

FAG



Montage von Wälzlagern

SCHAEFFLER GRUPPE
INDUSTRIE

Montage von Wälzlagern

Publ.-Nr. WL 80 100/3 DA

Wälzlager sind hochbeanspruchbare Maschinenelemente, deren Teile eine hohe Präzision haben. Damit ihre Leistungsfähigkeit voll genutzt werden kann, muß der Konstrukteur einerseits die richtige Lagerbauart und Ausführung wählen und andererseits die Eigenschaften von Lagern und Umgebungsteilen sachgerecht aufeinander abstimmen. Außerdem sind dem Ein- und Ausbau, der Schmierung und Abdichtung sowie der Wartung besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Der Einsatz geeigneter Hilfsmittel beim Ein- und Ausbau von Wälzlagern sowie Sorgfalt und Sauberkeit am Montageplatz sind wesentliche Voraussetzungen dafür, daß die Wälzlager eine lange Gebrauchsdauer erreichen.

Die vorliegende Broschüre gibt vor allem Monteuren und Betriebsleuten Hinweise für die Behandlung, den Ein- und Ausbau, die Schmierung und die Wartung von Wälzlagern. Ein besonderer Abschnitt behandelt Lagerschäden und ihre Ursachen. Der Tabellenteil enthält Lagerbezeichnungen, Toleranzen von Lagern und Umbauteilen, Lagerluftwerte und eine Übersicht der FAG Wälzlagerfette Arcanol.

Zur Information über spezielle Werkzeuge und Verfahren zum Einbau und Ausbau sowie über Meßgeräte stehen weitere Druckschriften zur Verfügung (siehe Seite 113). In besonderen Fällen bitten wir, unsere technische Beratung in Anspruch zu nehmen.






































1	Aufbewahren von Wälzlagern	8
2	Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau	9
2.1	Arbeitsschema	9
2.2	Das „richtige“ Lager	9
2.3	Behandlung der Wälzlager vor dem Einbau	10
2.4	Sauberkeit bei der Montage	10
2.5	Anschlußteile	11
2.6	Passungen	11
2.7	Kontrolle des Lagersitzes	12
2.7.1	Zylindrische Sitzflächen	12
2.7.2	Kegelige Sitzflächen	15
3	Einbau von Wälzlagern	18
3.1	Mechanische Verfahren	18
3.1.1	Einbau bei zylindrischen Sitzen	18
3.1.2	Einbau bei kegeligen Sitzen	24
3.2	Thermische Verfahren	29
3.2.1	Anwärmen auf Heizplatte	30
3.2.2	Anwärmen im Ölbad	30
3.2.3	Anwärmen im Heißluftofen	32
3.2.4	Induktives Anwärmgerät	32
3.2.5	Induktive Montagevorrichtung	34
3.2.6	Unterkühlen	35
3.3	Hydraulikverfahren	36
3.4	Spielregulierung beim Einbau	40
3.4.1	Schrägkugellager und Kegelrollenlager	40
3.4.2	Axiallager	46
3.4.3	Werkzeugmaschinenlagerungen	46
4	Ausbau von Wälzlagern	51
4.1	Mechanische Verfahren	52
4.1.1	Ausbau bei zylindrischen Sitzen	52
4.1.2	Ausbau bei kegeligen Sitzen	55
4.1.2.1	Ausbau von Lagern mit Spannhülsen	55
4.1.2.2	Ausbau von Lagern mit Abziehhülsen	56
4.2	Thermische Verfahren	57
4.2.1	Anwärmring	57
4.2.2	Induktive Montagevorrichtung	58
4.2.3	Anwärmen mit Ringbrenner	59
4.3	Hydraulikverfahren	60
4.3.1	Ausbau von Lagern mit kegeliger Bohrung	61
4.3.2	Ausbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung	63

5	Schmierung	65
5.1	Fette	65
5.2	Öle	66
5.3	Auswahl des Schmierstoffs	66
6	Lagerschäden	70
6.1	Wodurch entstehen Lagerschäden?	71
6.1.1	Einbaufehler	71
6.1.2	Verschmutzung	73
6.1.3	Korrosion	74
6.1.4	Stromdurchgang	75
6.1.5	Fehlerhafte Schmierung	75
6.2	Woran erkennt man den Lagerschaden im Betrieb? ..	77
6.3	Worauf ist bei einem Lagerschaden zu achten?	78
6.3.1	Vor dem Ausbau	78
6.3.2	Beim Ausbau	79
6.3.3	Bei der Untersuchung	81
7	Tabellen	83
7.1	Wälzlagerbezeichnung	83
7.2	Bezeichnung der Lagerreihen	84
7.3	Wellentoleranzen	86
7.4	Gehäusetoleranzen	90
7.5	Normaltoleranzen der Radiallager (ohne Kegelrollenlager)	94
7.6	Normaltoleranzen der FAG Kegelrollenlager	96
7.7	Normaltoleranzen der FAG Axiallager	97
7.8	Grenzmaße des Kantenabstands	98
7.9	Radiale Lagerluft der FAG Rillenkugellager	100
7.10	Radiale Lagerluft der FAG Pendelkugellager	101
7.11	Radiale Lagerluft der FAG Zylinderrollenlager	102
7.12	Radiale Lagerluft der FAG Pendelrollenlager	104
7.13	Radiale Lagerluft der FAG Tonnenlager	106
7.14	Axiale Lagerluft der zweireihigen FAG Schrägkugel- lager (Reihen 32 und 33)	107
7.15	Axiale Lagerluft der FAG Vierpunktlager	108
7.16	Radialluftverminderung bei FAG Zylinder- rollenlagern mit kegeliger Bohrung	109
7.17	Radialluftverminderung bei FAG Pendelrollen- lagern mit kegeliger Bohrung	110
7.18	FAG Wälzlagerfette Arcanol	111
	Wälzlager-Montageschrank und -Montagesätze – Grundlehrgang für berufliche Ausbildung	112
	Auswahl weiterer FAG-Publikationen	113

Übersichtstafel: Werkzeuge und Verfahren für den Einbau und den

Lagerbauart		Lagerbohrung	Lagergröße	Einbau mit Anwärmen				ohne Anwärmen
	Rillenkugellager	zylindrisch	klein					
	Schrägkugellager		mittelgroß					
	Vierpunktlager		groß					
	Pendelkugellager							
	Zylinderrollenlager	zylindrisch	klein					
	Nadellager		mittelgroß					
			groß					
	Axial-Rillenkugellager	zylindrisch	klein					
	Axial-Schrägkugellager		mittelgroß					
	Axial-Zylinderrollenlager		groß					
	Axial-Pendelrollenlager							
	Pendelkugellager mit Spannhülse	kegelig	klein					
	Tönnenlager mit Spannhülse		mittelgroß					
	Pendelrollenlager mit Spannhülse		groß					
	Spannhülse			Abziehhülse				
	Zylinderrollenlager, zweireihig	kegelig	klein					
			mittelgroß					
			groß					

Ausbau von Wälzlagern · Symbole

	Ausbau				Symbole
	Hydraulik- verfahren	mit Anwärmen	ohne Anwärmen	Hydraulik- verfahren	
			  		 Ölbad  Heizplatte  Heißluftschrank Wärmeschrank
		 		 	  Induktives Anwärmgerät  Induktive Vorrichtung  Anwärmring
			 	 Hammer und Schlagbüchse  Mechanische und hydraulische Pressen  Doppel- Hakenschlüssel  Mutter und Hakenschlüssel	
 			 	 Mutter und Montageschrauben  Achskappe  Ringkolbenpresse	
			 	 Hammer und Dorn  Abziehvorrichtung  Hydraulikverfahren	

1 Aufbewahrung von Wälzlagern

1: Aufbewahren von Wälzlagern a

a: Besonders größere Lager sollen **nicht** stehend aufbewahrt werden.

b: Günstiger ist die liegende Aufbewahrung, wobei der ganze Umfang unterstützt ist.



Lager in Originalverpackung lassen

Bei der Lagerung im Magazin müssen Wälzlager in ihrer Originalverpackung bleiben; erst am Arbeitsplatz und unmittelbar vor dem Einbau darf die Verpackung geöffnet werden. Andernfalls besteht Gefahr, daß die Lager verschmutzen und rosten.

Größere Lager liegend aufbewahren

Größere Lager, deren Ringe eine verhältnismäßig geringe Wanddicke haben, sollen nicht stehend (Bild 1a), sondern liegend und auf dem ganzen Umfang unterstützt aufbewahrt werden (Bild 1b).

FAG Wälzlager werden vor dem Verpacken in Korrosionsschutzöl getaucht. Dieses Öl verharzt und verhärtet nicht und verhält sich allen marktüblichen Wälzlagerfetten gegenüber neutral. Wälzlager sind in ihrer Originalverpackung gegen Einflüsse von außen sicher geschützt.

Wälzlager in trockenen Räumen aufbewahren

Während der Aufbewahrung dürfen keine aggressiven Medien einwirken, wie z. B. Gase, Nebel oder Aerosole von Säuren, Laugen oder Salzen. Auch direktes Sonnenlicht ist zu vermeiden. Um Schwitzwasserbildung zu verhindern, sind zulässig:

- Temperatur +6 bis +25 °C, kurzzeitig +30 °C, Temperatursprünge Tag/Nacht ≤ 8 K
- relative Luftfeuchtigkeit ≤ 65 %

Unter Einhaltung dieser Bedingungen beträgt die zulässige Aufbewahrungszeit für Wälzlager bei Normalkonservierung bis zu 5 Jahre. Wird diese Zeit überschritten, soll das Lager vor Verwendung auf seinen Konservierungszustand und auf Korrosion überprüft werden. Dabei leistet FAG auf Anfrage Hilfestellung.

Abgedichtete Wälzlager sollten nicht bis an die Grenze der normalen Aufbewahrungstauglichkeit eingelagert werden, weil das Schmierfett altern kann (hierzu siehe auch FAG-Katalog WL 41 520).

2 Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau

2.1 Arbeitsschema

Vor dem Ein- und Ausbau der Wälzlager muß alles für einen reibungslosen Arbeitsablauf vorbereitet werden.

Anhand der Werkstattzeichnung macht man sich mit dem Aufbau der Konstruktion und mit der Reihenfolge vertraut, in der die einzelnen Teile zusammengefügt werden. Bereits vor Beginn der Montage sollte man ein Schema der einzelnen Arbeitsgänge aufstellen und sich Klarheit über die erforderlichen Anwärmtemperaturen, die Kräfte zum Auf- und Abziehen der Lager und die erforderliche Fettmenge verschaffen.

Wenn beim Wälzlagerereinbau und -ausbau besondere Maßnahmen notwendig sind, ist dem Monteur eine ausführliche Anleitung zur Verfügung zu stellen, die alle Einzelheiten der Montage angibt: Transportmittel, Einbau- und Ausbauvorrichtungen, Meßwerkzeuge, Anwärmvorrichtungen, Art und Menge des Schmierstoffs, usw.

Anhand der Werkstattzeichnung Schema der einzelnen Arbeitsgänge aufstellen

2.2 Das „richtige“ Lager

Bevor der Monteur mit dem Einbau beginnt, muß er sich davon überzeugen, daß das auf die Verpackung gestempelte Kurzzeichen mit den Angaben auf der Zeichnung und in der Stückliste übereinstimmt. Deshalb sollte er mit dem Aufbau der Wälzlagerbezeichnung vertraut sein (Tafel 7.1 und 7.2, S. 83–85).

Genormte Wälzlager werden mit ihren in den DIN-Normen und Wälzlagerkatalogen angegebenen Kurzzeichen bezeichnet. Das Kurzzeichen setzt sich aus der Folge von Ziffern oder von Buchstaben und Ziffern zusammen. Die erste Gruppe dieser Folge bezeichnet die Lagerbauart und die Durchmesserreihe, bei manchen Lagern auch die Breitenreihe. Die zweite Gruppe stellt die Bohrungskennzahl dar; sie ergibt im Bereich von 20 bis 480 mm Bohrung die Bohrung in mm, wenn man sie mit 5 multipliziert.

Erfordern die Betriebsverhältnisse eine besondere Ausführung des Wälzlagers, so wird das Kurzzeichen des normalen Lagers durch besondere Zusatzzeichen ergänzt (Tafel 7.1, S. 83).

Nicht genormte Wälzlager erkennt man am Kurzzeichen FAG 500 000 oder 800 000.

Kurzzeichen auf der Verpackung mit den Angaben der Zeichnung vergleichen

2.3 Behandlung der Wälzlager vor dem Einbau

FAG Wälzlager sind in der Originalverpackung mit einem Korrosionsschutzöl konserviert. Bei der Montage der Lager braucht dieses Öl nicht ausgewaschen zu werden. Es verbindet sich im Betrieb mit dem Schmierstoff und gewährleistet beim Anlauf kurzzeitig eine ausreichende Schmierung.

Korrosionsschutzöl an Sitz- und Anlageflächen entfernen

An den Sitz- und Anlageflächen wird das Korrosionsschutzöl vor der Montage abgewischt.

Aus kegeligen Lagerbohrungen dagegen sollte der Korrosionsschutz vor dem Einbau ausgewaschen werden, um einen sicheren, festen Sitz auf der Welle oder Hülse zu gewährleisten. Nach dem Auswaschen mit Kaltreiniger wird die Bohrung mit einem Maschinenöl mittlerer Viskosität dünn benetzt.

Gebrauchte und verschmutzte Lager auswaschen

Gebrauchte und verschmutzte Lager sind vor dem Einbau sorgfältig in Waschpetroleum oder in Kaltreiniger auszuwaschen und anschließend sofort wieder einzuölen oder einzufetten.

Ringe nicht nachträglich bearbeiten

Wälzlager dürfen nachträglich nicht bearbeitet werden. Zum Beispiel dürfen keine Schmierbohrungen, Nuten, Anschliffe oder dergleichen angebracht werden, da hierbei Spannungen in den Ringen frei werden, die zur vorzeitigen Zerstörung des Lagers führen. Außerdem besteht Gefahr, daß Späne oder Schleifstaub in das Lager gelangen.

2.4 Sauberkeit bei der Montage

Wälzlager sind unter allen Umständen vor Schmutz und Feuchtigkeit zu schützen, da sogar kleinste Teilchen, die in das Lager eindringen, die Laufflächen beschädigen. Aus diesem Grund muß der Montageplatz staubfrei und trocken sein. Er darf zum Beispiel nicht in der Nähe von Schleifmaschinen liegen. Der Gebrauch von Preßluft ist zu vermeiden. Auch auf die Sauberkeit der Welle und des Gehäuses sowie aller anderen Teile ist zu achten. Gußstücke müssen frei von Formsand sein. Die inneren Gehäuseflächen sollten nach dem Reinigen mit einem Schutzanstrich versehen werden, der verhindert, daß sich kleinste Teilchen während des Betriebes ablösen. An den Sitzstellen des Lagers auf der Welle und im Gehäuse sind Rostschutzüberzüge und Farbrückstände sorgfältig zu entfernen. Bei Drehteilen ist darauf zu achten, daß Grate entfernt und alle scharfen Kanten gebrochen werden.

Montageplatz staubfrei und trocken halten

Auf Sauberkeit von Welle und Gehäuse achten

2.5 Anschlußteile

Alle zur Lagerung gehörenden Teile sind vor dem Zusammenbau auf ihre Maß- und Formgenauigkeit zu kontrollieren.

Nicht eingehaltene Lagersitztoleranzen, unrunde Gehäuse und Wellen, schiefe Anlagefläche usw. beeinträchtigen den einwandfreien Lauf eines Wälzlagers und können zum vorzeitigen Ausfall führen. Daß solche Fehler für den Ausfall verantwortlich sind, ist später nicht immer ohne weiteres zu erkennen. Durch die Suche nach der Ausfallursache geht dann wertvolle Zeit verloren.

Teile vor dem Einbau auf Maß- und Formgenauigkeit kontrollieren

2.6 Passungen

Für den einwandfreien Lauf eines Wälzlagers ist es ausschlaggebend, daß die auf der Zeichnung vorgeschriebene Passung der Lagerringe eingehalten wird (Tafel 7.3 und 7.4, S. 86 bis 93).

Dazu muß man wissen, daß die Frage nach der „richtigen“ Passung nicht mit einer einfachen, einheitlichen Angabe beantwortet werden kann; die Passungen müssen vielmehr auf die Betriebsverhältnisse der Maschine und den konstruktiven Aufbau der Lagerung abgestimmt sein. Grundsätzlich sollten beide Wälzlageringringe durch die Sitzfläche gut unterstützt und daher möglichst fest gepaßt sein. Das ist jedoch nicht immer möglich, weil der Ein- und Ausbau dadurch erschwert wird oder weil ein Ring bei Loslagern leicht verschiebbar sein muß.

Das Übermaß bei festen Passungen führt zu einer Aufweitung des Innenrings bzw. zu einer Einschnürung des Außenrings und damit zu einer Verringerung der Radialluft. Deshalb muß die Radialluft auf die Passungen abgestimmt sein.

Der Monteur muß die Wellen- und Gehäuseabmaße überprüfen. Wenn der Sitz zu lose ist, wandert der Ring auf der Welle; Ring und Welle können dadurch beschädigt werden. Außerdem leidet die Arbeitsgenauigkeit der Maschine, oder die Laufbahn des Rings ermüdet vorzeitig, weil er ungenügend unterstützt ist. Andererseits kann ein fester Sitz zu einer zu großen Vorspannung und zu Heißlauf führen.

Die auf der Zeichnung vorgeschriebene Passung der Lagerringe unbedingt einhalten

Wellen- und Gehäuseabmaße überprüfen

Da sich wegen der verhältnismäßig geringen Wanddicke der Wälzlageringringe Formfehler der Gegenstücke auf die Laufbahnen übertragen, müssen außer den Durchmesser-toleranzen der Sitzflächen auch deren Formtoleranzen kontrolliert werden. Bei zylindrischen Sitzen prüft man die Zylinderform (DIN ISO 1101). Bei kegeligen Sitzen werden Rundheit (DIN ISO 1101), der Kegelwinkel und die Geradheit der Kegelmantellinie (DIN 7178) geprüft.

Formtoleranzen der Sitzflächen kontrollieren

Die Oberfläche von Welle und Gehäuse glätten sich beim Fügen, die Oberflächen des Lagers dagegen kaum. Je rauher die Oberflächen, desto mehr Übermaß geht verloren. Deshalb prüft man auch die Rauheit (DIN 4768) der Lagersitze.

Rauheit der Lagersitze prüfen

Vorbereitungen

2.7 Kontrolle des Lagersitzes

Bei allen Messungen ist zu beachten, daß das Meßgerät annähernd die gleiche Temperatur hat wie die zu messenden Teile.

2.7.1 Zylindrische Sitzflächen

Bei Wellen verwendet man als Meßmittel meistens ein Außenmikrometer, Bild 2; dabei ist die Meßgenauigkeit durch Eichung zu überprüfen.

2: Außenmikrometer dienen zur Messung von Wellendurchmessern.



3: Eine sichere Positionierung und eine einwandfreie Messung zylindrischer Sitzflächen gewährleistet das Bügelmeßgerät. Auf der Maßscheibe ist der Durchmesser gekennzeichnet, an dem das Gerät eingestellt werden muß.



Daneben hat sich das Bügelmeßgerät, Bild 3, bewährt. Es arbeitet als Vergleichsmeßgerät; seine Einstellung wird mit Maßscheiben überprüft. Die für jeden Durchmesser erforderlichen Maßscheiben liefert FAG.

Zum Messen von Bohrungen benutzt man ein Innenmikrometer, Bild 4.

Auch handelsübliche Vergleichsmeßgeräte werden verwendet (Bild 5–7).



4: Mit dem Innenmikrometer mißt man Bohrungen.



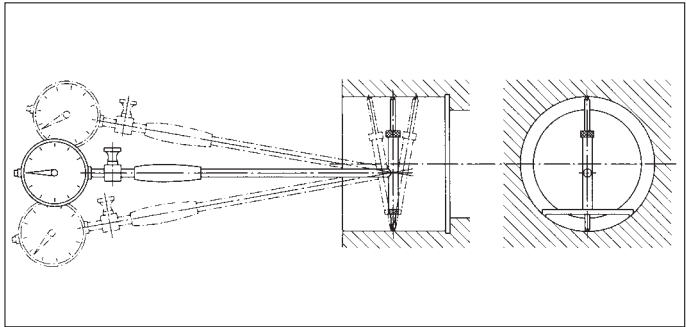
5: Für das Messen von Bohrungen eignen sich besonders Vergleichsmeßgeräte. Der dargestellte Maßring wird zur Einstellung verwendet.

Vorbereitungen

6: Die Bohrung eines Stehagerhäuses wird mit dem Bohrungsmeßgerät gemessen.



7: Prinzipskizze einer Messung mit dem Bohrungsmeßgerät. Hierbei wird das Kleinmaß ermittelt.

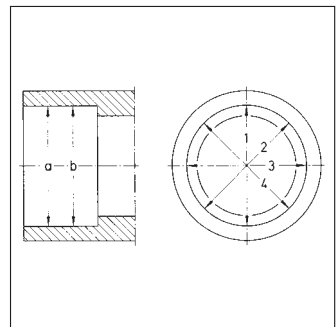
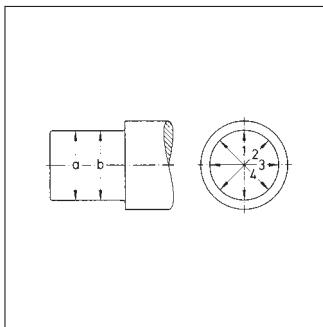


Durchmesser und Zylinderform von Welle und Gehäuse kontrollieren

Außer den Durchmessern von Welle und Gehäuse prüft man auch ihre Zylinderform.

Üblicherweise wird dabei der Durchmesser (Zweipunktmessung) in zwei verschiedenen Querschnitten und mehreren Ebenen gemessen, Bilder 8 und 9.

8, 9: Üblicherweise prüft man die Zylinderform von Welle und Gehäuse, indem man in zwei Querschnitten und mehreren Ebenen die Durchmesser mißt (Zweipunktmessung).



Wenn keine besonderen Vorschriften in der Werkstattzeichnung enthalten sind, gilt als Regel, daß für die Zylinderform die Hälfte der Durchmessertoleranz ausgenutzt werden darf. Dies bezieht sich auf die Zweipunktmessung.

Nach DIN ISO 1101 ist die Zylinderformtoleranz dagegen auf den Radius bezogen. Die nach dieser Norm festgelegten Toleranzwerte müssen deshalb bei der Zweipunktmessung verdoppelt werden.

2.7.2 Kegelige Sitzflächen

Damit der Innenring fest auf der Welle sitzt, muß der Kegel der Welle genau mit dem Kegel der Innenringbohrung übereinstimmen.

Der Kegel der Wälzlagerringe ist genormt. Er beträgt bei den meisten Lagerreihen 1:12, bei einigen breiten Lagern 1:30.

Das einfachste Meßmittel für kleine kegelige Lagersitzstellen ist der Kegel-Lehrring, Bild 10. Durch Tuschiehren stellt man fest, ob Welle und Lehrring übereinstimmen, und korrigiert so lange, bis der Lehrring auf seiner ganzen Breite trägt. FAG liefert Lehrringe für Kegeldurchmesser von 25 bis 150 mm.

Die Innenringe von Lagern sollten nicht als Lehrringe benutzt werden.

Für die genaue Überprüfung von kegelligen Wellensitzflächen hat FAG die Kegelmeßgeräte FAG MGK 133 und FAG MGK 132 entwickelt. Anhand eines Vergleichskegels oder -segments werden Kegel und Durchmesser der Lagersitzstelle exakt gemessen. Beide Geräte sind leicht zu handhaben; das Werkstück braucht für die Messung nicht aus der Bearbeitungsmaschine genommen zu werden.

Innenring nicht als Kegel-Lehrring benutzen.

Zur genauen Kontrolle Kegelmeßgerät FAG MGK 133 und FAG MGK 132 benutzen



10: Kleine kegelige Lagersitze prüft man mit dem Kegel-Lehrring.

Vorbereitungen

11: Mit dem Kegelmaßgerät FAG MGK 133 mißt man Kegel, die kürzer als 80 mm sind.

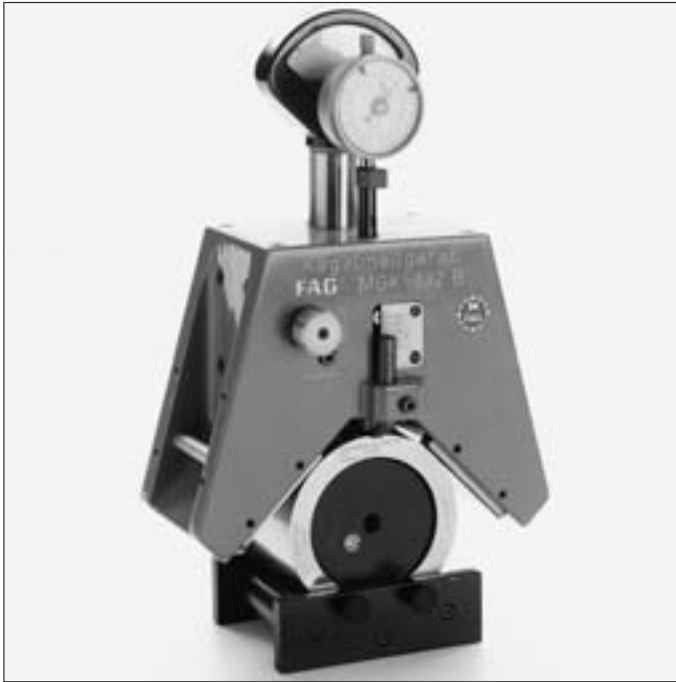
Je nach Gerätegröße kann der Außendurchmesser des Kegels 27 bis 205 mm betragen.



Kegel, die kürzer als 80 mm sind, werden mit dem Meßgerät FAG MGK 133, Bild 11, gemessen.

Meßbereiche

Kegelmeßgerät	MGK 133A	MGK 133B	MGK 133C	MGK 133D	MGK 133E	MGK 133F	MGK 133G
Kegeldurchmesser [mm]	27...47	47...67	67...87	87...115	115...145	145...175	175...205
Kegel	Kegel 1:12 und 1:30 (andere Kegel auf Anfrage)						
min. Kegellänge [mm]	17	21	28	34	42	52	65
Abstand der Maßebenen [mm]	12	15	20	25	33	45	58



12: Das Kegelmeßgerät FAG MGK 132 eignet sich für Kegellängen ab 80 mm und Kegeldurchmesser von 90 bis 820 mm.

Das Meßgerät FAG MGK 132 wird bei Kegeln ab 90 mm Durchmesser verwendet, die mindestens 80 mm lang sind, Bild 12.

Meßbereiche

Kegelmeßgerät	MGK 132B	MGK 132C	MGK 132D	MGK 132E	MGK 132F
Kegeldurchmesser [mm]	90...210	190...310	290...410	390...510	490...820
Kegel	Kegel 1:12 und 1:30 (andere Kegel auf Anfrage)				
min. Kegellänge [mm]	80	80	110	125	140
Bezugslänge der Neigungsmessung [mm]	20	20	25	30	36

3 Einbau von Wälzlagern

Nicht mit dem Hammer auf die Ringe schlagen

Bei nichtzerlegbaren Lagern Montagekraft an dem Ring ansetzen, der montiert wird

Wegen der verschiedenen Bauarten und Größen können Wälzlager nicht alle nach der gleichen Methode montiert werden. Man unterscheidet zwischen mechanischen, hydraulischen und thermischen Verfahren.

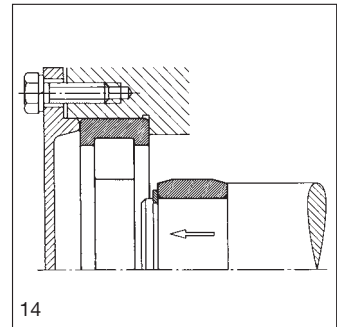
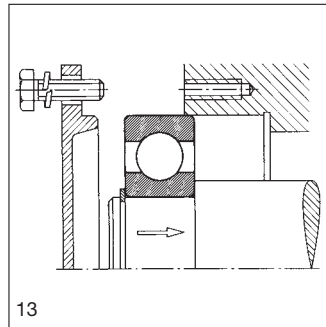
Die gehärteten Lagerringe sind gegen Schlagbeanspruchung empfindlich. Daher darf man nicht mit dem Hammer unmittelbar auf die Ringe schlagen.

Beim Einbau nichtzerlegbarer Lager, Bild 13, müssen die Montagekräfte immer an dem fest gepaßten Ring angreifen. Dieser Ring wird auch zuerst montiert. Am lose gepaßten Ring angreifende Kräfte würden von den Rollkörpern übertragen, wodurch Laufbahnen und Rollkörper beschädigt werden könnten.

Bei zerlegbaren Lagern, Bild 14, ist der Einbau einfacher; beide Ringe können einzeln montiert werden. Eine schraubende Drehung beim Zusammenbau hilft, Schürfmacken zu vermeiden.

13: Erhält der Innenring eines nichtzerlegbaren Lagers einen Festsitz, so wird das Lager zuerst auf die Welle gepreßt. Anschließend schiebt man das Lager mit der Welle zusammen in das Gehäuse.

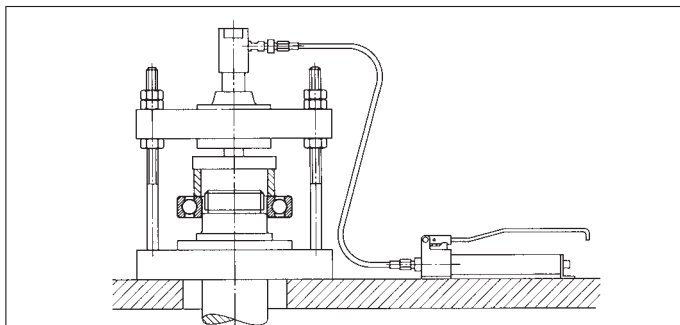
14: Bei zerlegbaren Lagern kann man die Ringe einzeln montieren. Dies ist besonders von Vorteil, wenn beide Ringe fest gepaßt sind. Zur Vermeidung von Schürfmacken während des Zusammenbaus leicht drehen.



3.1 Mechanische Verfahren

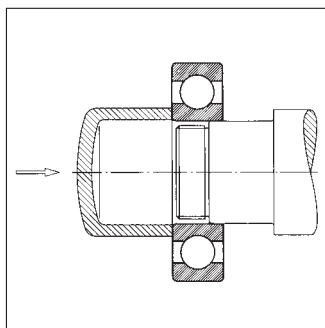
3.1.1 Einbau bei zylindrischen Sitzen

Lager bis etwa 80 mm Bohrungsdurchmesser können bei den üblichen Festsitzen kalt auf die Welle gepreßt werden. Es empfiehlt sich, hierzu eine mechanische oder hydraulische Presse zu verwenden, Bild 15.



15: Lager bis etwa 80 mm Bohrung können mit einer hydraulischen Presse auf die Welle gepreßt werden.

