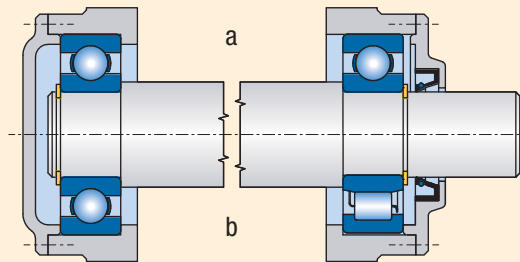


3.1 ALLGEMEINE GRUNDSÄTZE FÜR WÄZLAGERLAGERUNGEN

Rotierende Welle oder anderer gelagerter Teil ist durch die Lager in Radial- und Axialrichtung geführt, was die Grundbedingung der Eindeutigkeit ihrer Bewegung erfüllt. Das Teil soll, soweit es möglich ist, sicher gelagert werden, d.h. an zwei Stellen radial und an einer Stelle axial unterstützt. Abbildung 9 zeigt ein Beispiel von solcher Lagerung, wo die Welle auf zwei Lagern radial geführt ist, wobei ein Lager sie in der Radialrichtung sichert. Führungslager (festes Lager), trägt die Radialbelastung und gleichzeitig auch Axialbelastung in beiden Richtungen. Als Führungslager werden am meisten ein Radiallager benutzt, die kombinierte Belastung übertragen können, z.B. einreihige Rillenkugellager, zweireihige Schrägkugellager, zweireihige Pendelkugellager, zweireihige Pendelrollenlager oder einreihige Schrägkugellager und Kegelrollenlager. Zwei letzte Lagertypen müssen paarig eingebaut werden. Freilager überträgt nur radiale Belastung und muß eine bestimmte Wellenverschiebung in Axialrichtung, Entstehung von nicht erwünschter Axialvorspannung durch die Umwelt verhindern, z.B. Temperaturdilataionen, Herstellungsunge- nauigkeiten der Lagerungsbestandteile, usw.

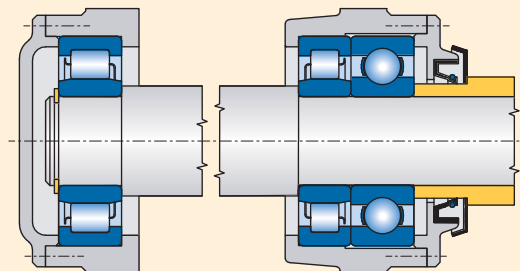
Axialverschiebung kann durch die Verschiebung eines Lagerringes und Maschinenteiles gesichert werden, der mit dem Lager in Berührung steht, z.B. zwischen dem Lageraußenring und der Gehäusebohrung (Abb.9a) oder direkt im Lager (Abb.9b).

Abb. 9



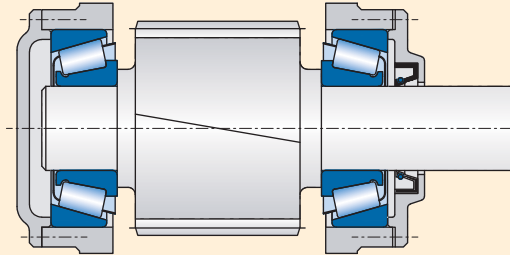
Lagerungen, wo größere radiale und axiale Belastungen bei höher Drehzahl wirken, sind so zu konstruieren, daß die Lager nur Radial-, bzw. Axialkräfte aufnehmen, siehe Abb.10. In diesen Fällen ist es möglich für die Radialführung einige von Radiallagern und für Axialrichtung solche Radiallager zu benutzen, die die Fähigkeit auch die Axialbelastung zu übertragen haben, bzw. ein Paar von Lagern, oder ein Paar einseitig wirkenden Axiallager. Die Bedingung ist, daß die Axialführungslager mit Radialluft gelagert sind.

Abb. 10



Andere, oft benutzte Lösung ist die Lagerung in zwei Lagern, deren Konstruktion die Radial- und auch Axialbelastung übertragen gestattet. Axialbelastung wird wechselweise von beiden Lagern, immer nach der Richtung von Kraftwirkung übertragen und gleichzeitig übertragen sie auch die Radialbelastung. Beispiel dieser Lagerung - siehe Abb. 11. Als eine bewährte Konstruktion wird auch ein Paar einreihiger Kegelrollenlager oder einreihiger Schrägkugellager verwendet. Man kann auch andere Lagertypen benutzen, die gleichzeitig die Belastung in Axial- und Radialrichtung übertragen können, z.B. einreihige zerlegbare Rillenkugellager, oder einreihige Zylinderrollenlager - Bauform NJ, usw.

Abb. 11



3.2 LAGERBEFESTIGUNG

Radial- und Axialbefestigung des Lagers auf dem Zapfen und in der Gehäusebohrung oder in dem anderen Teil hat einen direkten Zusammenhang mit der gesamten Konstruktion der Lagerung. Bei Auswahl der Befestigungsart müssen Charakter und Größe der wirkenden Kräfte, Betriebstemperatur in der Lagerung und Werkstoff der Anschlußteile in Betracht genommen werden.

Bei Festlegung der Anschlußteilenabmessungen muß der Konstrukteur außer Lagerart auch die Art des Einbaus, Ausbaus und auch die Wartung in Betracht nehmen.

3.2.1 Radialbefestigung des Lagers

Lager wird in der Radialrichtung auf der passenden Seite der Zapfenzylinderfläche und Gehäusebohrung befestigt. In einigen Fällen werden bei der Befestigung auf den Zapfen Spann- und Abziehhülsen verwendet, oder das Lager kann direkt auf den Kegelzapfen befestigt werden.

