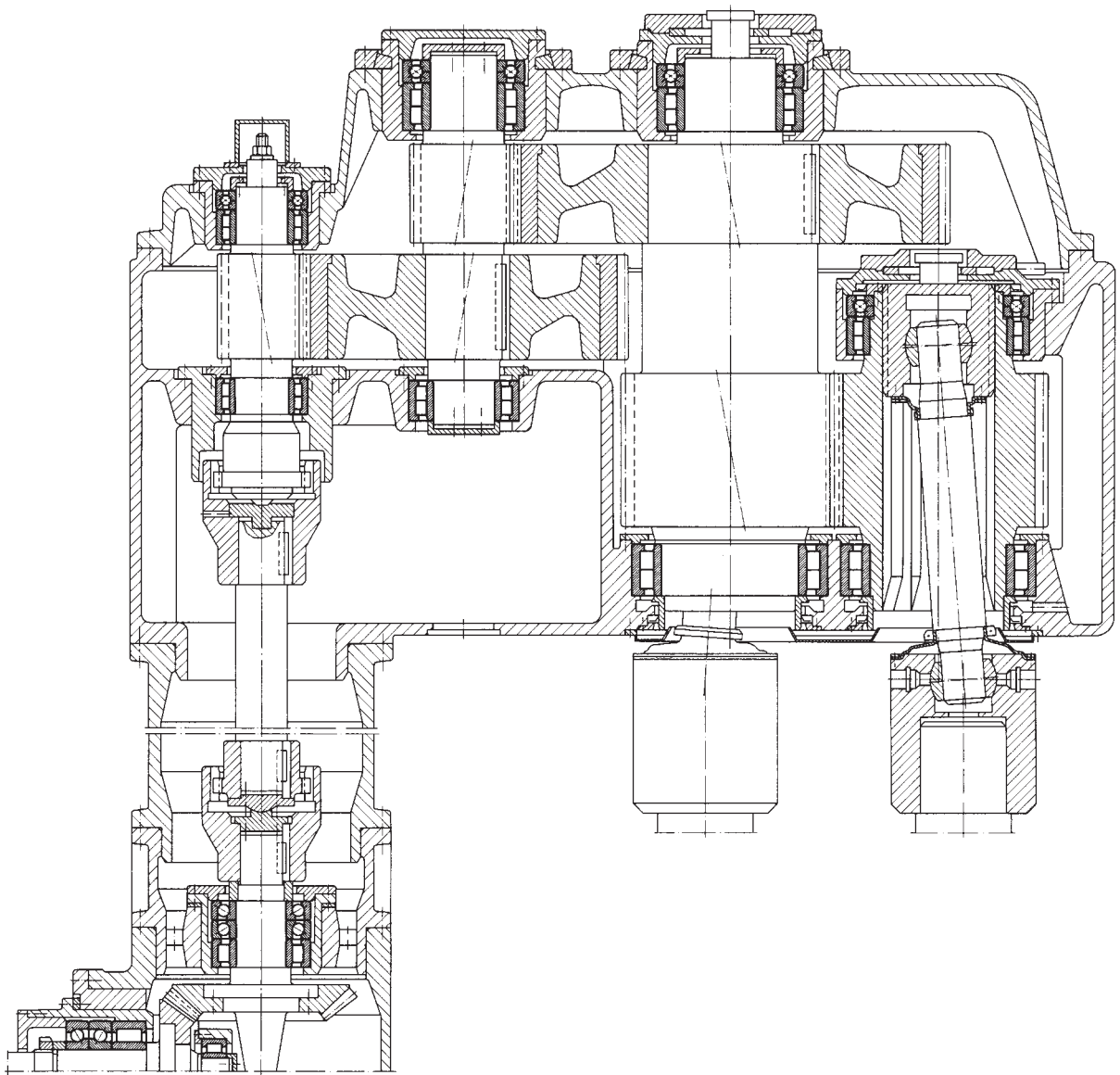
Vierpunktlager und Schrägkugellager: Wellenzapfen f6; Gehäuse D10.

Die Außenringe der Vierpunkt- und Schrägkugellager sind im Gehäuse freigedreht, so daß sichergestellt ist, daß keine Radialkräfte, sondern ausschließlich Axialkräfte aufgenommen werden.

## Schmierung

*Öl*umlaufschmierung.

An den *Öl*umlauf für die Getrieberäder sind auch die Wälzlager angeschlossen. Das *Öl* wird den Lagerstellen vom *Öl*filter aus unmittelbar zugeführt, damit der Abrieb der Getrieberäder nicht in die Lager gelangt.