Steht keine Presse zur Verfügung, dann kann man das Lager bei nicht zu festen Passungen notfalls auch mit leichten Hammerschlägen auf die Welle treiben. Dabei muß in jedem Fall eine Schlagbüchse aus weichem Stahl und mit ebener Stirnfläche verwendet werden, damit die Kraft gleichmäßig am ganzen Umfang des Ringes angreift und das Lager nicht beschädigt wird, Bild 16.



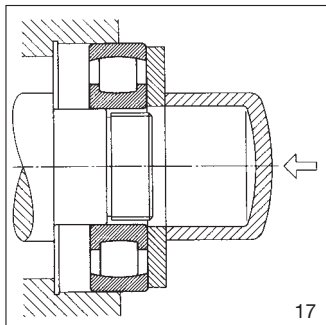
16: Notfalls können kleine Lager mit leichten Hammerschlägen aufgetrieben werden, wenn man eine geeignete Schlagbüchse verwendet.

Der lichte Durchmesser dieser Büchse soll nur wenig größer als die Lagerbohrung sein; der äußere Durchmesser darf nicht größer als der Innenringbord sein, da sonst Gefahr besteht, daß der Käfig beschädigt wird.

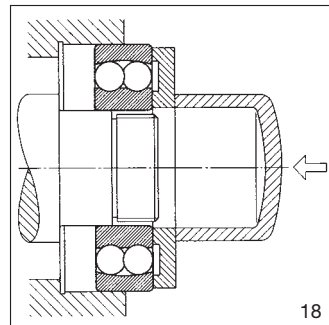
Soll ein winkeleinstellbares Lager gleichzeitig auf die Welle gepreßt und in das Gehäuse eingeführt werden, dann muß man eine Scheibe verwenden, die an den beiden Lagerringen anliegt; dadurch wird ein Verkanten des Außenrings im Gehäuse vermieden, Bild 17.

Einbau

17: Gleichzeitiges Aufpressen von Lagern auf die Welle und Einführen in das Gehäuse mit Hilfe einer Montagescheibe.



18: Die Montagescheibe ist bei einigen Pendelkugellagern auszudrehen.



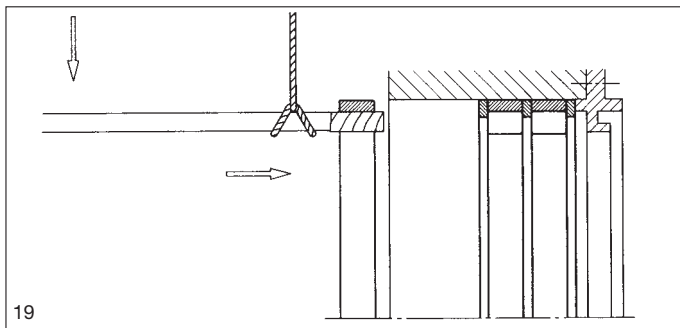
Bei einigen Pendelkugellagern stehen die Kugeln seitlich vor. Hier ist die Scheibe auszudrehen, Bild 18.

Bei sehr festen Passungen auch kleine Lager warm montieren

Sind sehr feste Passungen vorgeschrieben, dann sollte man auch kleine Lager warm montieren, Abschnitt 3.2.

Bei Leichtmetallgehäusen könnten die Sitzflächen verletzt werden, wenn der Außenring mit fester Passung in die Gehäusebohrung gepreßt wird. In diesem Fall ist das Gehäuse anzuwärmen oder das Lager zu kühlen.

19: Die Außenringe von großen Zylinderrollenlagern werden mit Hilfe eines Montagehebels eingeführt.



Schwere, mit Schiebesitz gepaßte Lageraußenringe können mit einem Montagehebel montiert werden, Bild 19.

Damit die Lauffläche bzw. die Rollensätze nicht beschädigt werden, ist der Montagehebel an der Auflagestelle mit Lappen zu umwickeln (keine Putzwolle verwenden).

Besonderheiten bei Nadellagern

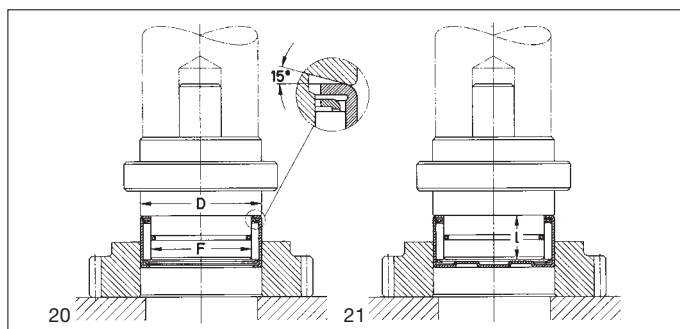
Nadellager mit massiven Ringen

Nadellager mit massiven Ringen werden nach den gleichen Gesichtspunkten montiert wie Zylinderrollenlager. Nebeneinander eingebaute Lager müssen die gleiche Radialluft haben, damit sich die Belastung gleichmäßig verteilt.

Nadelhülsen und Nadelbüchsen

Die genaue Form erhalten Nadelhülsen und Nadelbüchsen wegen ihres dünnen Außenrings durch feste Gehäusepassungen, die eine seitliche Befestigung überflüssig machen.

Zum Einpressen der Nadelhülsen und Nadelbüchsen verwendet man besondere Montagedorne. Üblicherweise liegt der Dorn an der gestempelten Stirnseite des Lagers an, die bei den kleineren Lagern gehärtet ist. Aber auch beim Einpressen an einem ungehärteten Bord kommt es nicht zu Verformungen oder zu einem Verklemmen des Nadelkranzes, wenn der Montagedorn richtig dimensioniert ist, Bilder 20 und 21.



20, 21: Nadelhülsen und Nadelbüchsen werden mit einem Montagedorn in das Gehäuse gepreßt.

20: Nadelhülse

21: Nadelbüchse

Nadelkränze

Nadelkränze schiebt man entweder auf die Welle und führt die Teile gemeinsam ins Gehäuse ein oder man schiebt Nadelkränze ins Gehäuse und führt dann die Welle ein. Die Montage erfolgt unbelastet mit einer schraubenden Bewegung.

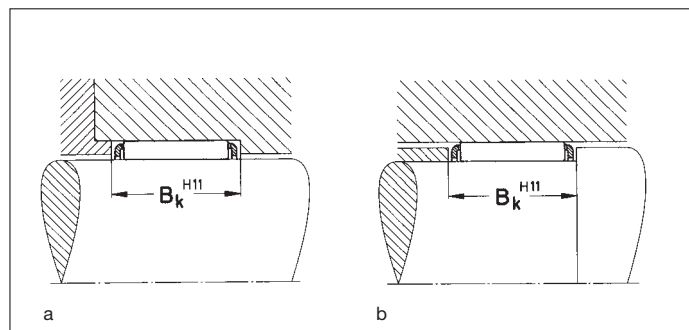
Nadelkränze können seitlich an der Welle oder am Gehäuse geführt werden, Bild 22.

Der Abstand zwischen den seitlichen Anlaufflächen der Käfigs muß genügend groß sein (Toleranz H11), damit die Nadelkränze nicht verklemmen.

Die Radialluft einer Lagerung mit Nadelkränzen richtet sich nach den Bearbeitungstoleranzen der gehärteten und geschliffenen Laufbahnen auf der Welle und im Gehäuse. Nebeneinander angeordnete Nadelkränze müssen Nadelrollen der gleichen Sorte haben.

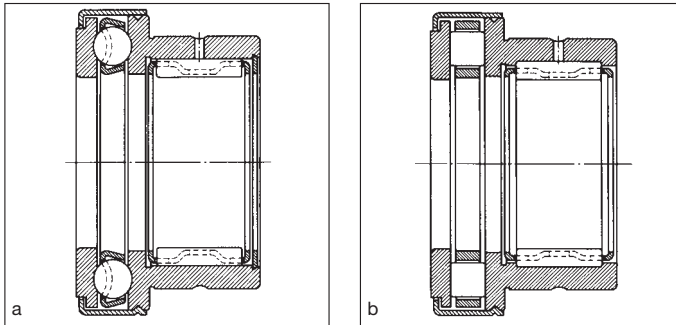
22: Nadelkränze können an der Welle oder am Gehäuse geführt werden.

- a: Führung am Gehäuse
- b: Führung an der Welle



Kombinierte Nadellager

Die festen Passungen der kombinierten Nadellager führen zu relativ großen Einpreßkräften. Das ist vor allem bei Nadel-Axial-Rillenkugellagern und Nadel-Axial-Zylinderrollenlagern mit Staubkappen zu beachten, bei denen der Rollenkörperkranz des Axiallagers nicht abgenommen werden kann. Diese Lager müssen eingepreßt werden. Von Vorteil ist es, das Gehäuse anzuwärmen.

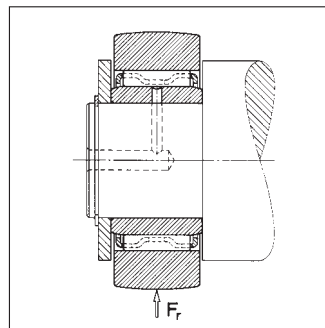


23: Kombinierte Nadel-Axial-Rillenkugellager und Nadel-Axial-Zylinderrollenlager mit Staubkappe müssen in das Gehäuse eingepreßt werden.

- a: Nadel-Axial-Rillenkugellager
- b: Nadel-Axial-Zylinderrollenlager

Stützrollen

Da bei Stützrollen der Innenring meist Punktlast hat, ist keine feste Passung auf der Welle erforderlich. Bei der Montage ist darauf zu achten, daß die Schmierbohrung in die unbelastete Laufbahnzone zu liegen kommt. Der Außenring von Stützrollen ohne Axialführung benötigt seitliche Anlaufflächen.



24: Die Schmierbohrung muß bei der Montage von Stützrollen in die unbelastete Laufbahnzone zu liegen kommen. Stützrollen ohne Axialführung benötigen seitliche Anlaufflächen für den Außenring.

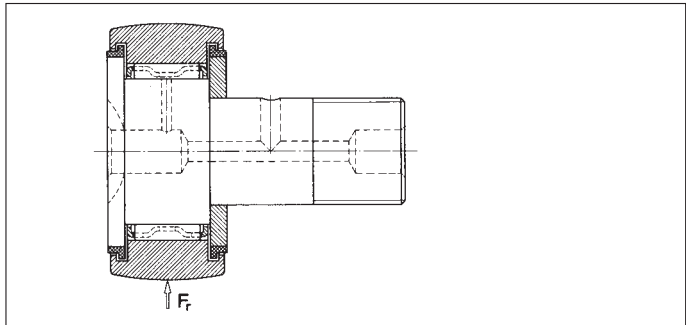
Kurvenrollen

Bei der Montage von Kurvenrollen ist darauf zu achten, daß die radiale Schmierbohrung in die unbelastete Laufbahnzone zu liegen kommt.

Beim Einbau einer Kurvenrolle in die Durchgangsbohrung eines Maschinenrahmens muß der Bolzen üblicherweise beim Anziehen der Mutter gegen Mitdrehen gehalten werden. Deshalb befindet sich im Bolzen auf der Seite des Bundes eine Nut, Bild 25.

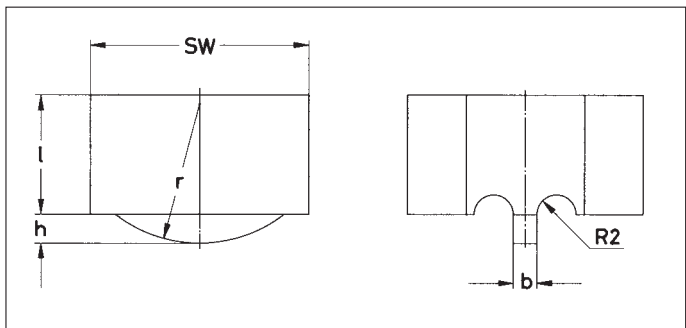
Einbau

25: Die Nut im Bund erleichtert das Festhalten des Bolzens beim Festschrauben einer Kurvenrolle.



Soll eine Kurvenrolle in eine Sackbohrung geschraubt werden, muß das Anziehdrehmoment über die Nut aufgebracht werden. Dazu ist ein geeignetes Werkzeug erforderlich, Bild 26. Mit diesen Werkzeugeinsätzen können etwa 75% der in den Katalogen vorgegebenen Anziehdrehmomente sicher aufgebracht werden.

26: Mit Werkzeugeinsätzen kann man den Bolzen einer Kurvenrolle in eine Sackbohrung schrauben.



3.1.2 Einbau bei kegeligen Sitzen

Lager mit kegeliger Bohrung werden entweder unmittelbar auf der kegeligen Welle oder mit einer Spann- oder Abziehhülse auf der zylindrischen Welle befestigt.

Ausgewaschene Lagerbohrung und Sitzflächen von Welle und Hülse nur hauchdünn einölen

Die ausgewaschene Lagerbohrung sowie die Sitzflächen von Welle und Hülse dürfen beim Einbau nur hauchdünn eingeölt werden. Eine dickere Schmierstoffschicht würde zwar die Reibung verringern und damit den Einbau erleichtern; im Betrieb wird der Schmierstoff jedoch allmählich aus der Paßfuge herausgequetscht. Dadurch geht der feste Sitz verloren, der Ring oder die Hülse beginnen zu wandern, und die Oberflächen fressen.

Beim Aufschieben des Lagers auf den Kegel wird der Innenring aufgeweitet und die Radialluft dadurch verringert. Die Radialluftverminderung ist deswegen ein Maß für den Sitzcharakter des Innenrings.

Die Radialluftverminderung ergibt sich aus der Differenz zwischen der Radialluft vor und nach dem Lagereinbau. Die Radialluft muß also zunächst vor dem Einbau gemessen werden; beim Aufpressen auf den Kegel ist die Luft dann ständig zu kontrollieren, bis die notwendige Luftverminderung und damit der erforderliche Festsitz erreicht ist.

Anstelle der Radialluftverminderung kann man auch den axialen Verschiebeweg auf dem Kegel messen. Bei dem normalen Kegel 1:12 der Innenringbohrung entspricht der Verschiebeweg etwa dem Fünfzehnfachen der Radialluftverminderung. In dem Faktor 15 ist berücksichtigt, daß sich das Übermaß der Paßflächen nur zu 75 bis 80% als Aufweitung der Innenringlaufbahn auswirkt.

Ist bei kleinen Lagern auch der Verschiebeweg nicht mehr sicher zu messen, dann sollte man das Lager nach Möglichkeit außerhalb des Gehäuses aufziehen. Das Lager darf dabei nur soweit aufgepreßt werden, daß es sich noch leicht dreht und der Außenring sich leicht von Hand ausschwenken läßt. Der Monteur muß ein Gefühl dafür haben, wann das aufgesetzte Lager noch frei läuft.

Wird ein demontiertes Lager wieder eingebaut, genügt es nicht, die Haltemutter in ihre frühere Stellung zu bringen. Nach längeren Betriebszeiten lockert sich nämlich der Sitz, weil sich das Gewinde setzt und sich die Sitzflächen glätten. Die Radialluftverminderung, der Verschiebeweg oder die Aufweitung müssen also auch in diesem Fall gemessen werden. Die Werte für die Radialluftverminderung, die dem notwendigen festen Sitz entsprechen, sind im Anhang (Tafel 7.16 und 7.17, S. 109 und 110) aufgeführt.

Die Radialluft mißt man mit Fühllehren, Bild 27.

Bei Pendelrollenlagern muß die Radialluft gleichzeitig über beiden Rollkörperreihen gemessen werden, Bild 28. Nur bei gleichen Luftwerten über beiden Rollenreihen ist gewährleistet, daß der Innenring nicht seitlich zum Außenring versetzt ist. Ein Fluchten der Stirnflächen ist wegen der Breitentoleranz der Ringe kein sicherer Maßstab.

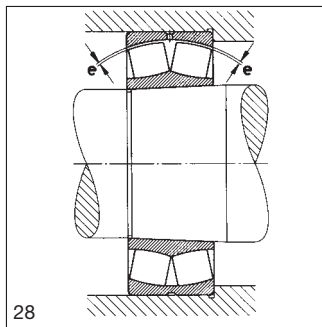
Radialluftverminderung, Verschiebeweg oder Aufweitung messen

Auch beim Wiedereinbau Radialluftverminderung, Verschiebeweg oder Aufweitung messen

Die Radialluft mit Fühllehren messen



27



28

27: Messen der Radialluft mit Fühllehren vor dem Lagereinbau.

28: Bei Pendelrollenlagern muß die Radialluft gleichzeitig über beiden Rollenreihen gemessen werden.

Einbau

Bei zerlegbaren Lagern Aufweitung des Innenrings messen

29: Die Aufweitung eines Zylinderrollenlager-Innenrings wird mit einem Außenmikrometer gemessen.

Bei Zylinderrollenlagern können Innen- und Außenring einzeln eingebaut werden. Ist der Innenring vom Lager abziehbar, so kann man statt der Radialluftverminderung die Aufweitung des Innenrings mit einem Außenmikrometer messen, Bild 29.



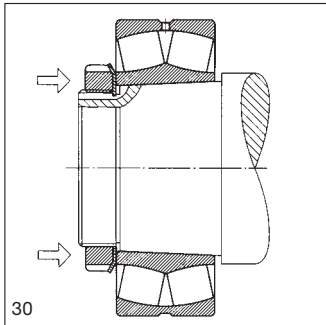
Zum Aufpressen des Lagers auf den Kegelsitz oder zum Einpressen einer Abziehhülse benutzt man mechanische oder hydraulische Vorrichtungen. Welche Montageart im Einzelfall zu wählen ist, hängt von den Einbauverhältnissen ab.

Kleine Lager mit Wellenmutter und Hakenschlüssel montieren

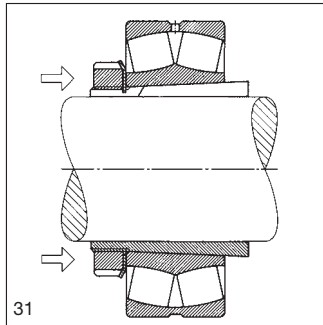
Kleine und mittelgroße Lager kann man mit einer Wellenmutter auf die kegelige Sitzfläche aufschieben, Bild 30. Zum Anziehen der Mutter wird ein Hakenschlüssel verwendet.

Kleine Lager mit Spannhülse werden mit der Spannhülsemutter und einem Hakenschlüssel auf den kegeligen Sitz der Hülse geschoben, Bild 31.

Kleine Abziehhülsen werden mit der Wellenmutter in den Spalt zwischen Welle und Innenring gepreßt, Bild 32.



30: Aufpressen eines Pendelrollenlagers mit der Wellenmutter

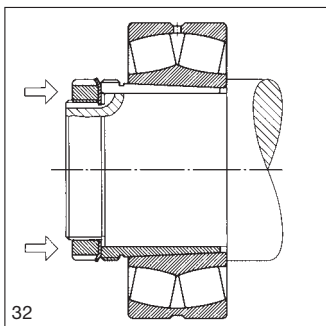


31: Aufpressen eines Pendelrollenlagers auf eine Spannhülse mit der Spannhülsemutter

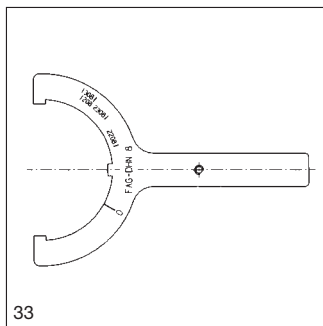
Doppelhakenschlüssel

Die Doppelhakenschlüsselsätze FAG 173556 und 173557 sind für den Einbau von Pendelkugellagern auf Spannhülsen bestimmt. Beide Sätze enthalten Drehmomentschlüssel zur genauen Bestimmung der Montageausgangsstellung vor dem Aufschieben des Lagers.

Auf jeden Doppelhakenschlüssel sind Verdrehwinkel für die mit diesem Schlüssel zu montierenden Pendelkugellager eingraviert, so daß Aufschiebeweg und Radialluftverminderung exakt eingestellt werden können, Bild 33.



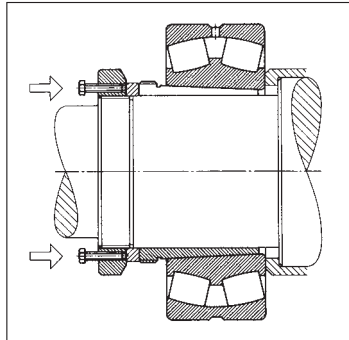
32: Einpressen einer Abziehhülse mit der Wellenmutter



33: Doppelhakenschlüssel mit eingravierten Verdrehwinkeln für passende Pendelkugellager

Einbau

34: Wellenmuttern mit Druckschrauben erleichtern das Einpressen großer Abziehhülsen. Zwischen Mutter und Hülse befindet sich ein Ring.



Bei größeren Lagern sind zum Anziehen der Mutter erhebliche Kräfte notwendig. In solchen Fällen erleichtert die in Bild 34 gezeigte Wellenmutter mit Druckschrauben den Einbau.

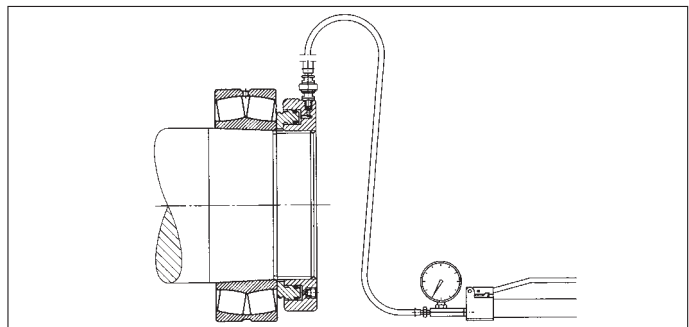
Damit das Lager oder die Hülse nicht verkantet, zieht man die Mutter zunächst nur soweit an, bis Mutter und Montagering satt anliegen. Die auf dem Umfang gleichmäßig verteilten Druckschrauben aus vergütetem Stahl – ihre Anzahl richtet sich nach den erforderlichen Kräften – werden dann solange gleichmäßig „über Kreuz“ angezogen, bis die geforderte Radialluftverminderung erreicht ist. Da die Kegelerbindung selbsthemmend ist, kann die Vorrichtung dann abgenommen und das Lager mit der eigentlichen Haltemutter gesichert werden. Das Prinzip lässt sich auch bei Lagern anwenden, die auf einer Spannhülse oder unmittelbar auf einem kegeligen Zapfen befestigt werden.

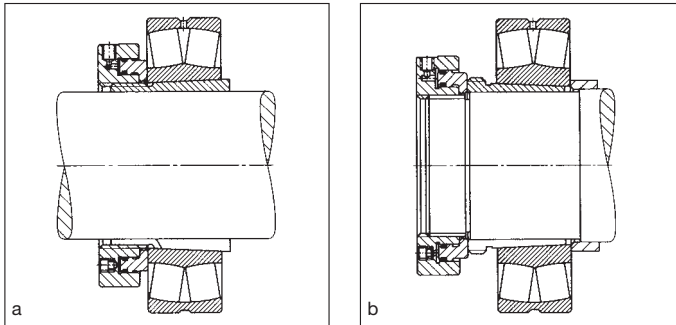
Bei der Montage größerer Lager FAG Ringkolbenpresse benutzen

Bei der Montage größerer Lager ist es angebracht, zum Aufschieben des Lagers oder zum Einpressen der Hülse eine hydraulische Vorrichtung zu benutzen. In den Bildern 35 und 36 ist das Aufpressen eines Pendelrollenlagers mit einer Ringkolbenpresse¹⁾ dargestellt.

¹⁾ Bezeichnungen und Abmessungen siehe Druckschrift „FAG Ringkolbenpresse“ Publ.-Nr. WL 80 103.

35: Ringkolbenpresse zum Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung auf eine kegelige Welle





36: Einbau eines Pendelrollenlagers mit einer Ringkolbenpresse

- a: Aufpressen auf eine Spannhülse
- b: Einpressen einer Abziehhülse

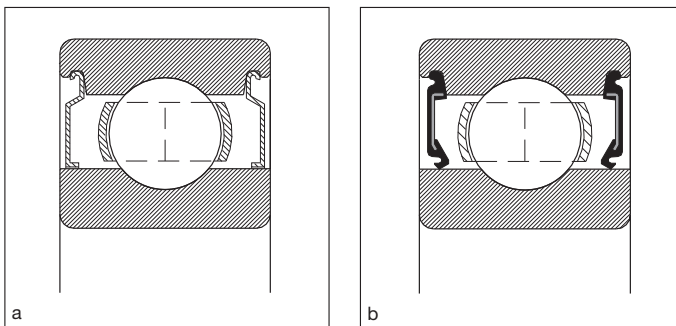
Ringkolbenpressen gibt es für die gängigen Hülsen und Wellengewinde. Auch durch das in Abschnitt 3.3 und 4.3 beschriebene Hydraulikverfahren werden der Einbau und vor allem der Ausbau sehr vereinfacht.

3.2 Thermische Verfahren

Sind bei zylindrischen Sitzen feste Passungen auf der Welle vorgeschrieben, so wärmt man meist die Lager zur Montage an. Eine ausreichende Aufweitung erzielt man bei 80 bis 100 °C. Beim Anwärmen der Lager muß die Temperatur genau kontrolliert werden. Sie darf keinesfalls über 120 °C steigen. Erwärmt man die Lager nämlich höher, so besteht Gefahr, daß sich das Gefüge der Lagerteile verändert; dabei fällt die Härte ab und die Maße ändern sich.

Für Lager mit Massivkäfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid gelten die gleichen Temperaturgrenzen wie für die anderen Wälzlager.

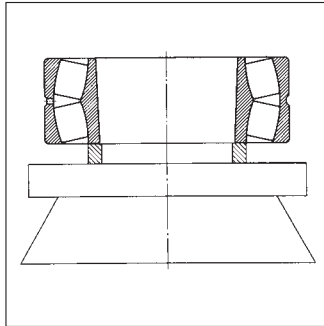
Lager mit Deckscheiben, Bild 37a und mit Dichtscheiben, Bild 37b sind bereits mit Fett gefüllt. Sie dürfen beim Einbau bis maximal 80 °C angewärmt werden; jedoch nicht im Ölbad.



37: Lager mit Deck- und mit Dichtscheiben dürfen nicht im Ölbad angewärmt werden. Die Temperatur darf 80 °C nicht übersteigen.

- a: Lager mit Deckscheiben
- b: Lager mit Dichtscheiben

38: Zwischen eine nicht temperaturgeregelte Heizplatte und den Innenring eines Pendelrollenlagers E mit Polyamidkäfig legt man einen Ring oder eine Scheibe ein.



3.2.1 Anwärmen auf Heizplatte

Behelfsmäßig kann man Wälzlager auf einer nach Möglichkeit temperaturgeregelten Heizplatte anwärmen. Dabei ist das Lager mehrmals zu wenden, damit es gleichmäßig warm wird.

Sollte die Temperatur einer Heizplatte 120 °C unkontrolliert überschreiten, dürfen Polyamidkäfige nicht auf der Heizplatte aufliegen. Dies läßt sich vermeiden, wenn man zwischen Platte und Innenring eine Ring oder eine Scheibe einlegt, Bild 38.

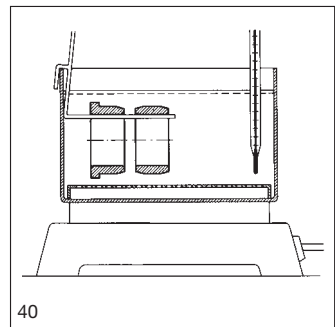
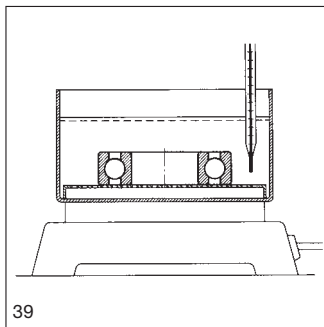
3.2.2 Anwärmen im Ölbad

Meist werden Wälzlager in einem temperaturgeregelten Ölbad angewärmt. Bei dieser Methode ist eine gleichmäßige Erwärmung gewährleistet, und die Montagetemperatur von 80 bis 100 °C kann sicher eingehalten werden. Über dem Boden des Ölbehälters sollte jedoch ein Sieb oder Rost liegen, damit sich das Lager vom Boden her nicht ungleichmäßig erwärmt und damit Verunreinigungen, die sich im Ölbad abgesetzt haben, nicht in das Lager gelangen, Bild 39. Man kann die Lager auch in das Ölbad hängen, Bild 40. Nach dem Anwärmen muß das Öl gut abtropfen. Alle Paß- und Anlageflächen werden sorgfältig abgewischt.

39, 40: Im Ölbad erwärmen sich die Lager gleichmäßig; die Temperatur von 80 °C bis 100 °C ist leicht zu kontrollieren. Nachteil: Gefahr der Verschmutzung.

39: Anwärmen eines Rillenkugellagers im Ölbad

40: Anwärmen von Zylinderrollenlager-Innenringen im Ölbad



Das Aufziehen von angewärmten Ringen oder Lagern erfordert einige Geschicklichkeit, Bild 41. Die Teile werden schnell und ohne Verkanten in einem Zug bis zum Anschlag an der Sitzstelle aufgeschoben. Eine leicht schraubende Drehung beim Aufsetzen auf die Welle erleichtert das zügige Montieren. Bei der Montage verwendet man Asbesthandschuhe oder nichtfasernde Lappen, jedoch keine Putzwolle.

Großlager können meist nur mit einem Kran transportiert werden. Das Lager wird in eine Montagezange, Bild 42, gehängt.

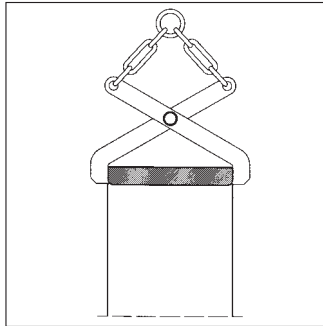
Größere Lager warm aufziehen

Bei der Montage keine Putzwolle verwenden



41: Angewärmte Lagerteile schiebt man schnell und ohne Verkanten bis zum Anschlag auf. Erleichtert wird dies durch eine leicht schraubende Drehung.

42: Montagezange



**Aufgeschobenen Ring sofort
festspannen**

Nach dem Aufschieben ist der Innenring sofort gegen seine axiale Anlage zu spannen und bis zum Erkalten unter Spannung zu halten, damit er danach satt anliegt. Auch zwischen zwei nebeneinandersitzenden Ringen darf kein Spalt bleiben.

3.2.3 Anwärmen im Heißluftofen

Eine sichere und saubere Methode ist es, Wälzlager in einem Heißluftofen anzuwärmen. Die Temperatur wird mit einem Thermostat geregelt und daher sehr genau eingehalten. Ein Verschmutzen der Lager ist praktisch ausgeschlossen. Nachteilig ist, daß das Anwärmen in heißer Luft verhältnismäßig lange dauert; es müssen deshalb bei Serienmontagen entsprechend große Heißluftöfen bzw. Wärmeschränke vorgesehen werden.

