

## 5. LAGER UND FÜHRUNGEN

### 5.1 Einteilung der Lager / Lagerarten

1. Unterscheidung: **Gleitlager**

- Hydrodynamische Schmierung
- Hydrostatische Schmierung
- Trockenlauf Gleitlager

**Wälzlager**

- Kugellager
- Rollenlager

2. Unterscheidung **Axiallager**

- Hauptbelastungsrichtung  
= axial (Axialkraft)

**Radiallager**

- Hauptbelastungsrichtung  
= radial (Radialkraft)

#### Aufbau der Lager:



Fig. 5-1: Beispiel Aufbau eines Wälzlagers am Beispiel einer Radlager Kompakteinheit.

## SCHAEFFLER

Schaeffler ist ein weltweit führender Anbieter von Wälzlager, Gelenklager, Gleitlager, Linearprodukten, lagerspezifischem Zubehör sowie umfangreichen Service-Produkten und Service-Leistungen.

#### Wälzlagerkatalog Schaeffler HR1

Technische Grundlagen und Produktdaten zur Gestaltung von Wälzlagerungen online verfügbar unter:

(Die Literaturstelle wird zur Vereinfachung im Folgenden als HR1 bezeichnet)

<https://schaeffler-publications.com/hr-1-de.html>

### Vorauswahl der LAGERART:

Bei der Vorauswahl der Lagerart sind die konstruktiven Merkmale der **Belastbarkeit** und die Eignung für die jeweilige **Drehzahl** von entscheidender Bedeutung.

Konstruktive Merkmale und Eignung			Radiallager					Radiallager			
+++ sehr gut geeignet ++ gut geeignet + geeignet (+) eingeschränkt geeignet - nicht geeignet/entfällt ✓ verfügbar			Rillenkugellager	Schräggugellager	Vierpunktlager	Pendelkugellager	Spannlager	Zylinderrollenlager, Loslager	Zylinderrollenlager, Stützlager	Zylinderrollenlager, Festlager	Kegellager
Belastbarkeit	radial	$F_r$	++	++	(+)	++	+++	+++	+++	+++	+++
	einseitig axial	$F_a$	++ <sup>1)</sup>	++	++	(+)	+	-	+	+	+++
	beidseitig axial	$F_a$	++ <sup>1)</sup>	++	++	(+)	+	-	-	+	+++ <sup>1)</sup>
	Momente	$M$	+ <sup>1)</sup>	++ <sup>1)</sup>	(+)	-	++	-	-	-	(+)
Eignung für	hohe Drehzahlen	$n$	+++ <sup>1)</sup>	+++ <sup>1)</sup>	(+)	+	++	++	++	++	+ <sup>1)</sup>
	hohe Laufgenauigkeit	$\delta$	++	++ <sup>1)</sup>	(+)	-	(+)	++	++	++	++
	geräuscharmen Lauf	$\delta$	+++	++	(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)
	hohe Steifigkeit	$\delta$	+	++	+	(+)	+	+++ <sup>1)</sup>	+++ <sup>1)</sup>	+++ <sup>1)</sup>	+++ <sup>1)</sup>
	niedrige Reibung	$\delta$	+++	++	+	++	(+)	++	++	++	+