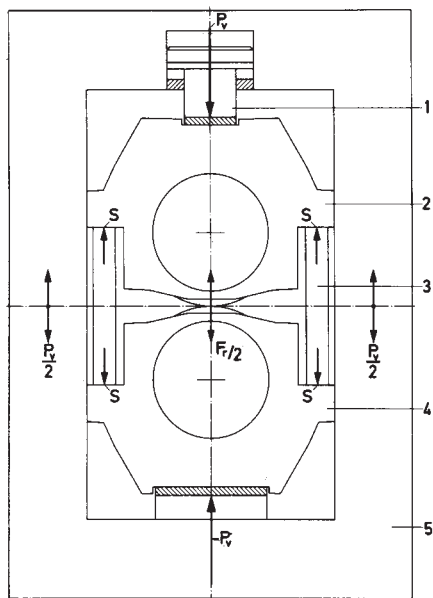


107: Kombiniertes Untersetzungs- und Kammwalzengetriebe

# 108 Arbeitswalzen einer Profilstraße

Die Ständer der Walzgerüste dehnen sich unter den großen Walzkräften. Dies kann sich negativ auf die Qualität des Walzgutes auswirken. Um dies zu verhindern, sah man üblicherweise aufwendige Walzen-Verstelleinrichtungen vor. Ein anderer Weg, den störenden Einfluß der Elastizität zu kompensieren, besteht darin, daß man die Einbaustücke, die die Walzen und die Lagerungen tragen, über die Walzenständer hydraulisch gegeneinander vorspannt (siehe Schemazeichnung).

Bei einer Profilstraße haben 9 von insgesamt 13 kontinuierlich arbeitenden Gerüsten die hydraulisch vorgespannten Einbaustücke. Fünf der neun vorgespannten Gerüste können auch als Universalgerüste arbeiten. Sie werden dazu mit zwei vertikal angeordneten Walzenständen ausgerüstet.



- 1 Hydraulikkolben
- 2 Oberes Einbaustück
- 3 Druckstempel
- 4 Unteres Einbaustück
- 5 Ständer