3.2.4 Induktives Anwärmgerät

Schnell, sicher und vor allem sauber werden Wälzlager mit induktiven Anwärmgeräten, die nach dem Transformatorprinzip arbeiten, auf Montagetemperatur gebracht. Die Geräte werden vor allem bei Serienmontagen eingesetzt.

Mit den sechs FAG Anwärmgeräten erwärmt man Wälzlager aller Bauarten, auch gefettete und abgedichtete Lager. Das kleinste Gerät AWG.MINI wird für Lager ab 20 mm Bohrung verwendet. Das maximale Lagergewicht beträgt etwa 20 kg. Der Einsatzbereich des größten Geräts AWG40 beginnt bei 85 mm Bohrung. Das schwerste Werkstück darf etwa 800 kg wiegen.

Beschreibungen der FAG Anwärmgeräte siehe FAG-TI WL 80-47.



43, 44: Schnelles, sauberes und sicheres Erwärmen auf Montagetemperatur mit induktivem Anwärmgerät

43: FAG AWG3,5



44: FAG AWG13

45: Induktive Montage-
vorrichtung für 380 V beim
Anwärmen eines Innenrings



3.2.5 Induktive Montagevorrichtung*)

Eine Möglichkeit, Innenringe von Zylinderrollenlagern und Nadellagern ab 100 mm Bohrung zu erwärmen, bieten induktive Montagevorrichtungen.

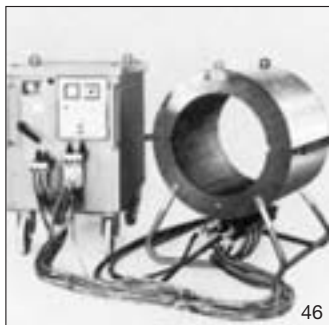
Die hier gezeigten induktiven Vorrichtungen können beim Einbau wie auch beim Ausbau benutzt werden. Überwiegend verwendet man sie jedoch beim Abziehen der Ringe, Abschnitt 4.2.2. Die Erwärmung geht so rasch vor sich, daß beim Ausbau von festsitzen- den Innenringen nur wenig Wärme in die Welle übergeht, so daß sich die Ringe leicht von der Welle lösen.

Die induktive Montagevorrichtung ist wirtschaftlich, wenn Zylinderrollenlager-Innenringe in großen Stückzahlen montiert werden müssen, so z. B. Radsatzrollenlager bei Schienenfahrzeugen, oder wenn große Lager – wie im Walzwerk beim Wechseln der Walzen – häufig aus- und eingebaut werden müssen.

Induktive FAG Montagevorrichtungen können zwischen zwei Phasen an das 380 V-Drehstromnetz (50 oder 60 Hz) angeschlossen werden. Zum Erwärmen von Innenringen bis zu einem Bohrungsdurchmesser von etwa 200 mm werden Vorrichtungen verwendet, die an das 380 V-Netz direkt angeschlossen werden, Bild 45. Bei größeren Lagern empfiehlt es sich, auf ungefährliche Kleinspannungen von 20 bis 40 V bei 50 Hz (60 Hz) überzugehen.

Induktive Vorrichtungen für Kleinspannungen werden mit einem Transformator an das 380 V-Netz angeschlossen, Bild 46. Die Wicklung ist wassergekühlt, dadurch wird der Wirkungsgrad besser und die Vorrichtung handlicher und leichter.

*) Einzelheiten siehe Druckschrift „Induktive FAG Montagevorrichtungen“
Publ.-Nr. WL 80 107.



46: Montagevorrichtung für Kleinspannung mit Transformator EFB 125/1, für Zylinderrollenlager-Innenringe mit 635 mm Bohrungsdurchmesser:

– Ringgewicht	390 kg
– Gewicht der Vorrichtung	70 kg

47: Entmagnetisieren eines Zylinderrollenlager-Innenringes mit der induktiven Montagevorrichtung

Werden die Vorrichtungen beim Einbau benutzt, dann ist darauf zu achten, daß die Ringe nicht zu stark erwärmt werden. Die Anwärnzeiten sind der Betriebsanleitung zu entnehmen.

Die Betriebsanleitung beschreibt auch, wie man die Ringe nach dem induktiven Anwärmen mit der gleichen Vorrichtung in einfacher Weise entmagnetisiert, Bild 47.

Anwärnzeiten der Betriebsanleitung entnehmen

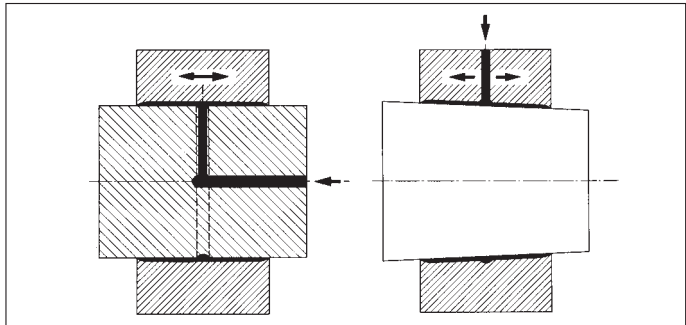
3.2.6 Unterkühlen

Ist ein fester Sitz des Außenrings vorgesehen, so wird das Gehäuse meist angewärmt. Bei sperrigen und großen Gehäusen stößt das mitunter auf Schwierigkeiten; in diesem Fall kühlt man das Wälzlager mit einer Mischung aus Trockeneis und Alkohol. Dabei sollte die Temperatur von -50 °C nicht unterschritten werden.

Das beim Temperaturausgleich entstehende Kondenswasser muß mit Öl restlos aus den Lagern herausgespült werden, da sonst Rostgefahr besteht.

Lager nicht unter -50 °C kühlen

48: Prinzip der Hydraulikmontage - Aufbau eines Flüssigkeitsfilms zwischen den Paßflächen



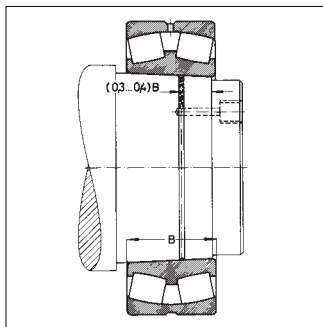
3.3 Hydraulikverfahren

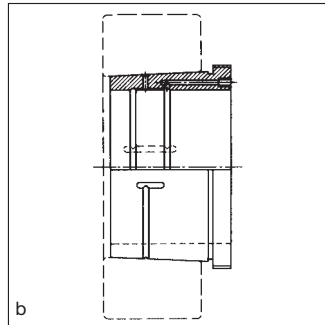
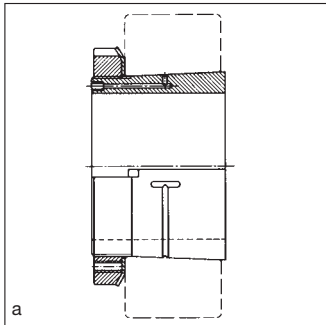
Beim Hydraulikverfahren wird Öl zwischen die Paßflächen gepreßt, z.B. Maschinenöl oder ein Öl mit rostlösenden Zusätzen. Der Ölfilm hebt die Berührung der Paßteile weitgehend auf, so daß sie mit geringem Kraftaufwand ohne Gefahr einer Oberflächenbeschädigung gegeneinander verschoben werden können. Passungsrost wird durch Petroleum oder rostlösende Zusätze im Öl aufgelockert.

Teile mit kegeligen Paßflächen können mit Hilfe des Hydraulikverfahrens aufgepreßt und abgepreßt werden. Zylindrische Paßteile werden warm gefügt und mit Hilfe des Hydraulikverfahrens abgezogen. Für des Einpressen des Öls müssen Ölnuten und Zuführungskanäle sowie Anschlußgewinde für die Druckerzeuger vorgesehen sein, Bilder 49, 50. Konstruktionsrichtlinien sind der FAG-Druckschrift „Hydraulikverfahren zum Ein- und Ausbau von Wälzlagern“ Publ.-Nr. WL 80102 zu entnehmen.

Beim Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung, die unmittelbar auf dem kegeligen Zapfen sitzen, wird nur wenig Öl für die Hydraulikmontage benötigt. Es genügen daher einfache Injektoren mit geringer Fördermenge, Bild 51. FAG liefert Injektoren in zwei Größen mit den Anschlußgewinden $G^{3/8}$ und $G^{3/4}$. Der kleinere Ölinjektor kann bis 80 mm, der größere bis 150 mm Wellendurchmesser eingesetzt werden.

49: Lage der Ölnut bei einem Lager mit kegeliger Bohrung

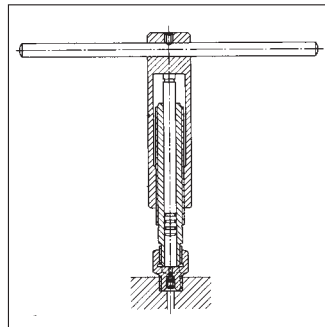




50: Größere Spann- und Abziehhülsen haben Ölzuführungsbohrungen und Ölritzen

a: Spannhülse, Ausführung HG

b: Abziehhülse, Ausführung H



51: Ölinjektor und Ventilnippel für Anschlußgewinde G $\frac{3}{8}$

Injektor FAG 107 640

Ventilnippel FAG 107 642

für Anschlußgewinde G $\frac{3}{4}$

Injektor FAG 107 641

Ventilnippel FAG 107 643

Bei zylindrischen Paßflächen und bei Spann- und Abziehhülsen erfordert der an den Rändern der Paßflächen auftretende Ölverlust eine stärkere Ölzufuhr, so daß eine Pumpe verwendet werden muß, Bilder 52 bis 54.

Als Druckflüssigkeit verwendet man ein Maschinenöl mittlerer Viskosität. Für den Einbau wird ein möglichst dünnflüssiges Öl mit einer Viskosität von $\approx 75 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Nenn-Viskosität $32 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei $40 \text{ }^\circ\text{C}$) empfohlen, damit das Öl nach der Montage mit Sicherheit restlos aus der Paßfuge entweicht.



52: FAG Handpumpensatz PUMPE1000.4L bestehend aus Zweistufenkolbenpumpe 1000 bar mit 4-l-Ölbehälter, Manometer, 1 Hochdruckschlauch und Steckkupplung (Anschlußgewinde G $\frac{1}{4}$), Blechkasten

Einbau

53: FAG Handpumpensatz PUMPE1600.4L bestehend aus Zweistufenkolbenpumpe 1600 bar mit 4-l-Ölbehälter, Manometer, Hochdruckschlauch, Steckkupplung (Anschlußgewinde G 1/4), Blechkasten



54: FAG Handpumpensatz PUMPE2500.8L.V bestehend aus Zweistufenkolbenpumpe 2500 bar mit 8-l-Ölbehälter, Zweiwegeventil, Manometer, 2 Hochdruckschläuchen, 2 Verschlußsnippeln G 1/4, 2 Zwischenstücken und 6 Reduzierstücken, Blechkasten

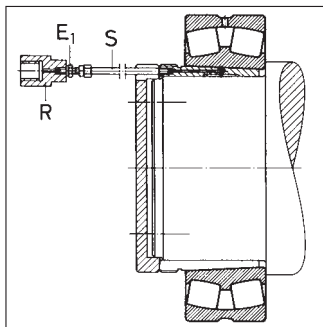


Zum Aufpressen eine Wellenmutter, Druckschrauben oder die FAG Ringkolbenpresse benutzen

Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung

Zum Aufpressen kann man eine Wellenmutter, Druckschrauben oder die FAG Ringkolbenpresse (s. Bild 35) benutzen. Hydraulik-Abziehhülsen und -Spannhülsen sind je nach Größen mit Anschlußbohrungen M6, M8, G 1/8 oder G 1/4 versehen (s. FAG Katalog WL 41 520). Die in Bild 52 bis 54 gezeigten Pumpen mit dem Höchstdruckschlauch werden mit einem Reduzierstück R, mit der ERMETO-Verschraubung E₁ und einem Stahlrohr S an die Hülse angeschlossen, Bild 55.

55: Hydraulikanschluß einer Abziehhülse





56: Einbau eines Pendelrollenlagers mit kegeliger Bohrung nach dem Hydraulikverfahren

Bei der Montage wird Öl zwischen die Paßflächen gepumpt. Die axialen Montagekräfte werden durch sechs oder acht Schrauben in der Wellen- oder Spannhülsenmutter aufgebracht, Bilder 56 bis 59.

Ein Montageblech verhindert, daß die Abziehhülse oder der Lagerring beschädigt wird. Beim Einpressen der Abziehhülse nach Bild 58 wird der Ölanschluß durch die Wellenmutter geführt. Der Verschiebeweg des Lagers oder der Abziehhülse wird nach der erforderlichen Radialluftverminderung festgelegt (Tafel 7.16 und 7.17, S. 109 und S. 110). Zum Messen der Radialluft muß das Lager vom Öldruck entlastet werden.

Nach dem Ablassen des Drucköls dauert es noch 10 bis 30 Minuten, bis das Öl völlig aus der Paßfuge entwichen ist. Während dieser Zeit muß die axiale Vorspannung weiterwirken. Danach wird die Montagevorrichtung (Mutter mit Druckschrauben oder Ringkolbenpresse) abgenommen, und die Wellen- oder Hülsenmutter wird aufgeschraubt und gesichert.

Lager zum Messen der Radialluft vom Öldruck entlasten

Nach Ablassen des Drucköls das Lager 10 bis 30 Minuten unter axialer Vorspannung halten

Einbau

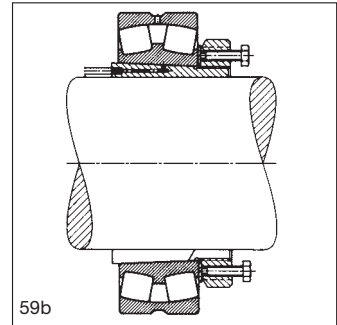
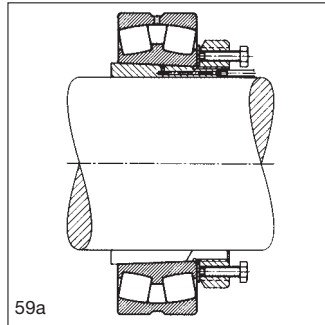
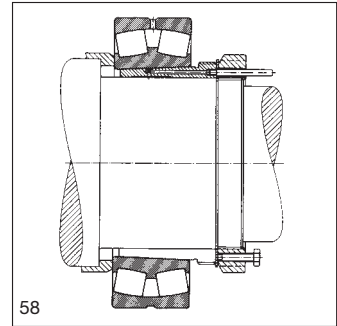
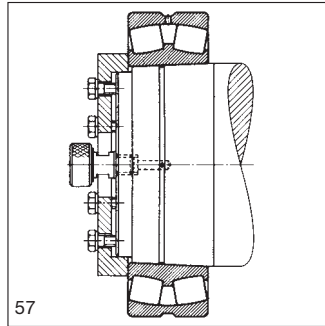
57: Lagersitz auf der Welle. Das Öl wird zwischen die Paßflächen gedrückt und das Lager gleichzeitig mit Schrauben oder einer Mutter auf den Kegel gepreßt. Dabei wird die Radialluftverminderung oder der axiale Verschiebeweg gemessen.

58: Lagersitz auf der Abziehhülse. Das Öl wird zwischen die Paßflächen gedrückt und die Abziehhülse mit Schrauben in die Lagerbohrung gepreßt. Dabei wird die Radialluftverminderung gemessen.

59: Lagersitz auf der Spannhülse. Das Öl wird zwischen die Paßflächen gedrückt und das Lager mit Schrauben auf die Spannhülse gepreßt. Dabei wird die Radialluftverminderung gemessen.

a: Ölschluß auf der Gewindeseite

b: Ölschluß auf der Kegelseite



3.4 Spielregulierung beim Einbau

3.4.1 Schrägkugellager und Kegelrollenlager

Schrägkugellager und Kegelrollenlager werden stets paarweise eingebaut. Die Axialluft und damit auch die Radialluft zweier gegenüber angestellter Lager wird bei der Montage eingestellt. Dabei richtet sich die Größe der Luft oder der Vorspannung nach den betrieblichen Anforderungen. Schrägkugellager der Universalausführung kann man in jeder beliebigen Anordnung unmittelbar nebeneinander einbauen.

Hohe Belastungen und hohe Drehzahlen führen zu einer Erwärmung der Lagerstelle. Infolge der Wärmedehnung kann sich die bei der Montage eingestellte Lagerluft im Betrieb ändern. Ob sich dabei die Luft vergrößert oder verringert, hängt von der Anordnung und Größe der Lager, von den Werkstoffen der Welle und des Gehäuses sowie von dem Abstand der beiden Lager ab.

Wird eine möglichst enge Führung der Welle verlangt, dann stellt man die Luft stufenweise ein. Dabei muß jeder Nachstellung ein Probelauf folgen, bei dem die Temperatur kontrolliert wird. So ist sichergestellt, daß die Luft nicht zu klein wird und dadurch die

Lauftemperatur zu hoch ansteigt. Bei den Probeläufen „setzt“ sich die Lagerung, so daß sich die Luft kaum noch ändert (siehe auch Seite 51).

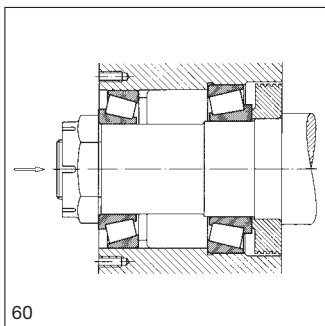
Als Anhaltspunkt für die richtige Lagertemperatur bei mittlerer bis hoher Drehzahl und mittlerer Belastung gilt: Wenn keine Fremderwärmung vorliegt, darf eine richtig angestellte Lagerung beim Probelauf eine Temperatur von etwa 60 bis 70 °C erreichen; die Temperatur sollte aber nach etwa zwei- bis dreistündigem Betrieb abfallen, besonders bei Fettschmierung, wenn das überschüssige Fett aus dem Lagerinnenraum herausgedrängt worden ist und die Walkarbeit zurückgeht.

Lager, die bei geringer Drehzahl Erschütterungen ausgesetzt sind, werden spielfrei oder sogar mit Vorspannung eingebaut, da sonst Gefahr besteht, daß sich die Rollkörper in die Rollbahnen einschlagen. Schrägkugellager und Kegelrollenlager werden gegeneinander angestellt durch Spannmuttern auf der Welle (Bild 60), durch Paßscheiben (Bild 61) oder Gewinderinge im Gehäuse.

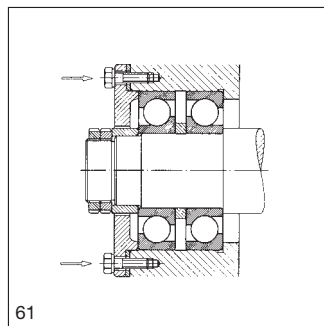
Die Axialluft oder die Vorspannung einer einstellbaren Lagerung wird – ausgehend vom spielfreien Zustand – durch Lösen oder Anziehen der Spannmutter bzw. durch Beilegen von kalibrierten Blechen eingestellt. Axialluft und Vorspannung können mit Hilfe der Gewindesteigung in Umdrehungen der Spannmutter umgerechnet werden.

Bei hoher Drehzahl Axialluft stufenweise einstellen

Das Lager spielfrei oder mit Vorspannung einbauen, wenn es bei geringer Drehzahl Erschütterungen ausgesetzt ist



60



61

60: Anstellen der Kegelrollenlager eines Losrades mit der Achsschenkelmutter

61: Axiale Befestigung eines Schrägkugellagerpaares – LuftEinstellung mit Paßscheibe

Einbau

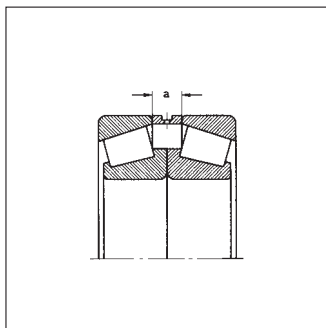
Einstellung mit Drehmoment-Schlüssel

Der Übergang von der Lagerluft zur Vorspannung wird während des Anstellvorganges gesucht, indem man die Welle ständig von Hand dreht und gleichzeitig die Bewegungsmöglichkeit der Welle mit einer Meßuhr kontrolliert.

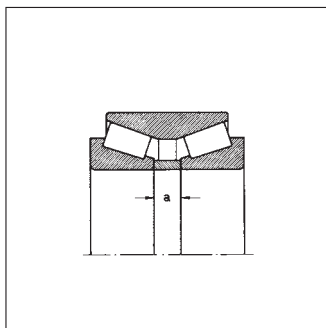
Einfacher findet man die richtige Einstellung mit einem Drehmomentschlüssel. Die Spannmutter wird je nach Lagergröße mit dem vorgeschriebenen Moment angezogen (etwa 30–50 N m bei Pkw-Vorderradlagern; das richtige Drehmoment wird in Versuchen bestimmt; diese Werte stehen in den Reparaturanweisungen). Durch Zurückdrehen der Spannmutter um etwa $\frac{1}{12}$ Umdrehung erhält man die erforderliche Luft. Bei Kegelrollenlagern ist darauf zu achten, daß die Rollkörper bei der Montage am Führungsbord anliegen. Würden sich die Kegelrollen erst nach der Montage durch die im Betrieb auftretenden Kräfte am Bord anlegen, hätte das eine Luftvergrößerung zur Folge. Deshalb ist die Lagerung während der Montage abwechselnd in beiden Richtungen mehrmals zu drehen.

Bei zusammengepaßten und mehrreihigen Kegelrollenlagern, Bilder 62 und 63, wird die Axialluft durch die Breite des Zwischenrings festgelegt. Wegen geeigneter Meßgeräte bei FAG anfragen.

62: Zusammengepaßte Kegelrollenlager in X-Anordnung; (Nachsetzzeichen N11CA)

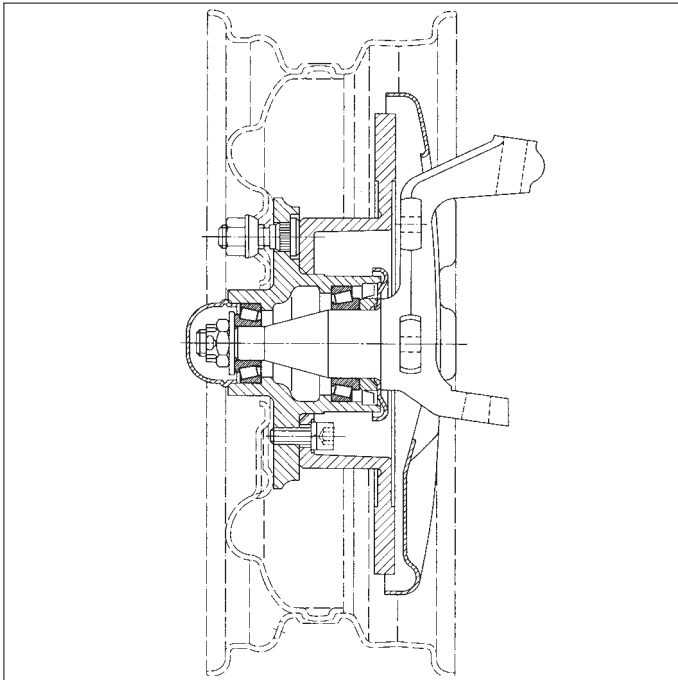


63: Zweireihiges Kegelrollenlager in O-Anordnung



Beispiel:

Einbau und Anstellen von Kegelrollenlagern in Kraftfahrzeug-Radnaben, Bild 64.

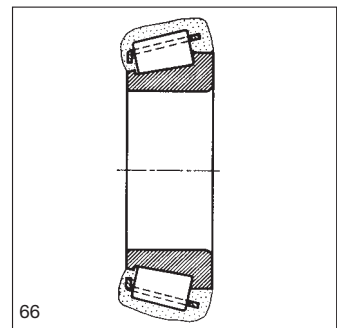
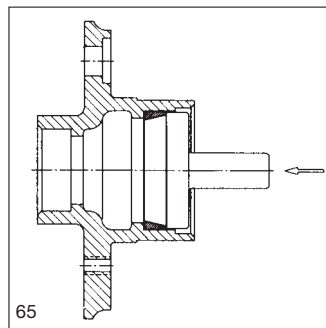


64: Vorderrad-Lagerung eines Pkw mit angestellten Kegelrollenlagern

Reihenfolge der Arbeitsgänge

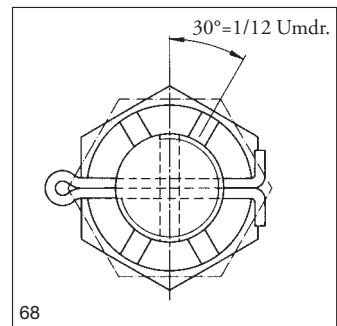
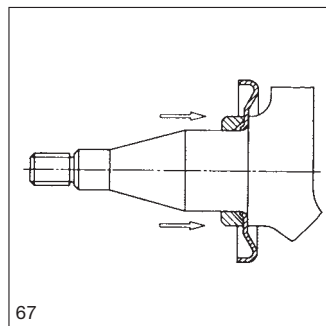
1. Nabenkörper reinigen. Drehspäne und Grate sorgfältig entfernen.
2. Sitzstellen leicht einölen. Die beiden Außenringe mit einem Stempel einpressen. Der Stempel darf nur auf der Stirnseite des Außenrings aufliegen. Die Außenringe müssen bündig an den Gehäuseschultern anliegen, Bild 65.
3. Innenring des inneren Lagers gut einfetten. Fett auch zwischen Käfig, Innenring und Rollen drücken, Bild 66.
4. Innenring in die Nabe einsetzen.
5. Wellendichtring in die Nabe einpressen; Dichtlippe dem Lager zugekehrt.
6. Schutzkappe und Zwischenring auf den Achsschenkel aufsetzen. Die Stirnseite muß auf dem ganzen Umfang des Achsschenkelansatzes anliegen, Bild 67.
7. Nabe auf den Achsschenkel schieben und darauf achten, daß der Dichtring nicht beschädigt wird.
8. Innenring des äußeren Lagers gut fetten und auf den Achsschenkel schieben.

65: Einpressen des Außenrings mit einem Stempel



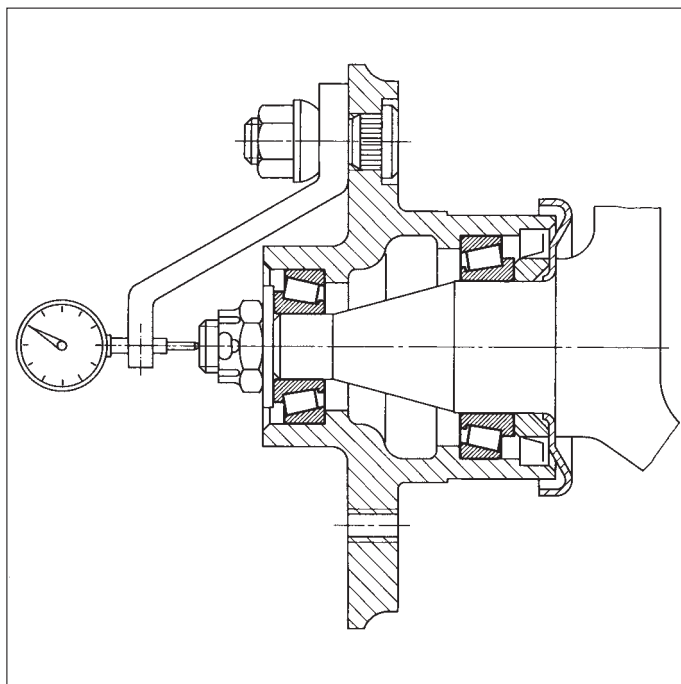
66: Rollenkranz des Kegelrollenlagers gut einfetten

67: Nach der Schutzkappe schiebt man den Zwischenring auf die Achsschenkel



68: Bei gleichzeitigem Drehen der Radnabe zieht man die Kronenmutter an, bis ein Widerstand spürbar wird. Die Mutter wird um höchstens $\frac{1}{12}$ Umdrehung bis zur Deckung mit dem Splintloch zurückgedreht und dann versplintet.

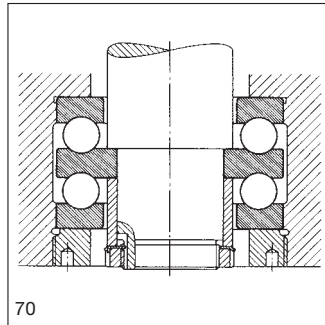
9. Stoßscheibe aufsetzen.
10. Kronenmutter aufschrauben.
11. Kronenmutter bei gleichzeitigem Drehen der Radnabe anziehen, bis ein Drehwiderstand spürbar wird (nach Möglichkeit Drehmomentschlüssel verwenden, Reparaturanweisung beachten).
12. Kronenmutter um max. $\frac{1}{12}$ Umdrehung bis zur Deckung mit dem nächsten Splintloch zurückdrehen und versplinteln, Bild 68.
13. Lauf der Lagerung und das Kippspiel prüfen. Das Rad muß sich leicht und ohne Hemmung drehen lassen. An der Felge darf jedoch kein Kippspiel zu spüren sein. Gegebenenfalls Stoßscheibe oder Mutter wechseln. Falls vorhanden, Meßvorrichtung ansetzen und Axialluft der Lagerung prüfen, Bild 69.
Günstige Werte 0-0,05 mm.
14. Deckel aufsetzen.
15. Nach Probelauf prüfen, ob sich die Luft der Lagerung geändert hat. Gegebenenfalls Anstellung berichtigen.



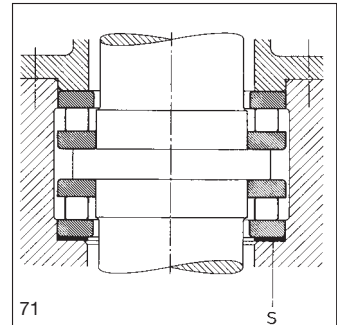
69: Messen der Axialluft mit einer Vorrichtung

Einbau

70: Spielfrei angestelltes zweiseitig wirkendes Axial-Rillenkugellager



71: Mit Paßscheibe S vorgespanntes Axial-Zylinderrollenlager



Diese Anstellungsmethode hat sich in der Praxis bewährt; besondere Vorrichtungen sind nicht notwendig. Es gibt andere Verfahren, die jedoch einen gewissen Aufwand an Montagewerkzeugen und Meßmitteln voraussetzen und daher hauptsächlich der Serienmontage vorbehalten bleiben.