Fig. 5-2: Kriterien für die Lagerauswahl nach Schaffler HR1 Seite 28/29

## 5.2 Bezeichnungen von Wälzlager

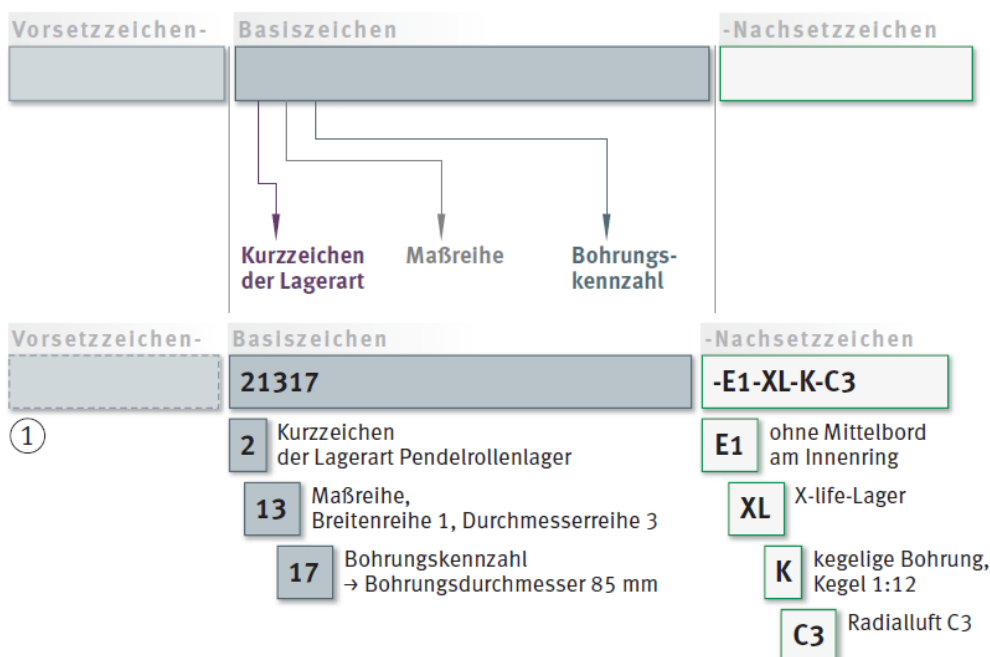


Fig. 5-3: Bezeichnungen von Wälzlager nach Schaffler HR1 S.98

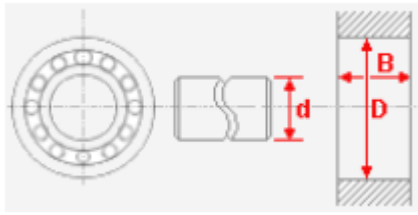
Beispiel: Lager-Auswihlassistent

**medias**

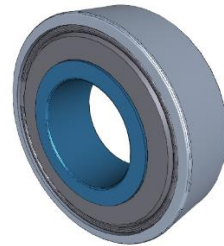
<https://medias.schaeffler.de/de/produkt/rotary/waelz-und-gleitlager/c/RollingBearings?text=&sort=relevance>

## HAUPTABMESSUNGEN &amp; TRAGFÄHIGKEIT

## DIMENSIONS &amp; LOAD RATING



$d = 20\text{mm}$ ,  $D=42\text{mm}$   $B=12$  / 6004-2Z



CAD PART / .STEP

### 5.3 Lagerberechnung

#### Resultierende Lagerkräfte

Der Lagerberechnung ist vorausgehend eine Berechnung der an den Lagerstellen wirkenden resultierenden Lagerkräfte (hier  $F_{rA}$  und  $F_{rB}$ ) durchzuführen. Die Bezeichnungen sind dann an die jeweiligen Berechnungsvorgaben anzupassen (bspw. Schäffler / MEDIAS)

**Beachte:** Die von außen wirkende axiale Kraft wird als  $K_a$  bezeichnet. Diese wird immer vom Lager mit der Bezeichnung **A** aufgenommen. Das Lager **B** nimmt keine äußeren axialen Kräfte auf.

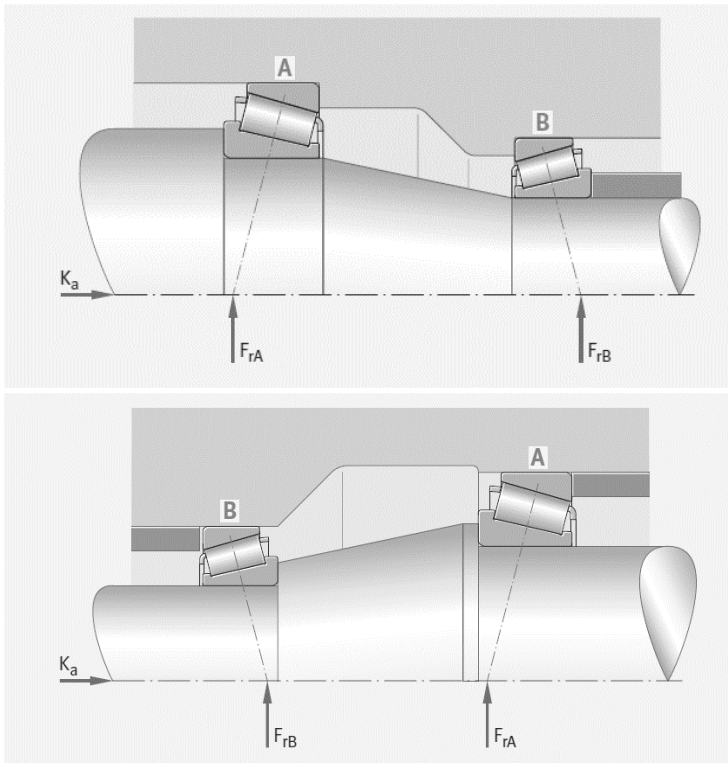


Fig. 5-4: Kräftebezeichnung und Kraftrichtung der äußeren axialen Kraft  $K_a$ , in O- und in X-Anordnung nach Schäffler HR1 S. 577

**Beachte:** Schrägkugellager oder Kegelrollenlager können nur in eine Richtung axiale Kräfte aufnehmen. Dadurch entsteht ein sog. interner Kraftfluss über die Rollenelemente.

