

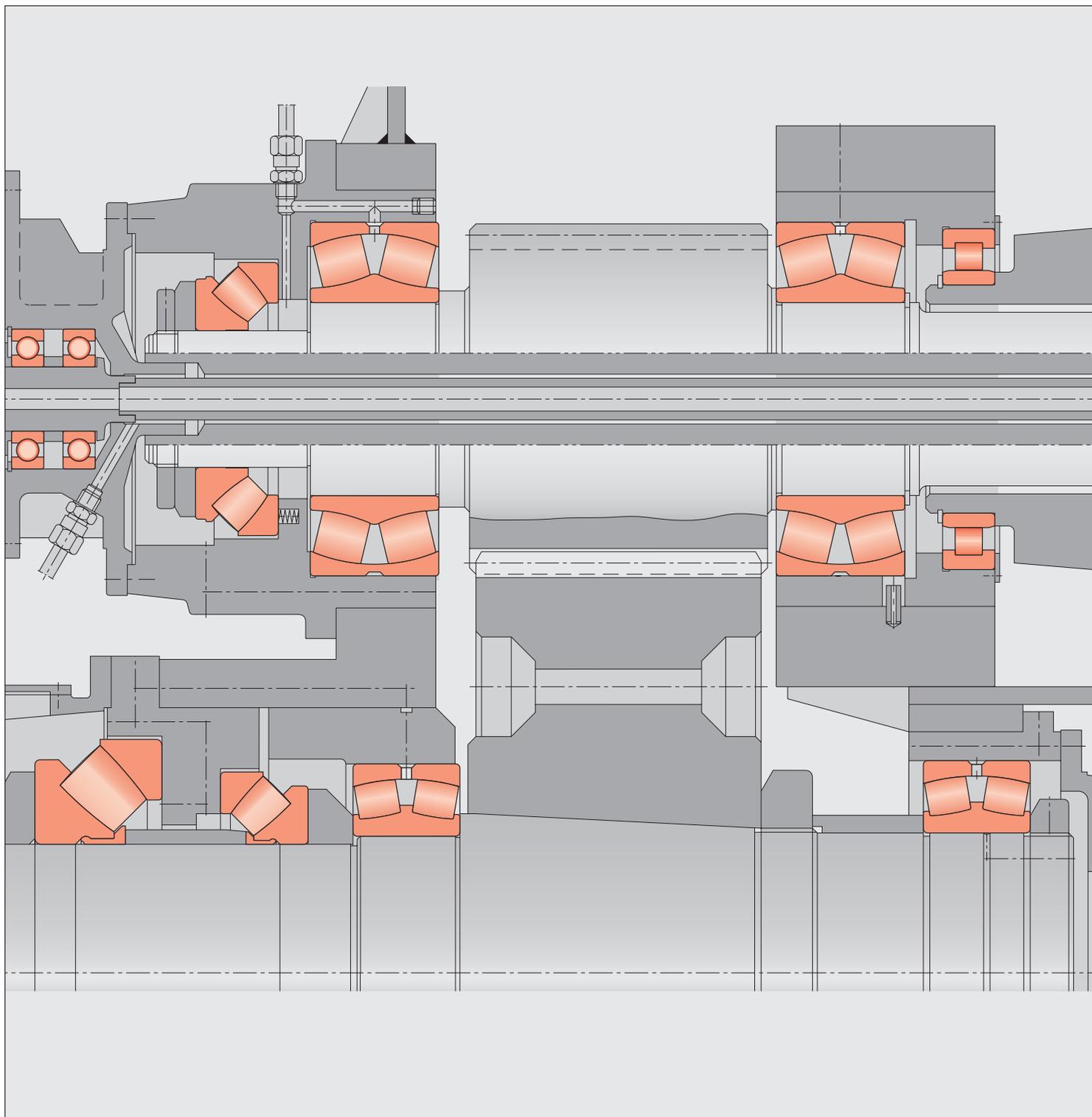
# Die Gestaltung von Wälzlagerungen

PDF 4/8:  
Schienenfahrzeuge  
Schiffbau



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>SCHIENENFAHRZEUGE</b>	
	<b>Radsätze</b>	
42	Radsatzlager eines IC-Reisezugwagens ...	4/8
43-44	UIC-Radsatzlager für Güterwagen .....	4/8
45	Radsatzlager der Drehstrom-Lokomotive Baureihe 120 .....	4/8
46	Radsatzlager des ICE-Triebkopfes .....	4/8
47	Radsatzlager der Kanaltunnel- Frachtlokomotive Class 92 .....	4/8
48	Radsatzlager einer U-Bahn .....	4/8
49	Radsatzlager einer Stadtbahn .....	4/8
50	Radsatzlager nach AAR-Standard und abgewandelte Formen .....	4/8
51	Radsatzlager von Kalksandstein- Härtewagen .....	4/8
	<b>Antriebe</b>	
52	Kardanhohlwellenantrieb für Drehstrom- Lokomotive Baureihe 120 .....	4/8
53	Tatzrollenlagerung für elektrische Güterzuglok .....	4/8
54	Stirnradgetriebe für U-Bahn .....	4/8
55	Kegelradgetriebe für U- und Stadtbahnen	4/8
	<b>SCHIFFBAU</b>	
	<b>Schiffsruder</b> .....	4/8
56-57	Pendelrollenlager als Ruderlager .....	4/8
58-59	Axial-Pendelrollenlager als Rudertraglager .....	4/8
60	Spatenruder (Schweberuder) .....	4/8
	<b>Schiffswellen</b>	
61-62	Schiffswellenlauflager und Stevenrohr- lagerung .....	4/8
63-64	Schiffsdrucklager .....	4/8

---

# 42 Radsatzlager eines IC-Reisezugwagens

Radsatzlager der hier beschriebenen Bauform werden im europäischen Intercity-Verkehr eingesetzt. Der Drehgestellrahmen stützt sich mit einer zentral über der Lagerung angeordneten Schraubenfeder auf dem Lagergehäuse ab. Die Radsätze werden über einseitig angebundene Blattlenker geführt.

## Technische Daten

Fahrzeuggewicht plus max. Zuladung 64 000 kg; zwei Drehgestelle mit jeweils 2 Radsätzen, ergibt 4 Radsätze pro Waggon.

Daraus die Achslast pro Radsatz:  $A = 64\,000/4 = 16\,000$  kg; Radsatzgewicht  $G_R = 1\,260$  kg; Erdbeschleunigung  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>; Zuschlagfaktor für dynamische Kräfte aus dem Fahrbetrieb  $f_z = 1,3$ ;

Axialfaktor für Zylinderrollenlager  $f_a = 1$ ;

Anzahl der Lager je Radsatz  $i_R = 4$ .

Damit ergibt sich die *dynamisch äquivalente Belastung* des einzelnen Lagers zu  $P = (A - G_R)/i_R \cdot g \cdot f_z \cdot f_a$

$$P = (16\,000 - 1\,260)/4 \cdot 9,81 \cdot 1,3 \cdot 1 = 46\,990 \text{ N}$$
$$P = 46,99 \text{ kN}$$

Raddurchmesser  $D_R = 890$  mm;

Höchstgeschwindigkeit  $v_{\max} = 200$  km/h (250 km/h lauftechnisch).

## Lagerwahl

Zylinderrollenlager bieten als Radsatzlager verschiedene Vorteile:

Sie können auf einfache Weise montiert und bei den Hauptuntersuchungen leicht kontrolliert und gewartet werden.

Die *Axialluft* ist unabhängig von der *Radialluft*. Zylinderrollenlager gelten als ausgesprochene *Radiallager*; sie können mit ihren Borden aber auch alle im Fahrbetrieb auftretenden Axialkräfte (Führungskräfte) aufnehmen.

Von allen Rollenlagerbauarten haben Zylinderrollenlager die geringste Reibung; daher liegt die *Drehzahl-eignung* höher als bei den anderen Rollenlagern.

Allerdings können Zylinderrollenlager die Schiefstellungen der Radsätze zum Drehgestellrahmen nicht

ausgleichen. Das Gehäuse muß daher im Drehgestell pendelnd einstellbar sein.

Für Reisezugwagen und Güterwagen werden die gleichen Zylinderrollenlager verwendet; dies vereinfacht die Vorratshaltung.

Eingebaut sind je Radsatzlager zwei Zylinderrollenlager, ein FAG WJ130x240TVP und ein WJP130x240P.TVP.

Die Lagerabmessungen (d x D x B) sind 130 x 240 x 80 mm; die *dynamische Tragzahl* eines Lagers beträgt  $C = 540$  kN.

Bei der Dimensionierung der Radsatzlagerung wird die *nominelle Lebensdauer* ( $L_{h10}$ ) in Laufkilometern überprüft:

$$L_{h10} \text{ km} = (C/P)^{3,33} \cdot D \cdot \pi = (540/46,99)^{3,33} \cdot 890 \cdot \pi = 3397 \cdot 2497,6 \approx 9,5 \text{ Mio Laufkilometer.}$$

Unter diesen Bedingungen sind die Lager ausreichend dimensioniert. Für Radsatzlager in Reisezugwagen gelten heute 5 Millionen Laufkilometer (Untergrenze) als Dimensionierungsgrundlage.

## Bearbeitungstoleranzen

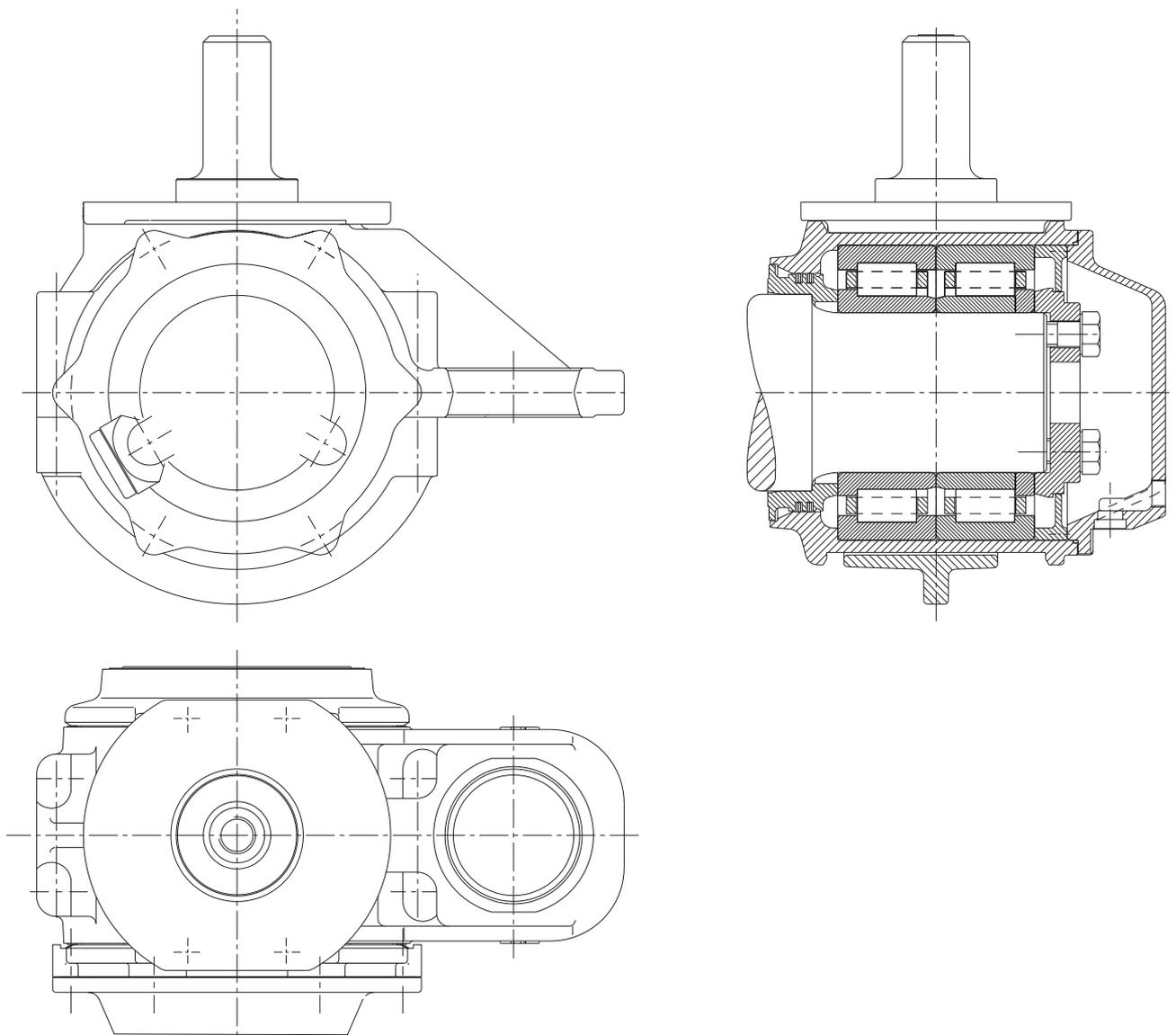
Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast*; sie sind daher mit Festsitz gepaßt: Wellenschenkel p6; Gehäuse H7.

## Lagerluft

Durch die feste *Passung* weiten sich die Innenringe auf – die *Radialluft* wird kleiner. Der Fahrtwind kühlt die Außenringe stärker als die Innenringe, es kommt zu einer weiteren Verminderung der Lagerluft. Deshalb wurden Lager mit einer *Radialluft* von 120...160 µm gewählt.

## Schmierung, Abdichtung

Die Lagerung wird mit einem Lithiumseifenfett geschmiert. Als wirksame, berührungsfreie *Dichtung* haben sich radseitige Lamellendichttringe erwiesen. Auf der Deckelseite hält eine Stauscheibe das *Fett* in Lagernähe. Trotz geringer *Fettmenge* ( $\approx 600$  g) kann, bedingt durch die *Polyamidkäfige*, eine hohe Laufleistung (800 000 km und mehr) ohne Schmierstoffwechsel erreicht werden.



42: Radsatzlager eines IC-Reisezugwagens

# 43–44 UIC-Radsatzlager für Güterwagen

Der Wagenkasten stützt sich mit Blattfedern auf dem Radsatz ab. Die Blattfedern führen auch den Radsatz. Führungsflächen am Gehäuse, in die der Radsatzhalter des Rahmens greift, begrenzen die seitlichen Ausschläge des Wagenkastens und nehmen axiale Kraftspitzen auf. Als Radsatzlager kommen Zylinderrollenlager oder Pendelrollenlager in Frage. Die Außenabmessungen der Gehäuse sind beim UIC-Lager genormt. Die neuesten UIC-Bedingungen sehen für Zylinderrollenlager und Pendelrollenlager Wellenschenkel mit 130 mm Durchmesser vor. In bestimmten Fällen werden für Zylinderrollenlager Wellenschenkel mit 120 mm Durchmesser verwendet.