Richtige Radialbefestigung des Lagers auf den Zapfen und im Gehäuse hat einen großen Einfluß auf die Ausnutzung seiner Tragzahl und auf richtige Funktion in der Lagerung. Dabei sind folgende Standpunkte wichtig:

- a) sichere Befestigung und gleichmäßige Ringabstützung
- b) einfacher Ein- und Ausbau
- c) Verschiebung des Lagers in Axialrichtung

Grundsätzlich sollten beide Lagerringe fest gelagert werden, weil nur auf diese Art und Weise verlässliche Abstützung auf dem ganzen Umkreis und radiale Befestigung gegen Umdrehung erzielt werden kann. Für die Erleichterung des Ein- und Ausbaus oder für die Verschiebung des Lagers ist die lose Passung eines der Lager zulässig.

Bei der Wahl der richtigen Radialbefestigung des Lagers beurteilen und berücksichtigen wir folgende Einflüsse.

Umkreislast entsteht, wenn der entsprechende Lagerring umläuft und die Belastungsrichtung nicht geändert wird, oder wenn der Ring stillsteht und die Belastung umläuft. Lagerumkreis ist während einer Umdrehung stufenweise belastet. In diesem Fall belasteter Ring muß immer mit notwendigem Übermaß eingebaut werden.

Punktbelastung entsteht, wenn der Lagerring stillsteht und die Außenkraft führt immer auf den gleichen Punkt der Laufbahn, oder der Ring und die Kraft gleiche Frequenz der Umdrehungen haben. Der Ring, auf den die Punktbelastung wirkt, kann mit loser Passung, d.h. beweglich, gelagert werden, wenn es anforderter ist.

Unbestimmte Belastungsart entsteht, wenn der Ring mit veränderlichen Kräften belastet ist, bei denen Richtungs- und Belastungsänderungen nicht bestimmt werden können, z.B. nicht ausgeglichene Masse, Stöße, usw. Unbestimmte Belastungsart erfordert, daß beide Ringe fest, mit Übermaß, gelagert werden. Unter solchen Bedingungen sollen Lager mit größerer Radialluft gewählt werden.

Belastungsgröße hat einen direkten Einfluß auf die Wahl der Übermaßgröße (höhere Belastung - größer Übermaß), vor allem im Falle der Stoßbelastung. Feste Passung auf dem Zapfen oder in der Bohrung des Gehäuses ruft Deformation des Ringes und dadurch die Radialluftverminderung hervor. Um in den Fällen der festen Passung notwendige Radialluft zu sichern, ist es notwendig, Lager mit höherer Radialluft zu verwenden. Die resultierende Luft hängt vom Typ und Größe des Lagers ab.

Größe und Typ des Lagers bedingt die Größe des notwendigen Übermaßes des gelagerten Ringes. Für Lager mit kleineren Abmessungen werden kleinere Übermaße und umgekehrt gewählt. Relativ kleinere Übermaße werden z.B. für Rillenkugellager mit gleicher Größe wie Zylinderrollen-, Kegelrollen- oder Pendelrollenlagern verwendet.

Werkstoff und Konstruktion der Anschlußteile müssen bei Festlegung ihrer Produktionstoleranz in Betracht genommen werden. Ergebnisse aus der Praxis sind aus folgenden Tabellen zu entnehmen. In Fällen, wenn die Lager in Gehäusen aus Leichtmetalllegierungen oder auf Zapfen von Hohlwellen eingebaut werden, werden Lagerungen mit höheren Übermaßen gewählt. Geteilte Gehäuse sind nicht für Passungen mit großen Übermaßen geeignet, wegen der Gefahr von Lagerklemmung in der Trennebene des Gehäuses.

Erwärmung und Wärme, die im Lager entstehen, können zur Lockerung des Übermaßes auf dem Zapfen, und dadurch zur Umdrehung des Ringes führen. Im Gehäuse kann ein umgekehrter Fall entstehen. Durch die Erwärmung kommt zur Luftverkleinerung, und dadurch zur Beschränkung, bis zur Ausschließung der Axialverschiebung des Lagers im Gehäuse. Deshalb legen wir auf diesen Faktor beim Lagerungsentwurf großen Wert.

Passungsgenauigkeit ist vom Standpunkt ihrer Toleranzen und geometrischen Formen sehr wichtig, weil sie auf die Laufbahnen der Lagerringe übertragen werden kann und sie die Lagerungsgenauigkeit definiert. Bei Benutzung der Lager der normalen Toleranzklasse P0 wird für die Lagerungsfläche auf dem Zapfen in der Regel die Toleranzstufe IT6 und für die Lagerungsfläche im Gehäuse die Toleranzstufe IT7 gewählt. Für Rillenkugellager und Zylinderrollenlager von kleineren Abmessungen können für den Zapfen die Toleranzstufe IT5 und Bohrung IT6 verwendet werden.

Für Lager von höheren Toleranzstufen, für Lagerungen mit hohen Anforderungen an Genauigkeit, z.B. Spindeln der Werkzeugmaschinen, ist für die Welle die Toleranzstufe mindestens IT5 und für Gehäuse mindestens IT6 empfohlen.

Zulässige Abweichung der Rundheit und Zylindrizität und zulässige Exzentrizität der Lagerungs- und Stützflächen für Lager müssen angesichts der Achse kleiner als der Toleranzumfang von Zapfen- und Bohrungsdurchmesser sein. Mit steigender Genauigkeit der benutzten Lager werden auch die Anforderungen an die Genauigkeit der gelagerten Flächen grösser. Empfohlene Werte sind in Tabellen 28 und 29.