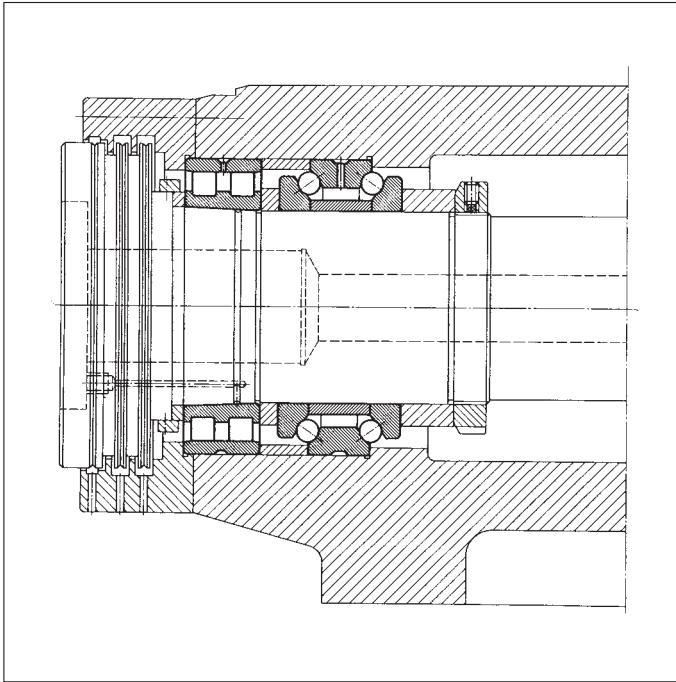
3.4.2 Axiallager

Bei Axiallagern erhalten die Wellenscheiben normalerweise Übergangssitz und nur in Ausnahmefällen Festsitz, die Gehäusescheiben dagegen immer einen losen Sitz. Bei zweiseitig wirkenden Axiallagern wird die Mittelscheibe axial kräftig festgespannt, Bild 70. Der Ein- und Ausbau von Axiallagern bereitet keine Schwierigkeiten.

3.4.3 Werkzeugmaschinenlagerungen

Bei Werkzeugmaschinen-Spindeln ist die richtige Einstellung der Lagerluft besonders wichtig, denn von ihr hängt die Qualität der Werkstücke ab, die auf der Maschine hergestellt werden. Damit man beim Einbau der Lager die vom Konstrukteur geforderte Betriebsluft oder die Vorspannung genau einstellen kann, hat FAG eigene Meßgeräte entwickelt, und zwar für die heute übliche Lagerung, bei der die Spindel radial in zweireihigen Zylinderrollenlagern abgestützt ist, Bild 72. Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager erhalten beim Einbau automatisch die richtige Vorspannung.

Die Radialluft eines eingebauten Zylinderrollenlagers ergibt sich aus dem Unterschied zwischen dem Rollenhüllkreisdurchmesser und dem Laufbahndurchmesser des bordlosen Rings. Zur Messung des Rollenhüllkreisdurchmessers liefert FAG die Hüllkreismessgeräte MGI 21 und MGA 31. Den Laufbahndurchmesser mißt man bei den Zylinderrollenlagern NNU49SK mit einem Bügelmeß-



72: Lagerung einer Feinbohrspindel (Arbeitsseite). Die Radialluft des zweireihigen Zylinderrollenlagers wird beim Einbau des Lagers eingestellt.

gerät, bei den Lagern NN30ASK mit einem Bohrungsmeßgerät. FAG Hüllkreismessgeräte sind Vergleichsmessgeräte; man kann mit ihnen die Radialluft mit einer Genauigkeit von $1\ \mu\text{m}$ bestimmen.

Für eine genaue Einstellung der Radialluft ist die Formgenauigkeit der Lagersitzflächen wichtig, das heißt ihre runde und zylindrische oder kegelige Form (siehe auch „Kontrolle des Lagersitzes“ S.12).

Hüllkreismessgerät FAG MGI 21

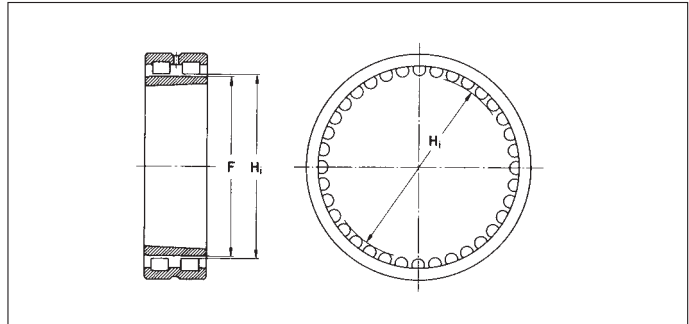
Bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Innenring (NNU49SK) ergibt sich die Radialluft oder die Vorspannung aus der Differenz der Durchmesser des Innenhüllkreises H_i und der Laufbahn F . Unter dem Innenhüllkreis versteht man den Kreis, der alle Rollen von innen berührt, wenn sie an der Außenringlaufbahn anliegen, Bild 73.

Der Innenhüllkreis wird mit dem MGI 21 gemessen; in Verbindung mit einem Bügelmessgerät läßt sich die Radialluft des eingebauten Lagers bestimmen, Bild 74.

Die beiden gegenüberliegenden Stahlsegmente des Hüllkreismessgeräts dienen als Meßflächen. Das untere Segment ist fest mit dem Gerät verbunden, das obere ist beweglich; die Bewegung wird auf den Feinzeiger übertragen.

Einbau

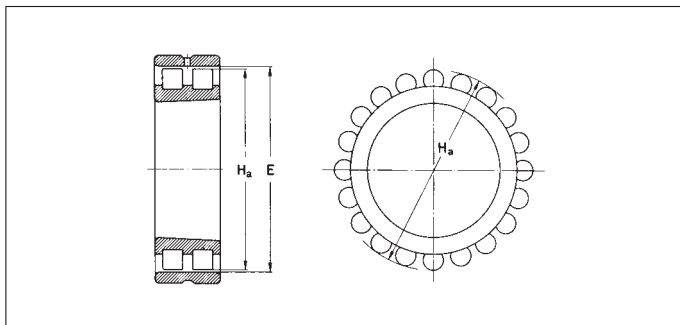
73: Innenhüllkreis H_i bei Zylinderrollenlagern NNU49SK (abziehbarer Innenring)



Hat man das Maß des Rollenhüllkreises am eingebauten Lageraußenring ermittelt, dann überträgt man es auf das Bügelmeßgerät. Bei der Montage des Lagerinnenrings auf den kegeligen Wellensitz wird dann die Aufweitung des Laufbahndurchmessers ständig mit dem Bügelmeßgerät kontrolliert. Pluswerte am Feinzeiger bedeuten Vorspannung, Minuswerte Radialluft; der Wert Null ergibt ein spielfreies Lager.

74: Das Maß des Hüllkreisdurchmessers wird auf das Bügelmeßgerät übertragen. Das Hüllkreismessgerät FAG MGI 21 verwendet man bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Innenring, z.B. FAG NNU49SK.





75: Außenhüllkreis H_a bei Zylinderrollenlagern NN30ASK (abziehbarer Außenring)

Hüllkreismessgerät FAG MGA 31

Bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Außenring (NN30ASK) ergibt sich die Radialluft oder die Vorspannung aus der Differenz der Durchmesser der Laufbahn E und des Außenhüllkreises H_a . Unter dem Außenhüllkreis versteht man den Kreis, der alle Rollen von außen berührt, wenn sie an der Innenringlaufbahn anliegen, Bild 75.



76: Das Maß des Laufbahndurchmessers wird mit dem Bohrungsmeßgerät auf das Hüllkreismessgerät übertragen. Das Hüllkreismessgerät FAG MGA 31 verwendet man bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Außenring, z.B. FAG NN30ASK.

Der Außenhüllkreis wird mit dem MGA 31 gemessen; in Verbindung mit einem Bohrungsmeßgerät läßt sich die Radialluft des eingebauten Lagers bestimmen, Bild 76.

Die beiden gegenüberliegenden Stahlsegmente des Hüllkreismeißgerätes sind die Meßflächen. Das eine Segment ist fest mit dem Gerät verbunden, das andere radial beweglich; diese Bewegung wird auf den Feinzeiger übertragen.

Beim Messen muß der Lageraußenring im Gehäuse montiert sein. Hat man den Durchmesser der Außenringlaufbahn mit dem Bohrungsmeßgerät ermittelt, wird das Maß auf das Hüllkreismeißgerät übertragen.

Der Innenring, mit dem der Rollenkranz durch den Käfig zusammengehalten ist, wird zunächst formschlüssig auf den kegeligen Wellensitz geschoben. Dann setzt man das Hüllkreismeißgerät auf den Rollenkranz und preßt den Innenring so weit auf, bis der Feinzeiger das gewünschte Maß zeigt.

Pluswerte bedeuten Vorspannung, Minuswerte Radialluft; der Wert Null ergibt ein spielfreies Lager.

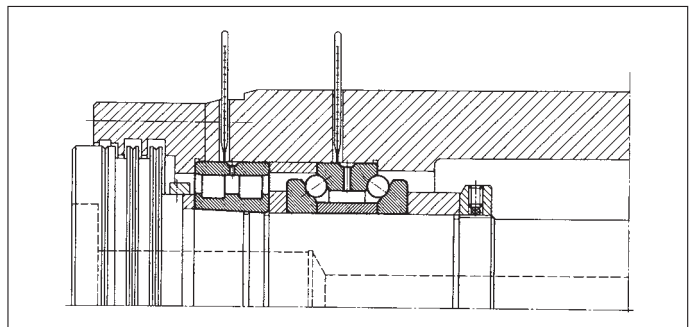
Kontrolle der Betriebsluft nach der Beharrungstemperatur

Bei schnelllaufenden Spindeln wird beim Probelauf anhand der Lagertemperatur kontrolliert, ob die richtige Lagerluft oder die richtige Vorspannung eingestellt ist.

Für die Kontrolle der Temperatur wird das Gehäuse vor dem Lagereinbau mit Bohrungen versehen, in die dann die Fühler der Temperaturmeßgeräte eingeführt werden, Bild 77. Damit die wirkliche Temperatur der Lagerung gemessen wird, müssen die Meßfühler die Lagerringe unmittelbar berühren. Es genügt nicht, allein die Temperatur des Zylinderrollenlagers zu messen; die Temperatur des Axial-Schräggugellagers, das unter Vorspannung steht, muß ebenfalls beobachtet werden.

Meßfühler müssen die Lager-
ringe unmittelbar berühren

77: Anordnung der
Temperaturmeßgeräte



4 Ausbau von Wälzlagern

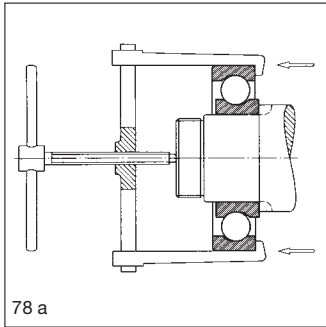
Der Probelauf ist so lange auszudehnen, bis sich die Beharrungstemperatur eingestellt hat; das ist je nach Maschinengröße nach $\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden der Fall. Bei den jeweils höchsten Drehzahlen sind Beharrungstemperaturen von 50 bis 60 °C zugelassen; diese Temperatur ist erfahrungsgemäß ein Merkmal dafür, daß die Lagerung die günstigste Betriebsluft hat.

4 Ausbau von Wälzlagern

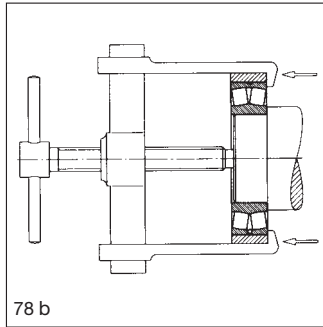
Sollen die Lager wieder verwendet werden, muß man beim Ausbau mit Sorgfalt vorgehen; vor allem ist das Abziehwerkzeug an dem Ring anzusetzen, der abgezogen werden soll, da sich sonst die Rollkörper in die Laufbahnen eindrücken (Bild 78 a). Darüber hinaus besteht bei dünnwandigen Außenringen Bruchgefahr (Bild 78 b).

Bei nichtzerlegbaren Lagern wird zuerst der mit Schiebeseitz gepaßte Ring von seiner Sitzfläche abgezogen. Anschließend wird der mit Festsitz gepaßte Ring abgepreßt. Die Kraft, die man beim Abpressen aufwenden muß, ist meist beträchtlich größer als die Aufpreßkraft, da sich der Ring im Laufe der Zeit festsetzt. Auch bei lose gepaßten Ringen kann der Ausbau schwierig sein, wenn sich nach langen Betriebszeiten Passungsrost gebildet hat.

Werkzeug an dem Ring ansetzen, der abgezogen werden soll



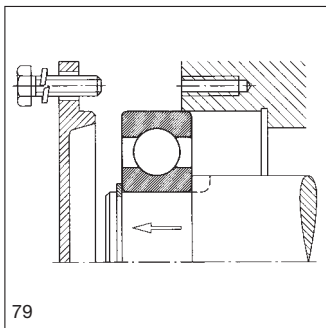
78 a



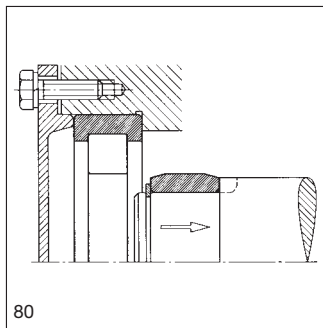
78 b

78 a: Falsch! Beim Ausbau nicht über die Rollkörper abziehen, wenn das Lager wieder verwendet werden soll.

78 b: Läßt sich das Abziehen über die Rollkörper nicht vermeiden, ist ein Umring aus ungehärtetem Stahl um den Außenring zu legen (Dicke größer als $\frac{1}{4}$ der Höhe des Lagerquerschnitts). Dies gilt besonders für Wälzlager mit geringer Querschnittshöhe und kleinem Druckwinkel (z.B. Kegel- und Pendrollenlager). Die Lager sollen nicht wiederverwendet werden.



79



80

79: Bei nichtzerlegbaren Lagern wird die Lagerung zunächst über den lose gepaßten Ring ausgebaut.

80: Die Ringe zerlegbarer Lager lassen sich einzeln ausbauen.

4.1 Mechanische Verfahren

4.1.1 Ausbau bei zylindrischen Sitzen

Zum Abziehen kleiner Lager werden meist mechanische Abziehvorrichtungen, Bilder 81, 82 oder hydraulische Pressen, Bild 83 verwendet, die entweder an dem mit Festsitz gepaßten Ring selbst oder an den Anlagestücken, wie z.B. am Labyrinthring, angreifen.

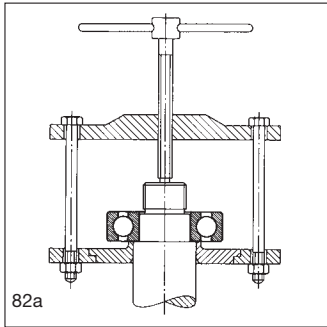
81: Ein Tonnenlager wird mit einer Abziehvorrichtung von der Welle abgezogen



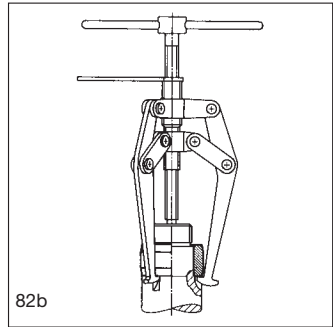
82: Abziehvorrichtung für Wälzlager

a: Abziehvorrichtung mit Zugankern und geteiltem Ring

b: Abziehvorrichtung mit drei verstellbaren Armen

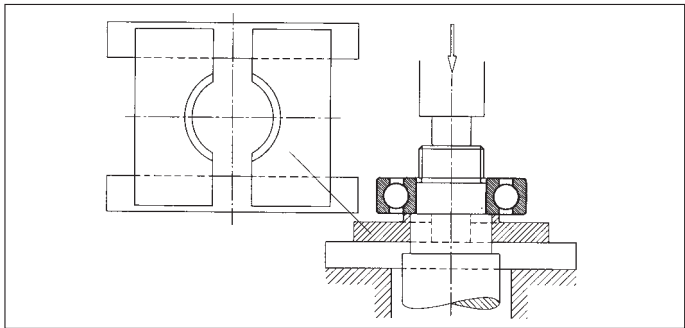


82a



82b

83: Der Ausbau wird mit einer Presse einfacher.



Behelfsmäßig können kleine Lager auch mit einem Metallhorn vom Lagersitz getrieben werden, Bild 84, rechts. Dabei sollen die Schläge auf den ganzen Umfang des festsitzenden Rings verteilt werden.

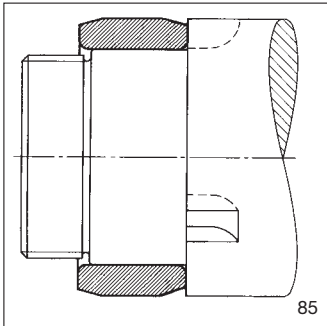
Der Ausbau wird sehr erleichtert, wenn bei der Konstruktion Abziehnuten vorgesehen sind, so daß man das Abziehwerkzeug unmittelbar an dem festsitzenden Lagerring ansetzen kann. Bild 85, 86 und 87.

Abziehnuten vorsehen

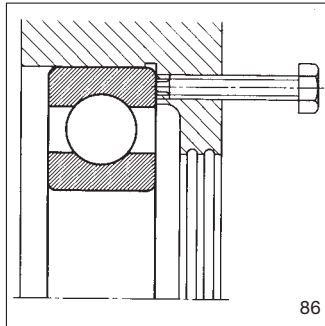


84: Behelfsmäßiger Ausbau eines Lagers mit leichten Hammerschlägen
links falsch
rechts richtig
(weichen Metallhorn verwenden)

Nicht mit dem Hammer auf die Lagerringe schlagen



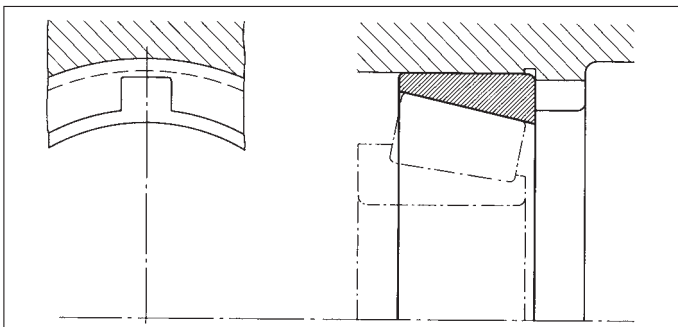
85



86

85: Nuten in einer Wellenschulter zum Ansetzen von Abziehwerkzeugen

86: Bohrungen für die Verwendung von Abdrückschrauben



87: Nuten zum Auspressen des Lageraußenringes

Ausbau

In Fällen, in denen der Innenring am Wellenbund anliegt und auch keine Abziehnuten vorgesehen sind, können Kugellager, Kegelrollenlager und Zylinderrollenlager mit Hilfe eines speziellen Abziehers abgezogen werden. Bei dem Kugellagerabzieher, Bild 88, 89c greift das in den Abzieher eingesetzte Klemmstück mit fingerartigen Vorsprüngen zwischen den Kugeln an die Laufbahnkante des Innenrings, bei Abziehern für Zylinder- und Kegelrollenlager hinter die Rollen, Bild 89a. Das Klemmstück ist ein Teil einer Spann-

88: Kugellagerabzieher mit Klemmstück



89: Spannzangen für Spezial-Abzieher

- a: Spannzange zum Einsatz bei Kegelrollenlagern und Zylinderrollenlagern, deren Außenring abziehbar ist
- b: Spannzange zum Einsatz bei Kegelrollenlagern und Zylinderrollenlagern N..., deren Außenring nicht abziehbar ist
- c: Spannzange zum Einsatz bei Rillenkugellagern



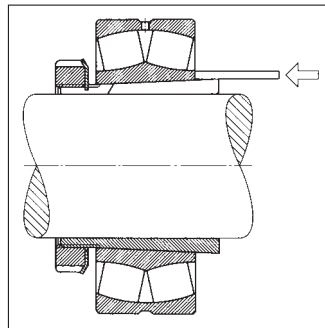
zange, das mit einem konischen Klemmring gegen den Innenring verspannt wird. Das Abziehen erfolgt über eine Zugspindel. Mit dem Klemmstück-Abzieher können auch Lager, die noch im Gehäuse eingebaut sind, von der Welle abgezogen werden.

4.1.2 Ausbau bei kegeligen Sitzen

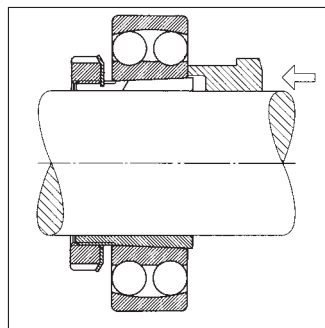
4.1.2.1 Ausbau von Lagern mit Spannhülsen

Zum Ausbau von Lagern, die unmittelbar auf dem kegeligen Wellensitz oder auf einer Spannhülse montiert sind, wird zunächst die Sicherung der Wellen- bzw. Spannhülsenmutter gelöst. Anschließend wird die Mutter um den Aufschiebeweg zurückgedreht. Dann treibt man den Innenring mit leichten Hammerschlägen von der Spannhülse bzw. vom kegeligen Wellensitz. Dafür kann ein weicher Metaldorn verwendet werden, Bild 90. Noch besser eignet sich ein Schlagstück, Bild 91.

Wenn eine Presse angesetzt werden kann, unterstützt man die Spannhülse bzw. die gelöste Spannhülsenmutter und preßt das Lager von der Spannhülse.



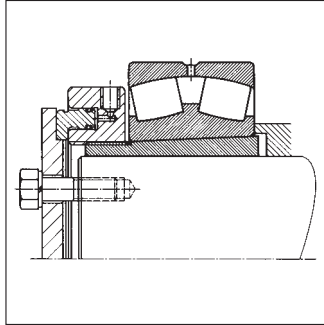
90: Ausbau eines kleinen Pendelrollenlagers mit Spannhülse. Mit Hilfe eines Metaldorns treibt man den Innenring von der Hülse.



91: Ausbau eines Pendelkugellagers mit Spannhülse. Bei Verwendung eines Schlagstücks vermeidet man die Gefahr des Abrutschens.

Ausbau

92: Ringkolbenpresse zum Ausbau eines Pendelrollenlagers mit Spannhülse



Eine Spannhülse kann man mit einer Ringkolbenpresse lösen, wenn das Lager an einem Stützring anliegt. Natürlich muß die Ringkolbenpresse mit einer Platte o. ä. abgestützt werden, Bild 92.

4.1.2.2 Ausbau von Lagern mit Abziehhülsen

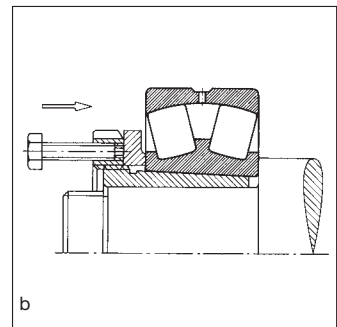
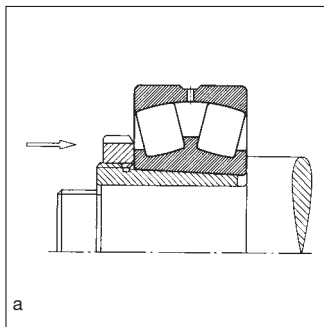
Lager, die mit Abziehhülsen befestigt sind, werden mit Hilfe der Abdrückmutter ausgebaut, Bild 93 a. Dazu muß die axiale Befestigung abgeschraubt sein. In schwierigen Fällen - vor allem bei großen Lagern - kann man Abdrückmuttern mit zusätzlichen Druckschrauben benutzen, Bild 93 b. Zwischen Innenring und Druckschrauben wird in diesem Fall eine Scheibe eingelegt.

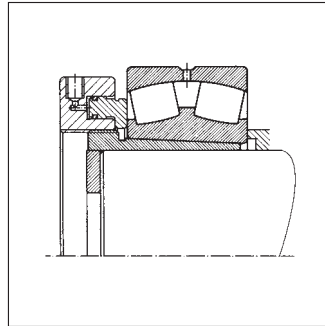
Einfacher und wirtschaftlicher ist der Ausbau von Abziehhülsen mit Ringkolbenpresse, Bild 94. Abziehhülsen, die über das Wellenende hinausragen, unterstützt man mit einem dickwandigen Ring.

93: Ausbau einer Abziehhülse

a: mit der Abdrückmutter

b: mit einer Mutter und Druckschrauben, die über eine Scheibe auf den Innenring drücken.





94: Ringkolbenpresse zum Ausbau eines Pendelrollenlagers mit Abziehhülse. Die überstehende Abziehhülse ist mit einem dickwandigen Ring unterstützt.

4.2 Thermische Verfahren

4.2.1 Anwärmring

Anwärmringe eignen sich für den Ausbau von Zylinderrollenlager- und Nadellager-Innenringen, die bordlos sind oder nur eine Bord besitzen. Die Anwärmringe sind aus Leichtmetall und radial geschlitzt. Wärmeisolierte Griffe erleichtern die Handhabung, Bild 95.

Anwärmringe werden mit einer elektrischen Heizplatte auf 200 ... 300 °C aufgeheizt, über den abzuziehenden Innenring geschoben und mit den Griffen verspannt. Die Wärme geht rasch vom Anwärmring auf den Innenring über. Wenn dessen Preßsitz auf der Welle aufgehoben ist, zieht man die beiden Ringe gemeinsam ab. Nach dem Abziehen muß der Lagerring, damit er nicht überhitzt wird, sofort aus dem Anwärmring genommen werden. Von Vorteil sind Anwärmringe vor allem bei gelegentlichem Abziehen kleiner oder mittelgroßer Lagerringe. Jede Lagergröße erfordert einen eigenen Anwärmring.



95: Anwärmringe verwendet man beim Ausbau von Innenringen von Zylinderrollen- und Nadellagern.

4.2.2 Induktive Montagevorrichtung*)

Induktive Montagevorrichtungen (siehe auch Abschnitt 3.2.5) werden insbesondere verwendet, wenn man aufgeschlumpfte Zylinderrollenlager- und Nadellager-Innenringe ab 100 mm Bohrungsdurchmesser von der Welle abziehen will. Die Erwärmung erfolgt so rasch, daß nur wenig Wärme in die Welle übergeht und sich die Ringe leicht lösen.

Induktive Vorrichtungen können zweiphasig an das normale Drehstromnetz (50 oder 60 Hz) angeschlossen werden. Zum Abziehen von Wälzlagern bis zu einem Bohrungsdurchmesser von etwa 200 mm werden Vorrichtungen verwendet, die an das 380 V-Netz direkt angeschlossen werden. Bei größeren Lagern empfiehlt es sich, auf ungefährliche Kleinspannungen von 20 bis 40 V bei 50 Hz (60 Hz) überzugehen.

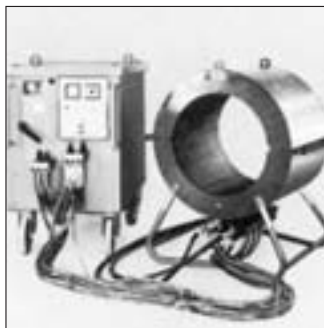
Induktive Vorrichtungen für Kleinspannungen werden mit einem Transformator an das 380 V-Netz angeschlossen, Bild 96. Die Wicklung ist wassergekühlt, dadurch wird der Wirkungsgrad besser und die Vorrichtung handlicher und leichter.

Beim Abziehen schiebt der Monteur die Vorrichtung über den Innenring und drückt die Rasten hinter dem Ring in Nuten ein. Diese Nuten sind im Labyrinthtring eigens für die Abziehvorrichtung vorgesehen. Dann schaltet er den Strom ein. Sobald der Ring eine Temperatur von 80 bis 100 °C angenommen hat, wird der Strom abgeschaltet und der Ring mit der Vorrichtung von der Welle abgezogen.

*) Einzelheiten siehe Druckschrift „Induktive FAG Montagevorrichtungen“, Publ.-Nr. WL 80107.

96: Montagevorrichtung für Kleinspannung mit Transformator EFB 125/1, für Zylinderrollenlager-Innenringe mit 635 mm Bohrungsdurchmesser:

Ringgewicht	390 kg
Gewicht der Vorrichtung	ca. 70 kg



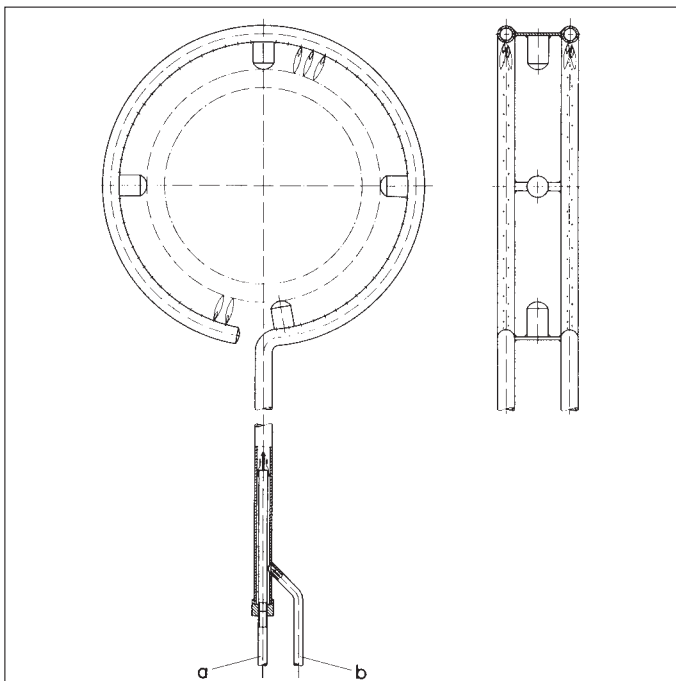
4.2.3 Anwärmen mit Ringbrenner

Sind an der Welle die für die Hydraulikmontage erforderlichen Ölbohrungen nicht vorhanden und lohnt es sich auch nicht, eine elektrische Vorrichtung anzuschaffen, dann können die Innenringe größerer zerlegbarer Lager zum Abziehen notfalls auch mit Flammen angewärmt werden.

Unter keinen Umständen darf ein Schweißbrenner verwendet werden, weil Gefahr besteht, daß der Ring ungleichmäßig und zu stark erwärmt wird. Dadurch leiden die gleichmäßige, hohe Härte und die Maßgenauigkeit des Lagerrings.

Ringbrenner, Bild 97, haben sich dagegen als brauchbar erwiesen. Der Abstand der Rohre von der Ringoberfläche soll zwischen 40 und 50 mm liegen. Bei dem üblichen Gasdruck gibt man den Brennerbohrungen einen Durchmesser von 2 mm. Durch Zumischung von Luft können Flammentemperatur und Flammenlänge eingestellt werden. Die auf dem Umfang des Rohres versetzt angeordneten Brennerbohrungen sollen einen Abstand von 20 bis 25 mm haben. Bei kleinen Ringen und großem Übermaß ist die höchste angegebene Brennerleistung anzustreben. Die Luft darf erst nach dem Zünden des Brenners zugemischt werden. Der Luftdruck muß sehr fein einstellbar sein; ist er zu groß, kann er das Gas in die Gasleitung zurückdrängen.

Ringbrenner verwenden



97: Ringbrenner zum Anwärmen von Innenringen bei der Demontage
a = Gas, b = Luft

Unbrauchbar gewordene Lagerringe durch Zersprengen ausbauen

Die Oberfläche der gehärteten Wälzlagerringe ist empfindlich gegen zu hohe Temperaturen, weil diese leicht zu einer Härteminderung und Maßänderung führen. Es ist daher darauf zu achten, daß der Brenner immer zentrisch zum Lagerring gehalten wird. Während des Anwärmens ist der Brenner langsam und gleichmäßig in axialer Richtung über die Oberfläche des Lagerrings zu führen. Nur durch gleichmäßiges Erwärmen des gesamten Rings können Anlaßwirkung und zusätzliche Spannungen vermieden werden.