## Lagerluft

Die fest gepaßten Lagerinnenringe weiten sich auf – die *Radialluft* wird kleiner. Bei Fahrbetrieb kann sich

die verbliebene Lagerluft weiter vermindern, da sich durch den Fahrtwind die Außenringe gegenüber den Innenringen stärker abkühlen. Daher werden Zylinderrollenlager mit der Radialluft 130...180 µm bzw. Pendelrollenlager mit erhöhter *Radialluft* C3 gewählt.

## Schmierung, Abdichtung

Die Radsatzlager werden mit Lithiumseifen*fett* geschmiert.

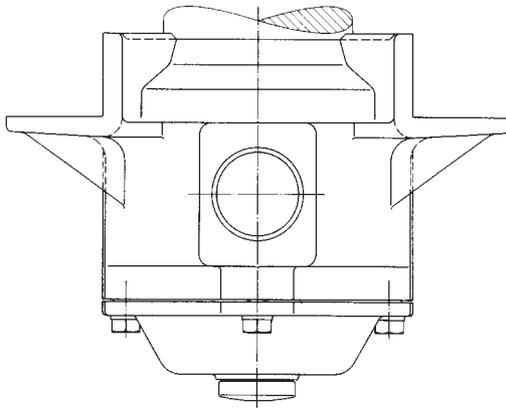
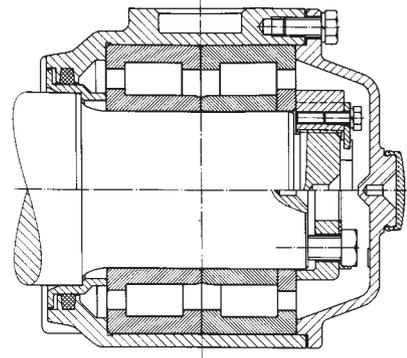
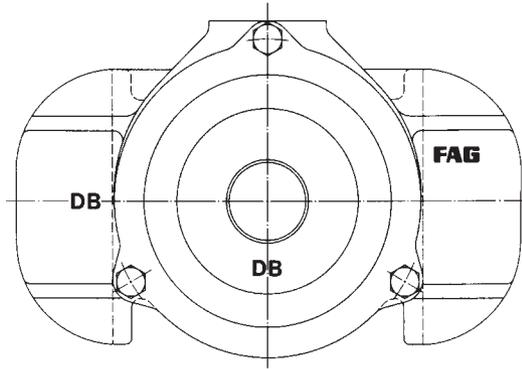
Als wirksame *Abdichtung* des Zylinderrollenlagers hat sich eine Filzdichtung mit einem vorgeschalteten Labyrinth erwiesen.

UIC-Radsatzlager mit Pendelrollenlagern haben nur eine Labyrinth*dichtung*.

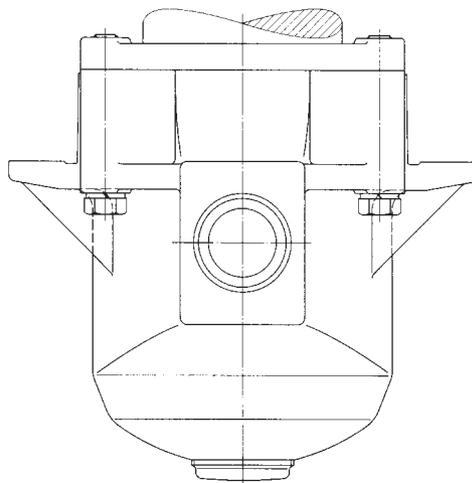
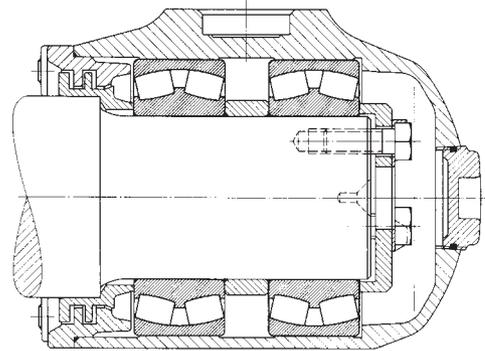
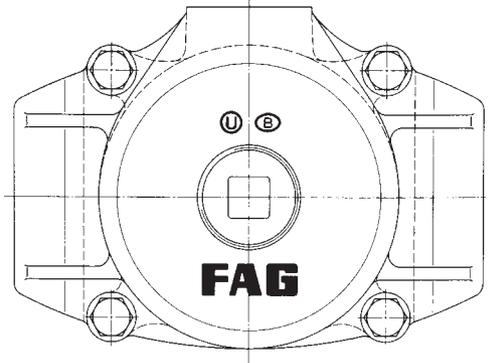
## Dimensionierung, Lagerwahl

### Technische Daten

Technische Daten	43: UIC-Radsatzlager mit Zylinderrollenlagern	44: UIC-Radsatzlager mit Pendelrollenlagern
Fahrzeuggewicht bei maximaler Zuladung $G_{\max}$	40 000 kg	40 000 kg
Höchstgeschwindigkeit $v_{\max}$	100 km/h	100 km/h
Raddurchmesser $D_R$	1 m	1 m
Anzahl der Radsätze	2	2
Radsatzgewicht $G_R$	1 300 kg	1 300 kg
Achslast $A$	20 000 kg	20 000 kg
Anzahl der Lager je Radsatz $i_R$	4 Zylinderrollenlager	4 Pendelrollenlager
Zuschlagfaktor $f_z \cdot f_a$ ( $f_a = 1$ für Zylinderrollenlager, bei denen Axialkräfte von den Borden aufgenommen werden; $f_a = 1,25$ für Pendelrollenlager, bei denen Axialkräfte von den Laufbahnen aufgenommen werden.)	$1,3 \cdot 1 = 1,3$	$1,3 \cdot 1,25 = 1,625$
Äquivalente Lagerbelastung: $P = (A - G_R) \cdot g \cdot f_z \cdot f_a / i_R$ ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )	59,6 kN	74,5 kN
Mittlere Fahrgeschwindigkeit ( $v_{Fm} = 0,75 \cdot v_{\max}$ )	75 km/h	75 km/h
Mittlere Radsatzdrehzahl $n = 5\,310 \cdot v_{Fm} \text{ (km/h)} / D_R \text{ (mm)}$	$400 \text{ min}^{-1}$	$400 \text{ min}^{-1}$
Drehzahlfaktor $f_n$	0,475	0,475
Dynamische Kennzahl $f_L$	3,5	3,5
Erforderliche <i>dynamische Tragzahl</i> eines Lagers: $C = f_L / f_n \cdot P$	439 kN	549 kN
Eingebaute Wälzlager:	Zylinderrollenlager FAG WJ130x240TVP and FAG WJP130x240P.TVP	2 Pendelrollenlager FAG 502472AA
Bohrung x Außendurchmesser x Breite	130 x 240 x 80 mm	130 x 220 x 73 mm
<i>Dynamische Tragzahl</i>	540 kN	585 kN
Bearbeitungstoleranzen der Wellenschenkel	p6	p6
Bearbeitungstoleranzen der Gehäusebohrungen	H7	H7
<i>Radialluft</i>	130...180 µm	Luftgruppe C3



43: UIC-Radsatzlagerungen mit Zylinderrollenlagern



44: UIC-Radsatzlager mit Pendelrollenlagern

# 45 Radsatzlager der Drehstromlokomotive Baureihe 120

Der Rahmen stützt sich auf Schraubenfedern und Federarmen ab, die im Radsatzlagergehäuse integriert sind. Die Federarme sind in unterschiedlicher Höhe angeordnet. Das Radsatzlager wird durch je zwei Hebel, die am Gehäuse diagonal angeordnet sind, geführt. Die Hebel sind in Gelenkblöcken elastisch gelagert.

## Technische Daten

Fahrzeuggewicht 84 000 kg

Anzahl der Radsätze: 4

Radsatzgewicht: 2 250 kg

Achslast: 22 000 kg

Zuschlagfaktor  $f_z = 1,5$

Die Lokomotive fährt Höchstgeschwindigkeiten bis 200 km/h.

## Lagerwahl

Ermittlung der *dynamisch äquivalenten* Belastung  $P$  siehe Beispiel 42.

Eingebaut sind Zylinderrollenlager der Bauformen NJ und NJP mit den Abmessungen 180 x 320 x 75 mm.

*Dynamische Tragzahl* eines Lagers:  $C = 735$  kN. Die Außen- und Innenringe beider Lager sind jeweils durch Abstandsringe getrennt. Dabei ist der innere Abstandsring gegenüber dem äußeren um 2 mm breiter.

Die so entstehende *Axialluft* ist notwendig, um Drehgestell-Fertigungstoleranzen auszugleichen. Das Lager kann in jedem Fall vorspannungsfrei montiert werden.

## Bearbeitungstoleranzen

Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast*; sie sind daher mit Festsitz gepaßt: Wellenschenkel nach p6.

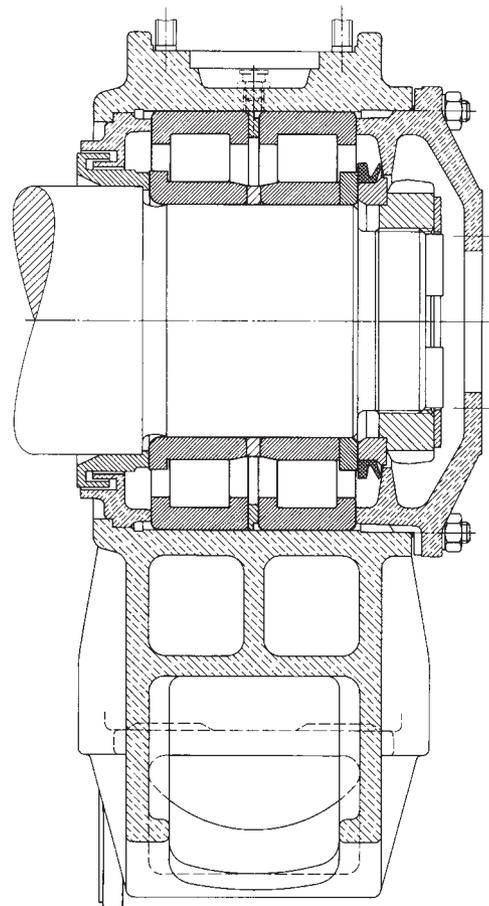
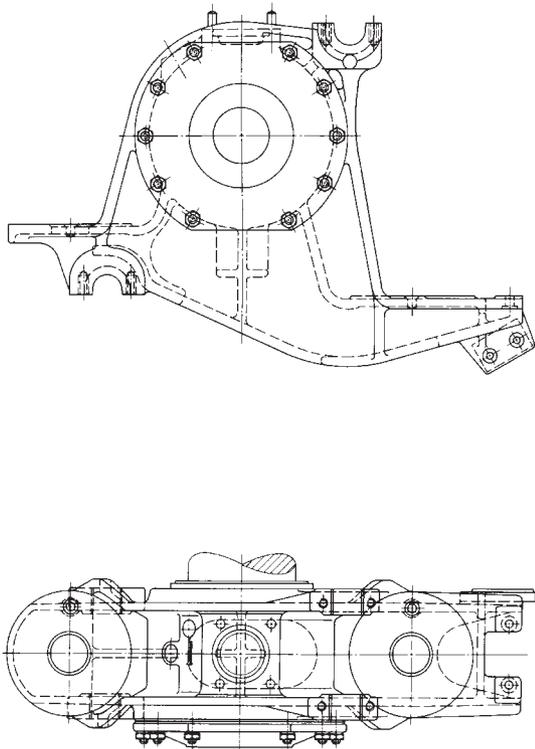
Das Gehäuse aus Aluminiumgußlegierung hat einen größeren Ausdehnungskoeffizienten als Stahlguß. Deshalb wurde statt der bei Stahlgußgehäusen üblichen Gehäusetoleranz H7 das Toleranzfeld J7 gewählt.

## Lagerluft

Durch die feste Passung weiten sich die Lagerinnenringe auf; die *Radialluft* wird kleiner. Der Fahrtwind kühlt die Außenringe stärker als die Innenringe. Das führt zu einer zusätzlichen Luftverminderung. Daher wurden die Lager mit der vergrößerten *Radialluft* C4 gewählt.

## Schmierung, Abdichtung

Die Schmierung erfolgt mit einem Lithiumseifenfett. Radseitig ist die Lagerung durch eine zweistegige Labyrinthdichtung abgedichtet. Auf der Seite der Anbaugeräte schützt eine V-Ring-Dichtung vor Verunreinigungen.



# 46 Radsatzlager des ICE-Triebkopfes

Der Drehgestellrahmen stützt sich über je zwei Schraubenfedern auf den Radsatzlagergehäusen ab. Der Radsatz mit den Gehäusen ist über einen Lenker mit dem Drehgestell verbunden. Ein Einstellmechanismus ermöglicht den spannungsfreien Einbau der Radsätze in die Drehgestelle. Die Lagereinheiten sind über Deckel axial festgesetzt.

## Technische Daten

Achslast 19 900 kg  
Gewicht der ungefederten Massen 2 090 kg  
Raddurchmesser 1 040 mm  
Maximale Geschwindigkeit 250...280 km/h

## Lagerwahl

In die Radsatzlagergehäuse der Serienfahrzeuge mit der Bezeichnung ET 401 sind FAG Kegelrollenlagereinheiten TAROL 150/250 eingebaut. Kernstück dieser Einheiten ist ein zweireihiges Kegelrollenlager mit den Abmessungen 150 x 250 x 160 mm.

## Bearbeitungstoleranzen

Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast* und haben daher Festsitz: Wellenschenkel p6

Gehäuse H7 (bei Werkstoff GGG)  
J7 (bei Aluminiumlegierung)

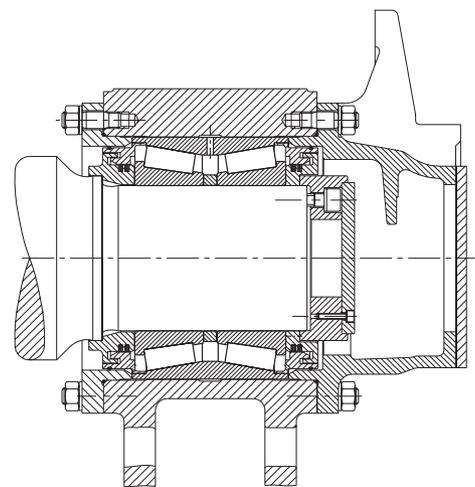
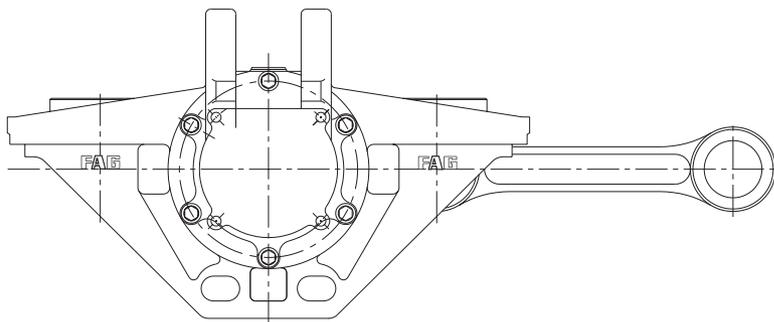
## Lagerluft

Für ein optimales Laufverhalten der Drehgestelle bei den hohen Geschwindigkeiten ist eine geringe *Axialluft* erforderlich. Sie beträgt nach dem Einbau 0,2...0,5 mm.