Einbau und Ausbau des Lagers im Falle, wenn ein von den Lagern los gelagert ist, ist einfach. Wenn der Betrieb verlangt, daß beide Ringe mit Übermaß zu lagern sind, ist es notwendig, geeigneter Lagertyp zu wählen - z.B. zerlegbares Lager, d.h. Kegelrollenlager, Zylinderrollenlager, Nadellager oder Lager mit kegeliger Bohrung.

Wellenzapfen für Hülsenlagerung der Lager mit kegeliger Bohrung können in Toleranzstufe h9 oder h10 sein, geometrische Form muß in der Toleranzstufe IT5 oder IT7 sein, abhängig davon, wie anspruchsvoll die Lagerung ist.

Empfohlene Formgenauigkeiten der Lagerungsflächen der Lager			Tab. 28
Lagertoleranzklasse	Lagersitze	Zulässige Zylindrizitätsabweichung	Zulässiger Axialschlag der Stützflächen in Bezug auf Achse
P0, P6	Welle	IT5/2	IT3
	Gehäuse	IT6/2	IT4
P5, P4	Welle	IT3/2	IT2
	Gehäuse	IT4/2	IT3

Normaltoleranzklassen IT2 bis IT6						Tab. 29
Nenndurchmesser		Toleranzklasse				
über	bis	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6
mm		µm				
6	10	1,5	2,5	4	6	9
10	18	2	3	5	8	11
18	30	2,5	4	6	9	13
30	50	2,5	4	7	11	16
50	80	3	5	8	13	19
80	120	4	6	10	15	22
120	180	5	8	12	18	25
180	250	7	10	14	20	29
250	315	8	12	16	23	32
315	400	9	13	18	25	36
400	500	10	15	20	27	40

Axialverschiebung der Ringe des losen Lagers muß in allen Betriebsbedingungen gesichert werden. Bei Benutzung von unzerlegbaren Lagern wird die Verschiebung des punktblasteten Ringes durch seine lose Lagerung erreicht. In Gehäusen aus Leichtmetalllegierungen ist es in Fällen, wenn Außenring mit loser Lagerung gelagert wird notwendig, die Bohrung mit Stahlhülse auszurüsten. Zuverlässige Axialverschiebbarkeit erreichen wir, wenn wir in der Lagerung einen Zylinderrollenlager in Bauform N und NU oder Radialnadellager benutzen.

Empfohlene Toleranzklassen der Zapfen- und Bohrungsdurchmesser der Anschlußteile sind für Radial- und Axiallager in Tabellen 30 bis 35 angegeben.

Toleranzen der Zapfendurchmesser für Radiallager - gültig nur für Vollwellen aus Stahl					Tab. 30
		Zapfendurchmesser [mm]			
Betriebsbedingungen	Lagerungsbeispiele	Rillenkugellager	Zylinderrolle Kegelrollenlager ¹⁾ Nadellager	Pendelrollenlager	Toleranz
Punktbelastung des Innenrings					
kleine und normale Belastung Pr ≤ 0,15 Cr	Freilaufträder, Rollen, Riemenscheiben	alle Durchmesser			g6 ²⁾
große Stoßbelastung Pr > 0,15 Cr	Transporträderwagen, Spannrollen	alle Durchmesser			h6
Umfangsbelastung des Innenrings oder unbestimmte Belastung					
kleine und veränderliche Belastung Pr ≤ 0,07 Cr	Transportanlagen, Ventilatoren	(18) bis 100	≤40	-	i6
		(100) bis 200	(40) bis 140	-	k6
normale und große Belastung Pr > 0,07 Cr	Allgemeiner Maschinenbau, Elektromotoren, Turbinen, Pumpen, Verbrennungsmotoren, Getriebe, Holzbearbeitungsmaschinen	≤18	-	-	j5
		(18) bis 100	≤40	≤40	k5 (k6) ³⁾
		(100) bis 140	(40) bis 100	(40) bis 65	m5 (m6) ³⁾
		(140) bis 200	(100) bis 140	(65) bis 100	m6
		(200) bis 500	(140) bis 200	(100) bis 140	n6
		>500	>200	>140	p6
besonders große Belastung, Stöße, anspruchsvolle Betriebsbedingungen Pr > 0,15 Cr	Achslager für Schienenfahrzeuge, Traktormaschinen, Walzgerüste	-	50 bis 140	50 bis 140	n6 ⁴⁾
		-	(140) bis 500	(140) bis 500	p6 ⁴⁾
		-	>500	>500	r6 (p6) ⁴⁾
hohe Passungsgenauigkeit bei kleiner Belastung Pr ≤ 0,07 Cr	Werkzeugmaschinen	≤18	-	-	h5 ⁵⁾
		(18) bis 100	≤40	-	j5 ⁵⁾
		(100) bis 200	(40) bis 140	-	k5 ⁵⁾
		-	(140) bis 200	-	m5
ausschließlich Axialbelastung		alle Durchmesser			j6
Lager mit kegeliger Bohrung und mit Spann- oder Abziehhülse					
alle Belastungsarten	allgemeine Lagerungen, Achslager für Schienenfahrzeuge	alle Durchmesser			h9/IT5
	anspruchlose Lagerungen				h10/IT7