Sicherheitshinweis

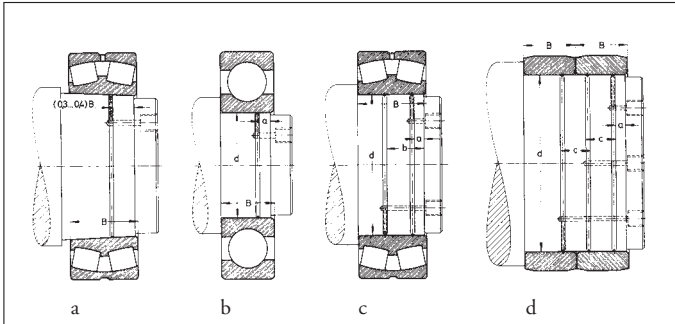
Lagerringe, die soweit zerstört sind, daß sie nicht mehr verwendet werden können, lassen sich mitunter wegen Passungsrost oder wegen einer Kaltverschweißung nicht auf die angegebene Weise ausbauen. In solchen Fällen löst man die Ringe auf folgende Weise vom Sitz: Der Ring wird partiell mit dem Schweißbrenner auf etwa 350 °C erhitzt und mit einem Wasserstrahl scharf abgeschreckt. Hierdurch werden so hohe Spannungen im Ring erzeugt, daß er zerspringt. Wegen Unfallgefahr muß die Sprengstelle abgedeckt werden.

Wird – z.B. beim Ausbau eines Lagers mit dem Schweißbrenner – eine Temperatur von ca. 300 °C und mehr erreicht, so können fluorierte Werkstoffe gesundheitsschädliche Gase und Dämpfe abgeben. FAG verwendet fluorierte Werkstoffe für Dichtungen aus Fluorkautschuk (FKM, FPM, z.B. Viton®) oder für fluorierte Schmierfette wie z.B. Wälzlagerfett Arcanol L79V. Läßt sich die hohe Temperatur nicht vermeiden, dann ist das für den jeweiligen fluorierten Werkstoff gültige Sicherheitsdatenblatt zu beachten, das auf Anforderung erhältlich ist.

4.3 Hydraulikverfahren

Beim Hydraulikverfahren wird Öl zwischen die Paßflächen gepreßt. Der Ölfilm hebt die Berührung der Paßteile weitgehend auf, so daß sie mit geringem Kraftaufwand ohne Gefahr einer Oberflächenbeschädigung gegeneinander verschoben werden können (siehe Abschnitt 3.3).

Zur Demontage eignet sich das Hydraulikverfahren sowohl bei kegeligen als auch bei zylindrischen Sitzen. In beiden Fällen müssen Ölnuten und Zuführungskanäle sowie Anschlußgewinde für die Druckerzeuger vorgesehen sein, Bild 98. Größere Spann- und Abziehhülsen haben entsprechende Nuten und Bohrungen, Bilder 101 und 102.



98: Anordnung der Ölkäle für Demontage beim Hydraulikverfahren

- a: kegelter Wellensitz:
 $a \approx (0,3 \text{ bis } 0,4) \times B$
- b: zylindrischer Wellensitz;
Lagerbreite $B \leq 80 \text{ mm}$,
 $a \approx \sqrt{d}$
- c: zylindrischer Wellensitz
Lagerbreite $B > 80 \text{ mm}$,
 $a \approx \sqrt{d}$;
 $b \approx (0,5 \text{ bis } 0,6) \times B$
- d: zylindrischer Wellensitz;
zwei Innenringe nebeneinander; Lagerbreite
 $B > 80 \text{ mm}$; $a \approx \sqrt{d}$;
 $c \approx B - (1,5 \text{ bis } 2) \times \sqrt{d}$

Zum Ausbau von Lagern mit kegelter Bohrung, die unmittelbar auf der Welle sitzen, reichen Injektoren als Druckerzeuger, Bild 51. Bei Lagern mit zylindrischen Bohrungen und bei Spann- und Abziehhülsen muß eine Pumpe verwendet werden, Bild 52 (Abschnitt 3.3).

Beim Ausbau kann man ein zähflüssigeres Öl mit $\approx 150 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) bei 20°C (Nenn-Viskosität $46 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 40°C) benutzen. Sind die Paßflächen beschädigt, so nimmt man ein zähes Getriebe- oder Zylinderöl mit $\approx 1150 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt) bei 20°C (Nenn-Viskosität $320 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 40°C). Passungsrost kann man durch rostlösende Zusätze zum Öl lösen.

4.3.1 Ausbau von Lagern mit kegelter Bohrung

Beim Abziehen von Lagern, die auf einem kegeligen Wellenzapfen, auf einer Abziehhülse oder einer Spannhülse sitzen, ist es nur erforderlich, Öl zwischen die Paßflächen zu pressen. Vorsicht: der Preßverband löst sich schlagartig! Wegen der Unfallgefahr muß die Axialbewegung des Wälzlagers oder der Abziehhülse beim Ausbau durch eine Wellenmutter, eine Spannhülsenmutter oder einen Anschlag begrenzt werden, Bilder 99 bis 102. Mitunter erschwert Pas-

Axialbewegung begrenzen!
Preßverband löst sich schlagartig



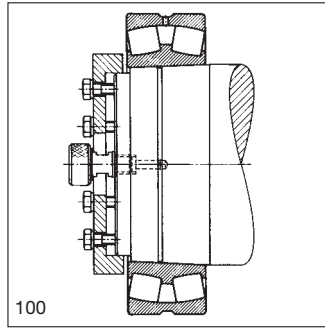
99: Ausbau eines Pendelrollenlagers, das auf einer Abziehhülse sitzt, mit Hilfe des Hydraulikverfahrens

Ausbau

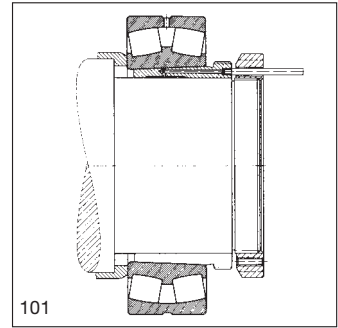
Passungsrost durch rostlösende Zusätze auflockern

sungsrost den Ausbau. Die Verwendung einer rostlösenden Druckflüssigkeit ist zu empfehlen, besonders bei Lagern, die nach längerer Betriebszeit ausgebaut werden. In schwierigen Fällen kann das Herausziehen der Abziehhülse durch die Abziehmutter unterstützt werden. Wenn Druckschrauben in der Abziehhülsemutter, Bild 103 vorgesehen sind, ist ein Zwischenring einzulegen, damit die Abziehkräfte nicht direkt am Bord des Wälzlagertrings angreifen.

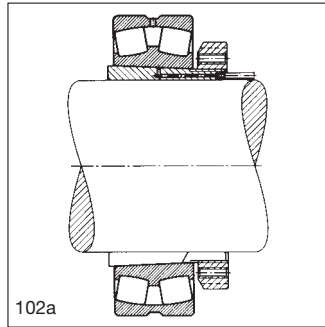
100: Lagersitz auf der Welle. Öl in die Paßfuge drücken. Lager löst sich selbsttätig. Anschlag auf der Welle lassen, damit der Innenring abgefangen wird.



101: Lagersitz auf der Abziehhülse. Öl zwischen die Paßflächen drücken. Abziehhülse löst sich selbsttätig. Mutter auf der Welle lassen.

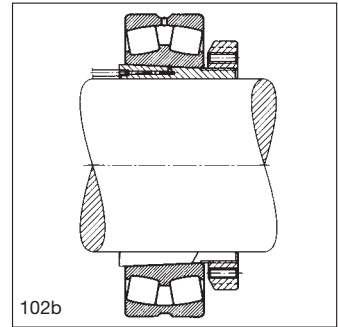


102 a-b: Lager mit Spannhülse. Öl zwischen die Paßflächen drücken. Lager löst sich selbsttätig. Anschlag auf der Spannhülse belassen.

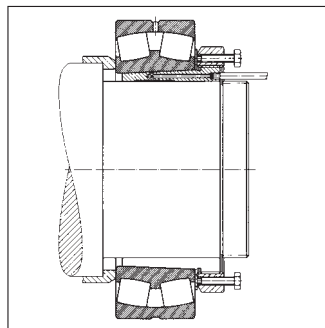


a: Ölanschluß auf der Gewindeseite

b: Ölanschluß auf der Kegelseite



103: Ausbau in schwierigen Fällen. Öl mit rostlösenden Zusätzen in die Bohrung der Abziehhülse oder der Spannhülse drücken. Öl höherer Viskosität verwenden. Ausziehen der Hülse durch Mutter mit Druckschrauben unterstützen.

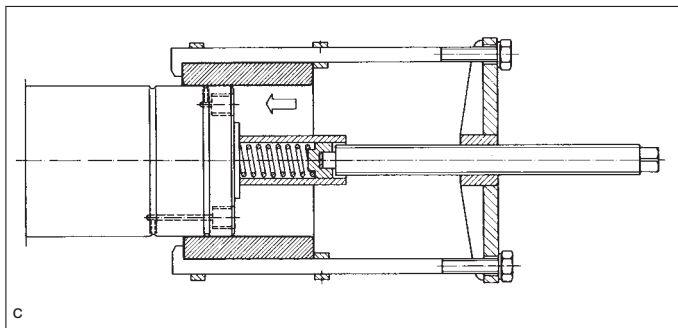
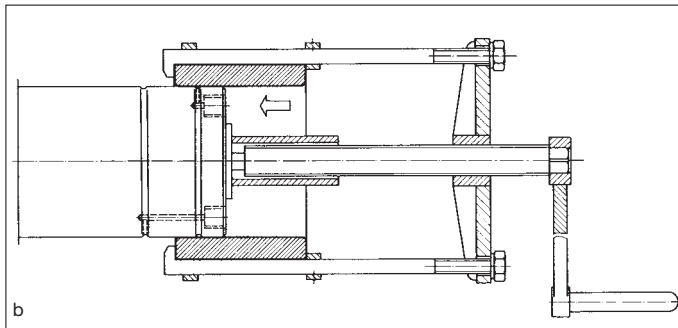
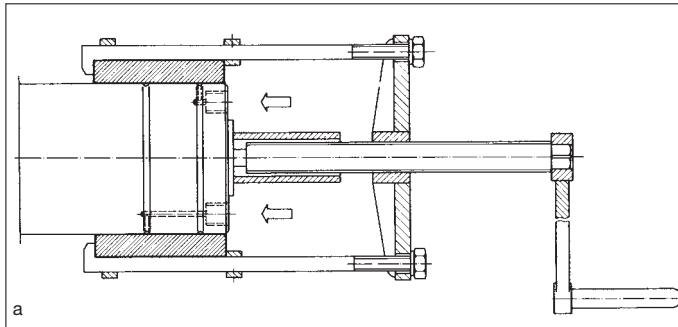


4.3.2 Ausbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung

Das Hydraulikverfahren wendet man bei Lagern mit zylindrischer Bohrung im allgemeinen nur zum Ausbau an.

Man setzt eine Abziehvorrichtung an dem Wälzlagering an, Bild 104 a-c, und pumpt Drucköl in die Ölnuten.

Wenn sich der Ring leicht bewegen läßt, zieht man ihn zunächst so weit ab, bis die hintere Ölnut frei wird, und unterbricht die Öl-



104: Ausbau eines Innenrings mit zylindrischer Bohrung mit Hilfe des Hydraulikverfahrens

- a: Man setzt die Abziehvorrichtung am Innenring an und pumpt Öl in die beiden Ölnuten.
- b: Zunächst zieht man den Ring so weit ab, bis die hintere Ölnut frei wird, und unterbricht die Ölzufuhr zu dieser Nut. Der Ring wird weiter abgezogen, bis die vordere Ölnut nach beiden Seiten gleich weit überdeckt ist. Man unterbricht die Ölzufuhr, so daß der Ring fest sitzt.
- c: Die Vorrichtung wird mit einer Feder vorgespannt. Bei erneutem Aufbau eines Ölfilms schnellt der Ring von der Welle ab.

zufuhr zu dieser Nut. Der Ring wird dann weiter abgezogen, bis die vordere Ölnut nach beiden Seiten gleich weit überdeckt ist, Bild 104 b.

In dieser Stellung wird auch die Ölzufuhr zu der vorderen Nut unterbrochen, so daß der wieder Ring festsitzt. In die Führungsbüchse der Abziehvorrichtung wird eine Feder eingesetzt und vorgespannt, Bild 104 c.

Der Vorspannweg der Feder muß etwas größer sein als das Maß, mit dem der Lagerring noch auf der Welle sitzt. Wenn man nun den Ölfilm in der Paßfuge durch kräftiges Pumpen erneut aufbaut, schnellt der Ring von der Welle ab. Er ist dabei mit einer Vorrichtung aufzufangen. Die Kraft F , mit der die Feder vorgespannt wird, soll etwa $F = 20 \cdot d$ betragen (F in N, Zapfendurchmesser d in mm). Sitzen mehrere Lagerringe hintereinander auf der Welle, dann werden sie einzeln abgezogen.

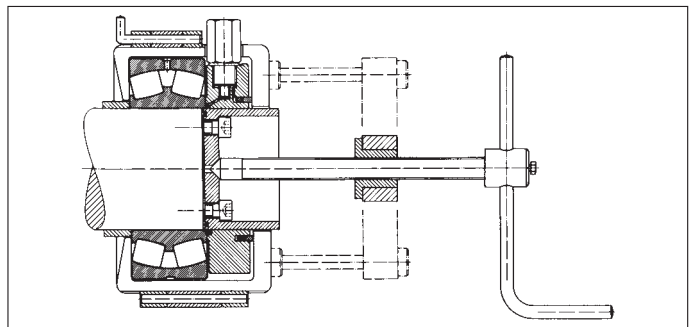
Das Verschieben des Ringes bis zu dem Punkt, an dem die letzte Ölnut noch gleichmäßig nach beiden Seiten überdeckt wird, kann in den meisten Fällen von Hand vorgenommen werden, da sich die Ringe nach dem Einpressen des Druckköls sehr leicht verschieben lassen. Je besser der Ring „schwimmt“, wenn er in der letzten Phase des Abziehens unter Federvorspannung abgleitet, desto größer ist die Sicherheit, daß er nicht auf dem Ende des Sitzes hängenbleibt.

Hat die Welle keine Ölnuten und -kanäle, so kann man das Öl auch von der Stirnseite des Innenringes zwischen die Paßflächen pressen, Bild 105. An dem vorderen Ende des Preßverbandes wird dann ein abgedichteter Druckring angesetzt, durch den das Öl in die Paßfuge

Abschnellenden Ring mit einer Vorrichtung auffangen

Bei Lagern auf Wellen ohne Ölnuten und -kanäle Öl von der Stirnseite zwischen die Paßflächen pressen

105: Spezialvorrichtung zum Abziehen eines Pendelrollenlagers mit zylindrischer Bohrung von einer Welle ohne Ölnuten. Das Öl wird von der Stirnseite zwischen die Paßflächen gepreßt.



gepreßt wird. Mit einer vor der Welle befestigten Büchse kann man erreichen, daß das Öl bis zur Beendigung des Abziehvorganges zwischen die Paßflächen gepreßt wird. Ist es nicht möglich, eine solche Büchse anzubringen, dann muß man sehr zähflüssiges Öl mit einer Viskosität von 320 mm²/s (cSt) bei 40 °C benutzen. Bei einem derart zähen Öl bleibt der Ölfilm in der Paßfuge bis zu 5 Minuten erhalten. Diese Zeit reicht für das Abziehen des Lagers aus.

Diese speziellen Abziehvorrichtungen sind verhältnismäßig aufwendig. Man verwendet sie z. B. dort, wo aus Festigkeitsgründen keine Ölnuten an den Wellen oder Achsen angebracht werden können, aber auch häufig demontiert werden muß (z. B. bei Schienenfahrzeugen).

5 Schmierung

Der Schmierstoff soll in erster Linie eine tragfähige Trennschicht zwischen den aufeinander abrollenden und gleitenden Teilen eines Wälzlagers bilden, damit Reibung und Verschleiß klein gehalten werden. Eine weitere Aufgabe des Schmierstoffs ist es, das Lager vor Korrosion zu schützen. Schmierfette tragen außerdem zur Abdichtung bei. Mit Ölumlaufschmierung kann Wärme abgeführt werden.

Infolge Alterung und mechanischer Beanspruchung verlieren die Schmierstoffe nach einer gewissen Zeit ihre Gebrauchseigenschaften. Durch Schmierstoffwechsel oder Nachschmierung, also Wartung der Lager, wird die Gebrauchsdauer günstig beeinflusst. Vielfach ist mit geeigneten Schmierstoffen bei entsprechenden Abdichtungs- und Umweltverhältnissen auch eine Dauerschmierung möglich. Ausführliche Informationen dazu enthält die FAG Publ.-Nr. WL 81 115 „Schmierung von Wälzlagern“.

5.1 Fette

Für Wälzlager kommen nur hochwertige Schmierfette – im allgemeinen auf Metallseifenbasis – in Frage. Wälzlagerfette für sehr hohe oder sehr niedrige Betriebstemperaturen enthalten andere Dichtungsmittel und anstelle von Mineralöl ein synthetisches Öl. Fette mit Hochdruck-(EP)Zusätzen werden bei hochbelasteten und langsam laufenden Lagern eingesetzt. Schnellaufende Lager und Lager, die reibungsarm laufen sollen, werden mit Fetten geschmiert, die ein dünnes synthetisches Grundöl enthalten.

Die vom Fetthersteller angegebenen Gebrauchstemperaturen sind zu beachten. Wälzlagerfette müssen alterungsbeständig sein und

Nur bewährte Wälzlagerfette verwenden

Einsatzbereich des Fettes beachten

dürfen ihre Struktur auch nach langer Betriebszeit nicht wesentlich ändern.

In Tafel 7.18, S 111 werden die bewährten FAG Wälzlagerfette Arcanol und ihre Eigenschaften aufgeführt.

5.2 Öle

Nur bewährte
Schmieröle verwenden

Öle zur Wälzlagerschmierung sind im Normalfall Mineralöle. Von einem Schmieröl für Wälzlager muß gefordert werden:

Äußerste Reinheit, Alterungsbeständigkeit, gutes Viskositäts-Temperatur-Verhalten und gute Wasserabscheidfähigkeit. Das Schmieröl muß außerdem den Korrosionsschutz des Lagers gewährleisten. Bei sehr hohen und sehr niedrigen Betriebstemperaturen sind synthetische Öle erforderlich. Öle für hochbelastete und langsamlaufende Lager sollen Hochdruck-(EP-)Zusätze enthalten.

5.3 Auswahl des Schmierstoffs

Im allgemeinen wird Fettschmierung wegen der einfachen Wartung und der guten Abdichtung bevorzugt. Ölschmierung hat den Vorteil, daß alle Stellen im Lager sicher erreicht werden und Wärme abgeführt wird. Dem steht der Nachteil eines größeren Aufwandes bei der Gestaltung der Lagerstelle, insbesondere der Abdichtung, gegenüber.

Je nach den gestellten Anforderungen sind bei der Auswahl der Schmierstoffe bestimmte Gesichtspunkte zu beachten.

Betriebstemperatur

Die Temperatur einer Lagerstelle ergibt sich drehzahlabhängig aus der Lagerreibung und der Schmierstoffreibung sowie aus der Wärmeabgabe an die Umgebung oder gegebenenfalls aus einer Wärmezufuhr von außen.

Beharrungstemperatur
beachten

Wenn sich die für den Betriebsfall zulässige Beharrungstemperatur einstellt, ist die Lagerung als betriebssicher anzusehen. Steigt dagegen die Lagertemperatur dauernd an, so sind besondere Maßnahmen erforderlich (z.B. zusätzliche Kühlung, Wahl eines anderen Schmierstoffs etc.). Eine kurzzeitige Temperaturerhöhung entsteht beim Nachschmieren von Fett.

Bei den Schmierölen nimmt die Viskosität mit steigender Temperatur ab und mit fallender Temperatur zu. Vorteilhaft sind Öle, deren Viskosität sich mit der Temperatur nur wenig ändert (günstiges V-T-Verhalten).

Viskosität bei Betriebs-
temperatur beachten

Je höher die zu erwartende Betriebstemperatur, desto höher muß die Nennviskosität des Schmieröles sein. Unter der Nennviskosität

versteht man die im Handel übliche Viskositätsangabe, nämlich die Viskosität für Öle bei 40 °C. Die Öle werden in Viskositätsklassen (ISO VG) eingeteilt (DIN 51 519).

Schmierfette verschiedener Verseifungsbasis haben unterschiedliche untere und obere Temperatur-Einsatzgrenzen. Im allgemeinen liegt die obere Temperatur-Einsatzgrenze

für Kalkseifenfette bei + 50 °C
für Natronseifenfette zwischen + 70 und +120 °C
für Lithiumseifenfette zwischen +110 und +130 °C.

Verschiedene Komplexseifenfette, Gelfette und Fette, die vollsynthetische Dichtungsmittel enthalten, weisen Temperatureinsatzgrenzen über 130 °C auf. Fette mit dünnen synthetischen Grundölen eignen sich besonders für tiefe Temperaturen.

Genauere Werte für die einzelnen, im Handel erhältlichen Fette sind den Listen der Hersteller zu entnehmen.

Bei der Auswahl der Schmieröle und -fette ist zu berücksichtigen, daß eine hohe Temperatur die Alterung beschleunigt und somit die Gebrauchsdauer der Schmierstoffe herabsetzt.

Einsatzgrenzen von Fetten verschiedener Verseifungsbasis den Herstellerlisten entnehmen

Belastung und Drehzahl

Der Schmierstoff muß bei den gegebenen Betriebsverhältnissen einen tragfähigen Schmierfilm bilden. Bei Schmierölen bestimmt in erster Linie die Viskosität die Tragfähigkeit des Films. Je geringer die Drehzahl des Lagers ist, desto höher muß die Viskosität des Öls im Betriebszustand sein. Angaben zur notwendigen Viskosität ν_1 sind dem FAG-Katalog WL 41 520 zu entnehmen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Temperatur des Lagers von der Belastung und Drehzahl abhängt. Die zur Bestimmung der Nennviskosität notwendige Betriebstemperatur muß abgeschätzt werden.

Mit zunehmender Drehzahl steigt die Reibleistung und damit die Lagertemperatur. Die Reibung wird aber um so größer, je zäher der Schmierstoff ist. Andererseits sinkt mit steigender Temperatur die Zähigkeit und damit die Tragfähigkeit des Schmierfilms.

Welche Drehzahlen bei Fettschmierung und bei Ölschmierung für Wälzlager verschiedener Bauart und Größe im einzelnen zugelassen werden können, ist aus den FAG Wälzlagerkatalogen zu ersehen.

Festschmierstoffe, wie Graphit und Molybdändisulfid, werden nur bei sehr geringen Drehzahlen und Kriechbewegungen verwendet.

Bei hohen Belastungen sind Schmieröle mit Hochdruckzusätzen (EP) einzusetzen. Schmierfette für hochbelastete Lager enthalten Grundöle hoher Viskosität und EP-Zusätze.

Dicke Öle für niedrige Drehzahlen verwenden

Zusammenhang zwischen Drehzahl, Reibung, Temperatur und Zähigkeit beachten

Zulässige Drehzahlen bei Fett- und Ölschmierung siehe FAG Wälzlagerkataloge

Festschmierstoffe nur bei kleinsten Drehzahlen verwenden

Schmierung

Lagergröße

Für kleine Lager wird im allgemeinen ein Öl geringer Viskosität oder ein weiches Fett gewählt, um die Reibung des Schmierstoffs im Lager niedrig zu halten. Bei großen Lagern ist dagegen die Schmierstoffreibung unbedeutend, so daß man in der Wahl des Schmierstoffs weniger gebunden ist als bei kleinen Lagern.

Feuchtigkeit

Verhalten der Schmierstoffe gegen Feuchtigkeit beachten

Wälzlagerfette verhalten sich gegen Feuchtigkeit unterschiedlich. Eine sichere Dichtwirkung gegen Wasser haben allein die wasserabweisenden kalkverseiften Fette (Ca-Fette). Sie werden deshalb in Labyrinthen – sofern die Betriebstemperatur +50 °C nicht übersteigt – als Dichtfette verwendet.

Die natronverseiften Fette (Na-Fette) haben eine höhere obere Temperatur-Einsatzgrenze als Ca-Fette. Sie emulgieren mit Wasser und werden deshalb dort verwendet, wo mit geringer Feuchtigkeit – z.B. mit Kondenswasser – in der Lagerstelle gerechnet werden muß. Da Na-Fette nicht wasserbeständig sind, besteht allerdings bei stärkerem Wasserzutritt Gefahr, daß sie flüssig werden und aus der Lagerstelle austreten.

Lithium-Fette nehmen nicht so viel Wasser wie Na-Fette auf. Wegen ihrer besseren Wasserbeständigkeit und wegen ihres weiten Temperatur-Einsatzbereiches werden sie heute für die Schmierung von Wälzlagern bevorzugt verwendet.

Auch bei Ölen ist das Verhalten gegen Feuchtigkeit und Wasser zu beachten. Öle mit gutem Wasserabscheidevermögen sind zu bevorzugen, weil sich dann das Wasser im Ölsumpf oder im Vorratsbehälter während des Stillstands absetzt.

Der Korrosionsschutz wird bei Ölen und Fetten durch Rostschutz-zusätze verbessert.

Verunreinigungen

Schmierstoffbehälter, Schmierstoffgeräte und Nippel sauber halten

Bei der Nachschmierung besteht immer Gefahr, daß Verunreinigungen in den Lagerraum kommen. Es ist darauf zu achten, daß Schmierstoffbehälter und Schmiergeräte sauber sind und daß der Schmierstoff beim Umfüllen nicht verunreinigt wird. Schmiernippel sind vor dem Nachschmieren zu säubern!

Mischen verschiedener Schmierstoffe

Verschiedenartige Schmierstoffe nicht mischen

Schmierfette verschiedener Verseifungsbasis sollen nicht miteinander vermischt werden, denn eine Vermischung wirkt sich nachteilig auf die Temperaturbeständigkeit und die Schmiereigenschaften aus. Auch das Mischen verschiedener Ölsorten sollte vermieden werden.

Menge des Schmierstoffs

Bei Fettschmierung sollten die Hohlräume im Lager vollgefüllt werden. Nur extrem schnell umlaufende Lager füllt man zum Teil (20 bis 35% des freien Raumes). Die Füllmengen, die in die Gehäuse- räume zu beiden Seiten des Lagers einzubringen sind, hängen vom Produkt $n \cdot d_m$ ab:

(n = höchste Betriebsdrehzahl
 d_m = $(D + d)/2$ mittlerer Lagerdurchmesser)

Drehzahlkennwert	Füllmenge der Gehäuse- räume
$n \cdot d_m < 50\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$	voll
$n \cdot d_m = 50\,000 \text{ bis } 500\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$	60 %

Eine Überschmierung von Lager und Gehäuse ist bei mittleren und höheren Drehzahlen schädlich, weil es beim Walken des Fettes zu hohen Temperaturen kommen kann, die sich auf Lager und Schmierstoff ungünstig auswirken.

Wälzlager mit Dicht- oder Deckscheiben werden bei der Herstellung nur zu etwa 35% mit Fett gefüllt.

Bei Ölschmierung hat eine Überfüllung des Gehäuses ähnliche Nachteile: das Öl wird durch das Planschen übermäßig erwärmt und dem Luftsauerstoff ausgesetzt. Das führt zu Oxydation und Schaumbildung.

Als Regel für die Ölfüllung von Lagergehäusen gilt, daß der unterste Rollkörper im Stillstand etwa zur Hälfte in das Öl eintauchen soll.

6 Lagerschäden

6 Lagerschäden

Die Lebensdauer eines Wälzlagers ist abhängig von der Anzahl der Überrollungen und der dabei auftretenden Belastung an Rollkörpern und Laufbahnen.

Das genormte Berechnungsverfahren für dynamisch beanspruchte Wälzlager beruht auf der Werkstoffermüdung (Pittingbildung) als Ausfallursache.

Die normale Ermüdung äußert sich in einer Schälung oder Abblätterung der Rollflächen, Bild 106. Bei fortschreitender Beanspruchung kann es sogar zum Gewaltbruch der Ringe kommen, Bild 107.

Fällt das Lager wesentlich früher aus, als nach der Lebensdauerberechnung zu erwarten war, dann ist zu prüfen, ob nicht eine Überlastung vorlag. Anderenfalls müssen Einbau- oder Wartungsfehler oder ein betriebsbedingter Verschleiß als Ursache in Betracht gezogen werden. Im folgenden sind einige häufiger vorkommende Schäden und ihre Ursachen aufgeführt:

106: Schälung bei einem Rillenkugellager-Innenring



107: Gewaltbruch eines Rillenkugellager-Innenringes als Endzustand der normalen Ermüdung



6.1 Wodurch entstehen Lagerschäden?

6.1.1 Einbaufehler

Örtliche Verletzungen der Laufbahnen, wie z.B. Riefen, Schürfmärken oder Dellen, deuten auf eine unsachgemäße Montage hin. Solche Schäden entstehen zum Beispiel, wenn der Innenring eines Zylinderrollenlagers verkantet in den Außenring eingeschoben wird, oder wenn die Aufpreßkraft über die Rollkörper geleitet wird, Bilder 108 bis 111.

Oberflächenverletzungen entstehen auch, wenn Fremdkörper in das Lager gelangen und dort überrollt werden, siehe Abschnitt 6.1.2.

Der Schaden kann sich kurzfristig, z.B. in einem erhöhten Laufgeräusch, bemerkbar machen, langfristig kann es zu vorzeitiger Ermüdung der Laufflächen kommen.

Typisch für Oberflächenmarkierungen ist der mehr oder weniger überhöhte Rand der Eindruckstellen.