## Schmierung, Abdichtung

Das TAROL 150 wird als fertig abgedichtete Einheit geliefert. Das *Dichtungssystem* besteht aus zwei hintereinandergeschalteten, außenspannenden Lamellenringen mit einem vorgeschalteten, einsteigigen Labyrinth. Das Labyrinth ist als *Dichtungskappe* ausgebildet und in den Außenring eingepreßt.

Die *Dichtungskappen* enthalten jeweils vier Entlastungsbohrungen, durch die überschüssiges *Fett* austreten kann. Dies ist besonders wichtig für die Zeit unmittelbar nach einer Nachschmierung. O-Ringe dichten die Lagereinheit gegen das Eindringen von Wasser in die Außenringsitzflächen ab.



# 47 Radsatzlager der Kanaltunnel-Frachtlokomotive Class 92

Die Class 92 wird für den Frachtverkehr im Eurotunnel zwischen Großbritannien und dem Festland eingesetzt. Es handelt es sich um eine zweisystemige Lokomotive, d. h. sie kann sowohl mit Gleichstrom (750 V DC) als auch mit Wechselstrom (25 kV AC) betrieben werden. Die sechsachsige Lokomotive (CoCo) kann Lasten bis zu 1 600 t ziehen.

Die Vertikalkräfte wirken vom Drehgestellrahmen über zwei seitliche Schraubenfedern auf das Radsatzlagergehäuse. Alle auftretenden Längs- und Querkkräfte wirken über die Führungzapfen und -büchsen, die mit dem Drehgestellrahmen bzw. mit dem Gehäuse verbunden sind.

Jeweils die mittlere Achse der dreiachsigen Drehgestelle ist als sog. Verschieberadsatz ausgeführt, um eine problemlose Fahrt bei engen Kurvenradien zu gewährleisten. Die beiden Endradsätze sind wie üblich als Festachsen ausgeführt.

## Technische Daten

Fahrzeuggewicht 126 000 kg; zwei Drehgestelle mit je drei Achsen; Raddurchmesser 1 120 mm; Höchstgeschwindigkeit  $v_{\max} = 140$  km/h;  
Leistung P: 5 000 kW bei 25 kV AC  
4 000 kW bei 750 V DC

## Lagerwahl

In den Endachsen der Fahrzeuge sind Kegelrolleneinheiten TAROL 150/250 mit *Blechkäfigen* (JP) eingebaut. Die Lager sind werkseitig spieleingestellt, gefettet und abdichtet. Auf der Laufradseite erfolgt die *Abdichtung* über Fey-Lamellendichtringe. Grober

Schmutz wird durch eine vorgeschaltete Spalt*dichtung* ferngehalten.

Die Achse des Verschieberadsatzes ist in zwei Zylinderrollenlagern mit den Abmessungen 150 x 250 x 80 mm gelagert. Der verlängerte Innenring ermöglicht innerhalb des Lagers eine axiale Verschiebung von maximal  $\pm 20$  mm.

Die radseitige *Abdichtung* wird durch langstegige Labyrinth erreicht.

## Bearbeitungstoleranzen

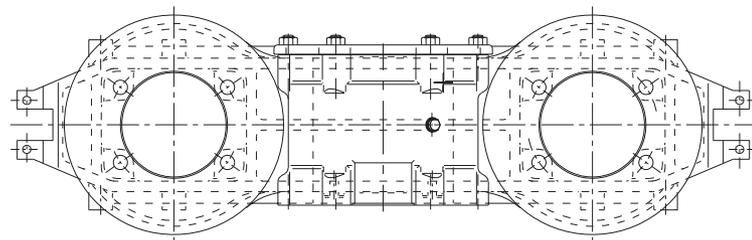
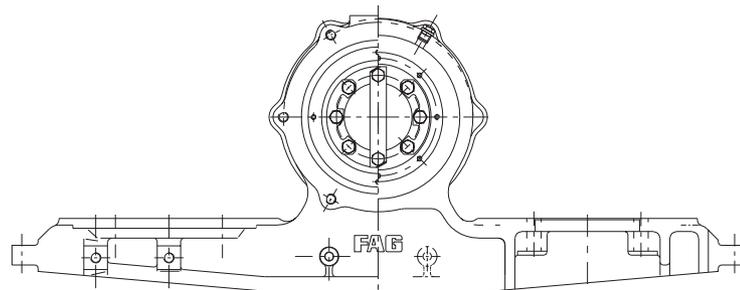
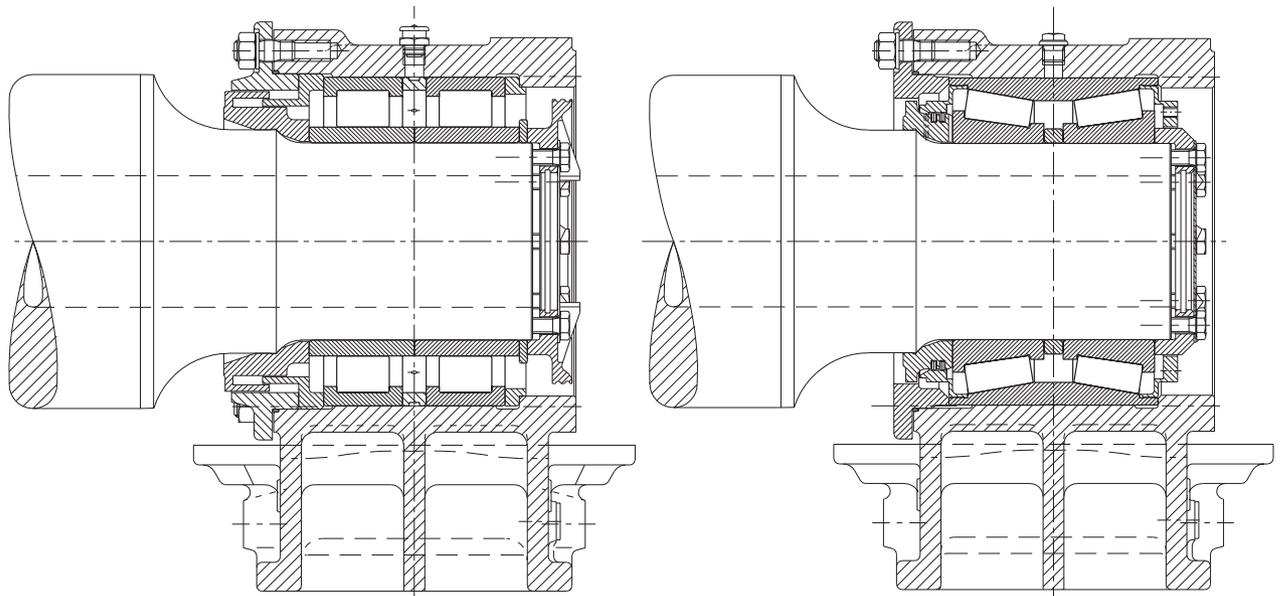
Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast* und sind auf dem Wellenschenkel mit p6 fest gepaßt. Die Gehäusebohrungen (*Punktlast*) sind nach H7 bearbeitet.

## Lagerluft

Um auftretende Wärmedehnungen auszugleichen, haben die TAROL-Einheiten der Festachsen eine *Axialluft* von 0,665...0,740 mm und die Zylinderrolleneinheiten eine *Radialluft* nach C4 vor dem Einbau.

## Schmierung

Beide Lagerausführungen werden mit einem Lithiumseifen*fett* geschmiert. Während der Schmierstoffwechsel am TAROL-Lager nur bei jeder Hauptrevision durchgeführt wird, sind die „Verschiebelager“ auch zwischendurch nachzuschmieren. Wegen der ständigen Links-Rechts-Verschiebung der Achse wird der Schmierstoff aus dem Lagerfunktionsbereich verdrängt und muß deshalb regelmäßig ersetzt werden.



# 48 Radsatzlager einer U-Bahn

Ein Wagen hat zwei Drehgestelle. Jedes Radsatzlager wird durch Metallgummiblöcke abgedeutert und geführt. Die Federn sind zwischen Radsatzlager und Rahmnausschnitt angeordnet; sie sind zur Vertikalen geneigt und haben winkelförmigen Querschnitt.

## Technische Daten

Gewicht eines Wagens einschließlich maximaler Zuladung 34 000 kg.

Anzahl der Radsätze je Drehgestell 2.

Radsatzgewicht  $G_R = 1\,400$  kg.

Zuschlagfaktor  $f_z = 1,3$ .

*Dynamisch äquivalente Belastung*  $P = 22,6$  kN.

Raddurchmesser  $D_R = 900$  mm.

Höchstgeschwindigkeit  $v_{\max} = 80$  km/h.

## Lagerwahl

Je Radsatzlager sind zwei Zylinderrollenlager eingebaut: FAG NJ2318E.TVP2.C3.F2.H25 und FAG NJP2318ED.TVP2.C3.F2 (*dynamische Tragzahl*  $C = 430$  kN).

## Bearbeitungstoleranzen

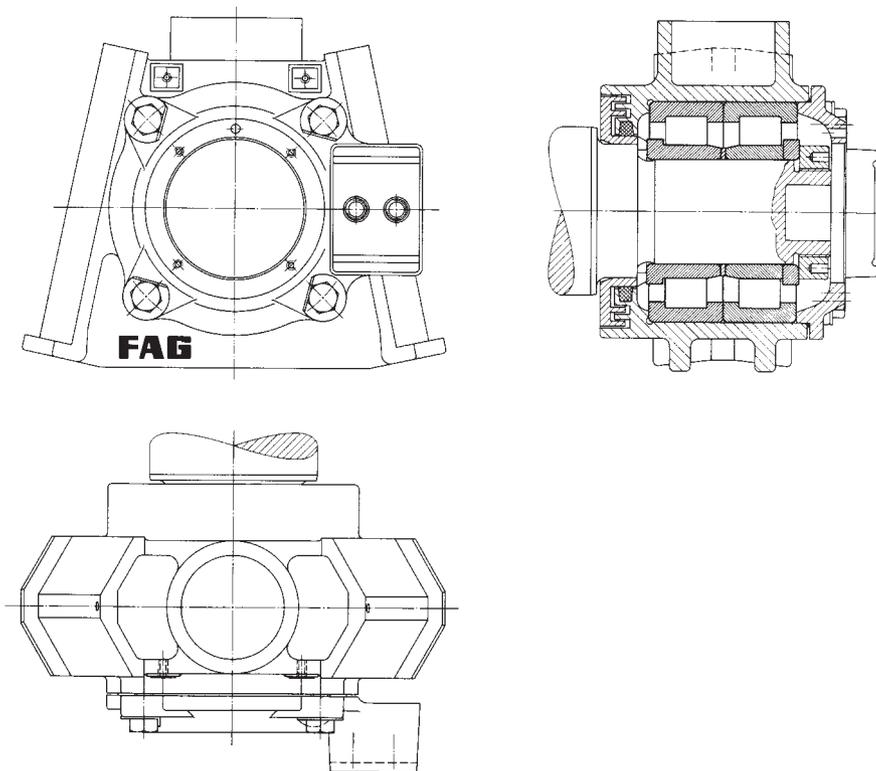
Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast* und sind daher fest gepaßt: Wellenschenkel m6; Gehäuse H7.

## Lagerluft

Durch die feste Passung weiten sich die Lagerinnenringe auf – die *Radialluft* wird kleiner. Der Fahrtwind kühlt die Außenringe stärker als die Innenringe. Dies führt zu einer zusätzlichen Lagerluftverminderung. Daher wurden Lager mit der *Radialluft* C3 gewählt.

## Schmierung, Abdichtung

Schmierung mit Lithiumseifenfett. Die *Abdichtung* besteht aus einer Kombination Filzring und Labyrinth. Da die Radsatzlager starker Verschmutzung ausgesetzt sind, hat das Labyrinth zwei axiale Stege.



# 49 Radsatzlager einer Stadtbahn

Der Drehgestellrahmen stützt sich mit geschichteten Gummifedern (Winkelblockfedern) auf den Radsatzlagergehäusen ab.

## Technische Daten

*Dynamisch äquivalente Belastung*  $P_m = 37 \text{ kN}$  (aus einem Lastkollektiv ermittelt).  
Mittlerer Raddurchmesser 640 mm.  
Maximale Fahrgeschwindigkeit  $v_{\max} = 80 \text{ km/h}$ .

## Lagerwahl

Kernstück der hier verwendeten Lagereinheit FAG TAROL 90 ist ein zweireihiges Kegelrollenlager mit den Hauptabmessungen ( $d \times D \times B$  über JR/AR)  $90 \times 154 \times 106/115 \text{ mm}$ .

## Lagerluft

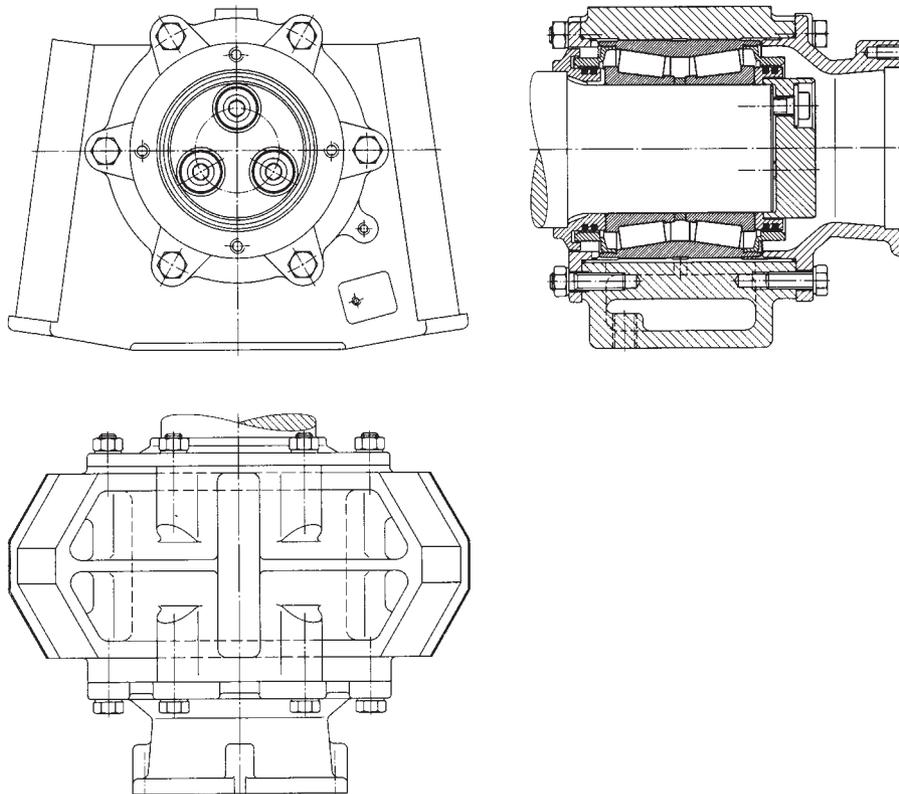
Im nicht eingebauten Zustand hat die Lagereinheit TAROL 90 eine *Axialluft* von  $530 \dots 630 \mu\text{m}$ .