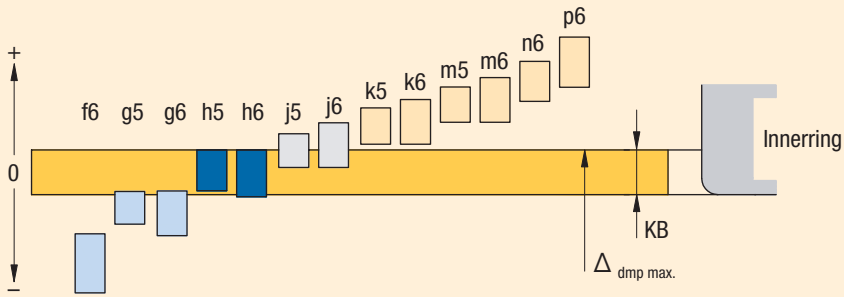
- 1) Toleranzen für Nadellager ohne Ringe ist es nötig, mit dem Hersteller zu besprechen.
- 2) Für Großlager ist es möglich, Toleranz f6 zu wählen, um axiale Verschiebbarkeit zu sichern
- 3) Toleranzen in Klammern werden in der Regel für einreihige Kegelrollenlager oder für niedrige Drehzahlen, wo die Lagerspieltschwankung nicht von großer Bedeutung ist, gewählt
- 4) Es ist notwendig, Lager mit größerer Radialluft als PO zu verwenden
- 5) Toleranzen für einreihige Rillenkugellager in der Toleranzklasse P5 und P4. Es ist nötig, mit dem Hersteller zu besprechen.

Toleranzen der Gehäusebohrungsdurchmesser für Radiallager gültig für Gehäuse aus Stahl, Gußeisen und Stahlguß				Tab. 31
Betriebsbedingungen	Verschiebbarkeit des Außenrings	Gehäuse	Lagerungsbeispiele	Toleranz
Umfangsbelastung des Außenrings				
große Stoßbelastung Pr > 0,15 Cr dünnwandige Körper	unverschiebbar	einteilig	Radnaben mit Zylinderrollenlagern, Pleuellager	P7
normale und große Belastung Pr > 0,07 Cr	unverschiebbar	einteilig	Radnaben mit Rillenkugellagern, Krahnfahrwerkträder, Kurbelwellenlager	N7
kleine und veränderliche Belastung Pr ≤ 0,07 Cr	unverschiebbar	einteilig	Transportrollen, Spannrollen	M7
unbestimmte Belastungsart				
große Stoßbelastung Pr > 0,15 Cr	unverschiebbar	einteilig	Traktionsmotoren	M7
große und normale Belastung Pr > 0,07 Cr	gewöhnlich nicht verschiebbar	einteilig	Elektromotoren, Pumpen, Ventilatoren, Kurbelwellen	K7
kleine und veränderliche Belastung Pr ≤ 0,07 Cr	gewöhnlich verschiebbar	einteilig	Elektromotoren, Pumpen, Ventilatoren, Kurbelwellen	J7
genaue Passungen				
kleine Belastung Pr ≤ 0,07 Cr	gewöhnlich nicht verschiebbar	einteilig	Zylinderrollenlager für Werkzeugmaschi- nen, Rillenkugellager für Werkzeugmas- chinen. Kleine Elektromotoren	K6 ¹⁾
	verschiebbar			J6 ²⁾
	leicht verschiebbar			H6
Punktbelastung des Außenrings				
beliebige Belastung	leicht verschiebbar	einteilig oder zweiteilig	allgemeiner Maschinenbau, Achsenlager für Schienenfahrzeugmaschinen	H7 ³⁾
kleine und normale Belastung Pr ≤ 0,15 Cr	leicht verschiebbar	einteilig oder zweiteilig	Allgemeiner Maschinenbau, weniger anspruchsvoller Maschinenbau	H8
			Trockenwalzen der Papiermaschinen, große Elektromotoren	G7 ⁴⁾

- 1) Für große Belastungen werden festere Toleranzen M6 oder N6 gewählt. Für Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden Toleranzen K5 oder M5 gewählt.
 2) Toleranzen für einreihige Rillenkugellager in der Toleranzklasse P5 und P4. Es ist nötig, mit dem Hersteller zu besprechen.
 3) Für Lager mit Außendurchmesser D < 250 mm mit Temperaturunterschied zwischen Außenring und Gehäuse über 10°C wird Toleranz G7 gewählt.
 4) Für Lager mit Außendurchmesser D > 250 mm mit Temperaturunterschied zwischen Außenring und Gehäuse über 10°C wird Toleranz F7 gewählt.

Zapfendurchmessertoleranz für Axiallager				Tab. 32
Lagertyp	Belastungsart		Zapfendurchmesser [mm]	Toleranz
Axial Rillenkugellager	nur axiale Belastung		alle Durchmesser	j6
Axial Pendelrollenlager	ausschließlich Axialbelastung		alle Durchmesser	j6
	gleichzeitig Axial- und Radialbelastung	Punktbelastung der Wellenscheibe	alle Durchmesser	j6
		Umfangsbelastung der Wellenscheibe oder unbestimmte Belastung	≤ 200	k6
			(200) bis 400	m6
			> 400	n6

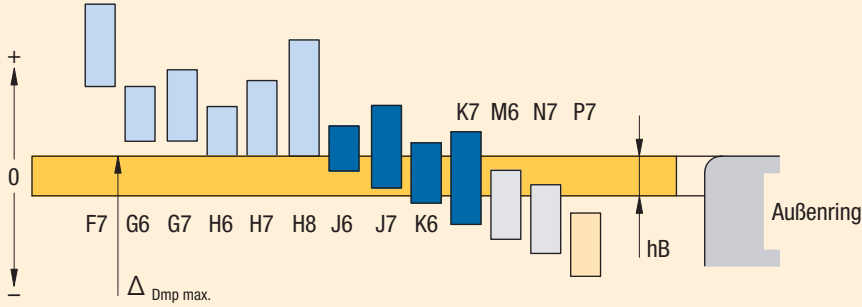
Gehäusebohrungsdurchmessertoleranz für Axiallager				Tab. 33
Lagertyp	Belastungsart		Bemerkung	Toleranz
Axial Rillenkugellager	ausschließlich Axialbelastung		Bei Normallagerungen kann Gehäuse ring Luft haben	H8
			Gehäusescheibe eingebaut mit Radialluft	-
Axial Pendelrollenlager	ausschließlich Axialbelastung		Bei Normallagerungen kann Gehäuse ring Luft haben	H8
	gleichzeitig Axial und Radialbe- lastung	Punktbelastung oder unbestimmte Belas- tungsart der Gehäusescheibe	Gehäusescheibe eingebaut mit Radialluft	-
		Umfangsbela- stung der Gehäusescheibe		
				M7