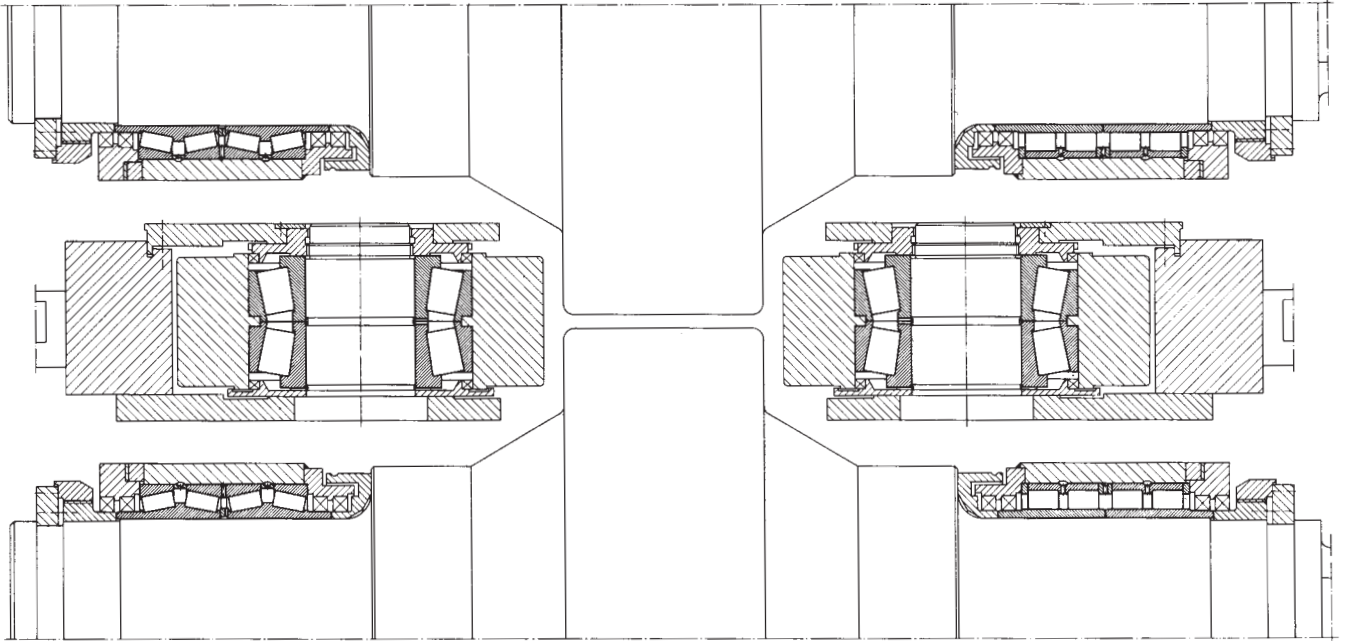
## Walzenlagerungen

Die waagerechten Walzen sind in mehrreihigen Zylinderrollenlagern und Kegelrollenlagern abgestützt. Die auf der Antriebsseite sitzenden Zylinderrollenlager gleichen die Längenänderungen bei Wärmedehnungen aus. Der sonst übliche Längenausgleich über das auf der Antriebsseite im Ständer axial frei bewegliche Einbaustück ist bei gegeneinander vorgespannten Einbaustücken nicht möglich.

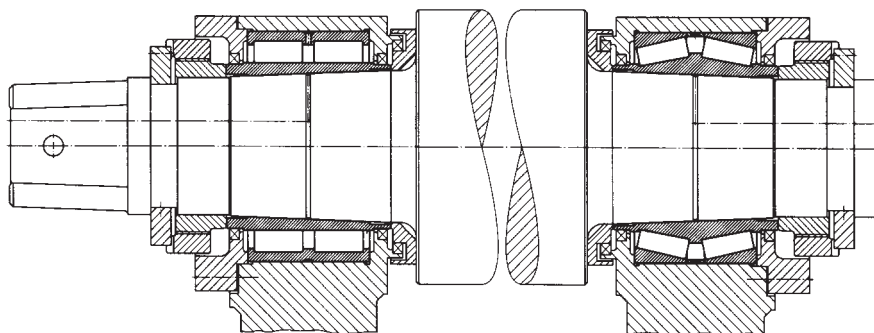
Die Horizontal-Walzen in den Gerüsten am Anfang der Straße, die mit 3 150 kN belastet werden, sind in vierreihigen Zylinderrollenlagern und vierreihigen Kegelrollenlagern mit den Abmessungen 355,6 x 257,2 x 323,8 mm gelagert (Bild a). Die Lager sitzen lose auf dem Wellenzapfen (e7), was die Montage erleichtert.

Bei den Gerüsten, in denen Profilstähle fertig gewalzt werden, ist ein loser Sitz nicht möglich, da die geforderte Qualität nur bei eng geführten Walzen erreicht wird. Deshalb wurden Zylinder- und Kegelrollenlager mit kegeliger Bohrung gewählt und auf die kegeligen Walzenzapfen aufgepreßt. Das eingesetzte Hydraulikverfahren erleichtert hierbei den Ein- und Ausbau. Wegen der geringeren Walzkräfte (2 550 kN) wurden in diesem Fall zur Lagerung der Horizontal-Walzen zweireihige Zylinder- und Kegelrollenlager mit den Abmessungen 220,1 x 336,6 x 244,5 mm eingesetzt (Bild b).

Die Vertikal-Walzen sind jeweils in einem Kegelrollenlagerpaar in *O-Anordnung* (Abmessungen 165,1 x 336,6 x 194,2 mm) abgestützt (Bild a). Die Lager sitzen unmittelbar in den Walzen. Beim Einlaufen des Walzgutes werden die Vertikal-Walzen und deren Lager in kürzester Zeit auf die Betriebsdrehzahl beschleunigt. Damit bei diesen Beschleunigungen die *Rollkörper* ständig im Kontakt mit den Laufbahnen bleiben, sind die Kegelrollenlager vorgespannt. Dazu wurden die Toleranzen der Lager und der Lagersitzstellen so aufeinander abgestimmt, daß die Lager ohne jede Paßarbeit nach dem Einbau die richtige Vorspannung haben.



108a: Lagerung der Horizontal-Walzen in vorgespannten Gerüsten am Anfang der Profilstraße  
und Lagerung der Vertikal-Walzen



108b: Lagerung der Horizontal-Walzen für Gerüste, in denen Profilstähle fertig gewalzt werden

---

# 109 Duo-Walzen eines Dressiergerüsts für Kupfer- und Messingbänder

---

Auf diesem Dressiergerüst werden Kupferbänder und Messingbänder mit einer Bandbreite zwischen 500 und 1 050 mm gewalzt. Die Anstichdicke beträgt maximal 4 mm, die Enddicke minimal 0,2 mm.

Eine Besonderheit dieses Gerüsts ist die „Gegenbiegung“. Die Walzkräfte führen zu einer elastischen Durchbiegung der Walzen. Diese Biegung wird durch Gegenbiegekräfte hydraulisch kompensiert. Die Gegenbiegekräfte werden auf beiden Seiten und außerhalb der Walzenlagerung über Pendelrollenlager auf die Walzenzapfen aufgebracht. Durch die Gegenbiegung wird eine über die ganze Breite gleichbleibende Banddicke erreicht.