## Bearbeitungstoleranzen

Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast* und werden deshalb fest gepaßt: Wellenschenkel n6.

## Schmierung, Abdichtung

Die Schmierung erfolgt mit einem Lithiumseifenfett. Das TAROL 90 ist beidseitig mit Lamellenringen abgedichtet. Zusätzlich hat der Stützring radseitig einen Kragen, der zusammen mit dem radseitigen Deckel eine Spaltdichtung bildet.



# 50 Radsatzlager nach AAR-Standard\*) und abgewandelte Formen

Die FAG Kegelrollenlagereinheit TAROL nach AAR-Standard ist ein kompakt gebautes System mit einem zweireihigen Kegelrollenlager als Kernstück. *Dichtungen* auf beiden Seiten des Lagers, Zubehörteile und die *Fettfüllung* machen die TAROL-Einheit zu einer einbaufertigen Baugruppe; hierbei erübrigt sich auch die Einstellung der Lagerluft. Standardmäßig wird heute die sog. NFL-Ausführung (No field lubrication) eingesetzt. Diese TAROL-Einheiten werden während des Betriebs nicht mehr nachgeschmiert. Eine Lager-Neufettung erfolgt nur bei der Lagerinspektion.

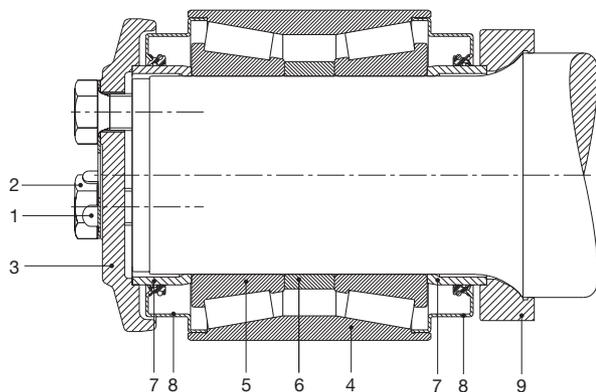
TAROL-Einheiten müssen nicht in ein Gehäuse eingebaut werden. Als Verbindung zwischen TAROL-Einheit und Drehgestellrahmen dient ein Adapter (Zwischenstück), der die Kräfte überträgt und den Außenring des Lagers auf dem belasteten Teil des Umfangs unterstützt.

FAG liefert NARROW und WIDE Adapter nach AAR-Norm sowie Spezial-Adapter, die dem jeweiligen Einbaufall angepaßt sind.

Für die einzelnen Größen der TAROL-Einheiten hat die AAR zulässige Achslasten festgelegt.

## Einzelteile der FAG Kegelrollenlagereinheit TAROL

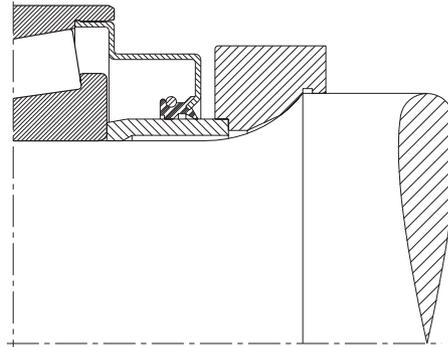
- 1 Sicherungsblech
- 2 Sechskantschraube
- 3 Endkappe
- 4 Lageraußenring
- 5 Lagerinnenring mit Rollenkranz
- 6 Abstandsring
- 7 Dichtungslaufring
- 8 Dichtung
- 9 Stützring



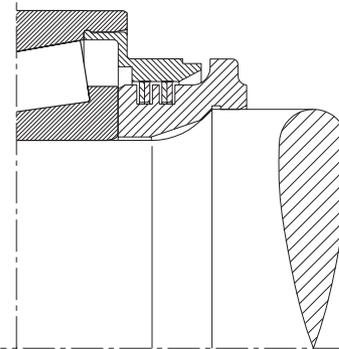
50: TAROL-Einheiten mit einem zweireihigen Kegelrollenlager

\*) Association of American Railroads

FAG baut zwei Arten von *Dichtungen* ein: die berührende Radial-Wellendichtung (Bild a) entspricht der im Bereich der AAR verwendeten Ausführung. Die nichtberührende Lamellendichtung (Bild b) wurde von FAG entwickelt und von der AAR geprüft.

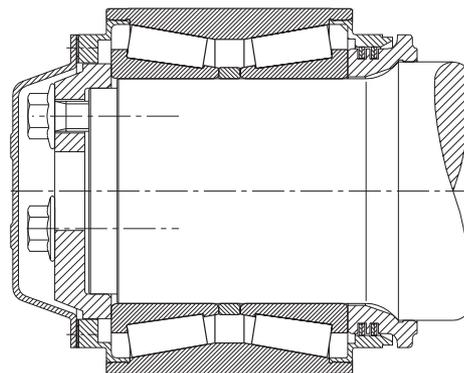


a: Berührende Radial-Wellendichtung



b: Nichtberührende Lamellendichtung

FAG liefert auch TAROL-Einheiten in metrischen Abmessungen. Diese TAROL-Einheiten (Bild c) haben gegenüber der AAR-Ausführung schmalere Kegelrollenlager und kürzere *Dichtungs-* und Befestigungsteile. Entsprechend kürzer sind die zugehörigen Wellenschenkel, wodurch bei gleichem Wellendurchmesser die Biegebeanspruchungen kleiner sind als bei der AAR-Lagerung. Es können somit höhere Radlasten zugelassen werden.



c: TAROL -Einheiten mit metrischen Abmessungen und kurzem Wellenschenkel (SK-Ausführung)

# 51 Radsatzlager von Kalksandstein-Härtewagen

## Betriebsverhältnisse

Die Radsatzlager der Härtewagen sind in den Härtekesseln der Kalksandsteinindustrie viele Stunden dem Heißdampf von annähernd 200 °C und einem Druck von 16...22 bar ausgesetzt. Der Lagerraum muß wegen der Korrosionsgefahr gegen das Eindringen des stark alkalischen Kondensats abgedichtet werden.

## Lagerung

Einen besonderen Aufwand bei der Gestaltung der Lagerung erfordert die *Abdichtung*. Sie wird jedoch mit dem pulverförmigen *synthetischen* FAG Dicht- und Festschmierstoff *Arcanol* DF gelöst. Dieser Schmierstoff eignet sich für Temperaturen von -200...+300 °C und ist auch bei hohen Temperaturen beständig gegen nahezu alle Chemikalien; er altert nicht und nimmt kein Wasser auf. Das in den Lagerraum eingefüllte Pulver dringt in alle Spalten der Lagerung ein und bildet dort einen Schmierfilm: zwischen Kugeln und Laufbahnen, zwischen Kugeln und *Käfig* sowie zwischen den Lageraußenringen und der Gehäusebohrung. Durch den Schmierfilm in der Gehäusebohrung läßt sich das Lager auch nach längerer Betriebszeit leicht im Gehäuse verschieben. Dadurch werden axiale Verspannungen, die evtl. zur Überlastung der Lager führen, vermieden.

Neben der Schmierung dient *Arcanol* DF auch als *Dichtungsmittel*. Es dringt in die Dichtfugen am Wellendurchgang ein und schützt das Lagerinnere vor dem Eindringen des alkalischen Kondensats.

Die Lagerung ist bei einem Wagen mit zwei Radsätzen für eine Gesamtgewichtskraft  $F_r = 43$  kN ausgelegt. Die Lagerbelastung für das einzelne Lager ist mit  $F_r/4$  relativ gering, so daß preisgünstige Rillenkugellager FAG 6208.R200.250.S1 verwendet werden.

Im Hinblick auf die hohe Betriebstemperatur haben die Lager eine besonders große *Radialluft* (200...250 bzw. 250...350 µm) und sind nach S1 (200 °C) wärmebehandelt und maßstabil.

Die Förderwagenlager werden mittels Schlagkappe bis zur Wellenschulter auf die Welle montiert und mit der Wellenschlußscheibe und Schraube gesichert; sie sitzen lose in der Gehäusebohrung der FAG-Reihengehäuse SUB6208. Die Gehäuse werden am Rahmen des Förderwagens mit zwei Sockelschrauben befestigt. Eventuelle Höhenunterschiede durch Verwindungen des Wagenrahmens werden durch eingelegte Blechstreifen zwischen U-Träger und Rahmen ausgeglichen.

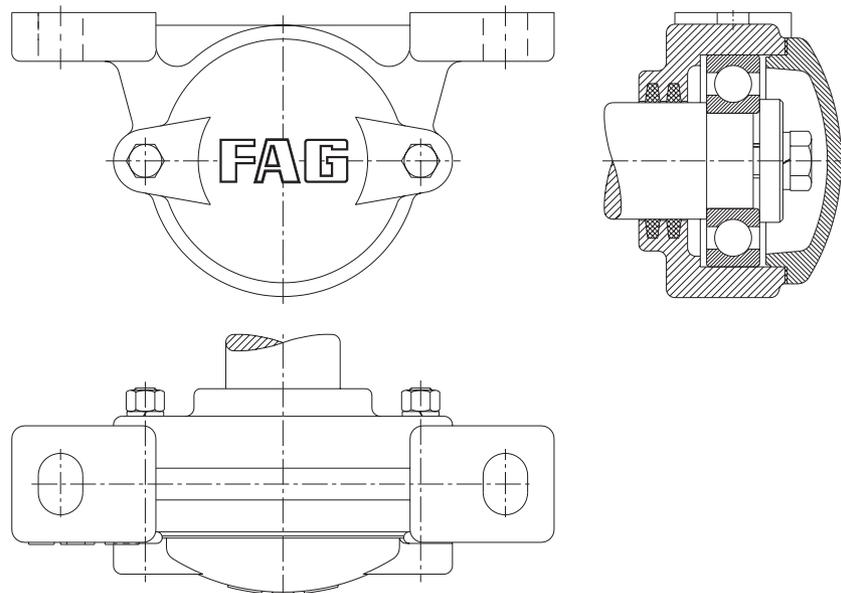
## Bearbeitungstoleranzen

Welle: Lagersitze j6.

Gehäuse: der Lagersitzdurchmesser ist 0,5...0,8 mm größer als der Lageraußendurchmesser.

## Abdichtung

Hochtemperaturfeste Aramid-Stopfbuchsenpackungen dichten den Lagerraum am Wellendurchgang ab. Der Deckelflansch ist ebenfalls hochtemperaturbeständig *abgedichtet*.



# 52 Kardanhohlwellenantrieb für Drehstrom-Lokomotive der Baureihe 120

Bei der Drehstrom-Lokomotive der Baureihe 120 werden alle vier Radsätze angetrieben. Der quer zur Fahrtrichtung angeordnete Fahrmotor ist an drei Punkten mit dem Drehgestell verbunden. Das Drehmoment des Fahrmotors wirkt über Ritzel und Großrad auf eine Kardanhohlwelle, die durch Gelenkhebelkupplungen mit dem Großrad und dem Treibrad verbunden ist. Das Treibrad überträgt die Zugkraft auf die Schiene.

## Technische Daten

Höchstgeschwindigkeit 200 km/h; Zahl der Antriebsmotoren 4; Nennleistung je Motor 1 400 kW; Motordrehzahl max. 4 300 min<sup>-1</sup>.

## Lagerwahl

Das Großrad stützt sich auf der Kardanwelle in zwei Kegelrollenlagern FAG 534052 (Abmessungen 381,05 x 479,475 x 49,213 mm) ab, die in *O-Anordnung* eingebaut sind. Diese Lagerung ergibt auch bei kleinem La-

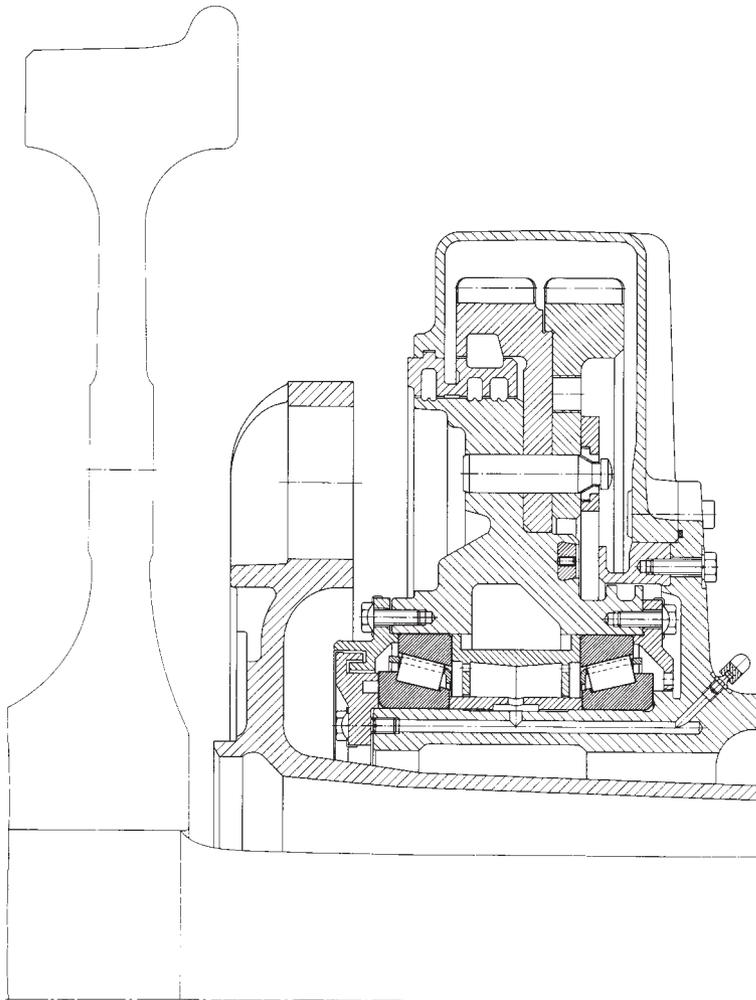
gerabstand eine relativ große *Stützbasis* und damit eine hohe Kippsteifigkeit.

Das Hohlwellengehäuse steht still; auf ihm sind die Innenringe, die Punktlast erhalten, lose gepaßt. Die Außenringe haben *Umfangslast* und sitzen deshalb mit fester *Passung* im umlaufenden Großradkörper.

Die *Axialluft* des Lagerpaars ist auf die Bearbeitungstoleranzen der Lagersitzstellen und auf die Betriebsverhältnisse abgestimmt. Innere und äußere Abstandsbüchsen machen eine *Anstellung* der Lagerung beim Einbau überflüssig.