Grenzabweichungen der Zapfdurchmessertoleranzen															Tab. 34a		
Zapfendurchmesser		f6		g5		g6		h5		h6		j5		j6(js6)		k5	
über	bis	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere
mm		μm															
1	3	-6	-12	-2	-6	-2	-8	0	-4	0	-6	+2	-2	+4	-2	+4	0
3	6	-10	-18	-4	-9	-4	-12	0	-5	0	-8	+3	-2	+6	-2	+6	+1
6	10	-13	-22	-5	-11	-5	-14	0	-6	0	-9	+4	-2	+7	-2	+7	+1
10	18	-16	-27	-6	-14	-6	-17	0	-8	0	-11	+5	-3	+8	-3	+9	+1
18	30	-20	-33	-7	-16	-7	-20	0	-9	0	-13	+5	-4	+9	-4	+11	+2
30	50	-25	-41	-9	-20	-9	-25	0	-11	0	-16	+6	-5	+11	-5	+13	+2
50	80	-30	-49	-10	-23	-10	-29	0	-13	0	-19	+6	-7	+12	-7	+15	+2
80	120	-36	-58	-12	-27	-12	-34	0	-15	0	-22	+6	-9	+13	-9	+18	+3
120	180	-43	-68	-14	-32	-14	-39	0	-18	0	-25	+7	-11	+14	-11	+21	+3
180	250	-50	-79	-15	-35	-15	-44	0	-20	0	-29	+7	-13	+16	-13	+24	+4
250	315	-56	-88	-17	-40	-17	-49	0	-23	0	-32	+7	-16	+16	-16	+27	+4
315	400	-62	-98	-18	-43	-18	-54	0	-25	0	-36	+7	-18	+18	-18	+29	+4
400	500	-68	-108	-20	-47	-20	-60	0	-27	0	-40	+7	-20	+20	-20	+32	+5
500	630	-76	-120	-	-	-22	-66	-	-	0	-44	-	-	+22	-22	-	-
630	800	-80	-130	-	-	-24	-74	-	-	0	-50	-	-	+25	-25	-	-
800	1000	-86	-142	-	-	-26	-82	-	-	0	-56	-	-	+28	-28	-	-
1000	1250	-98	-164	-	-	-28	-94	-	-	0	-66	-	-	+33	-33	-	-

Grenzabweichungen der Zapfdurchmessertoleranzen															Tab. 34b		
Zapfendurchmesser		k6		m5		m6		n6		p6		h9 ¹⁾		h10 ¹⁾		IT5	IT7
über	bis	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere		
mm		μm															
1	3	+6	0	+6	+2	+8	+2	+10	+4	+12	+6	0	-25	0	-40	4	10
3	6	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+16	+8	+20	+12	0	-30	0	-48	5	12
6	10	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+19	+10	+24	+15	0	-36	0	-58	6	15
10	18	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+23	+12	+29	+18	0	-43	0	-70	8	18
18	30	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+28	+15	+35	+22	0	-52	0	-84	9	21
30	50	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+33	+17	+42	+26	0	-62	0	-100	11	25
50	80	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+39	+20	+51	+32	0	-74	0	-120	13	30
80	120	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+45	+23	+59	+37	0	-87	0	-140	15	35
120	180	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+52	+27	+68	+43	0	-100	0	-160	18	40
180	250	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+60	+31	+79	+50	0	-115	0	-185	20	46
250	315	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+66	+34	+88	+56	0	-130	0	-210	23	52
315	400	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+73	+37	+98	+62	0	-140	0	-230	25	57
400	500	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+80	+40	+108	+68	0	-155	0	-250	27	63
500	630	+44	0	-	-	+70	+26	+88	+44	+122	+78	0	-175	0	-280	30	70
630	800	+50	0	-	-	+80	+30	+100	+50	+138	+88	0	-200	0	-320	35	80
800	1000	+56	0	-	-	+90	+34	+112	+56	+156	+100	0	-230	0	-360	40	90
1000	1250	+66	0	-	-	+106	+40	+132	+66	+186	+120	0	-260	0	-420	46	105

1) Bei Zapfen hergestellt in Toleranzen h9 und h10 mit Spann- oder Abziehhülsen dürfen Abweichungen der Rundheit und Zylindrizität die Grundtoleranz IT5 und IT7 nicht überschreiten.