## Technische Daten

Duo-Walzendurchmesser 690/650 mm; Walzenballenlänge 1150 mm; Walzgeschwindigkeit maximal 230 m/min; Walzkraft maximal 8000 kN; Gegenbiegekraft maximal 1300 kN je Zapfen.

## Lagerung für Gegenbiegung

Die Gegenbiegekräfte werden über Pendelrollenlager FAG 24068B.MB aufgebracht.  
Bearbeitungstoleranzen: Zapfen e7, Gehäuse H6.

## Radiallagerung der Walzen

Auf jeder Seite ist ein vierreihiges Zylinderrollenlager FAG 547961 mit den Abmessungen 445 x 600 x 435 mm eingebaut. Die Zylinderrollenlager haben *Bolzenkäfige*. Diese bestehen aus zwei Seitenscheiben, in denen die durch die Rollen gehenden Bolzen befestigt sind. Nuten an den Seitenflächen der Lagerinnenringe erleichtern die Demontage.

Bearbeitungstoleranzen:

Zapfen +0,160 / +0,200 mm, Einbaustück H6.

## Axiallagerung der Walzen

Auf der Bedienungsseite werden die Axialkräfte von zwei in *O-Anordnung* eingebauten Schrägkugellagern FAG 507227.N10BA (Abmessungen 400 x 600 x 90 mm) aufgenommen.

Auf der Antriebsseite wird das Einbaustück mit einem Rillenkugellager FAG 6080M.C3 auf dem Walzenzapfen fixiert.

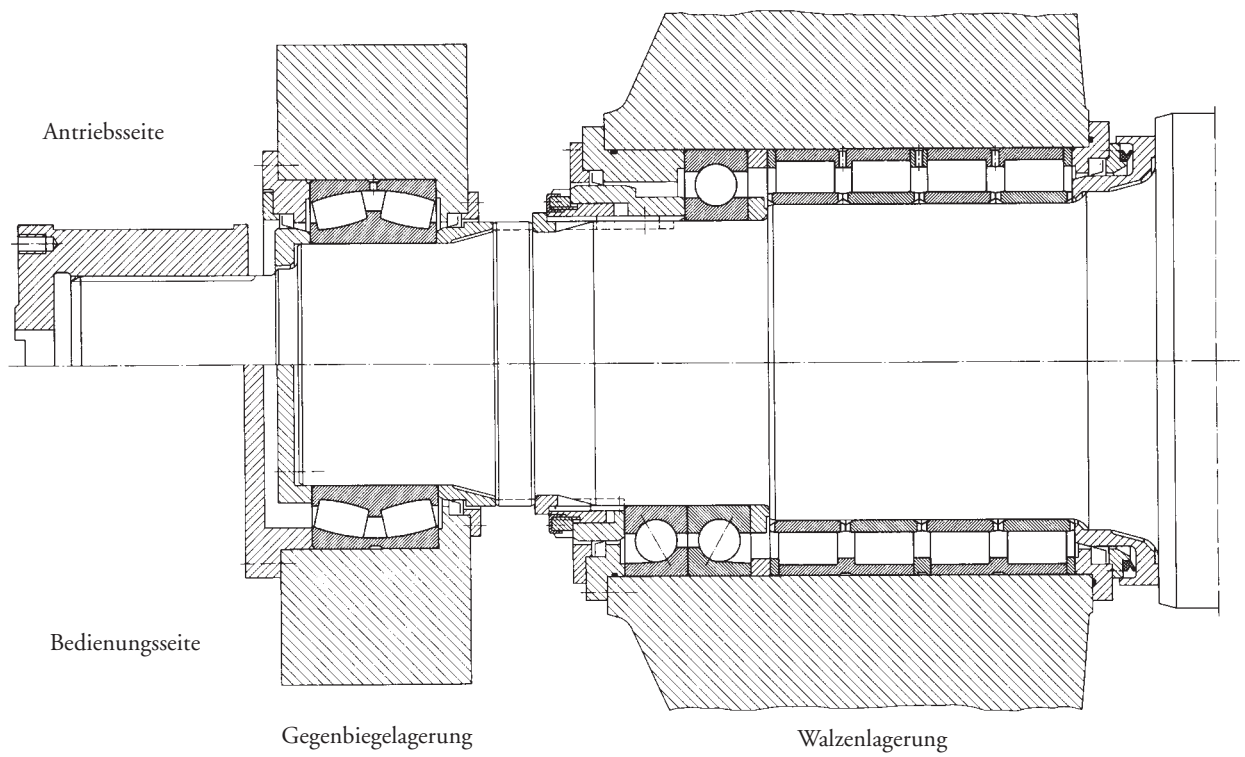
Bearbeitungstoleranzen: Zapfen f6, Außenringe sind radial frei gedreht.