## Schmierung

Die Lager und der Raum zwischen den Stegen der äußeren Abstandsbüchse werden beim Einbau mit einem Lithiumseifenfett der *NLGI-Klasse 2* vollgefüllt. Nachgeschmiert wird nach je 150 000 km, wobei das *Fett* durch Bohrungen in den Stegen der Büchse zu den Lagern gelangt.



52: Großradlagerungen eines Kardanhohlwellenantriebs

# 53 Tatzrollenlagerung für elektrische Güterzuglok

Das Drehmoment des Fahrmotors wird über Ritzel und Großrad auf die Radsatzwelle übertragen. Beim Tatzantrieb stützt sich der quer zur Fahrtrichtung angeordnete Fahrmotor direkt auf der Radsatzwelle in zwei Lagerstellen, den sogenannten Tatzten, ab. Ein weiterer Abstützpunkt am Drehgestellrahmen nimmt das Reaktions-Drehmoment auf.

## Technische Daten

Sechs angetriebene Radsätze; Leistung je Fahrmotor 500 kW; Höchstgeschwindigkeit 100 km/h.

## Lagerwahl, Dimensionierung

Um eine lange *Gebrauchsdauer* der Tatzlagerung (*nominelle Lebensdauer* über 2 Millionen Kilometer) zu erreichen, wählt man Rollenlager mit hoher Tragfähigkeit. Bei der Dimensionierung werden ein mittleres Antriebsdrehmoment und eine mittlere Drehzahl zugrunde gelegt. Die *dynamische Kennzahl*  $f_L$  soll mindestens 3,5 betragen, liegt aber meistens deutlich höher.

Eingebaut sind zwei FAG Kegelrollenlager mit den Abmessungen 230,188 x 317,5 x 47,625 mm und 231,775 x 336,55 x 65,088 mm. Sie sind wegen des vorgegebenen großen Wellendurchmessers reichlich dimensioniert. Hohe Belastungen durch Schwingun-

gen und Stöße werden von Spezial-Kegelrollenlagern mit verstärktem *Blechkäfig* (reduzierte Rollenzahl) aufgenommen.

Die beiden Kegelrollenlager werden in *O-Anordnung* mit geringem *Axialspiel* (0,2...0,3 mm) eingebaut. Bei maximaler Belastung der Welle sind die Innen- und Außenringe bis zu 3° gegeneinander verkippt. Um Kantenspannungen zu vermeiden, werden die Profile der Kegelrollen oder der Laufbahnen modifiziert (leicht ballig) ausgeführt.

## Bearbeitungstoleranzen

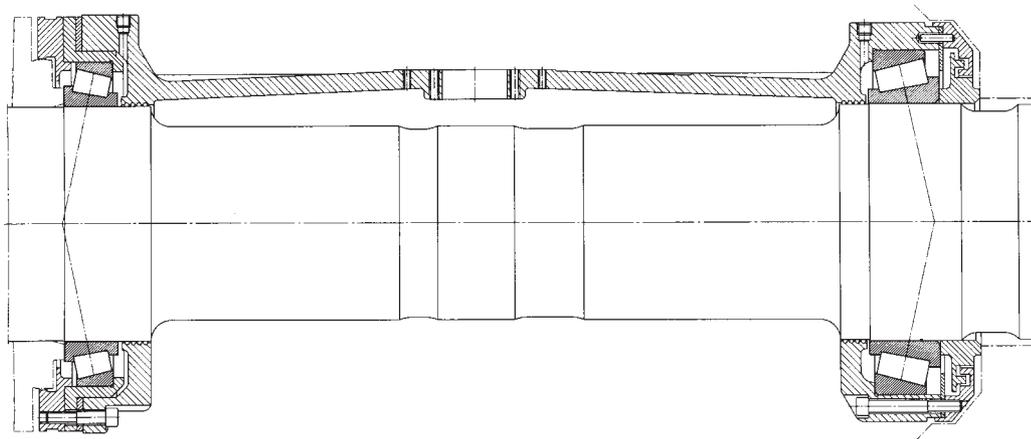
Die Innenringe haben *Umfangslast* und erhalten Preßsitz auf der Welle; Festsitz (evtl. Treibsitz) für den Außenring bzw. die Hakenbuchse im Gehäuse.

## Schmierung, Abdichtung

Die Tatzrollenlager werden mit einem Lithiumseifenfett der *Penetrationsklasse* 3 mit Rostschutzzusätzen geschmiert. Stauscheiben halten das *Fett* am Lager (Fettdepot).

Das *Nachschmierintervall* beträgt je nach Betriebsart 200 000 bis 300 000 km.

Labyrinth-Spalt*dichtungen* schützen die Lager vor Verunreinigungen.



# 54 Stirnradgetriebe für U-Bahn

Der Antrieb moderner Nahverkehrsfahrzeuge soll hohen Fahrkomfort und geringe Lärmbelastigung verbunden mit hoher Wirtschaftlichkeit bieten. Diese Forderungen erfüllt ein neuartiges, kompakt gebautes Antriebspaket, das voll im Drehgestell abgedeckt ist.

## Technische Daten

Zweistufiges Parallelwellengetriebe, schräg/doppelschräg verzahnt; Antriebsdrehzahl (Eingangswelle)  $n_{\max} = 5\,860\text{ min}^{-1}$ ; Übersetzung  $i = 11,025$ .

Der Antriebsmotor ist direkt an das Getriebe angeflanscht. Eine Kardangelenkupplung überträgt das Drehmoment vom Getriebe direkt auf den Radsatz. Als Material für das achsmittig geteilte Getriebegehäuse wurde hochfester Aluminiumguß gewählt; damit spart man gegenüber Sphäroguß 25 % an Gewicht.

## Lagerwahl

### Eingangswelle

Der Rotor des Antriebsmotors ist fest mit der Eingangswelle des Getriebes verbunden. Eine biegeelastische Kupplung vermeidet Zwangskräfte im Wellenstrang, der durch eine *Fest-Loslagerung* dreifach abgestützt wird. Das *Loslager* im Motor ist ein Zylinderrollenlager FAG NU212E (nicht gezeichnet). Auf der Motorseite der Eingangswelle wird als zweites *Loslager* ein Zylinderrollenlager FAG NJ215E verwendet.

*Festlager* der Eingangswelle ist ein Schrägkugellagerpaar FAG 7215B.UA70 in *X-Anordnung*. Die beiden Schrägkugellager sitzen in einer Hakenbüchse aus Stahl. Unterschiedliche Wärmedehnungen zwischen Stahl und Leichtmetall können sich dadurch nicht direkt auf die Lagerung auswirken.

Die Lager lassen hohe Drehzahlen bei gleichzeitig enger axialer Führung zu. Dies bedeutet feste *Passungen*

der Lagerringe auf der Welle und in der Bohrung der Hakenbüchse. Die Forderung, neben der strammen Passung noch eine ausreichende axiale *Betriebsluft* sicherzustellen, wird mit Schrägkugellagern in *Universalausführung* erreicht. Die *Axialluft* des nicht eingebauten Lagerpaars beträgt 70  $\mu\text{m}$ .

### Zwischenwelle

Als *Festlager* der Zwischenwelle ist ein Pendelrollenlager FAG 22218E eingebaut, dessen Außenring in einer Hakenbüchse aus Stahl sitzt. Das Pendelrollenlager nimmt hauptsächlich Axialkräfte aus der Verzahnung auf. Als *Loslager* sitzt ein Zylinderrollenlager FAG NJ2216E.C3 mit dem Außenring direkt im Leichtmetallgehäuse. Die sehr feste Passung im Gehäuse erfordert ein Lager mit vergrößerter *Radialluft* (C3).

### Abtriebswelle

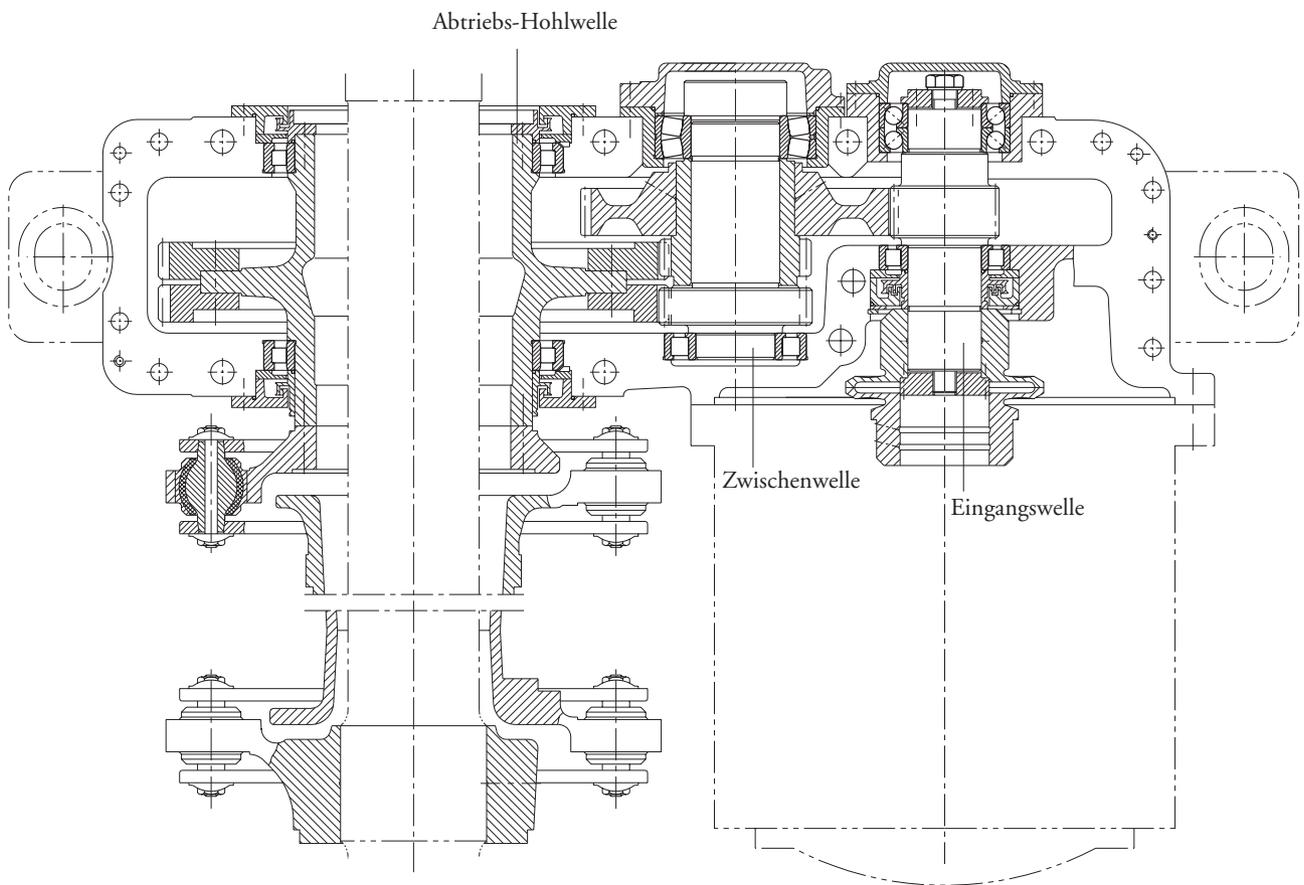
Die Abtriebswelle, deren großes Stirnrad eine Doppelschrägverzahnung hat, wird von dem Pendelrollenlager der Zwischenwelle axial geführt. Für die Abtriebswelle genügt deshalb die *schwimmende Lagerung* mit zwei Zylinderrollenlagern FAG NUZ1848. Die Ausführung NUZ mit einer verbreiterten Innenringlaufbahn erlaubt eine größere axiale Verschiebung der Hohlwelle.

## Bearbeitungstoleranzen

Schrägkugellagerpaar	Welle k5; Gehäuse K6
Pendelrollenlager	Welle m5; Gehäuse K6
Zylinderrollenlager/ Zwischenwelle	Welle m5; Gehäuse N6
Zylinderrollenlager/ Abtriebswelle	Welle n5; Gehäuse N6...P6

## Schmierung

Alle Lager des Getriebes werden vom Ölkreislauf der Verzahnungen mitgeschmiert.



# 55 Kegelradgetriebe für U- und Stadtbahnen

Beim sogenannten Zweiachs-Längsantrieb von U- und Stadtbahnen ist der Fahrmotor (meist ein Gleichstrommotor) längs im Drehgestell angeordnet. Auf beiden Stirnseiten des Motors ist ein Kegelradgetriebe angeflanscht. Die mit dem Drehgestellrahmen fest verbundene Antriebseinheit stützt sich federnd auf den Radsätzen ab. Die Antriebsleistung wird von der Ritzelwelle auf die Tellerradhohlwelle übertragen und von dort über Gummikupplungen auf die Treibradwelle. Diese Ausführung des Antriebs ergibt ein gutes Laufverhalten und geringe Beanspruchung von Fahrmotor, Getriebe und Schienenoberbau.

## Dimensionierung, Lagerwahl

Aus dem Zugkraft-Geschwindigkeits (Z-V)-Diagramm und den Zeitanteilen für verschiedene Fahrzustände bestimmt man mittlere Drehmomente und mittlere Drehzahlen (Stundendrehmoment, Stunden-drehzahl). Die Zahnkräfte der Hypoid-Kegelradstufe ergeben sich mit Hilfe der Verzahnungsdaten und werden im Verhältnis der Hebelarme auf die Lagerstellen verteilt.

Für die Lagerdimensionierung geht man von einer *Lebensdauer* von 20 000...30 000 Stunden aus. Bezogen auf die mittlere Fahrgeschwindigkeit entspricht dies 1,2...1,3 Millionen Laufkilometern.

Zur Überprüfung der statischen Sicherheit der Lager legt man das maximale Drehmoment (Rutschdrehmoment) zugrunde.

### Ritzelwelle

Auf der Ritzelseite ist als *Loslager* ein einreihiges Zylinderrollenlager FAG NJ2224E.M1A.C3 (120 x 215 x 58 mm) eingebaut. Es nimmt die hohen Radialkräfte auf. Der *Massivkäfig* ist am Außenring geführt. Da die Lagerringe auf der Welle und im Gehäuse fest gepaßt sind, hat das Lager die vergrößerte *Radialluft* C3.

Als *Festlager* werden zwei Kegelrollenlager FAG 31316 (80 x 170 x 42,5 mm) verwendet. Sie sind paarweise in *O-Anordnung* eingebaut. Hierbei nimmt das motorseitige Lager neben den radialen Stützkräften auch die Axialkräfte aus der Verzahnung auf; das andere Kegelrollenlager übernimmt nur bei Drehrichtungsänderung die auftretenden Axialkräfte. Um schädliche Gleitbewegungen (Schlupf) und vorzeitigen *Verschleiß* zu vermeiden, ist eine Mindestbelastung der Lager erforderlich. Die Außenringe der Kegelrollenlager werden deshalb mit Federn vorgespannt.