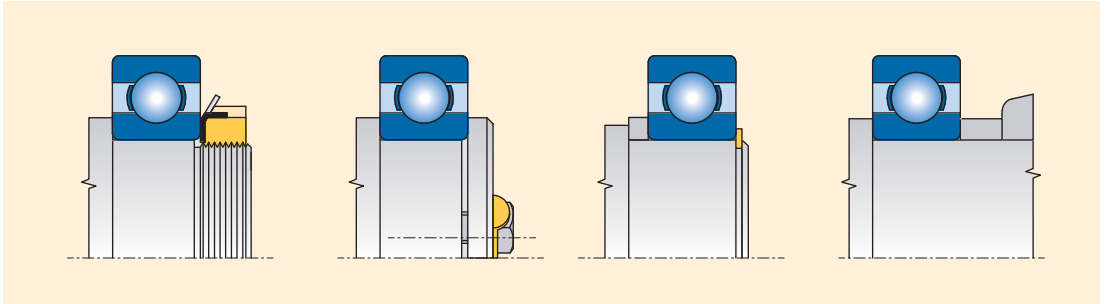
Grenzabweichungen der Zapfendurchmessertoleranzen														Tab. 35a	
Zapfennendurchmesser		F7		G6		G7		H6		H7		H8		J6(Js6)	
über	bis	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere
mm		µm													
6	10	+28	+13	+14	+5	+20	+5	+9	0	+15	0	+22	0	+5	-4
10	18	+34	+16	+17	+6	+24	+6	+11	0	+18	0	+27	0	+6	-5
18	30	+41	+20	+20	+7	+28	+7	+13	0	+21	0	+33	0	+8	-5
30	50	+50	+25	+25	+9	+34	+9	+16	0	+25	0	+39	0	+10	-6
50	80	+60	+30	+29	+10	+40	+10	+19	0	+30	0	+46	0	+13	-6
80	120	+71	+36	+34	+12	+47	+12	+22	0	+35	0	+54	0	+16	-6
120	180	+83	+43	+39	+14	+54	+14	+25	0	+40	0	+63	0	+18	-7
180	250	+96	+50	+44	+15	+61	+15	+29	0	+46	0	+72	0	+22	-7
250	315	+108	+56	+49	+17	+69	+17	+32	0	+52	0	+81	0	+25	-7
315	400	+119	+62	+54	+18	+75	+18	+36	0	+57	0	+89	0	+29	-7
400	500	+131	+68	+60	+20	+83	+20	+40	0	+63	0	+97	0	+33	-7
500	630	+146	+76	+66	+22	+92	+22	+44	0	+70	0	+110	0	+22	-22
630	800	+160	+80	+74	+24	+104	+24	+50	0	+80	0	+125	0	+25	-25
800	1000	+176	+86	+82	+26	+116	+26	+56	0	+90	0	+140	0	+28	-28
1000	1250	+203	+98	+94	+28	+133	+28	+66	0	+105	0	+165	0	+33	-33
1250	1600	+235	+110	+108	+30	+155	+30	+78	0	+125	0	+195	0	+39	-39

Grenzabweichungen der Zapfendurchmessertoleranzen														Tab. 35b	
Zapfennendurchmesser		J7(Js7)		K6		K7		M6		M7		N7		P7	
über	bis	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere	obere	untere
mm		µm													
6	10	+8	-7	+2	-7	+5	-10	-3	-12	0	-15	-4	-19	-9	-24
10	18	+10	-8	+2	-9	+6	-12	-4	-15	0	-18	-5	-23	-11	-29
18	30	+12	-9	+2	-11	+6	-15	-4	-17	0	-21	-7	-28	-14	-35
30	50	+14	-11	+3	-13	+7	-18	-4	-20	0	-25	-8	-33	-17	-42
50	80	+18	-12	+4	-15	+9	-21	-5	-24	0	-30	-9	-39	-21	-51
80	120	+22	-13	+4	-18	+10	-25	-6	-28	0	-35	-10	-45	-24	-59
120	180	+25	-14	+4	-21	+12	-28	-8	-33	0	-40	-12	-52	-28	-68
180	250	+30	-16	+5	-24	+13	-33	-8	-37	0	-46	-14	-60	-33	-79
250	315	+36	-16	+5	-27	+16	-36	-9	-41	0	-52	-14	-66	-36	-88
315	400	+39	-18	+7	-29	+17	-40	-10	-46	0	-57	-16	-73	-41	-98
400	500	+43	-20	+8	-32	+18	-45	-10	-50	0	-63	-17	-80	-45	-108
500	630	+35	-35	0	-44	0	-70	-26	-70	-26	-96	-44	-114	-78	-148
630	800	+40	-40	0	-50	0	-80	-30	-80	-30	-110	-50	-130	-88	-168
800	1000	+45	-45	0	-56	0	-90	-34	-90	-34	-124	-56	-146	-100	-190
1000	1250	+52	-52	0	-66	0	-105	-40	-106	-40	-145	-66	-171	-120	-225
1250	1600	+62	-62	0	-78	0	-125	-48	-126	-48	-173	-78	-203	-140	-265

3.2.2 Axiale Befestigung des Lagers

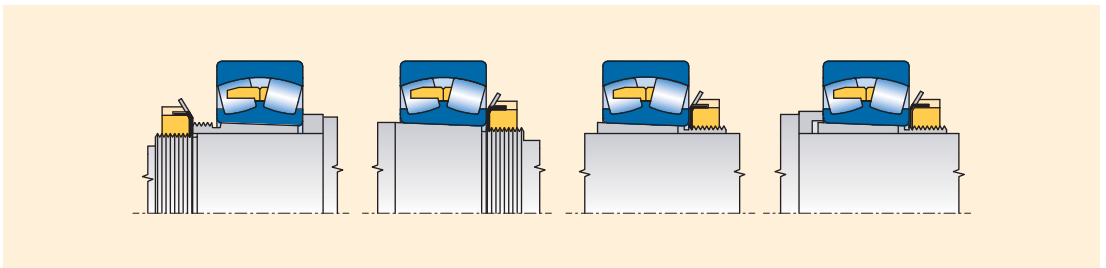
Innenring des Lagers mit kegeliger Bohrung, der auf dem Zapfen mit Übermaß gelagert ist, wird in der Regel in der axialen Richtung mit Rundspannmutter, Endscheibe oder Sprengring gesichert, wobei die andere Stirn gewöhnlich auf die abgesetzte Welle gestützt ist. Als Stützflächen für den Innenring werden nebenanliegende Teile verwendet und wenn es notwendig ist, werden zwischen dieses Teil und den Innenring Sprengringe montiert. Beispiele der Axialbefestigung der Lager sind in Abb. 12 dargestellt.