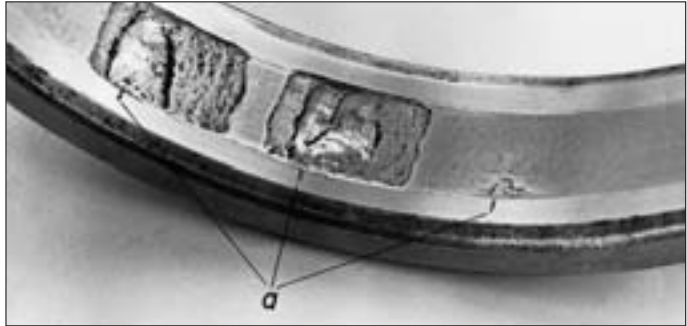
108: Durch unsachgemäße Montage hervorgerufene Rollkörpereindrücke in den Rollbahnen eines Rillenkugellagers

Lagerschäden

109: Schürfmacken in der Rollbahn eines Zylinderrollenlager-Innenringes



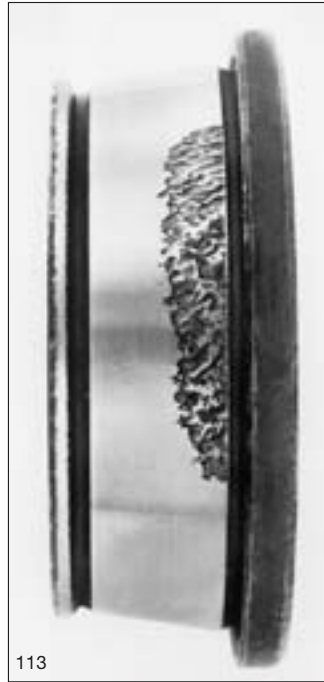
110: Vorzeitige Ermüdung bei einem Zylinderrollenlager-Außenring als Folge von Schürfmacken, die bei „a“ noch zu erkennen sind



111: Ausgebrochener Bord eines Tonnenlagers, dessen Innenring mit Hammerschlägen aufgetrieben wurde



Aus der Richtung der Kräfte, die auf ein Lager von außen einwirken, und aus den Umlaufverhältnissen ergibt sich die Lage der Belastungszone an dem betrachteten Lagerring. Die Belastungszone ist schon nach kurzer Laufzeit an einer leichten Mattierung in den Laufbahnen zu erkennen; sie gibt einen Hinweis darauf, ob das Lager in der vorgesehenen Weise belastet war.



112: Schräg verlaufende Laufspur als Merkmal einer Schrägverspannung bei einem Rillenkugellager-Innenring, der im Betrieb stillstand

113: Einseitige Ablätterung als Merkmal einer Schrägverspannung bei einem Kegelrollenlager-Innenring, der im Betrieb stillstand

Ein ungewöhnlicher Verlauf der Laufspuren deutet auf eine innere Verspannung hin. Eine solche Verspannung entsteht z.B. durch zu feste Passungen, zu starke axiale Anstellung, durch Formfehler des Gehäuses oder der Welle, Fluchtfehler oder bei Festsitz des Loslagers, Bilder 112 und 113.

6.1.2 Verschmutzung

Fremdkörpereindrücke an den Laufflächen können zu einer vorzeitigen Ermüdung führen, siehe Abschnitt 6.1.1. Fremdkörper mit einer schmirgelnden Wirkung machen das Lager durch Verschleiß jedoch schon vorher unbrauchbar. Die Laufflächen werden aufgeraut und sehen matt aus. Weiterer Verschleiß führt zu unzulässig großer Lagerluft.

Mögliche Ursachen:

- unsaubere Einbauteile,
- Formsand im Gehäuse,
- schlecht abgedichtete Lagerstellen,
- verunreinigte Schmierstoffe,
- metallischer Abrieb von Zahnrädern, der mit dem Schmierstoff in das Lager gelangt.

Lagerschäden

6.1.3 Korrosion

Korrosionsschäden an Wälzlagern können in unterschiedlicher Form auftreten und verschiedene Ursachen haben. Sie äußern sich in einem unruhigen und geräuschvollen Lauf. Der von den Rollkörpern abgeschleuerte Rost wirkt wie Schmirgel und erzeugt Verschleiß.

Korrosionsschäden durch Feuchtigkeit oder durch aggressive Medien zeigen die Bilder 114 und 115.

Mögliche Ursachen:

Schlechte Abdichtung gegen Feuchtigkeit,

Säuredämpfe,

säurehaltige Schmierstoffe,

Kondenswasser,

ungünstige Lagerung der Wälzlager im Magazin.

Stillstandskorrosion äußert sich in Markierungen an den Rollflächen im Rollkörperabstand. Im Unterschied zu den durch falsche Montage hervorgerufenen Rollkörperindrücken fehlen bei Stillstandsmarkierungen die Randüberhöhungen, Bild 116. Nimmt der Rollkörpersatz öfter eine neue Stillstandsposition ein, so entstehen Rattermarken, Bild 117.

Stillstandskorrosion entsteht durch Schwingbewegungen in den Kontaktstellen der Wälzpartner, wobei Verschleiß auftritt. Gefährdet

114: Rostschäden am Innenring eines Kegelrollenlagers



115: Ätzflecken in der Rollbahn eines Pendelrollenlager-Außenrings



sind Maschinen, die im Stillstand oder beim Transport Erschütterungen ausgesetzt sind. Mögliche Abhilfen: Transportsicherung oder Antrieb der Lagerung (z.B. auf Schiffen).

Reibkorrosion tritt dagegen an den Paßflächen auf, also in der Lagerbohrung oder am Lageraußendurchmesser. Ursache sind relativ lose Passungen oder zu weiche Umgebungsteile. Durch Mikrobewegungen in der Paßfuge kann ein so starker Verschleiß entstehen, daß die Loslagerfunktion verlorengeht oder daß infolge von Kerbspannungen sogar die Welle bricht. Mögliche Abhilfen: fester Lagersitz oder Verstärkung der Umgebungs konstruktion.

6.1.4 Stromdurchgang

Stetiger Stromdurchgang erzeugt braun verfärbte, achsparallele Riffeln auf dem ganzen Umfang einer oder beider Laufbahnen sowie an den Rollkörpern, Bilder 118 und 119.

6.1.5 Fehlerhafte Schmierung

Mangelschmierung entsteht durch zu geringe Schmierstoffversorgung oder durch Verwendung eines ungeeigneten Schmierstoffes. Wenn der Schmierfilm die Wälzpartner nicht mehr ausreichend trennt, kommt es zum Gleiten und zu Verschleiß. Da die höchsten



116: Durch Stillstandskorrosion entstandene Mulden in der Rollbahn eines Pendelkugellager-Außenrings

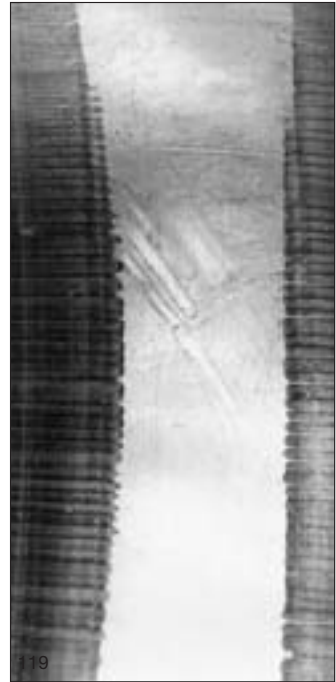
117: Rattermarken in der Rollbahn eines Zylinderrollenlager-Innenrings

Lagerschäden

118: Riffelbildung an den Rollen eines Pendelrollenlagers, hervorgerufen durch Stromdurchgang



119: Riffelbildung in der Rollbahn eines Pendelrollenlager-Außenrings, entstanden durch Stromdurchgang

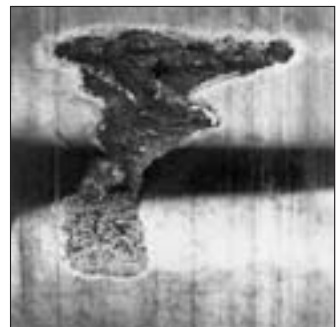
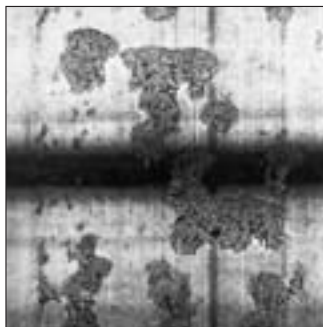



Materialbeanspruchungen an den Laufbahnoberflächen auftreten, können dort auch zunächst Mikropittings und dann größere Materialausbrüche entstehen, Bild 120.

Bei Übersmierung erwärmt sich durch Plansch- oder Walkarbeit der Schmierstoff stark, und seine Schmierfähigkeit geht verloren. Daraus kann schließlich ein Heißlauf entstehen, also ein Totalausfall der Lagerung. Besonders bei schnellaufenden Lagern muß dafür gesorgt werden, daß sich der Schmierstoff nicht im Lager staut.

Die möglichen Folgen von verunreinigten Schmierstoffen sind in Abschnitt 6.1.2 beschrieben.

120: Infolge eines nicht tragfähigen Schmierfilms haben sich auf Zylinderrollen größere flache Ausbrüche, sogenannte Flechten, gebildet.



0  0,5 mm

6.2 Woran erkennt man den Lagerschaden im Betrieb?*)

Betriebsverhalten des Lagers	Mögliche Ursache	Beispiele
Unruhiger Lauf	Beschädigung an Ringen und Rollkörpern Verschmutzung zu große Lagerluft	Kraftwagen: zunehmendes Flattern der Räder Erschütterungen der Lenkorgane Ventilatoren: stärker werdende Erschütterungen Sägegatter: stärker werdende Stöße und Schläge in den Stelzen Verbrennungskraftmaschinen: zunehmende Erschütterungen an der Kurbelwelle
Verminderung der Arbeitsgenauigkeit	Verschleiß infolge Verschmutzung oder ungenügender Schmierung Beschädigung an Ringen und Rollkörpern	Drehbank: allmähliches Auftreten von Rattermarken am Werkstück Schleifmaschinen: welliges Schliffbild Kaltwalzwerk: Auftreten von meist periodischen Oberflächenfehlern auf dem Walzgut, wie Schattierungen, Wellenbildung u. ä.
Außergewöhnliches Laufgeräusch: – heulendes oder pfeifendes Geräusch	zu kleine Betriebsluft	Elektromotoren Getriebe (Bei Getrieben sind Wälzlagergeräusche schwer erkennbar, da das Zahnradgeräusch im allgemeinen überwiegt)
– rumpelndes oder ungleichmäßiges Geräusch	zu große Betriebsluft Schäden an den Rollflächen Verschmutzung ungeeigneter Schmierstoff	
– allmähliche Veränderung des Laufgeräusches	Veränderung der Betriebsluft durch Temperatureinflüsse Beschädigung der Rollbahn (z. B. durch Verschmutzung oder Ermüdung)	

*) Siehe auch Publ.-Nr. WL 80137 „Diagnose von Wälzlagern mit dem FAG-Detector“ und WL 80141 „Diagnose von Wälzlagern mit dem FAG Bearing Analyser“.

6.3 Worauf ist bei einem Lagerschaden zu achten?

Die in Bild 106 bis 120 gezeigten Beispiele beziehen sich auf krasse Fälle; die Schadensmerkmale sind genau zu erkennen, und ihre Ursache ist eindeutig. Verständlicherweise können nicht alle denkbaren Kombinationen der verschiedenen Schadensmerkmale hier behandelt werden.

In der Praxis ist es nicht immer einfach, an einem beschädigten Lager die primäre Ursache zu erkennen. In vielen Fällen kann man zwar, z.B. aus der Ausbildung der Laufspuren, gewisse Rückschlüsse ziehen; man kann aber kaum sichere Ratschläge zur Vermeidung künftiger Schäden geben, wenn nicht die Betriebsverhältnisse, die Schmierung und die Gesamtkonstruktion bekannt sind. Außerdem sollte man wissen, wodurch sich der Schaden bemerkbar machte und welche Nebenerscheinungen dabei auftraten.

6.3.1 Vor dem Ausbau:

Betriebsverhalten beobachten und Ergebnis schriftlich festhalten

Vor dem Ausbau soll man folgende vier für das Betriebsverhalten wesentlichen Punkte überprüfen und das Ergebnis schriftlich festhalten; denn diese Daten sind unwiderbringlich verloren, wenn die Lagerung ausgebaut ist und wenn Lager und Gehäuse ausgewaschen sind.

Verschmutzung

Wie ist der allgemeine Maschinenzustand, insbesondere in der Umgebung der Lagerstelle? Haben sich in der Nähe der Lagerung Schmutz oder Rückstände des verarbeiteten Stoffes angesammelt? Konnten Wasser, Laugen, Bohrlöl oder Dämpfe in das Lagergehäuse eindringen?

Schmierstoff-Verlust

Konnte der Schmierstoff abfließen? Dazu den Ölstand am Schauglas und den Dichtspalt am Wellenausstritt überprüfen, ebenso alle Fugen zwischen Gehäuse und Deckeln sowie die Dichtungen an Ölleitung, Ablasschrauben und Schauglas.

Laufgeräusch

Häufig erkennt man Lagerschäden daran, daß sich das Laufgeräusch der Lagerung verändert. In diesem Fall sollte man versuchen, das Geräusch zu beschreiben, durch Angaben wie: Gleichmäßig oder schwellend, periodisch oder ungleichmäßig, brummend, pfeifend, singend, klopfend. Stellt man eine regelmäßig wiederkehrende Folge von Geräuschen fest, beschreibe man, mit welcher Frequenz sie auftritt. Bei höheren Drehzahlen ist dies zwar

ohne komplizierte Geräte kaum möglich; bei niedrigen Drehzahlen hat es sich dagegen häufig bewährt, mit einem Bleistift im Rhythmus des Geräusches auf ein Blatt Papier zu klopfen und nach einer bestimmten Anzahl von Sekunden die Punkte auszuzählen. Aus dem Ergebnis kann man dann schließen, ob die Störung z.B. mit der Frequenz des Innenrings oder des Käfigs auftritt. Dabei sollte man auch versuchen, die Lautstärke des Geräusches zu beurteilen.

Außerdem ist es notwendig, die Lagerung vor dem Zerlegen noch einmal von Hand durchzudrehen. So lassen sich Abweichungen vom bekannten, ungestörten Lauf oft leicht feststellen und auch gut beschreiben.

Schadensablauf und Nebenumstände

Der Hergang des Schadens muß festgehalten werden, solange die Erinnerung noch frisch ist. Dabei kommt es darauf an, daß alle Einzelheiten erfaßt werden, wie der Zeitpunkt der ersten Wahrnehmung, die ersten Anzeichen und die allmählichen Veränderungen des Geräusches oder der Temperatur. Trat der Schaden schlagartig auf, notiere man die Stellung der Bedienungsriffe und die Arbeitsstellung der Maschine. Auch frühere Änderungen an der Maschine – z.B. eine Spielregelung, das Einsetzen neuer Wellen, Hülsen oder Abstandsbüchsen sowie eine Erhöhung der Leistung oder Drehzahl – können für die Beurteilung wichtig sein. Wenn diese Änderungen mit dem veränderten Laufverhalten zeitlich zusammenfallen, kann der Fachmann daraus wichtige Rückschlüsse ziehen.

6.3.2 Beim Ausbau:

Beim Ausbau sind folgende vier Punkte zu beachten:

Schmierung

Wenn das ausgebaute Lager später auf die Schadensursache hin untersucht werden soll, darf der anhaftende Schmierstoff nicht entfernt werden. An einem beschädigten, aber sauber ausgewaschenen Lager allein kann nämlich auch der erfahrene Fachmann nicht immer die Schadensursache erkennen. Es ist darauf zu achten, daß die beschädigten Lager nicht zusätzlich verschmutzt werden.

Schmierstoff nicht auswaschen, Proben entnehmen

Ölschmierung

Bei ölschmierten Lagern wird das Öl, gegebenenfalls auch die Kühlflüssigkeit, abgelassen. Das Öl soll in einem sauberen Behälter aufgefangen werden, insbesondere wenn man vermuten muß, daß

Lagerschäden

es Schmutz, Metallsplitter oder starken Abrieb von den benachbarten Zahnradern enthält. Wenn sich dieser Verdacht bestätigt, dann hat man eine ausreichende Ölmenge für eine gründliche Untersuchung zur Verfügung.

Fettschmierung

Bei fettgeschmierten Lagern beginnt der Ausbau mit dem Abnehmen der Deckel, Kappen oder Schilde. Diese Teile dürfen nicht sofort ausgewaschen werden, sondern sollen an einem sauberen Platz aufgehoben werden, bis der Lagerschaden geklärt ist. Das gilt auch für Filz- oder Gummidichtungen und alle sonstigen Dichtringe und -scheiben. Auch wenn die Vorschrift besteht, bei jeder Überholung neue Dichtungen einzubauen, darf man die alten nicht sofort wegwerfen; möglicherweise gibt der Zustand der Dichtung Anlaß zur Untersuchung, ob das Dichtungssystem ausreichend wirksam war.

Für die Fettuntersuchung sollte man zwei Proben entnehmen: Eine aus dem Lagerinnern und eine aus einem vom Lager entfernten Gehäuseeteil. Sind die Schmiernippel stark verschmutzt, kann bei der Nachschmierung verschmutztes Fett in die Lagerung gelangt sein; in diesem Fall sollte auch eine Probe aus dem Fettkanal entnommen werden.

Die Fettmenge jeder Probe darf nicht zu klein sein. Alle Proben sind in saubere Dosen oder in sauberes Ölpapier zu streichen und so zu kennzeichnen, daß man später feststellen kann, woher sie stammen.

Lockerung der Halteelemente

Beim weiteren Ausbau muß zunächst untersucht werden, ob die Muttern, die den Innenring in axialer Richtung halten, fest angezogen sind. Dies ist besonders wichtig bei zweireihigen Schrägkugellagern mit geteiltem Innenring und bei Vierpunktlagern. Lockert sich nämlich die axiale Befestigung, dann ändern sich die Spiel- und Abrollverhältnisse im Lager. Das gleiche gilt auch für paarweise angestellte Kegelrollenlager und Schrägkugellager. Bei Spann- und Abziehhülsen sowie bei Kegelsitzen ist der Anzug der Spann- oder Haltemutter zu prüfen.

Lage der Wälzlageringe

Sind die Haltemuttern gelöst, dann säubert man die Stirnflächen der Lagerringe, um festzustellen, in welcher Lage die Ringe relativ zum Gehäuse und zur Welle eingebaut waren. In den meisten Fällen zeigen die Laufspuren auf den Rollbahnen zwar deutlich die Richtung der Lagerbelastung; sind die Laufspuren aber ungewöhnlich, dann nützt diese Feststellung allein meist recht wenig, wenn man nicht zugleich weiß, wie der Außenring relativ zum

Anzug der Haltemuttern prüfen

Skizze der Lageranordnung anfertigen

Gehäuse und der Innenring zum Kurbelzapfen, Exzenter oder dergleichen eingebaut war. Zu diesem Zweck ist eine Skizze anzufertigen, aus der die Lage des aufgestempelten Kurzzeichens zu einer bestimmten Richtung des Gehäuses und der Welle hervorgeht. Darin muß auch vermerkt werden, ob die Stempelseite der Lagerringe zum Wellenende oder zur Wellenmitte zeigte. Bei zerlegbaren Lagern wie Zylinderrollenlagern, Schulterkugellagern und Vierpunktlagern gilt das für beide Laufringe. Stellt man nach dem Ausbau ungewöhnliche Laufspuren fest, können daraus Rückschlüsse auf die Art und Richtung der Belastung, gegebenenfalls auch auf eine Verspannung, gezogen werden, und man erhält so eine Hinweis auf die Schadensursache.

Kontrolle der Sitze

Beim Abziehen des Lagers ist darauf zu achten, ob sich die Ringe auffällig leicht oder auffällig schwer von ihren Sitzen lösen. Bei zerlegbaren Lagern müssen die Einzelteile jedes Lagers zusammenbleiben und dürfen nicht mit Teilen anderer Lager vertauscht werden.

Auch der Zustand der übrigen Maschinenteile muß überprüft werden, vor allem wenn ein längerer Produktionsausfall vermieden und die Maschine daher mit neuen Lagern sofort wieder zusammengebaut werden muß. In jedem Fall müssen die Durchmesser von Welle und Gehäusebohrung gemessen werden; dabei ist besonders zu prüfen, ob die Sitzstellen rund sind. Ebenso sollte auch der Zustand der An- und Abtriebs Elemente, insbesondere der Zahnräder und aller anderen Bewegungsteile der Maschine, untersucht werden. Aus den Gleitmerkmalen, Anlaufspuren und dem Tragbild läßt sich oft schließen, ob die Wellen fluchteten oder ob Zwangskräfte auftraten.

Durchmesser von Welle
und Gehäusebohrung messen.
Rundheit der Sitzstelle prüfen

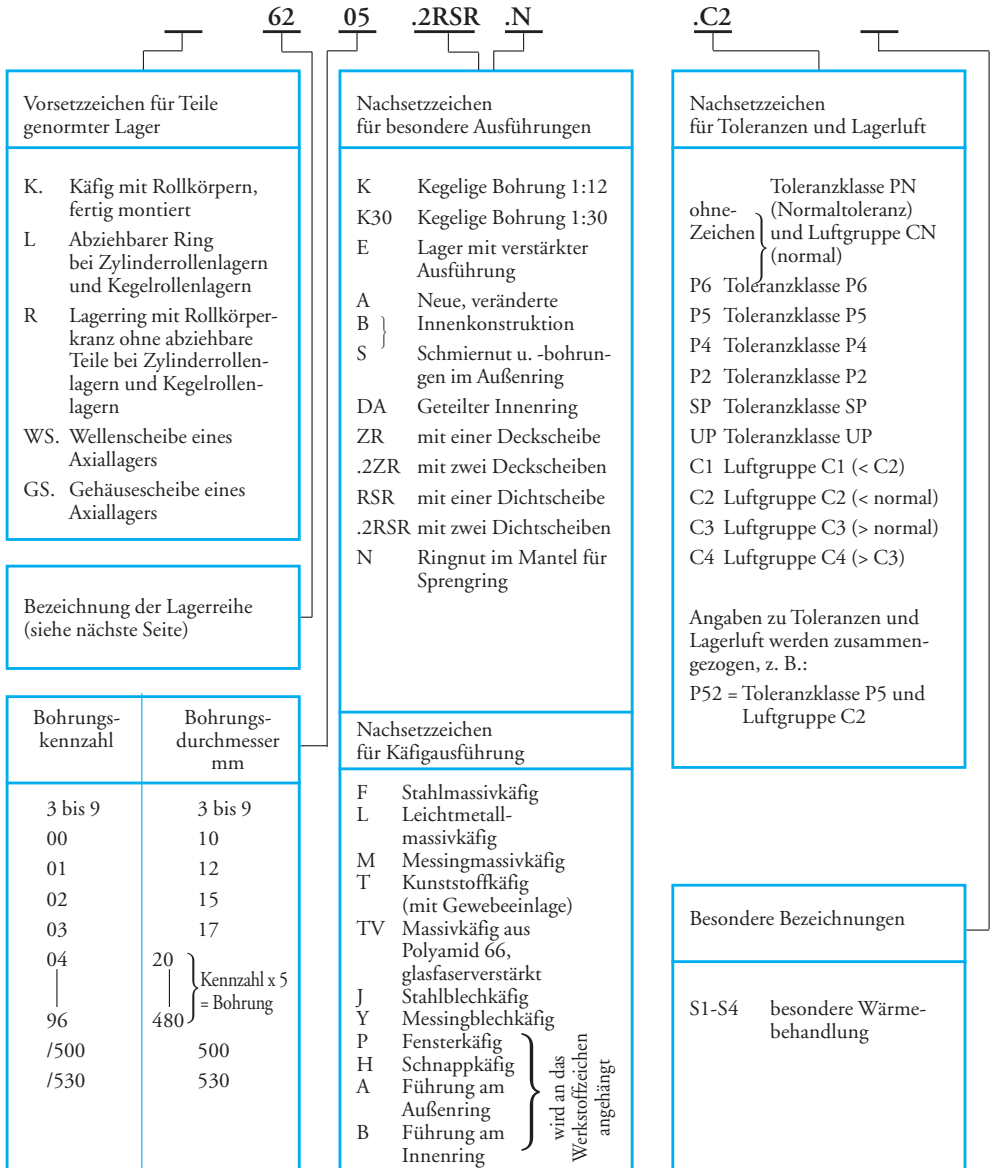
6.3.3 Bei der Untersuchung

Ist der Ausbau abgeschlossen, kann man mit der Untersuchung des Lagers beginnen. Beim kompletten Lager prüft man die Sauberkeit, den Zustand der Paßflächen (Maßhaltigkeit) und die Funktion (Leichtgängigkeit, Lagerluft). Die Beschädigungsmerkmale und die festgehaltenen Nebenumstände ermöglichen es in den meisten Fällen, sich von der Ursache und dem Ablauf des Schadens ein Bild zu machen. Gelingt dies nicht, sollte der FAG-Beratungsdienst in Anspruch genommen werden.

In vielen Fällen braucht man selbstverständlich nicht alle oben angegebenen Hinweise zu beachten. Ebenso wird man den beschriebenen Aufwand nicht treiben, wenn der Wert des neuen Lagers so gering ist, daß systematische Untersuchungen nicht rentabel erscheinen. Im Großmaschinenbau jedoch, wo größere Anlagen nur in kleineren Stückzahlen gebaut werden und wo gelegentlich ein zunächst unerklärlicher Lagerschaden auftritt, sollte man die Hinweise beachten.

Im Zweifelsfall den
FAG-Beratungsdienst
verständigen

7.1 Wälzlagerbezeichnung



62

Vorsetzzeichen für Teile genormter Lager

- K. Käfig mit Rollkörpern, fertig montiert
- L. Abziehbarer Ring bei Zylinderrollenlagern und Kegelrollenlagern
- R. Lagerring mit Rollkörperkranz ohne abziehbare Teile bei Zylinderrollenlagern und Kegelrollenlagern
- WS. Wellenscheibe eines Axiallagers
- GS. Gehäusescheibe eines Axiallagers

Bezeichnung der Lagerreihe (siehe nächste Seite)

Bohrungskennzahl	Bohrungsdurchmesser mm
3 bis 9	3 bis 9
00	10
01	12
02	15
03	17
04	20 } Kennzahl x 5 = Bohrung
96	
/500	500
/530	530

05 **.2RSR** **.N**

Nachsetzzeichen für besondere Ausführungen

- K Kegelige Bohrung 1:12
- K30 Kegelige Bohrung 1:30
- E Lager mit verstärkter Ausführung
- A Neue, veränderte
- B } Innenkonstruktion
- S } Schmiernut u. -bohrungen im Außenring
- DA Geteilter Innenring
- ZR mit einer Deckscheibe
- .2ZR mit zwei Deckscheiben
- RSR mit einer Dichtscheibe
- .2RSR mit zwei Dichtscheiben
- N Ringnut im Mantel für Sprengung

Nachsetzzeichen für Käfigauführung

- F Stahlmassivkäfig
- L Leichtmetallmassivkäfig
- M Messingmassivkäfig
- T Kunststoffkäfig (mit Gewebeeinlage)
- TV Massivkäfig aus Polyamid 66, glasfaserverstärkt
- J Stahlblechkäfig
- Y Messingblechkäfig
- P Fensterkäfig
- H Schnappkäfig
- A Führung am Außenring
- B Führung am Innenring

wird an das Werkstoffzeichen angehängt

.C2

Nachsetzzeichen für Toleranzen und Lagerluft

ohne-Zeichen } Toleranzklasse PN (Normaltoleranz) und Luftgruppe CN (normal)

- P6 Toleranzklasse P6
- P5 Toleranzklasse P5
- P4 Toleranzklasse P4
- P2 Toleranzklasse P2
- SP Toleranzklasse SP
- UP Toleranzklasse UP
- C1 Luftgruppe C1 (< C2)
- C2 Luftgruppe C2 (< normal)
- C3 Luftgruppe C3 (> normal)
- C4 Luftgruppe C4 (> C3)

Angaben zu Toleranzen und Lagerluft werden zusammengezogen, z. B.:
P52 = Toleranzklasse P5 und Luftgruppe C2

Besondere Bezeichnungen

S1-S4 besondere Wärmebehandlung

Tabellen

7.2 Bezeichnung der Lagerreihen: Kugellager

Lagerreihe	Kugellager					Type				Breiten- bzw. Höhenreihe	Durchmesserreihe
	Rillen- kugel- lager	Schräg- kugel- lager	Pendel- kugel- lager	Axial- Rillen- kugel- lager	Axial- Schräg- kugel- lager	ein- reihig bzw. ein- seitig wirkend	zwei- reihig bzw. zwei- seitig wirkend	mit ebenen Gehäuse- scheiben	mit kugeligen Gehäuse- scheiben		
618	x					x				1	8
160	x					x				0	0
60	x					x				1	0
62	x					x				0	2
63	x					x				0	3
64	x					x				0	4
42	x						x			2	2
43	x						x			2	3
12			x				x			0	2
112			x				x			0	2
13			x				x			0	3
113			x				x			0	3
22			x				x			2	2
23			x				x			2	3
B 719		x				x				1	9
B 70		x				x				1	0
B 72		x				x				0	2
72		x				x				0	2
73		x				x				0	3
QJ 2		x				x				0	2
QJ 3		x				x				0	3
32		x					x			3	2
33		x					x			3	3
511				x		x		x		1	1
512				x		x		x		1	2
513				x		x		x		1	3
514				x		x		x		1	4
532				x		x			x		2
533				x		x			x		3
534				x		x			x		4
522				x			x	x		2	2
523				x			x	x		2	3
524				x			x	x		2	4
542				x			x		x		2
543				x			x		x		3
544				x			x		x		4
2344					x		x				
2347					x		x				
7602					x	x					
7603					x	x					

7.2 Bezeichnung der Lagerreihen: Rollenlager

Lagerreihe	Rollenlager						Type		Breiten- bzw. Höhen- reihe	Durch- messer- reihe
	Zylin- der- rollen- lager	Kegel- rollen- lager	Tonnen- lager	Bauart Pendel- rollen- lager	Axial- Zylinder- rollen- lager	Axial- Pendel- rollen- lager	ein- reihig	zwei- reihig		
N 2; NU 2; NJ 2; NUP 2	x						x		0	2
N 3; NU 3; NJ 3; NUP 3	x						x		0	3
N 4; NU 4; NJ 4; NUP 4	x						x		0	4
NU 10	x						x		1	0
NU 22; NJ 22; NUP 22	x						x		2	2
NU 23; NJ 23; NUP 23	x						x		2	3
NN 30	x							x	3	0
NNU 49	x							x	4	9
302		x					x		0	2
303		x					x		0	3
313		x					x		1	3
320		x					x		2	0
322		x					x		2	2
323		x					x		2	3
329		x					x		2	9
330		x					x		3	0
331		x					x		3	1
332		x					x		3	2
202			x				x		0	2
203			x				x		0	3
204			x				x		0	4
213				x				x	0	3
222				x				x	2	2
223				x				x	2	3
230				x				x	3	0
231				x				x	3	1
232				x				x	3	2
233				x				x	3	3
239				x				x	3	9
240				x				x	4	0
241				x				x	4	1
292						x	x		9	2
293						x	x		9	3
294						x	x		9	4
811					x		x		1	1
812					x		x		1	2

Tabellen

7.3 Wellentoleranzen

Maße in mm

Nennmaß der Welle	über bis	3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180
		6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200

Toleranzwerte in μm (Normaltoleranz)

Lagerbohrung Abweichung Δ_{dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-8	-10	-12	-15	-15	-20	-20	-25	-25	-25	-25	-30