### Tellerradwelle

Auf beiden Seiten des Tellerrads ist je ein Kegelrollenlager mit den Abmessungen 210 x 300 x 54,5 mm ein-

gebaut. Beide Lager sind in *X-Anordnung* gegeneinander *angestellt*.

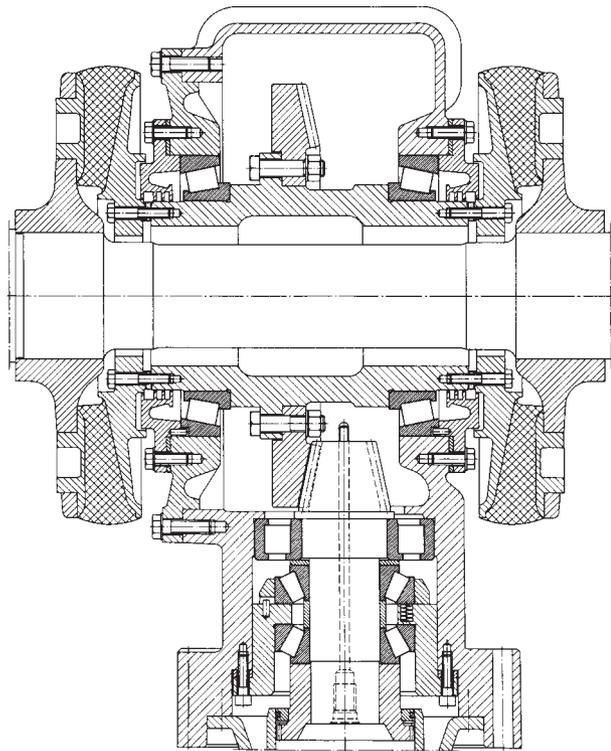
## Bearbeitungstoleranzen

Zylinderrollenlager:	Welle m6, Gehäuse M6
Kegelrollenlager/ Motorseite:	Welle m6, Büchse M6
Kegelrollenlager mit Üerring:	Welle m6, Ring R6 (S7)
Kegelrollenlager der Tellerradwelle:	Welle n6 – p6 Gehäuse K6 – M6

Die *Axialluft* des Kegelrollenlagerpaars wird auf die Verzahnung und auf die Betriebsbedingungen abgestimmt.

## Schmierung

Eine *Ölsumpfschmierung* versorgt die Getriebelager mit Schmierstoff. Das Schleuderöl wird über das Tellerrad aus dem Ölsumpf gefördert und durch Ölaufschalen und Zulaufkanälen den Lagern zugeführt. Das Fahrprogramm der U- und Stadtbahnen erfordert hochlegierte *Öle*, die wärme- und korrosionsbeständig sind.

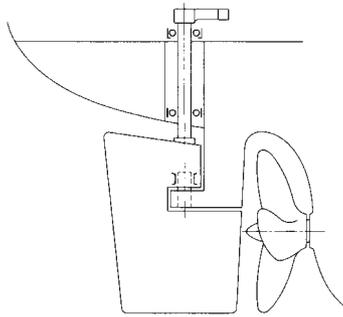


55: Kegelradgetriebe für U- und Stadtbahnen

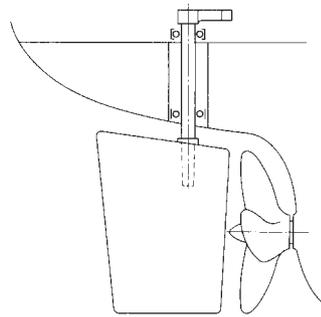
# 56–60 Schiffsruder

Schiffsruder führen in größeren Zeitabständen langsame kleine Schwenkbewegungen aus; maximaler Schwenkwinkel ca.  $35^\circ$  nach beiden Seiten. Die Ruderlager nehmen die vom Ruder und der Rudermaschine herrührenden Radial- und Axialkräfte auf. Die vom Propellerstrahl erzeugten Erschütterungen beanspruchen die Lager zusätzlich. Es gibt zahlreiche Ruderarten; die gebräuchlichsten zeigen die Bilder a bis c.

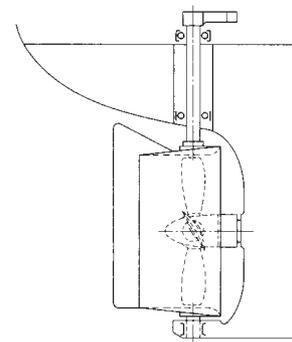
Nur für die im Schiffsinnen liegenden Lagerstellen der Ruder verwendet man Wälzlager. Wegen der Schwierigkeiten beim Einbau, bei der *Abdichtung* und bei der Schmierung kommen Wälzlager für die außerhalb des Schiffskörpers liegenden Lagerstellen nicht in Betracht. Hier verwendet man Gleitlager aus nichtrostendem Stahl, aus Bronze, Kunststoff u. ä. und schmiert mit Wasser oder einem Gemisch aus *Fett* und Wasser.



a) Halbschweberuder



b) Spatenruder



c) Düsenruder

# 56–57 Pendelrollenlager als Ruderlager

## Technische Daten

Axiallast 115 kN (Gewichtskraft von Ruder und Schaft); Radiallast 350 kN (Kraft von Rudermaschine und Ruder).

## Lagerwahl, Dimensionierung

Wegen der hohen Kräfte und wegen der unvermeidlichen Fluchtfehler werden Pendelrollenlager verwendet. Diese Lager haben eine hohe Tragfähigkeit und sind *winkeleinstellbar*. Der Durchmesser des Ruderschafts hängt von der Größe und der Geschwindigkeit des Schiffs sowie von Art und Größe des Ruders ab. Mit Vorgabe des Schaftdurchmessers liegt auch die Bohrung und somit die Größe des Wälzlagers fest. Eingebaut ist ein Pendelrollenlager FAG 23052K.MB.R40.90 bzw. FAG 23052K.MB.C2 (*Radialluft* 150...220  $\mu\text{m}$ ). Bei der Montage wird der Lagerinnenring soweit auf den kegeligen Wellenschaft gepreßt, bis das Lager leicht vorgespannt ist. Erschütterungen werden dann sicher aufgenommen. Das Hydraulikverfahren erleichtert die Demontage besonders bei Lagern mit C2-Lagerluft. Dazu muß der Schaft Ölzuführungsbohrungen und die kegelige Lagersitzfläche eine Ringnut haben.

Die Gehäuse der Ruderlager FAG RS3052KS.1..... oder FAG RS3052KW.1..... sind Schweißkonstruktionen aus Schiffsbaublech.

Wegen der nur geringen Schwenkbewegungen wird bei einem Ruderlager die statische Sicherheit überprüft. Für Pendelrollenlager strebt man eine *statische Kennzahl* von  $f_s = 4...5$  an.

## Bearbeitungstoleranzen

Wellenschaft Kegel 1:12; Gehäuse H7

## Schmierung, Abdichtung

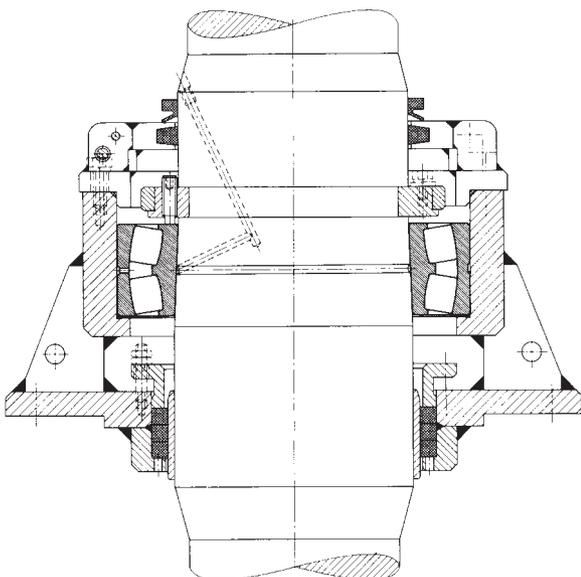
Bei der Montage werden die Hohlräume der Pendelrollenlager und der Gehäuse völlig mit Lithiumseifenfett der *Konsistenzkennzahl* 2 gefüllt, das *EP-Zusätze* enthält.

### Ruderlager FAG RS3052KS.1.....

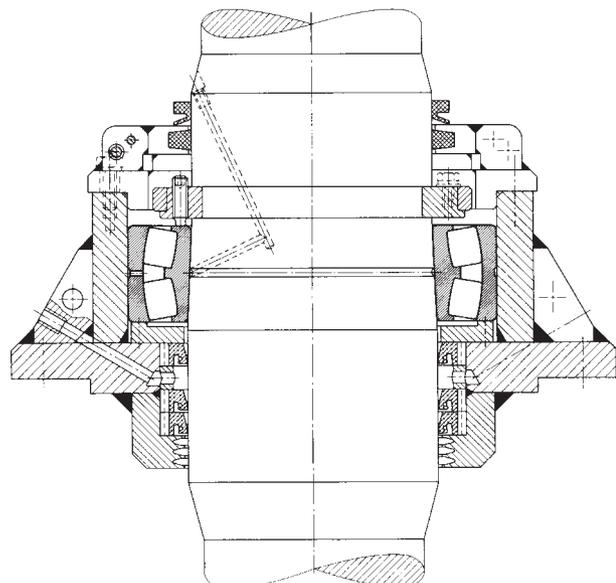
Das Lager hat *Fettschmierung* und sitzt in einem sog. Topf, den kräftige Rippen mit der Gehäusegrundplatte verbinden. In die Grundplatte ist eine Stopfbuchsenabdichtung eingebaut. Die Stopfbuchsenpackung läuft auf einer Buchse aus seewasserbeständigem Stahl. Durch die Trennung von Gehäusetopf und Grundplatte läuft das evtl. eindringende Spritzwasser seitlich ab und gelangt nicht in das Wälzlager. Die Stopfbuchse ist während des Betriebs jederzeit kontrollierbar und kann im Bedarfsfall nachgezogen werden. Eine federnde Abdeckscheibe dichtet die Unterseite des Lagers ab. Als *Abdichtung* am oberen Schaftaustritt genügen ein Filzstreifen und ein V-Ring. Die Lagerung mit Stopfbuchsenabdichtung ist wartungsfrei.

### Ruderlager FAG RS3052KW.1.....

Lager und *Abdichtung* sind in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht und werden mit *Fett* geschmiert. Diese Lagerung kann auch unter der Wasserlinie liegen. Die *Abdichtung* besteht aus drei seewasserbeständigen Wellendichtringen mit einer dazwischenliegenden Fettkammer. Eine automatische Fettresse hält die Fettkammer ständig unter Druck.



56: Ruderlager FAG RS3052KS.1.....



57: Ruderlager FAG RS3052KW.1.....

# 58–59 Axial-Pendelrollenlager als Rudertraglager

Wenn das obere Lager hauptsächlich das Gewicht von Ruder und Schaft aufzunehmen hat, verwendet man Axial-Pendelrollenlager. Das ist der Fall bei allen querkraftfreien Rudermaschinen, wie z. B. bei Drehflügelanlagen und Vierzylindermaschinen, die keine Spatenruder (Vollschweberuder) betätigen.

Die Ausführungen N und W der Rudertraglager unterscheiden sich durch ihre *Abdichtung*.

## Lagerwahl, Dimensionierung

Der Schaftdurchmesser wird nach Formeln der Klassifikationsgesellschaften bestimmt. Damit ist der Bohrungsdurchmesser des Wälzlagers festgelegt. Wegen der hohen axialen Tragfähigkeit wird ein Axial-Pendelrollenlager FAG 29284E.MB mit den Abmessungen 420 x 580 x 95 mm unmittelbar auf dem Schaft montiert. Die *statische Kennzahl* der Lagerung liegt bei  $f_s \geq 10$ .

Die geschweißten Gehäuse sind außerordentlich flach; sie stehen nur wenig über das Deck bzw. das Lagerfundament vor. Dies hat vor allem bei größeren Rudermaschinen Vorteile, da durch die kleine Ein- und Ausbauhöhe der Ruderschaftsstummel kurz gehalten werden kann.

Kräftige Federn unter dem Lageraußenring sorgen für ständigen Kraftfluß zwischen Rollen und Laufbahnen. Das Hilfsleitlager nimmt zusätzlich zum Axial-Pendelrollenlager Radialkräfte auf, wenn z. B. bei einer 4-Zylinder-Rudermaschine einzelne Zylinder ausfallen.

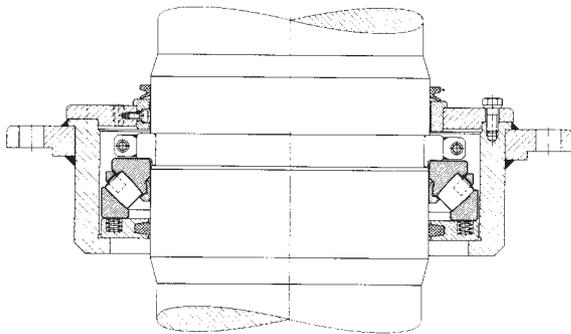
## Bearbeitungstoleranzen

Wellenschaft h7; das Gehäuse ist frei gedreht, um die axiale Federvorspannung über den Außenring sicherzustellen.

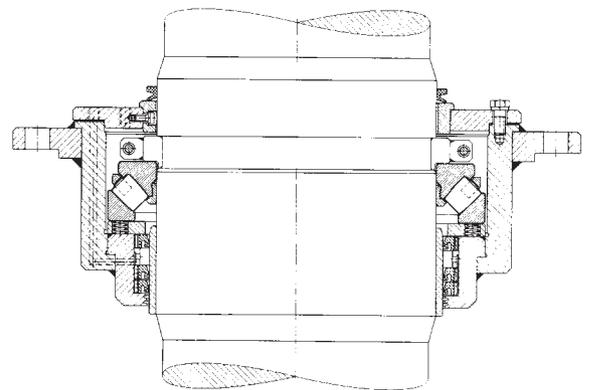
## Schmierung, Abdichtung

Bei der Montage werden die Hohlräume der Axial-Pendelrollenlager und der Gehäuse ganz mit Lithiumseifenfett (*Konsistenzkennzahl 2 mit EP-Zusatz*) gefüllt. Wie bei den Ruderlagern mit Radial-Pendelrollenlagern gibt es bei Rudertraglagern ebenfalls zwei Ausführungen (N und W). Beide unterscheiden sich durch die *Abdichtung*:

Rudertraglager FAG RS9284N.1..... sind mit Filzstreifen, Rudertraglager FAG RS9284W.1..... sind mit seewasserbeständigen Wellendichtringen abgedichtet. Am Gehäusedeckel haben beide Ausführungen eine V-Ring-*Dichtung*.



58: Rudertraglager FAG RS9284N.1.....



59: Rudertraglager FAG RS9284W.1.....