Abb. 12



Beispiele der axialen Befestigung des Lagers mit kegeliger Bohrung, eingebaut direkt auf dem kegeligen Zapfen, oder befestigt mit Spann- oder Abziehhülsen, sind in Abb. 13 dargestellt.

Abb. 13



Zulässige Axialbelastung der Lager die auf die glatten Wellen mit Hilfe von Spannhülse ohne Lagerunterstützung auf dem Wellenan-satz befestigt sind wird mit folgender Gleichung berechnet:

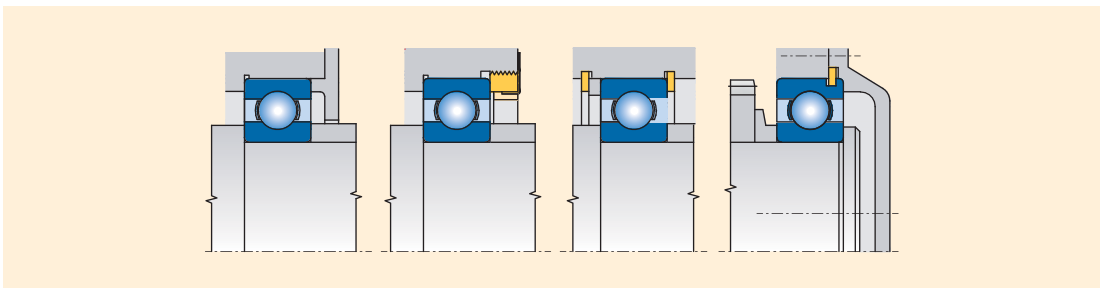
$$F_a = 3 \cdot B \cdot d$$

- F_a - zulässige Axialbelastung des Lagers
- B - Lagerbreite
- d - Lagerbohrungsdurchmesser

- [N]
- [mm]
- [mm]

Wenn axiale Verschiebung des Außenrings im Gehäuse nicht erforderlich ist, benutzen wir eine Lösung, welche Stirnstützfläche oder Deckelaufsitzfläche des Lagers, Mutter oder Sprengring ausnutzen. Lager mit Nut für Sprengring (NR) sind vom Standpunkt des Rau- mes wenig anspruchsvoll und ihre Sicherung ist einfach. Übliche Befestigungsbeispiele sind in Abb. 14 dargestellt.

Abb. 14



Anschlußmasse für jedes Lager von dieser Publikation sind im Tabellenteil angegeben.

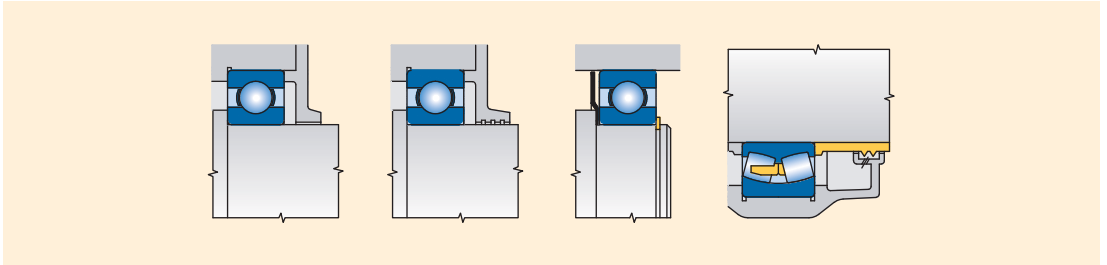
3.3 DICHTUNG

Dichtung des Lagerraumes ist sehr wichtig, weil schädliche Stoffe, die sich in der Lagerumgebung befinden, einen negativen Einfluß haben und oft setzen den Lager außen Betrieb. Die Dichtung hat auch eine umgekehrte Funktion, und zwar verhindert sie den Schmierstoffauslauf aus dem Lager und Lagerungsraum. Deshalb muß die Dichtung immer mit Rücksicht auf Betriebsbedingungen der Maschine oder Anlage, die Lagerungskonstruktion, Art der Schmierung, Wartungsmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit ihrer Produktion und Anwendung konstruiert werden.

3.3.1 Berührungsfreie Dichtung

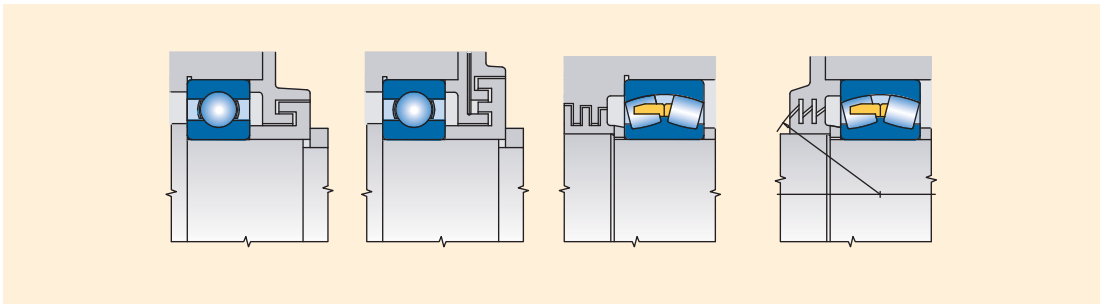
Bei dieser Art der Dichtung ist zwischen dem statischen und umlaufenden Bestandteil nur ein enger Zwischenraum, der in einigen Fällen mit dem Schmierfett gefüllt ist. Bei dieser Art der Dichtung tritt kein Verschleiß der Bestandteile infolge Reibung ein, deshalb ist es möglich, diese auch bei Höchstumfangsgeschwindigkeit und für hohe Temperaturen zu verwenden. Beispiele der Spaltdichtung sind in Abb. 15 dargestellt.