## Schmierung

Die Zylinderrollenlager werden, wie auch die übrigen Lager, mit einem Lithiumseifen*fett* mit Hochdruckzusatz (*EP-Zusatz*) geschmiert. Sie können einfach über Schmierbohrungen und Schmiernuten in den Außen- und Zwischenringen nachgeschmiert werden.

---

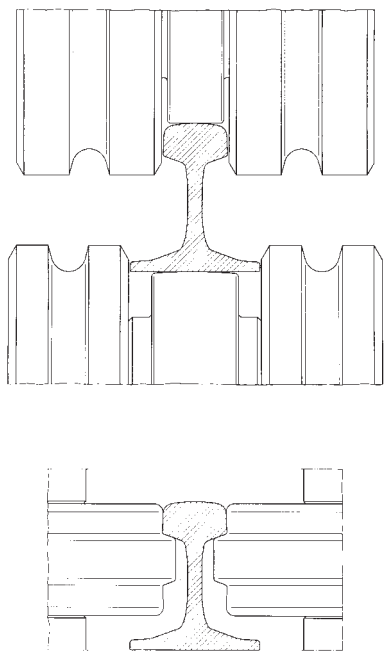




# 110 Richtrollen einer Schienen-Richtmaschine

Schienen für die Gleisanlagen der Eisenbahnen oder Krane werden in Walzwerken warm ausgewalzt. Nach dem Walzen kühlen die Schienen auf Kühlbetten ab. Da dies nicht gleichmäßig geschieht, verziehen sich die Schienen. Sie müssen anschließend in Richtmaschinen zwischen horizontalen und vertikalen Rollen gerichtet werden.

Die Richtanlage besteht aus zwei hintereinander stehenden Maschinen. In der ersten Maschine laufen die Schienen durch waagrecht angeordnete Rollen, in der zweiten Maschine durch senkrecht angeordnete Rollen. So sind die Schienen nach dem Durchlauf in beiden Ebenen gerichtet.



Jede Maschine hat 9 Richtrollen, von denen 4 angetrieben sind. Die Richtrollen mit Durchmessern zwischen 600...1200 mm sind fliegend gelagert und austauschbar.

## Anforderungen an die Lagerung

Der Lager-Einbauraum ist durch den Abstand der Richtrollen vorgegeben. Es werden Lager eingebaut, mit deren Tragfähigkeit noch angemessene Laufzeiten erreicht werden.

Die Lagerung der Richtrollen erfordert eine höchstmögliche Steifigkeit, weil davon die Genauigkeit des gerichteten Walzguts abhängt.

Die Rollen mußten entsprechend der Lage des Walzguts positionierbar sein. Die Lagerung wurde deshalb so ausgeführt, daß die Position der Richtrollen um  $\pm 50$  mm in axialer Richtung variieren konnte.

## Waagerechte Richtrollen

Die maximale Radialkraft an den waagerechten Rollen ist 4 200 kN. Je nach Walzgut treten Axialkräfte bis zu 2 000 kN auf.

Die Drehzahlen liegen zwischen 2 und 60  $\text{min}^{-1}$ .

Zur Aufnahme der Radialkräfte und wegen der hohen Tragfähigkeit und Steifigkeit wurden zweireihige Zylinderrollenlager vorgesehen. Das höher belastete, unmittelbar neben der Rolle sitzende Zylinderrollenlager wurde speziell für das Abstützen der Richtrollen entwickelt. Es hat die Abmessungen 530 x 780 x 285/475 mm. Das schwächer belastete Zylinderrollenlager mißt 300 x 460 x 180 mm.

Die Zylinderrollenlager haben durchbohrte Rollen. Die Rollen werden mit Bolzen und Käfig-Seitenscheiben auf Abstand gehalten.

Da bei dieser Konstruktion der Abstand zwischen den Rollen beliebig klein sein kann, läßt sich die größtmögliche Anzahl Rollen unterbringen und, abgestimmt auf den Einbauraum, die höchstmögliche Tragfähigkeit des Lagers erzielen.

Die Axialkräfte werden durch zwei Axial-Pendelrollenlager FAG 29448E.MB mit den Abmessungen 240 x 440 x 122 mm aufgenommen. Sie sind durch Federn gegeneinander *angestellt*.