---

# 60 Spatenruder (Schweberuder)

---

## Konstruktion

Die Schwenkbewegungen der Spatenruder werden von einem oberen Ruderlager und einem unteren Kokerlager aufgenommen. Beide Lagerstellen sind, da sie im Inneren des Schiffes liegen, mit Wälzlagern ausgerüstet. Das obere Ruder- oder Traglager ist durch den Festring zwischen Deckel und Lageraußenring als *Festlager* ausgebildet. Das untere Kokerlager ist ein *Loslager*. An beiden Lagerstellen verwendet man Pendelrollenlager und erhält damit eine statisch bestimmte Lagerung, unempfindlich gegen Fluchtfehler der Gehäusebohrungen, gegen Verwerfungen des Schiffskörpers und gegen Verformungen des Ruderschafts. Beide Pendelrollenlager sitzen auf Spannhülsen, die mittels Hydraulikverfahren montiert bzw. demontiert werden. Die zugehörigen Spannhülsen (Ausführung HG) haben Anschlußbohrungen und Nuten für das Drucköl.

## Technische Daten

Oberes Ruderlager:  
Axiallast 380 kN (Gewichtskraft von Ruder und Schaft); Radiallast 1 700 kN (Kraft von Ruder und Rudermaschine).

Unteres Kokerlager:  
Radiallast 4 500 kN (Kraft von Ruder und Rudermaschine).

## Lagerwahl, Dimensionierung, Abdichtung

Die Lagerwahl richtet sich nach dem vorgegebenen Schaftdurchmesser und den gegebenen Belastungen. Da die Lager nur Schwenkbewegungen ausführen, werden sie nach ihrer statischen Tragfähigkeit ausgewählt. Gefordert wird eine *statische Kennzahl* von  $f_s \geq 4$ .

Das untere Pendelrollenlager FAG 230/750K.MB.R60.210 (bzw. 230/750K.MB.C2) sitzt auf einer Spannhülse FAG H30/750HG. Da dieses Lager ständig unter der Wasserlinie liegt, muß der Schaftaustritt besonders sorgfältig *abgedichtet* werden.

Die Radial-Wellendichtringe laufen auf einer Buchse aus seewasserbeständigem Stahl; sie schließen eine Fettkammer ein, die eine automatische Fettpresse ständig unter Druck hält. Ein Teil des *Fettes* (Lithiumseifenfett der *Konsistenzkennzahl* 2 mit *EP-Zusatz*) dringt in das Gehäuse ein und erzeugt auch dort einen Überdruck.

Die *Abdichtung* oberhalb des Lagers (Wellendichtring und V-Ring) schützt das Lager gegen Wasser, das möglicherweise am Ruderschaft herunterläuft oder sich im Kokerrohr ansammelt.

Das obere Pendelrollenlager FAG 23188K.MB.R50.130 (bzw. 23188K.MB.C2) ist mit einer Spannhülse FAG H3188HG auf dem Schaft befestigt. Die Spannhülse ist axial festgelegt, nach unten durch den Schaftbund und nach oben durch einen geteilten Haltering, der in eine Ringnut im Schaft eingelegt und verschraubt ist. Als Traglager nimmt das obere Lager außer Radialkräfte auch Axialkräfte in Form des Gewichts von Ruder und Schaft auf. Zur *Abdichtung* am unteren und oberen Schaftdurchmesser ist je ein Wellendichtring vorgesehen. Zusätzlich ist am oberen Schaftdurchgang ein V-Ring angeordnet.

Beim Nachschmieren mit einer automatischen Fettpresse wird das bei der Montage eingefüllte *Fett* unter Druck gehalten, und gleichzeitig werden die Dichtringe geschmiert.

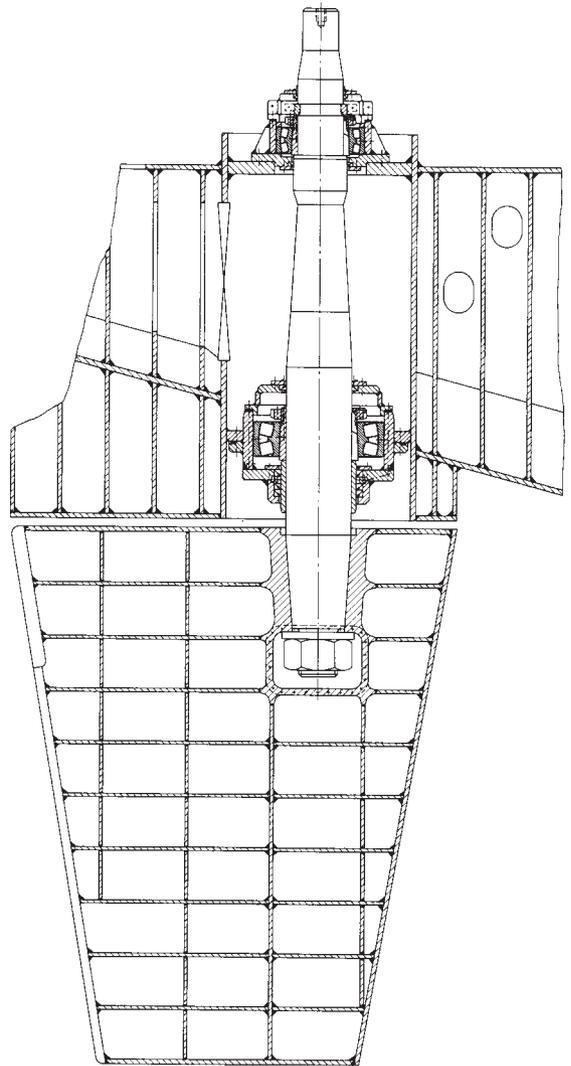
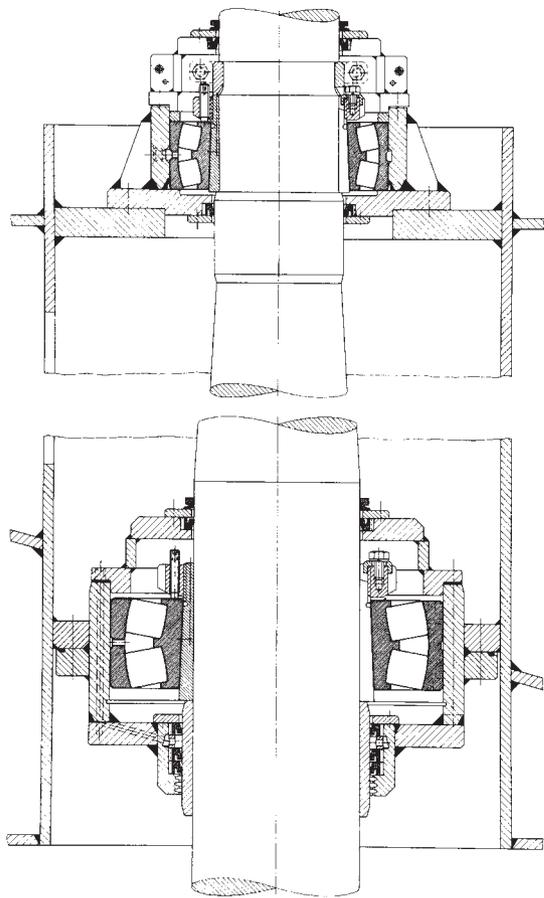
## Bearbeitungstoleranzen

Ruderschaft h8, Zylinderformtoleranz IT5/2 (DIN ISO 1101); Gehäuse H7.

## Lagerluft

Die Lager haben eine besonders kleine *Radialluft*: das untere Lager von 60...210 µm bzw. 390...570 µm, das obere Lager von 50...130 µm bzw. 230...330 µm. Bei der Montage preßt man die Lager soweit auf die Spannhülsen, daß sie eine Vorspannung von 20...30 µm erhalten. Durch die vorgespannten Lager werden Erschütterungen sicher aufgenommen.

---



60: Lagerung eines Spatenruders

# 61–62 Schiffswellenlauflager und Stevenrohrlagerung

Die Propellerwelle eines Schiffes stützt sich in Schiffswellenlauflagern ab. Da die Längenänderungen besonders bei langen Wellen beträchtlich sind, müssen die Lagerungen axial einstellbar sein. Das letzte Wellenstück, auf dem der Propeller sitzt, läuft in der sogenannten Stevenrohr- oder Schwanzwellenlagerung.

## Technische Daten

Wellendurchmesser 560 mm; Nenndrehzahl der Propellerwelle  $105 \text{ min}^{-1}$ .

Radialbelastung aus Gewicht von Welle und Kupplung 62 kN; keine Axiallast – den Axial Schub des Propellers übernimmt das Drucklager (Bilder 63–64). Auftretende Stöße oder andere dynamische Kräfte werden bei der Ermittlung der Lagerbeanspruchung mit einem Zuschlag von 100 % auf die Radialbelastung ( $f_z = 2$ ) ausreichend berücksichtigt.

## Lagerwahl, Dimensionierung, Abdichtung

Da der Schiffswellendurchmesser vorgegeben ist, sind die Lager für die aufzunehmenden Belastungen überdimensioniert. Man erhält *dynamische Kennzahlen* von  $f_L = 4 \dots 6$  und damit hohe *nominelle Lebensdauern* ( $L_h$ ). Bei sehr guter Sauberkeit im Schmierpalt wird bei der *erweiterten Lebensdauerberechnung* ( $L_{hna}$ ) für Schiffswellenlauf- und Stevenrohrlager *Dauerfestigkeit* erreicht.

Als Schiffswellenlauflager verwendet man ein Pendelrollenlager FAG 239/600BK.MB (Abmessungen 600 x 800 x 150 mm, *dynamische Tragzahl*  $C = 3\,450 \text{ kN}$ ).

Das Lager wird mit der Spannhülse FAG H39/600HG mittels Hydraulikverfahren auf der Welle befestigt und sitzt in einem Stehlagergehäuse FAG SUC39/600H.1..... (Bild 61a). Das Gehäuse ist aus Grauguß GG-25 und

besteht aus dem ungeteilten Gehäusekörper mit zwei geteilten Deckeln.

Die in die Deckel eingesetzten Radial-Wellendichtringe dichten das Gehäuse ab. Bei kleinen Stückzahlen sind meist geschweißte Gehäuse wirtschaftlicher als Gußgehäuse. Bild 61b zeigt eine Alternativ-Schiffswellenlauflagerung bestehend aus einem Pendelrollenlager FAG 23048K.MB, mit Spannhülse H3048 und einem geteilten Stehlagergehäuse S3048KBL.1..... (Werkstoff GG-25).

Am Heck ist die Schiffswelle vom Stevenrohr umgeben. Bild 62 zeigt eine Stevenrohrlagerung, beide Lager wirken als *Loslager*. Das hintere Lager wird zusätzlich durch das Propellergewicht und Seewasserschlag beansprucht. Auch hier nimmt man Pendelrollenlager, deren Innenringe mit Spannhülsen auf der Welle befestigt sind. Eine spezielle Stevenrohrabdichtung schützt die Lagerung vor Seewasser.

## Bearbeitungstoleranzen

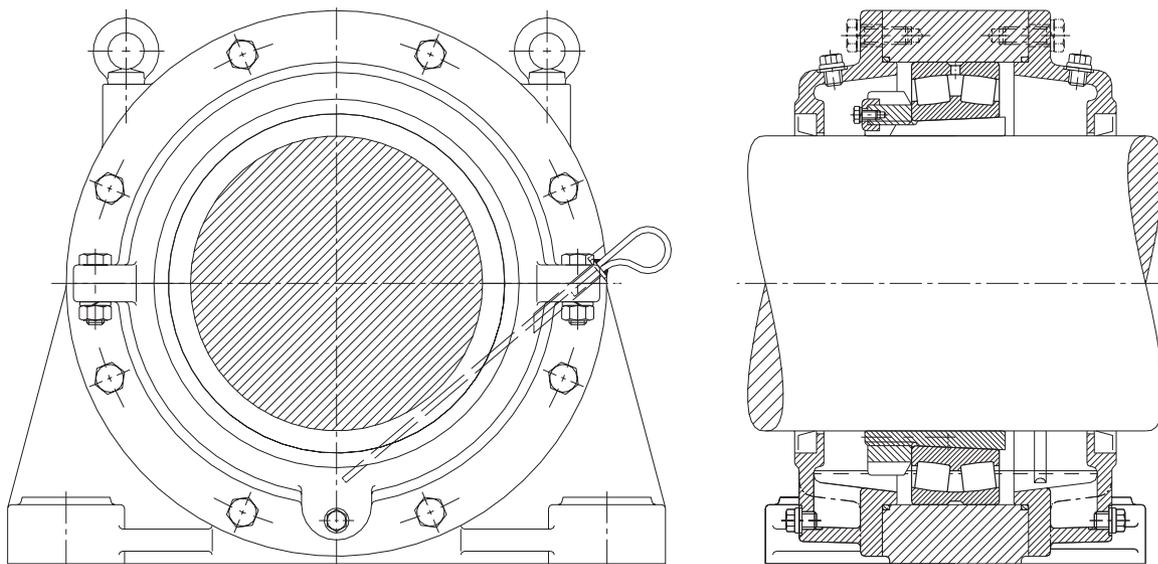
Die Lagerinnenringe haben *Umfangslast*.

SpannhülSENSITZ auf der Welle h8. Zylinderformtoleranz IT5/2 (DIN ISO 1101); Gehäusebohrung nach H7.

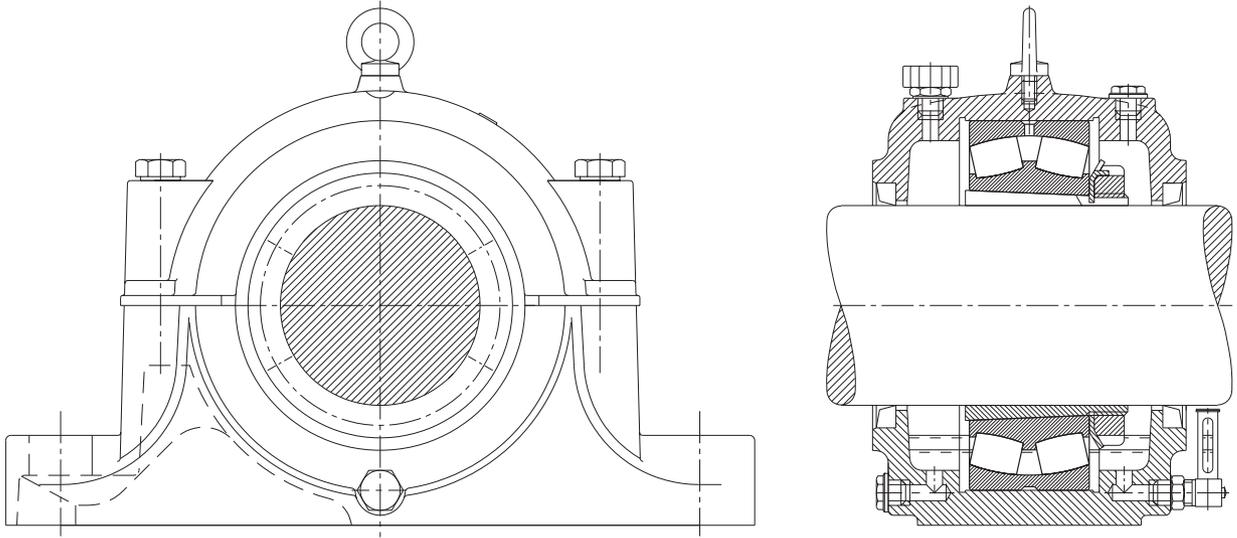
Bei der Schwanzwellenlagerung werden Flanschgehäuse verwendet.