Abb. 15



Andere Art sehr wirksamer Dichtung ist die Labyrinthdichtung, die den Dichtungseffekt durch eine größere Zahl von Labyrinthen oder Verlängerung der Dichtungsspalte erhöhen kann. Beispiele von dieser Dichtung sind in Abb. 16 dargestellt.

Abb. 16



3.3.2 Dichtung mit Berührung

Dichtung mit Berührung ist aus einem elastischen oder weichen, aber genug festen und dichten Werkstoff hergestellt der zwischen den umlaufenden und stillstehenden Bestandteil eingesetzt ist. Solche Dichtung ist meistens billig und für verschiedenste Konstruktionen geeignet. Nachteil dieser Dichtung ist die Gleitreibung der im Kontakt stehenden Flächen, und dadurch beschränkte Möglichkeiten der Benutzung für hohe Umlaufgeschwindigkeiten. Die einfachste ist die Dichtung mit Filzring (Abb. 17). Sie ist für Betriebstemperaturbereiche -40°C bis $+80^{\circ}\text{C}$ und für Umfangsgeschwindigkeiten bis $7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ geeignet, wobei die Oberflächrauheit der Gleitfläche max. $\text{Ra} = 0,16$, Härte min. 45 HRC betragen kann oder Hartverchromung benutzt werden muß. Abmessungen der Filzringe und Nuten werden in entsprechenden Nationalnormen eingeschlossen.

Sehr verbreitete Dichtungsart ist die Dichtung mit Wellenscheiben (Abb. 18). Wellenscheiben sind aus Gummi oder anderen geeigneten Kunststoffen hergestellt und sind mit Metallaussteifung versehen. Nach dem benutzten Werkstoff sind sie für Betriebstemperaturen von -30° bis $+160^{\circ}\text{C}$ geeignet. Gestattete Umkreisgeschwindigkeit hängt von Gleitflächenoberflächrauheit ab:

- do $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ist die Rauheit max. $\text{Ra} = 0,8$,
- do $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ist die Rauheit max. $\text{Ra} = 0,4$,
- do $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ist die Rauheit max. $\text{Ra} = 0,2$.

Abb. 17

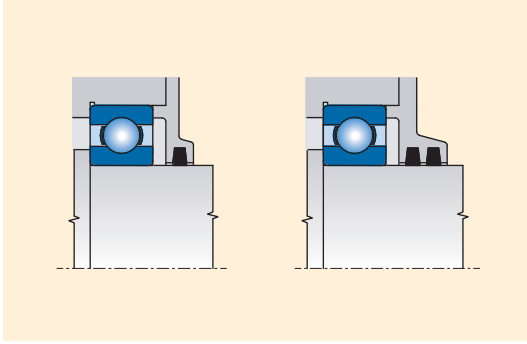
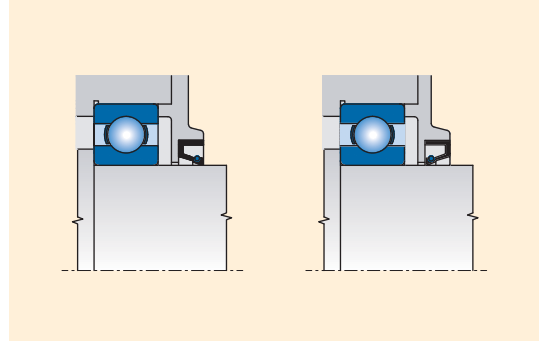
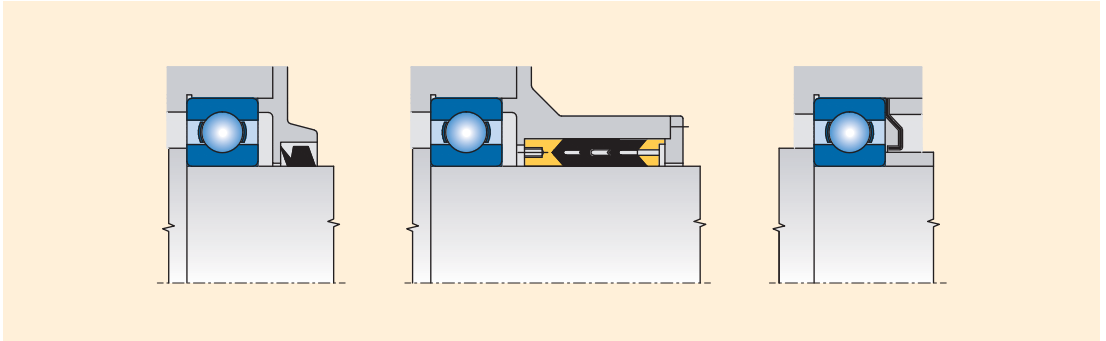


Abb. 18



Außer angegebenen üblichsten Dichtungsringen existieren noch weitere Konstruktionen der Dichtung mit Berührung mit Benutzung von speziell geformten Dichtungsringen aus Gummi, Kunststoffen, usw. oder weiterer elastischen Metallscheiben. Diese Dichtung wird entweder für Lagerungen mit großen Anforderungen an die Lagerraumabdichtung (große Umgebungsverunreinigung, hohe Temperatur, Einfluß der chemischen Stoffe), oder aus wirtschaftlichen Gründen bei Massen- oder Großserienfertigung gewählt. Beispiele - siehe Abb. 19.

Abb. 19



3.3.3 Kombinierte Dichtung

Erhöhte Dichtwirkung erreicht man durch Kombination der Dichtung mit Berührung und der berührungsfreien Dichtung. Diese Dichtung wird für feuchte und verunreinigte Umgebung empfohlen. Beispiel - siehe Abb. 20.

Abb. 20