Passungsbild Welle	Lager	Wellentoleranz in μm													
e 7		-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-60 -90	-72 -107	-72 -107	-85 -125	-83 -125	-85 -125	-100 -146	
e 8		-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-60 -106	-72 -126	-72 -126	-85 -148	-85 -148	-85 -148	-100 -172	
f 6		-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-30 -49	-36 -58	-36 -58	-43 -68	-43 -68	-43 -68	-50 -79	
f 7		-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-30 -60	-36 -71	-36 -71	-43 -83	-43 -83	-43 -83	-50 -96	
g 5		-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-10 -23	-12 -27	-12 -27	-14 -32	-14 -32	-14 -32	-15 -35	
g 6		-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-10 -29	-12 -34	-12 -34	-14 -39	-14 -39	-14 -39	-15 -44	
h 5		0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -13	0 -15	0 -15	0 -18	0 -18	0 -18	0 -20	
h 6		0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -19	0 -22	0 -22	0 -25	0 -25	0 -25	0 -29	
j 5		+3 -2	+4 -2	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+6 -7	+6 -7	+6 -9	+6 -9	+7 -11	+7 -11	+7 -11	+7 -13	
j 6		+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+12 -7	+13 -9	+13 -9	+14 -11	+14 -11	+14 -11	+16 -13	
js 3		+1,25 -1,25	+1,25 -1,25	+1,5 -1,5	+2 -2	+2 -2	+2,5 -2,5	+2,5 -2,5	+3 -3	+3 -3	+4 -4	+4 -4	+4 -4	+5 -5	
js 4		+2 -2	+2 -2	+2,5 -2,5	+3 -3	+3,5 -3,5	+4 -4	+4 -4	+5 -5	+5 -5	+6 -6	+6 -6	+6 -6	+7 -7	
js 5		+2,5 -2,5	+3 -3	+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+6,5 -6,5	+7,5 -7,5	+7,5 -7,5	+9 -9	+9 -9	+9 -9	+10 -10	
js 6		+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+9,5 -9,5	+11 -11	+11 -11	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5	
k 3		+2,5 0	+2,5 0	+3 0	+4 0	+4 0	+5 0	+5 0	+6 0	+6 0	+8 0	+8 0	+8 0	+10 0	
k 4		+5 +1	+5 +1	+6 +1	+8 +2	+9 +2	+10 +2	+10 +2	+13 +3	+13 +3	+15 +3	+15 +3	+15 +3	+18 +4	
k 5		+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+15 +2	+18 +3	+18 +3	+21 +3	+21 +3	+21 +3	+24 +4	
k 6		+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+21 +2	+25 +3	+25 +3	+28 +3	+28 +3	+28 +3	+33 +4	

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1120	1250
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1120	1250	

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125		

-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195		
-146	-146	-162	-162	-182	-182	-198	-198	-215	-215	-240	-240	-260	-260	-300	-300		
-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195		
-172	-172	-191	-191	-214	-214	-232	-232	-255	-255	-285	-285	-310	-310	-360	-360		
-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98		
-79	-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-120	-120	-130	-130	-142	-142	-164	-164		
-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98		
-96	-96	-108	-108	-119	-119	-131	-131	-146	-146	-160	-160	-176	-176	-203	-203		
-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28		
-35	-35	-40	-40	-43	-43	-47	-47	-51	-51	-56	-56	-62	-62	-70	-70		
-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28		
-44	-44	-49	-49	-54	-54	-60	-60	-66	-66	-74	-74	-82	-82	-94	-94		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-20	-20	-23	-23	-25	-25	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-36	-36	-42	-42		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-29	-29	-32	-32	-36	-36	-40	-40	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66		
+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7									
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-20									
+16	+16	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33		
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33		
+5	+5	+6	+6	+6,5	+6,5	+7,5	+7,5										
-5	-5	-6	-6	-6,5	-6,5	-7,5	-7,5										
+7	+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10										
-7	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10										
+10	+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5	+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+21	+21		
-10	-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5	-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-21	-21		
+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33		
-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33		
+10	+10	+12	+12	+13	+13	+15	+15										
0	0	0	0	0	0	0	0										
+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25										
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5										
+24	+24	+27	+27	+29	+29	+32	+32	+29	+29	+32	+32	+36	+36	+42	+42		
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	0	0	0	0	0	0	0	0		
+33	+33	+36	+36	+40	+40	+45	+45	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66		
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0		

Tabellen

7.3 Wellentoleranzen (Fortsetzung)

Maße in mm

Nennmaß der Welle	über bis	3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180
		6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200

Toleranzwerte in μm (Normaltoleranz)

Lagerbohrung Abweichung Δ_{dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-8	-10	-12	-15	-15	-20	-20	-25	-25	-25	-25	-30

Passungsbild
Welle Lager

Wellentoleranz in μm

m 5		+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+24 +11	+28 +13	+28 +13	+33 +15	+33 +15	+33 +15	+37 +17
m 6		+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+30 +11	+35 +13	+35 +13	+40 +15	+40 +15	+40 +15	+46 +17
n 5		+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+33 +20	+38 +23	+38 +23	+45 +27	+45 +27	+45 +27	+51 +31
n 6		+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+39 +20	+45 +23	+45 +23	+52 +27	+52 +27	+52 +27	+60 +31
p 6		+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+51 +32	+59 +37	+59 +37	+68 +43	+68 +43	+68 +43	+79 +50
p 7		+24 +12	+30 +15	+36 +18	+43 +22	+51 +26	+62 +32	+62 +32	+72 +37	+72 +37	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50
r 6		+23 +15	+28 +19	+34 +23	+41 +28	+50 +34	+60 +41	+62 +43	+73 +51	+76 +54	+88 +63	+90 +65	+93 +68	+106 +77
r 7		+27 +15	+34 +19	+41 +23	+49 +28	+59 +34	+71 +41	+73 +43	+86 +51	+89 +54	+103 +63	+105 +65	+108 +68	+123 +77
s 6		+27 +19	+32 +23	+39 +28	+48 +35	+59 +43	+72 +53	+78 +59	+93 +71	+101 +79	+117 +92	+125 +100	+133 +108	+151 +122
s 7		+31 +19	+38 +23	+46 +28	+56 +35	+68 +43	+83 +53	+89 +59	+106 +71	+114 +79	+132 +92	+140 +100	+148 +108	+168 +122

Wellentoleranzen für Abziehhülsen und Spannhülsen in μm

h7/IT5		0 -12 2,5	0 -15 3	0 -18 4	0 -21 4,5	0 -25 5,5	0 -30 6,5	0 -30 6,5	0 -35 7,5	0 -35 7,5	0 -40 9	0 -40 9	0 -40 9	0 -46 10
h8/IT5		0 -18 2,5	0 -22 3	0 -27 4	0 -33 4,5	0 -39 5,5	0 -46 6,5	0 -46 6,5	0 -54 7,5	0 -54 7,5	0 -63 9	0 -63 9	0 -63 9	0 -72 10
h9/IT6		0 -30 4	0 -36 4,5	0 -43 5,5	0 -52 6,5	0 -62 8	0 -74 9,5	0 -74 9,5	0 -87 11	0 -87 11	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -115 14,5
h10/IT7		0 -48 6	0 -58 7,5	0 -70 9	0 -84 10,5	0 -100 12,5	0 -120 15	0 -120 15	0 -140 17,5	0 -140 17,5	0 -160 20	0 -160 20	0 -160 20	0 -185 23

Die Zylinderformtoleranz (blaue Zahlen) ist auf den Radius bezogen (DIN ISO 1101).
Beim Messen des Wellendurchmessers sind die Toleranzwerte zu verdoppeln.
Für allgemeinen Maschinenbau die Werte h7 bzw. h8 anstreben.

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	

+37	+37	+43	+43	+46	+46	+50	+50	+55	+55	+62	+62	+70	+70	+82	+82
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40
+46	+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+106	+106
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40
+51	+51	+57	+57	+62	+62	+67	+67	+73	+73	+82	+82	+92	+92	+108	+108
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66
+60	+60	+66	+66	+73	+73	+80	+80	+88	+88	+100	+100	+112	+112	+132	+132
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66
+79	+79	+88	+88	+98	+98	+108	+108	+122	+122	+138	+138	+156	+156	+186	+186
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120
+96	+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+148	+148	+168	+168	+190	+190	+225	+225
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120
+109	+113	+126	+130	+144	+150	+166	+172	+194	+199	+225	+235	+266	+276	+316	+326
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260
+126	+130	+146	+150	+165	+171	+189	+195	+220	+225	+255	+265	+300	+310	+355	+365
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260
+159	+169	+190	+202	+226	+244	+272	+292	+324	+354	+390	+430	+486	+526	+586	+646
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580
+176	+186	+210	+222	+247	+265	+295	+315	+350	+380	+420	+460	+520	+560	+625	+685
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-46	-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105	
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-72	-72	-81	-81	-89	-89	-97	-97	-110	-110	-125	-125	-140	-140	-165	-165	
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-115	-115	-130	-130	-140	-140	-155	-155	-175	-175	-200	-200	-230	-230	-260	-260	
14,5	14,5	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	33	33	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-185	-185	-210	-210	-230	-230	-250	-250	-280	-280	-320	-320	-360	-360	-420	-420	
23	23	26	26	28,5	28,5	31,5	31,5	35	35	40	40	45	45	52,5	52,5	

Tabellen

7.4 Gehäusetoleranzen

Maße in mm

Nennmaß der Gehäusebohrung über bis	6 10	10 18	18 30	30 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225
-------------------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Toleranzwerte in μm (Normaltoleranz)

Lageraußendurchmesser Abweichung Δ_{Dmp}	0 -8	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -13	0 -15	0 -15	0 -18	0 -18	0 -25	0 -30	0 -30
--	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Passungsbild Gehäuse

Lager

Gehäusetoleranz in μm

D 10		+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+220 +100	+260 +120	+260 +120	+305 +145	+305 +145	+305 +145	+355 +170	+355 +170
E 8		+47 +25	+59 +32	+73 +40	+89 +50	+106 +60	+106 +60	+126 +72	+126 +72	+148 +85	+148 +85	+148 +85	+172 +100	+172 +100
F 7		+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+60 +30	+71 +36	+71 +36	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50	+96 +50
G 6		+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+29 +10	+34 +12	+34 +12	+39 +14	+39 +14	+39 +14	+44 +15	+44 +15
G 7		+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+40 +10	+47 +12	+47 +12	+54 +14	+54 +14	+54 +14	+61 +15	+61 +15
H 5		+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+13 0	+15 0	+15 0	+18 0	+18 0	+18 0	+20 0	+20 0
H 6		+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+19 0	+22 0	+22 0	+25 0	+25 0	+25 0	+29 0	+29 0
H 7		+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+30 0	+35 0	+35 0	+40 0	+40 0	+40 0	+46 0	+46 0
H 8		+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+46 0	+54 0	+54 0	+63 0	+63 0	+63 0	+72 0	+72 0
J 6		+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6	+13 -6	+16 -6	+16 -6	+18 -7	+18 -7	+18 -7	+22 -7	+22 -7
J 7		+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+18 -12	+22 -13	+22 -13	+26 -14	+26 -14	+26 -14	+30 -16	+30 -16
JS 4		+2 -2	+2,5 -2,5	+3 -3	+3,5 -3,5	+4 -4	+4 -4	+5 -5	+5 -5	+6 -6	+6 -6	+6 -6	+7 -7	+7 -7
JS 5		+3 -3	+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+6,5 -6,5	+7,5 -7,5	+7,5 -7,5	+9 -9	+9 -9	+9 -9	+10 -10	+10 -10
JS 6		+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+9,5 -9,5	+11 -11	+11 -11	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5	+14,5 -14,5
JS 7		+7,5 -7,5	+9 -9	+10,5 -10,5	+12,5 -12,5	+15 -15	+15 -15	+17,5 -17,5	+17,5 -17,5	+20 -20	+20 -20	+20 -20	+23 -23	+23 -23
K 4		+0,5 -3,5	+1 -4	0 -6	+1 -6	+1 -7	+1 -7	+1 -9	+1 -9	+1 -11	+1 -11	+1 -11	0 -14	0 -14
K 5		+1 -5	+2 -6	+1 -8	+2 -9	+3 -10	+3 -10	+2 -13	+2 -13	+3 -15	+3 -15	+3 -15	+2 -18	+2 -18
K 6		+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -15	+4 -18	+4 -18	+4 -21	+4 -21	+4 -21	+5 -24	+5 -24

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160

+355	+400	+400	+440	+440	+480	+480	+540	+540	+610	+610	+680	+680	+770	+770	+890
+172	+191	+191	+210	+210	+230	+230	+260	+260	+290	+290	+320	+320	+350	+350	+390
+172	+191	+191	+214	+214	+232	+232	+255	+255	+285	+285	+310	+310	+360	+360	+415
+100	+110	+110	+125	+125	+135	+135	+145	+145	+160	+160	+170	+170	+195	+195	+220
+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+144	+144	+160	+160	+176	+176	+203	+203	+235
+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+76	+76	+80	+80	+86	+86	+98	+98	+110
+44	+49	+49	+54	+54	+60	+60	+66	+66	+74	+74	+82	+82	+94	+94	+108
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+61	+69	+69	+75	+75	+83	+83	+92	+92	+104	+104	+116	+116	+133	+133	+155
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+20	+23	+23	+25	+25	+27	+27									
0	0	0	0	0	0	0									
+29	+32	+32	+36	+36	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+78
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+105	+105	+125
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+72	+81	+81	+89	+89	+97	+97	+110	+110	+125	+125	+140	+140	+165	+165	+195
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+22	+25	+25	+29	+29	+33	+33									
-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7									
+30	+36	+36	+39	+39	+43	+43									
-16	-16	-16	-18	-18	-20	-20									
+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10									
-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10									
+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5									
-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5									
+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+39
-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-39
+23	+26	+26	+28,5	+28,5	+31,5	+31,5	+35	+35	+40	+40	+45	+45	+52	+52	+62
-23	-26	-26	-28,5	-28,5	-31,5	-31,5	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-52	-52	-62
0	0	0	0	0	0	0									
-14	-16	-16	-17	-17	-20	-20									
+2	+3	+3	+3	+3	+2	+2									
-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25									
+5	+5	+5	+7	+7	+8	+8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-24	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78

Tabellen

7.4 Gehäusetoleranz (Fortsetzung)

Maße in mm

Nennmaß der über Gehäusebohrung bis	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200
	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225

Toleranzwerte in μm (Normaltoleranz)

Lageraußendurchmesser Abweichung Δ_{Dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-9	-11	-13	-13	-15	-15	-18	-18	-25	-30	-30

Passungsbild
Gehäuse Lager

	Gehäusetoleranz in μm												
K 7	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+9 -21	+10 -25	+10 -25	+12 -28	+12 -28	+12 -28	+13 -33	+13 -33
M 6	-3 -12	-4 -15	-4 -17	-4 -20	-5 -24	-5 -24	-6 -28	-6 -28	-8 -33	-8 -33	-8 -33	-8 -37	-8 -37
M 7	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -30	0 -35	0 -35	0 -40	0 -40	0 -40	0 -46	0 -46
N 6	-7 -16	-9 -20	-11 -24	-12 -28	-14 -33	-14 -33	-16 -38	-16 -38	-20 -45	-20 -45	-20 -45	-22 -51	-22 -51
N 7	-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-9 -39	-10 -45	-10 -45	-12 -52	-12 -52	-12 -52	-14 -60	-14 -60
P 6	-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-26 -45	-30 -52	-30 -52	-36 -61	-36 -61	-36 -61	-41 -70	-41 -70
P 7	-9 -24	-11 -29	-14 -35	-17 -42	-21 -51	-21 -51	-24 -59	-24 -59	-28 -68	-28 -68	-28 -68	-33 -79	-33 -79
R 6	-16 -25	-20 -31	-24 -37	-29 -45	-35 -54	-37 -56	-44 -66	-47 -69	-56 -81	-58 -83	-61 -86	-68 -97	-71 -100
S 6	-20 -29	-25 -36	-31 -44	-38 -54	-47 -66	-53 -72	-64 -86	-72 -94	-85 -110	-93 -118	-101 -126	-113 -142	-121 -150

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160

+13	+16	+16	+17	+17	+18	+18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-33	-36	-36	-40	-40	-45	-45	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105	-125
-8	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-26	-26	-30	-30	-34	-34	-40	-40	-48
-37	-41	-41	-46	-46	-50	-50	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-106	-106	-126
0	0	0	0	0	0	0									
-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63									
-22	-25	-25	-26	-26	-27	-27	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78
-51	-57	-57	-62	-62	-67	-67	-88	-88	-100	-100	-112	-112	-132	-132	-156
-14	-14	-14	-16	-16	-17	-17									
-60	-66	-66	-73	-73	-80	-80									
-41	-47	-47	-51	-51	-55	-55	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140
-70	-79	-79	-87	-87	-95	-95	-122	-122	-138	-138	-156	-156	-186	-186	-218
-33	-36	-36	-41	-41	-45	-45	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140
-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-148	-148	-168	-168	-190	-190	-225	-225	-265
-75	-85	-89	-97	-103	-113	-119	-150	-155	-175	-185	-210	-220	-250	-260	-300
-104	-117	-121	-133	-139	-153	-159	-194	-199	-225	-235	-266	-276	-316	-326	-378
-131	-149	-161	-179	-197	-219	-239									
-160	-181	-193	-215	-233	-259	-279									

Tabellen

7.5 Normaltoleranzen der FAG Radiallager (mit Ausnahme der Kegelrollenlager)

Innenring

Maße in mm

Nennmaß der Lagerbohrung d	über bis	2,5 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000	1000 1250
----------------------------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------------

Toleranzklasse PN (Normaltoleranz)

Toleranzwerte in μm

Bohrung, zylindrisch Abweichung Δ_{dmp}	0 -8	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	
Schwankung V_{dp} Durchmesserreihe 7 · 8 · 9	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56	63				
	0 · 1	8	8	10	12	19	25	31	38	44	50	56	63			
	2 · 3 · 4	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Schwankung V_{dmp}	6	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38				
Bohrung, Kegel 1:12 Abweichung Δ_{dmp}	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	
Abweichung $\Delta_{\text{d1mp}} - \Delta_{\text{dmp}}$	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	
Schwankung V_{dp}	10	10	13	15	19	25	31	38	44	50	56					
Bohrung, Kegel 1:30 Abweichung Δ_{dmp}					+15 0	+20 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+45 0	+50 0	+75 0	+100 0	+125 0	
Abweichung $\Delta_{\text{d1mp}} - \Delta_{\text{dmp}}$					+35 0	+40 0	+50 0	+55 0	+60 0	+65 0	+75 0	+85 0	+100 0	+100 0	+115 0	
Schwankung V_{dp}					19	25	31	38	44	50	56	63				
Breitenabweichung Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	0 -750	0 -1000	0 -1250	
Breiten- schwankung V_{Bs}	15	20	20	20	25	25	30	30	35	40	50	60	70	80	100	
Rundlauf K_{ia}	10	10	13	15	20	25	30	40	50	60	65	70	80	90	100	

Bohrungsdurchmesser

Δ_{dmp} Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers vom Nennmaß

Δ_{d1mp} Abweichung des mittleren großen Durchmessers bei kegeliger Bohrung vom Nennmaß

V_{dp} Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene

V_{dmp} Schwankung des mittleren Bohrungsdurchmessers; Differenz zwischen größtem und kleinstem mittleren Bohrungsdurchmesser

Außendurchmesser

Δ_{Dmp} Abweichung des mittleren Außendurchmessers vom Nennmaß

V_{Dp} Schwankung des Außendurchmessers in einer Radialebene

V_{Dmp} Schwankung des mittleren Außendurchmessers; Differenz zwischen größtem und kleinstem mittleren Außendurchmesser

Außenring

Nennmaß des Außendurch- über messers D bis	Maße in mm															
	6	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250

Toleranzklasse PN (Normaltoleranz)

Abweichung Δ_{Dmp}	Toleranzwerte in μm															
	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Schwankung V_{Dp} Durchmesser- reihe 7-8-9	10	12	14	16	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125		
	0-1	8	9	11	13	19	23	31	38	44	50	56	63	94	125	
	2-3-4	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75	
	abgedichtete Lager 2-3-4	10	12	16	20	26	30	38								
Schwankung V_{Dmp}	6	7	8	10	11	14	19	23	26	30	34	38	55	75		
Rundlauf K_{Ba}	15	15	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	140	160	190

Die Breitentoleranzen Δ_{Cs} und V_{Cs} sind identisch mit Δ_{Bs} und V_{Bs} für den zugehörigen Innenring.

Breite

Δ_{Bs} , Δ_{Cs} Abweichung einer einzelnen Innenringbreite und Außenringbreite vom Nennmaß

V_{Bs} , V_{Cs} Schwankung der Innenringbreite und der Außenringbreite

Laufgenauigkeit

K_{ia} Rundlauf des Innenrings beim kompletten Lager (Radialschlag)

K_{ea} Rundlauf des Außenrings beim kompletten Lager (Radialschlag)

Tabellen

7.6 Normaltoleranzen der Kegelrollenlager in metrischen Abmessungen

Innenring

		Maße in mm											
Nennmaß der Lagerbohrung d	über bis	10	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630

Toleranzklasse PN (Normaltoleranz)

		Toleranzwerte in μm											
Abweichung	Δ_{dmp}	0 -12	0 -12	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	
Schwankung	V_{dp}	12	12	12	15	20	25	30	35	40	45	50	
	V_{dmp}	9	9	9	11	15	19	23	26	30			
Breitenabweichung	Δ_{Bs}	0 -120	0 -120	0 -120	0 -150	0 -200	0 -250	0 -300	0 -350	0 -400	0 -450	0 -500	
Rundlauf	K_{ia}	15	18	20	25	30	35	50	60	70	70	85	
Breitenabweichung	Δ_{Tb}	+200 0	+200 0	+200 0	+200 0	+200 -200	+350 -250	+350 -250	+350 -250	+400 -400	+400 -400	+500 -500	
	Δ_{T1s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+150 -150	+150 -150	+150 -150	+200 -200			
	Δ_{T2s}	+100 0	+100 0	+100 0	+100 0	+100 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -100	+200 -200			

Außenring

		Maße in mm													
Nennmaß des Außendurchmessers D	über bis	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630	800	1000

Toleranzklasse PN (Normaltoleranz)

		Toleranzwerte in μm												
Abweichung	Δ_{Dmp}	0 -12	0 -14	0 -16	0 -18	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100
Schwankung	V_{Dp}	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	75	100
	V_{Dmp}	9	11	12	14	15	19	23	26	30	34	38		
Rundlauf	K_{ea}	18	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100	120	120

Die Breitentoleranz Δ_{Cs} ist identisch mit Δ_{Bs} für den zugehörigen Innenring.

- T_s an einer Stelle gemessene Gesamtbreite eines Kegelrollenlagers
- T_{1s} an einer Stelle gemessene Gesamtbreite eines Kegelrollenlagers über Innenring und Außenring-Normal
- T_{2s} an einer Stelle gemessene Gesamtbreite eines Kegelrollenlagers über Innenring-Normal und Außenring
- $\Delta_{\text{Tb}} = T_{1s} - T_1$, $\Delta_{\text{T1s}} = T_{1s} - T_1$, $\Delta_{\text{T2s}} = T_{2s} - T_2$ Abweichung einer einzelnen Kegelrollenlager-Gesamtbreite vom Nennmaß
- $H_s, H_{1s}, H_{2s}, H_{3s}, H_{4s}$ an einer Stelle gemessene Gesamthöhe eines Axiallagers
- $\Delta_{\text{H1}} = H_s - H_1$, $\Delta_{\text{H1s}} = H_{1s} - H_1$, $\Delta_{\text{H2s}} = H_{2s} - H_2, \dots$ Abweichung einer einzelnen Axiallager-Gesamthöhe vom Nennmaß
- H Gesamthöhe eines einseitig wirkenden Axiallagers
- H_1 Gesamthöhe eines einseitig wirkenden Axiallagers mit Unterlagscheibe
- H_2 Gesamthöhe eines zweiseitig wirkenden Axiallagers
- H_3 Gesamthöhe eines zweiseitig wirkenden Axiallagers mit Unterlagscheiben
- H_4 Gesamthöhe eines Axial-Pendelrollenlagers

7.7 Normaltoleranzen der Axiallager

Wellenscheibe

		Maße in mm													
Nennmaß der Lagerbohrung d_w	über bis	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
		18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250

Toleranzklasse PN (Normaltoleranz)

		Toleranzwerte in μm													
Abweichung	Δ_{Dmp}	0 -8	0 -10	0 -12	0 -15	0 -20	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125
Schwankung	V_{Dp}	6	8	9	11	15	19	23	26	30	34	38			
Planlauf	S_{r}	10	10	10	10	15	15	20	25	30	30	35	40	45	50
Unterscheibe Abweichung	Δ_{du}	+70 0	+70 0	+85 0	+100 0	+120 0	+140 0	+140 0	+160 0	+180 0	+180 0				

Gehäusescheibe

		Maße in mm													
Nennmaß des Außendurchmessers D_g	über bis	18	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
		30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600

Toleranzklasse PN (Normaltoleranz)

		Toleranzwerte in μm													
Abweichung	Δ_{Dmp}	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -45	0 -50	0 -75	0 -100	0 -125	0 -160
Schwankung	V_{Dp}	10	12	14	17	19	23	26	30	34	38	55	75		
Unterscheibe Abweichung	Δ_{Du}	0 -30	0 -35	0 -45	0 -60	0 -75	0 -90	0 -105	0 -120	0 -135	0 -180				

*) S_{r} Wanddickenschwankung der Wellen- und Gehäusescheibe (Axialschlag)

Bauhöhen der Axiallager

		Maße in mm												
Nennmaß der Lagerbohrung d_w	über bis	30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250
		30	50	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250

Toleranzklassen PN ... P4

		Toleranzwerte in μm												
Abweichung	Δ_{Hs}	+20 -250	+20 -250	+20 -300	+25 -300	+25 -400	+30 -400	+40 -400	+40 -500	+50 -500	+60 -600	+70 -750	+80 -1000	+100 -1400
	Δ_{H1s}	+100 -250	+100 -250	+100 -300	+150 -300	+150 -400	+150 -400	+200 -400	+200 -500	+300 -500	+350 -600	+400 -750	+450 -1000	+500 -1400
	Δ_{H2s}	+150 -400	+150 -400	+150 -500	+200 -500	+200 -600	+250 -600	+350 -700	+350 -700	+400 -900	+500 -1100	+600 -1300	+700 -1500	+900 -1800
	Δ_{H3s}	+300 -400	+300 -400	+300 -500	+400 -500	+400 -600	+500 -600	+600 -700	+600 -700	+750 -900	+900 -1100	+1100 -1300	+1300 -1500	+1600 -1800
	Δ_{H4s}	+20 -300	+20 -300	+20 -400	+25 -400	+25 -500	+30 -500	+40 -700	+40 -700	+50 -900	+60 -1200	+70 -1400	+80 -1800	+100 -2400

Tabellen

7.8 Grenzmaße des Kantenabstands

Symbole

- r_{1s}, r_{3s} Kantenabstand in radialer Richtung
- r_{2s}, r_{4s} Kantenabstand in axialer Richtung
- r_{smin} allgemeines Symbol für den kleinsten Kantenabstand $r_{1smin}, r_{2smin}, r_{3smin}, r_{4smin}$
- r_{1smax}, r_{3smax} größter Kantenabstand in radialer Richtung
- r_{2smax}, r_{4smax} größter Kantenabstand in axialer Richtung

Kantenabstand der Radiallager (außer Kegelrollenlager)

		Maße in mm												
r_{smin}		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5					
Nennmaß der Lagerbohrung d	über bis				40	40	40	40	50	50	120	120	120	120
r_{1smax}		0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,5	1,9	2	2,5	2,3	3
r_{2smax}		0,4	0,6	0,8	1	1	2	2	3	3	3,5	4	4	5

Kantenabstand der Kegelrollenlager in metrischen Abmessungen Innenring

		Maße in mm											
r_{smin}		0,3	0,6	1	1,5	2							
Nennmaß der Lagerbohrung d	über bis	40	40	40	40	50	50	120	250	250	120	120	250
r_{1smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{2smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

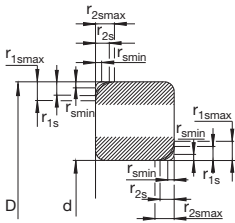
Außenring

		Maße in mm											
r_{smin}		0,3	0,6	1	1,5	2							
Nennmaß des Außendurchmessers D	über bis	40	40	40	40	50	50	120	120	250	120	120	250
r_{3smax}		0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,5	2,8	3,5	4
r_{4smax}		1,4	1,6	1,7	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5

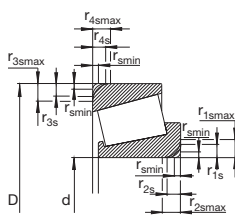
Kantenabstand der Axiallager

		Maße in mm																		
r_{smin}		0,1	0,15	0,2	0,3	0,6	1	1,1	1,5	2	2,1	3	4	5	6	7,5	9,5	12	15	19
r_{1smax}, r_{2smax}		0,2	0,3	0,5	0,8	1,5	2,2	2,7	3,5	4	4,5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25

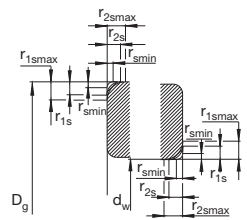
Radiallager



Kegelrollenlager



Axiallager



	2			2,1		2,5			3		4	5	6	7,5	9,5	12	15	19	
	80	80 220	220	280	280	100	100 280	280	280	280									
	3	3,5	3,8	4	4,5	3,8	4,5	5	5	5,5	6,5	8	10	12,5	15	18	21	25	
	4,5	5	6	6,5	7	6	6	7	8	8	9	10	13	17	19	24	30	38	

	2,5			3				4				5		6	
	120	120 250	250	120	120 250	250 400	400	120	120 250	250 400	400	180	180	180	180
	3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
	5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

	2,5			3				4				5		6	
	120	120 250	250	120	120 250	250 400	400	120	120 250	250 400	400	180	180	180	180
	3,5	4	4,5	4	4,5	5	5,5	5	5,5	6	6,5	6,5	7,5	7,5	9
	5	5,5	6	5,5	6,5	7	7,5	7	7,5	8	8,5	8	9	10	11

Tabellen

7.9 Radiale Lagerluft der FAG Rillenkugellager

		Maße in mm															
Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	2,5 6	6 10	10 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	

		Lagerluft in µm															
Luftgruppe C2	min	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
	max	7	7	9	10	11	11	11	15	15	18	20	23	23	25	30	
Luftgruppe CN (normal)	min	2	2	3	5	5	6	6	8	10	12	15	18	18	20	25	
	max	13	13	18	20	20	20	23	28	30	36	41	48	53	61	71	
Luftgruppe C3	min	8	8	11	13	13	15	18	23	25	30	36	41	46	53	63	
	max	23	23	25	28	28	33	36	43	51	58	66	81	91	102	117	
Luftgruppe C4	min		14	18	20	23	28	30	38	46	53	61	71	81	91	107	
	max		29	33	36	41	46	51	61	71	84	97	114	130	147	163	

		Maße in mm															
Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	200 225	225 250	250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500	500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1000	1000 1120	1120 1250