Beim Einstellen der Richtrollen müssen die Lagerungen eine axiale Verschiebung von maximal  $\pm 50$  mm ausgleichen können. Dies ermöglicht ein verbreiteter Innenring des neben der Richtrolle sitzenden Zylinderrollenlagers. Die Innenringbreite ist so abgestimmt, daß die Lippen der beiden *Dichtungen* auch bei einer maximalen Axialverschiebung noch sicher auf dem Innenring gleiten.

Das zweite Zylinderrollenlager sitzt zusammen mit den beiden Axial-Pendelrollenlagern in einer Büchse, die im Hohlzylinder verschiebbar ist. Mit Hilfe eines Gewindetribs wird die Position der Richtrollen zum Walzgut eingestellt.

## Senkrechte Richtrollen

Im Prinzip entspricht die Lagerung der senkrechten Richtrollen der der waagerechten Richtrollen. Nur werden wegen der niedrigeren Richtkräfte entsprechend kleinere Wälzlager eingebaut.

Als *Radiallager* sind ein zweireihiges, axial verschiebbares Zylinderrollenlager in den Abmessungen 340 x 520 x 200/305 mm und ein einreihiges Zylinderrollenlager FAG NU2244M.C3 mit den Abmessungen 220 x 400 x 108 mm eingesetzt.

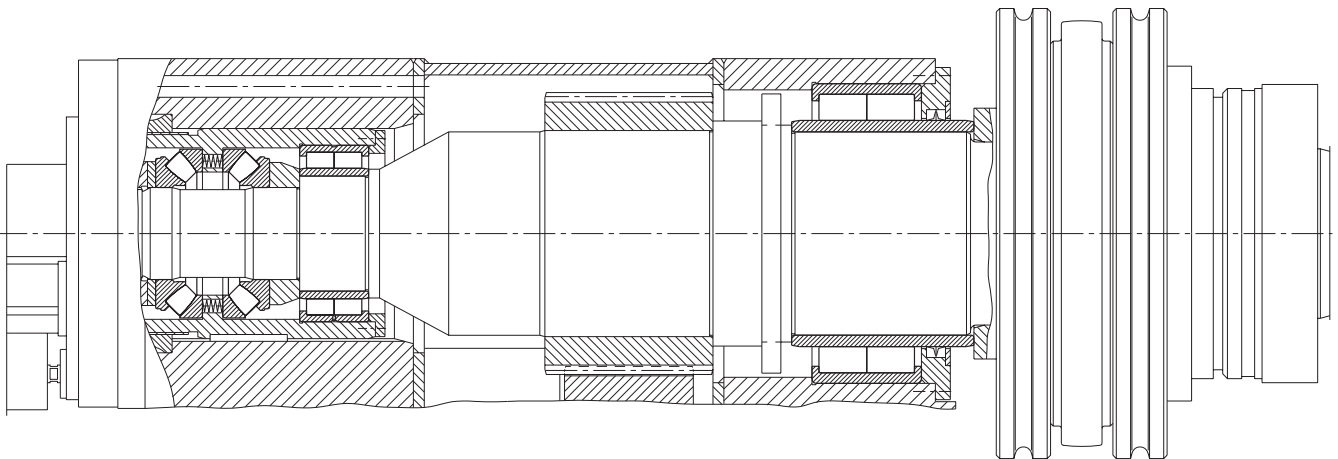
Als *Axiallager* dienen zwei Axial-Pendelrollenlager FAG 29432E mit den Abmessungen 160 x 320 x 95 mm.

## Schmierung, Abdichtung

Trotz der hohen Belastung bei geringer Drehzahl wäre es möglich, die Zylinderrollenlager mit *Fett* zu schmieren. Da die Axial-Pendelrollenlager jedoch mit *Öl* geschmiert werden müssen, werden alle Lager von einer Zentralschmieranlage aus mit *Öl* versorgt. Die *Öl*-

durchflußmenge beträgt je Richtrollen-Einheit ungefähr 10 l/min.

Auf der Seite der Axial-Pendelrollenlager ist die Einheit mit einem Deckel verschlossen. Am Wellendurchgang zur Richtrolle hin verhindern zwei spiegelbildlich angeordnete, mit *Fett* geschmierte Dichtringe, daß *Öl* austritt bzw. Verunreinigungen in die Lager gelangen.



---

# 111 Scheibenpflug

---

Beim Scheibenpflug sind die sonst üblichen Pflugschare durch Scheiben, die drehbar am Pflugrahmen angeordnet sind, ersetzt. Die Arbeitsbreite des Pflugs hängt von der Anzahl der Scheiben ab.