## Schmierung

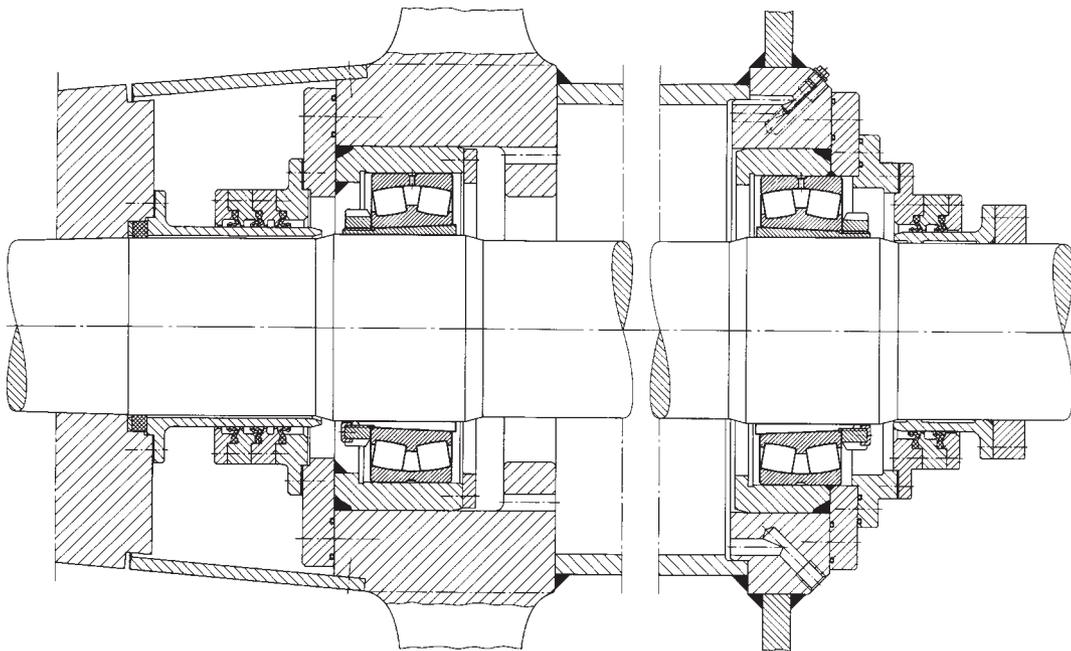
Die Lager werden mit einem alterungsbeständigen Öl mit *EP-Zusätzen* (*Viskosität* 150...300 mm<sup>2</sup>/s bei 40 °C) geschmiert. Die Unterteile der Traglagergehäuse haben Schaugläser oder Peilstäbe, an denen der zulässige höchste und der zulässige niedrigste Ölstand markiert sind. Das Stevenrohr wird mit Öl gefüllt. Der Öldruck wird etwas größer gehalten als der des umgebenden Wassers.



61a: Schiffswellenlauflager; Pendelrollenlager in SUC-Gehäuse



61b: Schiffswellenlauflager; Pendelrollenlager in S30.K-Gehäuse



62: Stevenrohr- oder Schwanzwellenlager

# 63–64 Schiffsdrucklager

Unmittelbar hinter der Antriebsmaschine eines Schiffes befindet sich das Drucklager. Es überträgt die vom Propeller erzeugte Schubkraft auf das Schiff. Außer der sehr geringen Radialbelastung durch das Wellengewicht tritt daher eine rein zentrische Axialkraft auf; sie ist je nach Drehrichtung des Propellers „voraus“ oder „zurück“ gerichtet. Die Axialkraft bei Rückwärtsfahrt ist meist niedriger und tritt normalerweise selten auf. Für diese Anforderungen sind drei Lagerungssysteme üblich:

Bild 63a zeigt eine Drucklagerung mit zwei Axial-Pendelrollenlagern für kleine Wellendurchmesser in einem SGA-Stehlagergehäuse.

Bild 63b zeigt eine Drucklagerung mit zwei Axial- und einem Radial-Pendelrollenlager in einem FKA-Flanschlagergehäuse.

Beide Lagerungen werden eingesetzt, wenn bei einem hohen Anteil an Rückwärtsfahrt die axiale Tragfähigkeit eines Radial-Pendelrollenlagers nicht mehr ausreicht. Die Axial-Pendelrollenlager übernehmen den Propellerschub bei Vorwärts- bzw. den Propellerzug bei Rückwärtsfahrt. Bei Bild 63a übernehmen die *Axiallager* auch die Gewichtskräfte, während bei Bild 63b die Gewichtskraft von Welle und Propeller durch ein Radial-Pendelrollenlager abgestützt wird.

Bild 64 zeigt Schiffsdrucklagerungen jeweils mit einem Axial- und einem Radial-Pendelrollenlager:  
a: – in SGA-Gehäuse, b: – in SUB-Gehäuse

Die Krümmungsmittelpunkte der Außenringlaufbahn von Radial- und Axial-Pendelrollenlager fallen zusammen. Die Lagerungen werden dadurch *winkeleinstellbar*, und es können Fluchtfehler und Durchbiegungen von Welle und Schiffskörper ausgeglichen werden. Bei dieser Drucklagerung wird nur der Propellerschub bei Vorwärtsfahrt vom Axial-Pendelrollenlager übernommen. Das Radial-Pendelrollenlager überträgt das Gewicht der Welle und den Propellerzug bei Rückwärtsfahrt. Damit die jeweils unbelasteten Axial-Pendelrollenlager nicht abheben, werden sie durch Druckfedern vorgespannt. So ist eine stetige axiale Mindestbelastung sichergestellt.

## Bearbeitungstoleranzen

Bild 63a:

Axial-Pendelrollenlager Welle m6; Gehäuse H7

Bild 63b:

Axial-Pendelrollenlager Welle n6; Gehäuse freigedreht

Radial-Pendelrollenlager Welle n6; Gehäuse F7

Bild 64a, 64b:

Axial-Pendelrollenlager Welle m6; Gehäuse freigedreht

Radial-Pendelrollenlager Welle m6; Gehäuse H7

## Dimensionierung der Lager

Der Wellendurchmesser wird nach den Richtlinien der Klassifikationsgesellschaften bestimmt. Unter Berücksichtigung der Leistungsdaten wird die *nominelle Lebensdauer*  $L_h$  [h] oder die davon abgeleitete *dynamische Kennzahl*  $f_L$  errechnet. Für die Wälzlager in Schiffsdrucklagern ist ein Wert  $f_L = 3 \dots 4$  anzustreben. Besonders bei höchster Sauberkeit im Schmierpalt sind Schiffsdrucklager nach der *erweiterten Lebensdauerberechnung dauerfest*.

## Ausführung

Schiffsdrucklager werden als komplette Baueinheiten FAG BEHT.DRL geliefert. Die Einheit umfaßt Lager, Gehäuse mit *Abdichtung* und Druckwelle mit Losflansch.

Die FAG Drucklagergehäuse werden entweder in geteilter Ausführung SGA (Bild 63a und 64a) oder in ungeteilter Ausführung FKA (Bild 63b) bzw. SUB (Bild 64b) geliefert.

### *Bestellbeispiel der Baueinheit*

*FAG BEHT.DRL.110.156680, bestehend aus:*

1 Stehlagergehäuse FAG SGA9322.156678

1 Druckwelle mit Losflansch

FAG DRW110 x 610.156678

2 Axial-Pendelrollenlager FAG 29322E

1 Wellenmutter FAG KM26

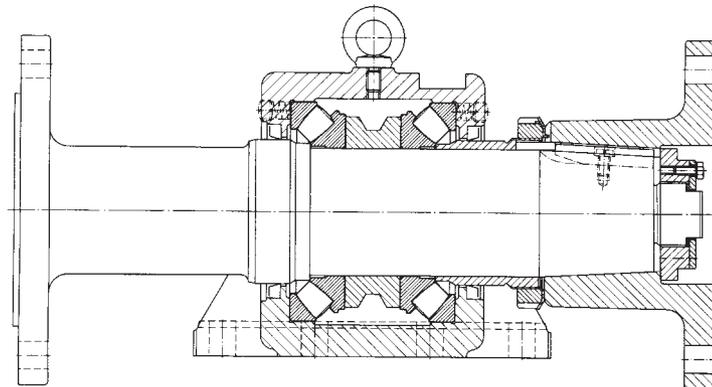
1 Sicherungsblech FAG MB26

Ölschmierung

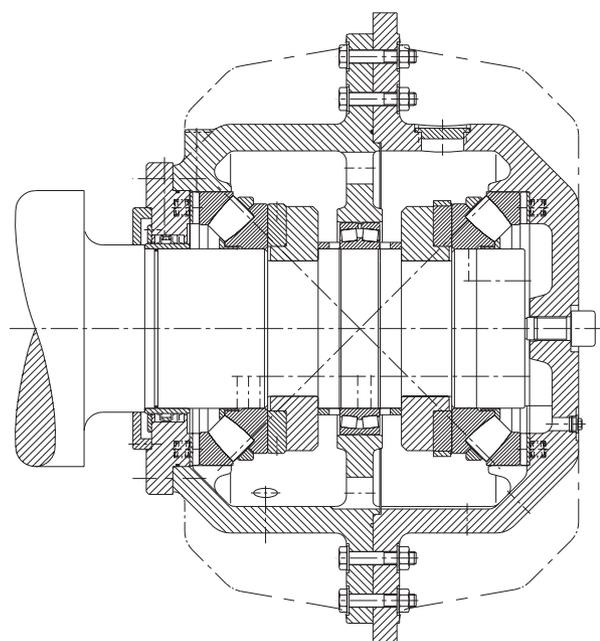
## Technische Daten

	63a: Schiffsdrucklager FAG BEHT.DRL110.1..... mit 2 Axial-Pendelrollenlagern	63b: Schiffsdrucklagergehäuse FAG FKA94/600.1 2 Axial-Pendelrollenlager 1 Radial-Pendelrollenlager	64a, b: Schiffsdrucklager FAG BEHT.DRL.200.1..... mit 1 Axial-Pendelrollenlager 1 Radial-Pendelrollenlager
Druckwellendurchmesser	110 mm	600/510 mm	200 mm
Leistung	320 kW	11,400 kW	1,470 kW
Drehzahl	800 min <sup>-1</sup>	150 min <sup>-1</sup>	500 min <sup>-1</sup>
Axialschub	55 kN	1,625 kN	170 kN
Vorausfahrt	50 %	50 %	95 %
Rückwärtsfahrt	50 %	50 %	5 %
Eingebaute Lager	<b>2 x FAG 29322E</b>	<b>1 x FAG 239/600B.MB.C3</b> <b>2 x FAG 294/600E.MB</b>	<b>1 x FAG 23140B.MB</b> <b>2 x 29340E</b>
Schmierstoffe Abdichtung	Öltauchschmierung <sup>1)</sup> Wellendichtringe	Öltauchschmierung <sup>1)</sup> Wellendichtringe	Öltauchschmierung <sup>1)</sup> Wellendichtringe

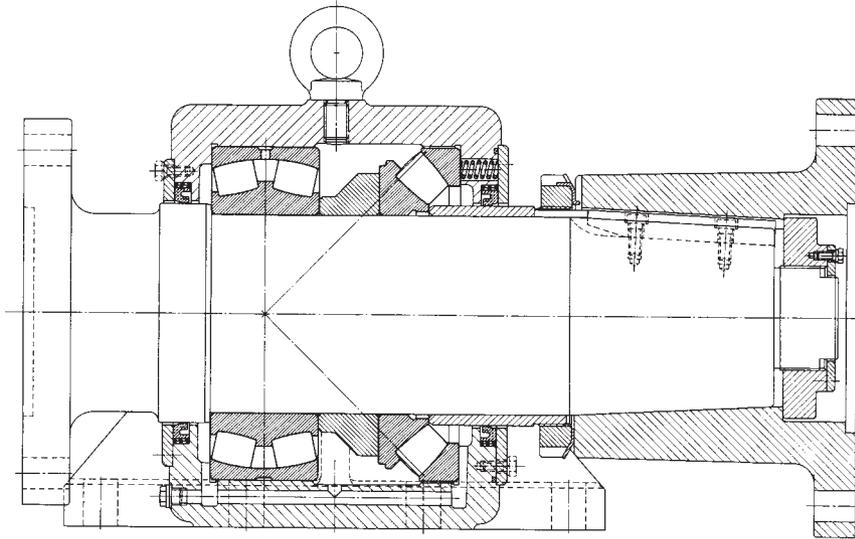
<sup>1)</sup> Alterungsbeständiges Öl mit Druckölzusätzen (Viskosität 150...300 mm<sup>2</sup>/s bei 40°C)



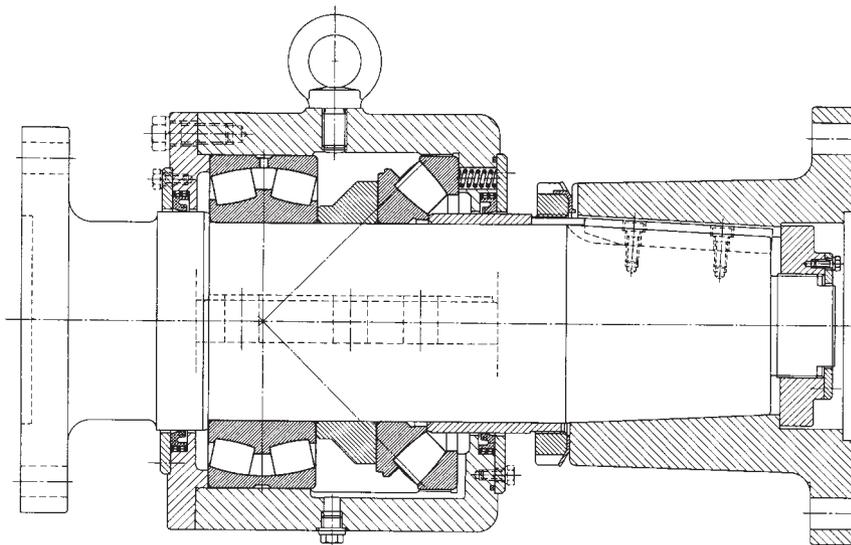
63a: Schiffsdrucklager komplett FAG BEHT.DRL.110.1...(SGA-Stehlagergehäuse)



63b: Schiffsdrucklager mit FKA-Flanschlagergehäuse



64a: Schiffsdrucklager komplett FAG BEHT.DRL.200.1..... (SGA-Stehlagergehäuse)



64b: Schiffsdrucklager komplett FAG BEHT.DRL.200.1..... (SUB-Topf-Gehäuse)