		Lagerluft in µm															
Luftgruppe C2	min	4	4	4	8	8	8	10	10	20	20	30	30	30	40	40	
	max	32	36	39	45	50	60	70	80	90	100	120	130	150	160	170	180
Luftgruppe CN (normal)	min	28	31	36	42	50	60	70	80	90	100	120	130	150	160	170	180
	max	82	92	97	110	120	140	160	180	200	220	250	280	310	340	370	400
Luftgruppe C3	min	73	87	97	110	120	140	160	180	200	220	250	280	310	340	370	400
	max	132	152	162	180	200	230	260	290	320	350	390	440	490	540	590	640
Luftgruppe C4	min	120	140	152	175	200	230	260	290	320	350	390	440	490	540	590	640
	max	187	217	237	260	290	330	370	410	460	510	560	620	690	760	840	910

7.10 Radiale Lagerluft der FAG Pendelkugellager

		Maße in mm														
Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	2,5	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160
		6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	

mit zylindrischer Bohrung

		Lagerluft in μm													
Luftgruppe	min max	1	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	15
		8	9	10	12	14	16	18	19	21	24	27	31	38	44
Luftgruppe C2	min max	8	9	10	12	14	16	18	19	21	24	27	31	38	44
Luftgruppe CN (normal)	min max	5	6	6	8	19	11	13	14	16	18	22	25	30	35
	min max	15	17	19	21	23	24	29	31	36	40	48	56	68	80
Luftgruppe C3	min max	10	12	13	15	17	19	23	25	30	35	42	50	60	70
	min max	20	25	26	28	30	35	40	44	50	60	70	83	100	120
Luftgruppe C4	min max	15	19	21	23	25	29	34	37	45	54	64	75	90	110
	min max	25	33	35	37	39	46	53	57	69	83	96	114	135	161

mit kegeliger Bohrung

		Lagerluft in μm													
Luftgruppe	min max					7	9	12	14	18	23	29	35	40	45
						17	20	24	27	32	39	47	56	68	74
Luftgruppe C2	min max					17	20	24	27	32	39	47	56	68	74
Luftgruppe CN (normal)	min max					13	15	19	22	27	35	42	50	60	65
	min max					26	28	35	39	47	57	68	81	98	110
Luftgruppe C3	min max					20	23	29	33	41	50	62	75	90	100
	min max					33	39	46	52	61	75	90	108	130	150
Luftgruppe C4	min max					28	33	40	45	56	69	84	100	120	140
	min max					42	50	59	65	80	98	116	139	165	191

Tabellen

7.11 Radiale Lagerluft der FAG Zylinderrollenlager

Maße in mm

Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	24	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250
		30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250		

mit zylindrischer Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min max	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15	15
		15	15	15	18	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50
Luftgruppe C1NA ¹⁾	min max	5 15	5 15	5 15	5 18	5 20	10 25	10 30	10 30	10 35	10 35	10 40	15 45	15 50	15 50
Luftgruppe C2	min max	0 25	0 25	5 30	5 35	10 40	10 45	15 50	15 55	15 60	20 70	25 75	35 90	45 105	45 110
Luftgruppe CN (normal)	min max	20 45	20 45	25 50	30 60	40 70	40 75	50 85	50 90	60 105	70 120	75 125	90 145	105 165	110 175
Luftgruppe C3	min max	35 60	35 60	45 70	50 80	60 90	65 100	75 110	85 125	100 145	115 165	120 170	140 195	160 220	170 235
Luftgruppe C4	min max	50 75	50 75	60 85	70 100	80 110	90 125	105 140	125 165	145 190	165 215	170 220	195 250	220 280	235 300

mit kegeliger Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min max	10	15	15	17	20	25	35	40	45	50	55	60	60	65
		20	25	25	30	35	40	55	60	70	75	85	90	95	100
Luftgruppe C1NA ¹⁾	min max	10 20	15 25	15 25	17 30	20 35	25 40	35 55	40 60	45 70	50 75	55 85	60 90	60 95	65 100
Luftgruppe C2	min max	15 40	20 45	20 45	25 55	30 60	35 70	40 75	50 90	55 100	60 110	75 125	85 140	95 155	105 170
Luftgruppe CN (normal)	min max	30 55	35 60	40 65	45 75	50 80	60 95	70 105	90 130	100 145	110 160	125 175	140 195	155 215	170 235
Luftgruppe C3	min max	40 65	45 70	55 80	60 90	70 100	85 120	95 130	115 155	130 175	145 195	160 210	180 235	200 260	220 285
Luftgruppe C4	min max	50 75	55 80	70 95	75 105	90 120	110 145	120 155	140 180	160 205	180 230	195 245	220 275	245 305	270 335

	250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500	500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1000	1000 1120	1120 1250	1250 1400	1400 1600	1600 1800	1800 2000
	20 55	20 60	20 65	25 75	25 85	25 95	25 100	30 110	30 130	35 140	35 160	35 180	50 200	60 220	60 240	70 270	80 300	100 320
	55 125	55 130	65 145	100 190	110 210	110 220	120 240	140 260	145 285	150 310	180 350	200 390	220 430	230 470	270 530	330 610	380 700	400 760
	125 195	130 205	145 225	190 280	210 310	220 330	240 360	260 380	285 425	310 470	350 520	390 580	430 640	470 710	530 790	610 890	700 1020	760 1120
	190 260	200 275	225 305	280 370	310 410	330 440	360 480	380 500	425 565	470 630	520 690	580 770	640 850	710 950	790 1050	890 1170	1020 1340	1120 1480
	260 330	275 350	305 385	370 460	410 510	440 550	480 600	500 620	565 705	630 790	690 860	770 960	850 1060	950 1190	1050 1310	1170 1450	1340 1660	1480 1840
	75 110	80 120	90 135	100 150	110 170	120 190	130 210	140 230	160 260	170 290	190 330	210 360	230 400	250 440	270 460	300 500	320 530	340 560
	115 185	130 205	145 225	165 255	185 285	205 315	230 350	260 380	295 435	325 485	370 540	410 600	455 665	490 730	550 810	640 920	700 1020	760 1120
	185 255	205 280	225 305	255 345	285 385	315 425	350 470	380 500	435 575	485 645	540 710	600 790	665 875	730 970	810 1070	920 1200	1020 1340	1120 1480
	240 310	265 340	290 370	330 420	370 470	410 520	455 575	500 620	565 705	630 790	700 870	780 970	865 1075	960 1200	1070 1330	1200 1480	1340 1660	1480 1840
	295 365	325 400	355 435	405 495	455 555	505 615	560 680	620 740	695 835	775 935	860 1030	960 1150	1065 1275	1200 1440	1330 1590	1480 1760	1660 1980	1840 2200

¹⁾ Lagerluft C1NA haben ein- und zweireihige Zylinderrollenlager der Toleranzklasse SP und UP.

Tabellen

7.12 Radiale Lagerluft der FAG Pendelrollenlager

Maße in mm

Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250
--------------------------	----------	----	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

mit zylindrischer Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min	10	15	15	20	20	30	35	40	50	60	65	70	80	90
C2	max	20	25	30	35	40	50	60	75	95	110	120	130	140	150
Luftgruppe CN (normal)	min	20	25	30	35	40	50	60	75	95	110	120	130	140	150
	max	35	40	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240
Luftgruppe C3	min	35	40	45	55	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240
	max	45	55	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320
Luftgruppe C4	min	45	55	60	75	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320
	max	60	75	80	100	120	145	180	210	240	280	310	340	380	420

mit kegeliger Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min	15	20	25	30	40	50	55	65	80	90	100	110	120	140
C2	max	25	30	35	45	55	70	80	100	120	130	140	160	180	200
Luftgruppe CN (normal)	min	25	30	35	45	55	70	80	100	120	130	140	160	180	200
	max	35	40	50	60	75	95	110	130	160	180	200	220	250	270
Luftgruppe C3	min	35	40	50	60	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270
	max	45	55	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350
Luftgruppe C4	min	45	55	65	80	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350
	max	60	75	85	100	120	150	180	220	260	300	340	370	410	450

250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

100	110	120	130	140	140	150	170	190	210	230	260	290	320	350	380
170	190	200	220	240	260	180	310	350	390	430	480	530	580	630	700
260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020
260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	840	910	1020
350	370	410	450	500	550	600	650	700	770	860	930	1050	1140	1240	1390
460	500	550	600	660	720	780	850	920	1010	1120	1220	1430	1560	1700	1890

150	170	190	210	230	260	290	320	350	390	440	490	540	600	660	740
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710	780	860	940	1060
300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930	1020	1120	1220	1380
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190	1300	1420	1550	1750
490	540	590	650	720	790	870	980	1090	1220	1370	1520	1650	1800	1960	2200

Tabellen

7.13 Radiale Lagerluft der FAG Tonnenlager

Masße in mm

Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 225	225 250	250 280	280 315	315 355
--------------------------	----------	----	----------	----------	----------	----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

mit zylindrischer Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min max	2	3	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	40	45
		C2	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70
Luftgruppe CN (normal)	min max	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
		17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
Luftgruppe C3	min max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
		28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Luftgruppe C4	min max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
		40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175

mit kegeliger Bohrung

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min max	9	10	13	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	75
		C2	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100
Luftgruppe CN (normal)	min max	17	20	23	27	35	45	50	55	65	70	75	80	85	100	105
		28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
Luftgruppe C3	min max	28	30	35	40	55	65	70	80	95	100	105	110	115	135	140
		40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
Luftgruppe C4	min max	40	45	50	55	75	90	95	110	125	130	135	140	145	170	175
		55	60	65	75	95	120	125	140	155	160	165	170	175	205	210

7.14 Axiale Lagerluft der zweireihigen FAG Schrägkugellager

Reihe 32, 32B, 33, 33B

		Maße in mm										
Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	6	10	18	24	30	40	50	65	80	100	120
		10	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140

		Lagerluft in μm										
Luftgruppe C2	min	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	max	11	12	14	15	16	18	22	24	26	30	34
Luftgruppe CN (normal)	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	21	23	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Luftgruppe C3	min	12	13	16	18	21	23	26	30	35	42	48
	max	28	31	34	37	40	44	48	54	63	73	82
Luftgruppe C4	min	25	27	28	30	33	36	40	46	55	65	74
	max	45	47	48	50	54	58	63	71	83	96	108

Reihe 32DA und 33 DA

		Lagerluft in μm										
Lagerluft C2	min	5	6	7	8	9	11	13	15	18	22	25
	max	22	24	25	27	29	33	36	40	46	53	59
Lagerluft CN (normal)	min	11	13	14	16	18	22	25	29	35	42	48
	max	28	31	32	35	38	44	48	54	63	73	82
Lagerluft C3	min	20	23	24	27	30	36	40	46	55	65	74
	max	37	41	42	46	50	58	63	71	83	96	108

Tabellen

7.15 Axiale Lagerluft der FAG Vierpunktlager

Maße in mm

Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	Maße in mm																										
		18	18	40	40	60	60	80	80	100	100	140	140	180	180	220	220	260	260	300	300	355	355	400	400	450	450	
		18	40	60	80	100	140	180	220	260	300	355	400	450	500													

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min max	Lagerluft in μm																	
		20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200	220	240	270	290	310
Luftgruppe C2		20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200	220	240	270	290	310
Luftgruppe CN (normal)		50	60	80	90	100	120	140	160	180	200	220	240	280	300	250	270	290	390
Luftgruppe C3		80	100	120	130	140	160	180	200	220	240	260	280	300	340	360	310	340	370

Maße in mm

Nennmaß der Lagerbohrung	über bis	Maße in mm					
		500	560	630	710	800	900
		500	560	630	710	800	900

Lagerluft in μm

Luftgruppe	min max	Lagerluft in μm					
		240	260	280	300	330	360
Luftgruppe C2		240	260	280	300	330	360
Luftgruppe CN (normal)		310	340	370	400	440	480
Luftgruppe C3		400	430	470	520	570	620

7.16 Radialluftverminderung bei FAG Zylinderrollenlagern mit kegelförmiger Bohrung

Nennmaß der Lagerbohrung		Radialluft vor dem Einbau						Verminderung der Radialluft ¹⁾		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:12 ¹⁾				Kontrollwert für die Radialluft nach dem Einbau		
d über	bis	Luftgruppe CN (normal)		C3		C4		min	max	Welle		Hülse		CN	C3	C4
mm	mm	min	max	min	max	min	max	mm	mm	min	max	min	max	min	min	min
24	30	0,035	0,06	0,045	0,07	0,055	0,08	0,015	0,02	0,3	0,35	0,3	0,4	0,02	0,025	0,035
30	40	0,04	0,065	0,055	0,08	0,07	0,095	0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	0,02	0,025	0,04
40	50	0,045	0,075	0,06	0,09	0,075	0,105	0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	0,02	0,03	0,045
50	65	0,05	0,08	0,07	0,1	0,09	0,12	0,03	0,035	0,45	0,55	0,5	0,65	0,02	0,035	0,05
65	80	0,06	0,095	0,085	0,12	0,11	0,145	0,035	0,04	0,55	0,6	0,65	0,7	0,025	0,04	0,07
80	100	0,07	0,105	0,095	0,13	0,12	0,155	0,04	0,045	0,6	0,7	0,65	0,8	0,03	0,05	0,075
100	120	0,09	0,13	0,115	0,155	0,14	0,18	0,045	0,055	0,7	0,85	0,8	0,95	0,045	0,065	0,085
120	140	0,1	0,145	0,13	0,175	0,16	0,205	0,055	0,065	0,85	1	0,95	1,1	0,045	0,07	0,095
140	160	0,11	0,16	0,145	0,195	0,18	0,23	0,06	0,075	0,9	1,2	1	1,3	0,05	0,075	0,105
160	180	0,125	0,175	0,16	0,21	0,195	0,245	0,065	0,085	1	1,3	1,1	1,5	0,06	0,08	0,11
180	200	0,14	0,195	0,18	0,235	0,22	0,275	0,075	0,095	1,2	1,5	1,3	1,7	0,065	0,09	0,125
200	225	0,155	0,215	0,2	0,26	0,245	0,305	0,085	0,105	1,3	1,6	1,4	1,8	0,07	0,1	0,14
225	250	0,17	0,235	0,22	0,285	0,27	0,335	0,095	0,115	1,5	1,8	1,6	2	0,075	0,105	0,155
250	280	0,185	0,255	0,24	0,31	0,295	0,365	0,105	0,125	1,6	2	1,7	2,3	0,08	0,125	0,17
280	315	0,205	0,28	0,265	0,34	0,325	0,4	0,115	0,14	1,8	2,2	1,9	2,4	0,09	0,13	0,185
315	355	0,225	0,305	0,29	0,37	0,355	0,435	0,13	0,16	2	2,5	2,2	2,7	0,095	0,14	0,195
355	400	0,255	0,345	0,33	0,42	0,405	0,495	0,14	0,17	2,2	2,6	2,5	2,9	0,115	0,165	0,235
400	450	0,285	0,385	0,37	0,47	0,455	0,555	0,15	0,185	2,3	2,8	2,6	3,1	0,135	0,19	0,27
450	500	0,315	0,425	0,41	0,52	0,505	0,615	0,16	0,195	2,5	3	2,8	3,4	0,155	0,215	0,31
500	560	0,35	0,47	0,455	0,575	0,56	0,68	0,17	0,215	2,7	3,4	3,1	3,8	0,18	0,24	0,345
560	630	0,38	0,5	0,5	0,62	0,62	0,74	0,185	0,24	2,9	3,7	3,5	4,2	0,195	0,26	0,38
630	710	0,435	0,575	0,565	0,705	0,695	0,835	0,2	0,26	3,1	4,1	3,6	4,7	0,235	0,305	0,435
710	800	0,485	0,645	0,63	0,79	0,775	0,935	0,22	0,28	3,4	4,4	3,9	5,3	0,26	0,35	0,495
800	900	0,54	0,71	0,7	0,87	0,86	1,03	0,24	0,31	3,7	4,8	4,3	5,5	0,3	0,39	0,55
900	1000	0,6	0,79	0,78	0,97	0,96	1,15	0,26	0,34	4,1	5,3	4,8	6,2	0,34	0,44	0,62
1000	1120	0,665	0,875	0,865	1,075	1,065	1,275	0,28	0,37	4,4	5,8	5,2	7	0,385	0,5	0,7
1120	1250	0,73	0,97	0,96	1,2	1,2	1,44	0,31	0,41	4,8	6,4	5,7	7,6	0,42	0,55	0,79
1250	1400	0,81	1,07	1,07	1,33	1,33	1,59	0,34	0,45	5,3	7	6,3	8,3	0,47	0,62	0,85

¹⁾ Gilt nur für Vollwellen aus Stahl und für Hohlwellen, deren Bohrung nicht größer ist als der halbe Wellendurchmesser.

Es gilt: Lager, deren Radialluft vor dem Einbau in der oberen Hälfte des Toleranzbereichs liegt, montiert man mit dem größeren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs. Lager in der unteren Hälfte des Toleranzbereichs mit dem kleineren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs.

Tabellen

7.17 Radialluftverminderung bei FAG Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Nennmaß der Lagerbohrung d über bis mm mm	Radialluft vor dem Einbau Luftgruppe						Verminderung der Radialluft ¹⁾		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:12 ¹⁾				Verschiebeweg auf dem Kegel 1:30 ¹⁾				Kontrollwert für die Radialluft nach dem Einbau		
	CN (normal)		C3		C4		min	max	Welle		Hülse		Welle		Hülse		CN	C3	C4
	min	max	min	max	min	max			min	max	min	max	min	max	min	max			
24 30	0,03	0,04	0,04	0,055	0,055	0,075	0,015	0,02	0,3	0,35	0,3	0,4	-	-	-	-	0,015	0,02	0,035
30 40	0,035	0,05	0,05	0,065	0,065	0,085	0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	-	-	-	-	0,015	0,025	0,04
40 50	0,045	0,06	0,06	0,08	0,08	0,1	0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	-	-	-	-	0,02	0,03	0,05
50 65	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,12	0,03	0,04	0,45	0,6	0,5	0,7	-	-	-	-	0,025	0,035	0,055
65 80	0,07	0,095	0,095	0,12	0,12	0,15	0,04	0,05	0,6	0,75	0,7	0,85	-	-	-	-	0,025	0,04	0,07
80 100	0,08	0,11	0,11	0,14	0,14	0,18	0,045	0,06	0,7	0,9	0,75	1	1,7	2,2	1,8	2,4	0,035	0,05	0,08
100 120	0,1	0,135	0,135	0,17	0,17	0,22	0,05	0,07	0,7	1,1	0,8	1,2	1,9	2,7	2	2,8	0,05	0,065	0,1
120 140	0,12	0,16	0,16	0,2	0,2	0,26	0,065	0,09	1,1	1,4	1,2	1,5	2,7	3,5	2,8	3,6	0,055	0,08	0,11
140 160	0,13	0,18	0,18	0,23	0,23	0,3	0,075	0,1	1,2	1,6	1,3	1,7	3	4	3,1	4,2	0,055	0,09	0,13
160 180	0,14	0,2	0,2	0,26	0,26	0,34	0,08	0,11	1,3	1,7	1,4	1,9	3,2	4,2	3,3	4,6	0,06	0,1	0,15
180 200	0,16	0,22	0,22	0,29	0,29	0,37	0,09	0,13	1,4	2	1,5	2,2	3,5	4,5	3,6	5	0,07	0,1	0,16
200 225	0,18	0,25	0,25	0,32	0,32	0,41	0,1	0,14	1,6	2,2	1,7	2,4	4	5,5	4,2	5,7	0,08	0,12	0,18
225 250	0,2	0,27	0,27	0,35	0,35	0,45	0,11	0,15	1,7	2,4	1,8	2,6	4,2	6	4,6	6,2	0,09	0,13	0,2
250 280	0,22	0,3	0,3	0,39	0,39	0,49	0,12	0,17	1,9	2,6	2	2,9	4,7	6,7	4,8	6,9	0,1	0,14	0,22
280 315	0,24	0,33	0,33	0,43	0,43	0,54	0,13	0,19	2	3	2,2	3,2	5	7,5	5,2	7,7	0,11	0,15	0,24
315 355	0,27	0,36	0,36	0,47	0,47	0,59	0,15	0,21	2,4	3,4	2,6	3,6	6	8,2	6,2	8,4	0,12	0,17	0,26
355 400	0,3	0,4	0,4	0,52	0,52	0,65	0,17	0,23	2,6	3,6	2,9	3,9	6,5	9	5,8	9,2	0,13	0,19	0,29
400 450	0,33	0,44	0,44	0,57	0,57	0,72	0,2	0,26	3,1	4,1	3,4	4,4	7,7	10	8	10,4	0,13	0,2	0,31
450 500	0,37	0,49	0,49	0,63	0,63	0,79	0,21	0,28	3,3	4,4	3,6	4,8	8,2	11	8,4	11,2	0,16	0,23	0,35
500 560	0,41	0,54	0,54	0,68	0,68	0,87	0,24	0,32	3,7	5	4,1	5,4	9,2	12,5	9,6	12,8	0,17	0,25	0,36
560 630	0,46	0,6	0,6	0,76	0,76	0,98	0,26	0,35	4	5,4	4,4	5,9	10	13,5	10,4	14	0,2	0,29	0,41
630 710	0,51	0,67	0,67	0,85	0,85	1,09	0,3	0,4	4,6	6,2	5,1	6,8	11,5	15,5	12	16	0,21	0,31	0,45
710 800	0,57	0,75	0,75	0,96	0,96	1,22	0,34	0,45	5,3	7	5,8	7,6	13,3	17,5	13,6	18	0,23	0,35	0,51
800 900	0,64	0,84	0,84	1,07	1,07	1,37	0,37	0,5	5,7	7,8	6,3	8,5	14,3	19,5	14,8	20	0,27	0,39	0,57
900 1000	0,71	0,93	0,93	1,19	1,19	1,52	0,41	0,55	6,3	8,5	7	9,4	15,8	21	16,4	22	0,3	0,43	0,64
1000 1120	0,78	1,02	1,02	1,3	1,3	1,65	0,45	0,6	6,8	9	7,6	10,2	17	23	18	24	0,32	0,48	0,7
1120 1250	0,86	1,12	1,12	1,42	1,42	1,8	0,49	0,65	7,4	9,8	8,3	11	18,5	25	19,6	26	0,34	0,54	0,77
1250 1400	0,94	1,22	1,22	1,55	1,55	1,96	0,55	0,72	8,3	10,8	9,3	12,1	21	27	22,2	28,3	0,36	0,59	0,84

¹⁾ Gilt nur für Vollwellen aus Stahl und für Hohlwellen, deren Bohrung nicht größer ist als der halbe Wellendurchmesser.

Es gilt: Lager, deren Radialluft vor dem Einbau in der oberen Hälfte des Toleranzbereichs liegt, montiert man mit dem größeren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs, Lager in der unteren Hälfte des Toleranzbereichs mit dem kleineren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs.

7.18 FAG Wälzlagerfette Arcanol · Chemisch-physikalische Daten und Hinweise zur Anwendung

Bezeichnung	Verdicker	Grundölviskosität bei 40°C mm ² /s	Konsistenz NLGI-Klasse	Gebrauchstemperatur °C	Hauptcharakteristik	Anwendungsbeispiele
Arcanol						
L78V	Lithiumseife	ISO VG 100	2	-30 ... +140	Standardfett für Lager mit $\varnothing D \leq 62$ mm	kleine E-Motoren, Land- und Baumaschinen, Haushaltsgeräte
L71V	Lithiumseife	ISO VG 100	3	-30 ... +140	Standardfett für Lager mit $\varnothing D > 62$ mm	große E-Motoren, Kfz-Radlager, Lüfter
L135V	Lithiumseife mit EP-Zusatz	85	2	-40 ... +150	Spezialfett für hohe Drehzahl hohe Belastung hohe Temperatur	Walzwerke, Baumaschinen, Kraftfahrzeuge, Schienenfahrzeuge, Spinn- und Schleifspindeln
L186V	Lithiumseife mit EP-Zusatz	ISO VG 460	2	-20 ... +140	Spezialfett für höchste Belastung mittlere Drehzahl mittlere Temperatur	Bergwerksmaschinen, Baumaschinen, Maschinen mit oszillierender Bewegung
L223V	Lithium-/Kalziumseife mit EP-Zusatz	ISO VG 1000	2	-20 ... +140	Spezialfett für höchste Belastung niedrige Drehzahl	Bergwerksmaschinen, Baumaschinen, vorzugsweise bei Stoßbelastung und großen Lagern
L74V	Spezialseife	ISO VG 22	2	-40 ... +100	Spezialfett für hohe Drehzahl tiefe Temperatur	Werkzeugmaschinen, Spindellagerungen, Instrumentenlagerungen
L12V	Kalzium-Polyharnstoff	130	2	-40 ... +160	Spezialfett für hohe Temperatur	Kupplungen, elektrische Maschinen (Motoren, Generatoren)
L79V	PTFE	400	2	-40 ... +260	Spezialfett für höchste Temperatur (Sicherheitshinweis siehe Seite 60) chemisch aggressive Umgebung	Laufrollen in Backautomaten, Kolbenbolzen in Kompressoren, Ofenwagen, chemische Anlagen
L166V	Lithiumseife mit EP-Zusatz	170	3	-30 ... +150	Spezialfett für hohe Temperatur, hohe Belastung, oszillierende Bewegung	Blattverstellung in Rotoren von Windkraftanlagen, Verpackungsmaschinen
L195V	Polyharnstoff mit EP-Zusatz	ISO VG 460	2	-35 ... +180	Spezialfett für hohe Temperatur, hohe Belastung	Stranggießanlagen
L215V	Lithium-/Kalziumseife mit EP-Zusatz	ISO VG 220	2	-20 ... +140	Spezialfett für hohe Belastung, großen Drehzahlbereich, hohe Feuchtigkeit	Walzwerkslagerungen, Schienenfahrzeuge

Grundlehrgang

Montageschrank und Montagesätze – Grundlehrgang für die berufliche Ausbildung

Literatur über den richtigen Einbau von Lagern ist reichlich vorhanden. Aber es fehlt meist an Teilen, mit denen der Auszubildende so praxisbezogen wie möglich üben kann. Deshalb stellen Ausbilder der FAG-Ausbildungswerkstätten einen Grundlehrgang zusammen.

Dieser Wälzlager-Lehrgang hat das Ziel, Kenntnisse zur Wahl des richtigen Lagers, zum sachgemäßen Ein- und Ausbau sowie zur Wartung der Lagerstellen zu vermitteln. Er ist deshalb zweiteilig aufgebaut. Ein theoretischer Teil behandelt die Grundkenntnisse der Wälzlagerkunde, der praktische Teil die Grundfertigkeiten beim Ein- und Ausbau.

Im theoretischen Teil legt man großen Wert darauf, Fachzeichnen, Fachrechnen und Fachtheorie zu einer Lerneinheit zu verschmelzen. Der praktische Teil arbeitet mit modellhaft vereinfachten Gegenständen (Wellen, Gehäuse), mit denen der Ein- und Ausbau gebräuchlicher Lagerbauarten geübt werden kann, und zwar mit Hilfe von mechanischen oder hydraulischen Vorrichtungen.

Die Stoffinhalte sind aus kleineren Lernschritten aufgebaut und gehen nicht über den Schwierigkeitsgrad hinaus, der heute in der beruflichen Ausbildung verlangt wird.

Aufbauend auf diesem Grundlehrgang kann man andere Aggregate, beispielsweise Getriebe, Pumpen, Spindeln, Kfz-Räder o. ä., für die Ausbildung präparieren.

Technische Daten

Montageschrank:
Abmessungen 1135x710x380 mm
Gewicht: (einschließlich Inhalt) 94 kg
ausgelegt für 10 Montageübungen:
an 5 Wellen
an 2 Gehäusen
an 3 Wellen und Gehäusen
Kleinster Wellendurchmesser: 15 mm
Größter Wellendurchmesser: 55 mm
Montagewinkel:
Abmessungen 500x300x300 mm
Gewicht 40 kg

Handbuch 1 (Theoretischer Teil)

Fachtheorie, Fachrechnen, Fachzeichnen

Handbuch 2 (Praktischer Teil)

Montage von Lagern mit zylindrischer Bohrung

Montage von Lagern mit kegeliger Bohrung

Hydraulikverfahren

Übungen an Wellen und Gehäusen

Neben dem Montageschrank mit Inhalt und Montagewinkel können auch einzelne Montagesätze bestellt werden, vgl. Publ.-Nr. WL 80 111.

Anfragen und Bestellungen sind zu richten an:

FAG Kugelfischer AG

Postfach 12 60 · D-97419 Schweinfurt

Telefon +49 9721 91-3691

Telefax +49 9721 91-3809 · www.fag.de



Auswahl weiterer FAG-Publikationen

Die folgende Aufstellung von Druckschriften gibt eine Auswahl aus dem Angebot an FAG-Veröffentlichungen. Weiteres Informationsmaterial auf Anfrage.

Katalog WL 41520	FAG Wälzlager
Publ.-Nr. WL 00106	W.L.S. Wälzlager-Lern-System
Publ.-Nr. WL 80102	Hydraulikverfahren zum Ein- und Ausbau von Wälzlagern
Publ.-Nr. WL 80103	FAG Ringkolbenpresse
Publ.-Nr. WL 80107	Induktive FAG Montagevorrichtungen
Publ.-Nr. WL 80111	Wälzlager-Montageschrank und -Montagesätze – Grundlehrgang für die berufliche Ausbildung
Publ.-Nr. WL 80123	Rund um das Wälzlager - Das FAG Schulungsangebot zum Thema Wälzlager in Theorie und Praxis
Publ.-Nr. WL 80134	FAG Videofilm für den Ein- und Ausbau von Wälzlagern
Publ.-Nr. WL 80135	FAG Videofilm für das Hydraulikverfahren zum Ein- und Ausbau von Wälzlagern
Publ.-Nr. WL 80137	Diagnose von Wälzlagern mit dem FAG Detector
Publ.-Nr. WL 80141	Diagnose von Wälzlagern mit dem FAG Bearing Analyser
Publ.-Nr. WL 80200	Verfahren und Geräte für die Montage und Wartung von Wälzlagern
Publ.-Nr. WL 81115	Schmierung von Wälzlagern
Publ.-Nr. WL 81116	Arcanol · Wälzlager-getestetes Fett
Publ.-Nr. WL 82102	Wälzlagerschäden
TI Nr. WL 00-11	FAG Videofilme zur Lagerungstechnik
TI Nr. WL 80-9	Aluminium-Anwärmring für Zylinderrollenlager-Innenringe
TI Nr. WL 80-14	Ein- und Ausbau von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung
TI Nr. WL 80-38	Montage von Pendelkugellagern auf Spannhülsen
TI Nr. WL 80-46	Neue FAG Handpumpensätze
TI Nr. WL 80-47	Induktive FAG Anwärmgeräte
TI Nr. WL 80-48	Mechanische FAG Abziehvorrichtungen

Schaeffler KG

Georg-Schäfer-Straße 30

97421 Schweinfurt

Internet www.fag.de

E-Mail FAGinfo@schaeffler.com

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872

Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9721 91-0

Telefax +49 9721 91-3435

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

Technische Änderungen behalten wir uns vor.

© Schaeffler KG · 2009, Januar

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

WL 80 100/3 DA