## Lagerwahl

Beim Pflügen werden die Lager sowohl radial als auch axial belastet. Die Lagerbelastungen hängen von der Bodenbeschaffenheit ab und können daher nicht genau ermittelt werden. Man verwendet aus Sicherheitsgründen möglichst tragfähige Rollenlager. Eingebaut sind ein Kegelrollenlager FAG 30210A (T3DB050 \*) und ein FAG 30306A (T2FB030 \*). Die Lager sind in *O-Anordnung* über den Innenring des kleineren Lagers spielfrei gegeneinander *angestellt*. Dieser Ring muß daher auf dem Zapfen verschiebbar sein.

\*) Bezeichnung nach DIN ISO 355

## Bearbeitungstoleranzen

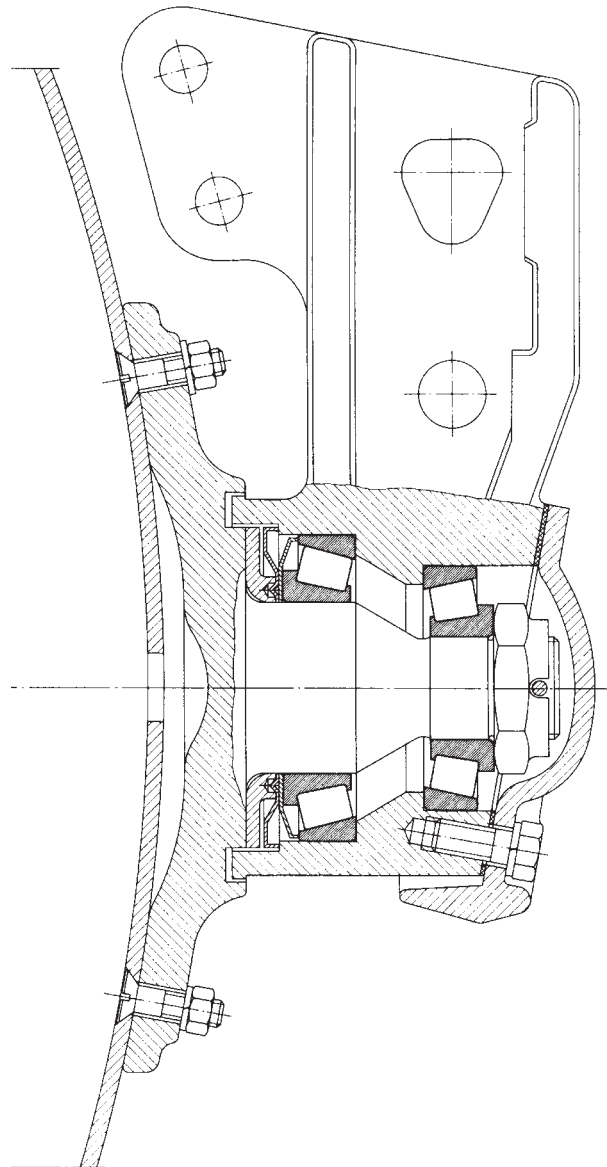
auf dem Zapfen:

- für das kleinere Lager j6,
  - für das größere Lager k6;
- im Gehäuse: N7.

## Schmierung, Abdichtung

*Fettschmierung* (FAG Wälzlagerfett *Arcanol* L186V). Die Lager sind durch federnde Abdeckscheiben und eine zusätzliche *Labyrinthabdichtung* ausreichend gegen Schmutz und Witterungseinflüsse geschützt.

---



# 112 Plansichter

Sichter dienen in der Müllerei zur Trennung verschiedener Fraktionen (Schrot, Grobgrieß, Feingrieß und Mehl). Bei dem beschriebenen Plansichter sind vier Abteile mit je 12 Sieben an einem Rahmen befestigt. Durch einen Unwuchterreger wird der Rahmen mit den Sieben in Kreisschwingungen versetzt.

## Technische Daten

Leistungsbedarf beim Anlauf 1,1 kW, im Betrieb 0,22 kW; Drehzahl 220...230 min<sup>-1</sup>; Gewichtskraft der Ausgleichsmassen zusammen 5,5 kN; Abstand des Schwerpunkts der Ausgleichsmassen von der Drehachse 250 mm; Gesamtgewichtskraft von Rahmen und Sieben einschließlich Füllung 20...25 kN.

## Lagerwahl

Die Antriebswelle mit den Ausgleichsmassen 1, 2 ist in der oberen Lagerung *winkeleinstellbar* aufgehängt. Die Lagerung muß *winkeleinstellbar* sein, damit keine Einspannmomente auf die Lager wirken. Eingebaut sind ein Pendelkugellager FAG 1213 (65 x 120 x 23 mm) und ein Axial-Rillenkugellager FAG 53214 (70 x 105 x 28,8 mm). Die kugelige Unterlagscheibe FAG U214 gleicht beim Einbau Fluchtfehler aus.

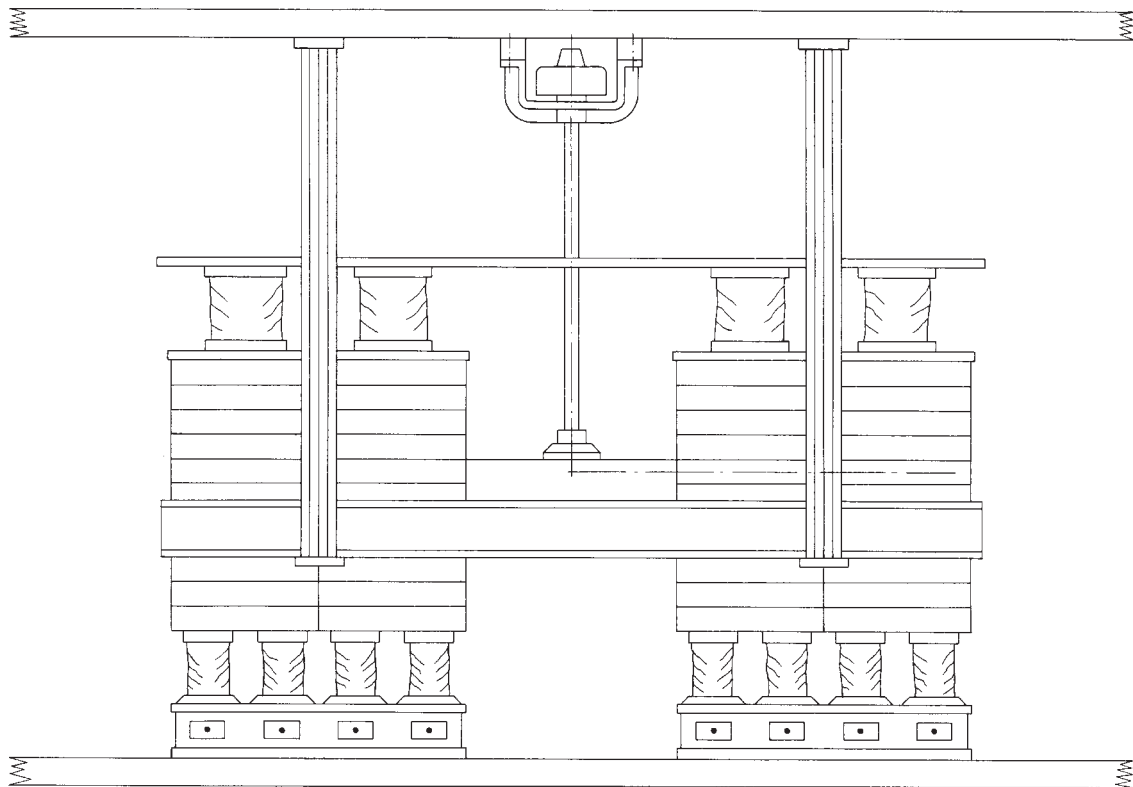
Das *Axiallager* muß die Gewichtskräfte der Antriebswelle und der Ausgleichsmassen übertragen. Die Exzenterwelle des Sicherterrahmens ist in einem Pendelrollenlager FAG 22320E.T41A gelagert. Das Lager muß die hohen Zentrifugalkräfte aufnehmen, die wegen der Kreisschwingungen des Sicherterrahmens mit den Sieben auftreten. Die Buchse B ist auf der Exzenterwelle lose gepaßt; das Pendelrollenlager ist damit über die Buchse axial verschiebbar und kann sich axial nicht verspannen.

## Bearbeitungstoleranzen

- Pendelkugellager  
Hohlwelle k6, Bohrung der Riemenscheibe J6.
- Pendelrollenlager  
Buchse k6, Rahmenbohrung K6.

## Schmierung

Die Kugellager an der oberen Lagerstelle laufen in Öl. Das Pendelrollenlager an der unteren Lagerstelle hat eine Ölumlaufschmierung. Ein Gewinde in der Exzenterwelle fördert Öl in der Buchse B nach oben. Von hier fließt das Öl in das Pendelrollenlager und wieder zurück in das Ölbad.



Schema eines Plansichters