#### Beispiel Kraftfluss im Kegelrollenlager: / Berechnung der Resultierenden Lagerkräfte

## 5. LAGER UND FÜHRUNGEN

### Nominelle Lebensdauer

Die nominelle Lebensdauer in Millionen Umdrehungen ( $L_{10}$ ), sowie die nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden ( $L_{10h}$ ) berechnet sich für alle Lagerarten nach Schäffler HR1 S.33:

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

$$L_{10h} = \frac{16\,666}{n} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

### Dynamisch äquivalente Lagerbelastung P

Der Berechnungsgang für die dynamisch äquivalente Lagerbelastung ist von der jeweiligen Lagerart abhängig. Die **Dynamische Tragzahl C** ist den Produkttabellen zu entnehmen.

### Lebensdauerexponent

für Rollenlager:  $p = 10/3$

für Kugellager:  $p = 3$

**Betriebsdrehzahl** in  $\text{min}^{-1}$

### Anhaltswerte für die Dimensionierung

Empfohlene Lebensdauer / Anhaltswerte für übliche Betriebsbedingungen.

Einbaustelle	empfohlene Lebensdauer			
	h			
	Kugellager		Rollenlager	
	von	bis	von	bis
Motorräder	400	2 000	400	2 400
Pkw-Antriebe	500	1 100	500	1 200
schmutzgeschützte Pkw-Getriebe	200	500	200	500
Pkw-Radlager	1 400	5 300	1 500	7 000
leichte Lastwagen	2 000	4 000	2 400	5 000
mittlere Lastwagen	2 900	5 300	3 600	7 000
schwere Lastwagen	4 000	8 800	5 000	12 000
Omnibusse	2 900	11 000	3 600	16 000
Verbrennungsmotoren	900	4 000	900	5 000

Einbaustelle	empfohlene Lebensdauer				Gebrauchsdauer	
	h					
	Kugellager		Rollenlager		h	
	von	bis	von	bis	von	bis
E-Motoren für Haushaltsgeräte	1 700	4 000	–	–	500	1 000
Serienmotoren	21 000	32 000	35 000	50 000	20 000	30 000
Großmotoren	32 000	63 000	50 000	110 000	40 000	50 000
Windenergiegeneratoren	–	–	–	–	100 000	200 000
Generatoren	–	–	–	–	40 000	50 000

Fortsetzung

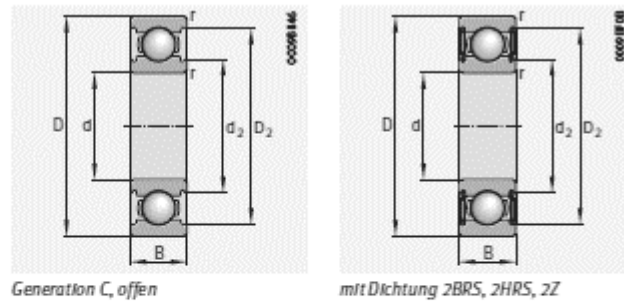
Fortsetzung ▼

Fig. 5-5: Anhaltswerte für die Dimensionierung siehe Schäffler HR1 S 45

## Beispiel: Lagerberechnung

### a) Lagerauswahl

**Rillenkugellager**  
einreihig



$d = 2 - 9 \text{ mm}$

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung	Grenz- drehzahl	Bezugs- drehzahl	Faktor	Masse	Kurzzeichen
d	D	B	dyn. C <sub>r</sub>	stat. C <sub>0r</sub>						
			N	N	N	min <sup>-1</sup>	min <sup>-1</sup>		≈ kg	▶ 225 1.12 ▶ 226 1.13
5	11	5	716	283	7,5	71 000	—	14	0,002	685-2Z
	14	5	1330	507	13,8	58 000	45 000	12,8	0,004	605-2Z
	16	5	1735	671	23	53 000	36 000	12,4	0,005	625-2Z
	19	6	2750	1050	55	45 000	27 500	12,2	0,009	635-2Z
6	13	5	1080	438	11,7	61 000	—	13,7	0,003	686-2Z
	17	6	2260	838	52	48 000	41 000	11,4	0,006	606-2Z
	19	6	2614	1053	67	45 000	30 500	12,3	0,008	626-2Z
7	14	5	1180	511	13,6	58 000	—	14,2	0,003	687-2Z
	19	6	2340	889	30,5	45 500	37 000	12,1	0,008	607-2Z
	22	7	3297	1368	74	40 000	28 000	12,4	0,014	627-2Z
8	16	5	1260	590	15,7	53 000	—	14,8	0,004	688-2Z
	22	7	3297	1368	74	40 000	31 500	12,4	0,012	608-2Z
	24	8	3330	1410	59	39 000	29 000	12,8	0,018	628-2Z
9	17	5	1330	664	17,6	51 000	—	15,1	0,005	689-2Z
	24	7	3350	1430	43	38 000	28 500	13	0,016	609-2Z
	26	8	5300	1970	136	44 500	27 000	12,4	0,019	629-C
	26	8	5300	1970	136	28 500	—	12,4	0,02	629-C-2HRS
	26	8	5300	1970	136	38 000	27 000	12,4	0,02	629-C-2Z
10	19	5	1720	840	58	54 000	27 500	14,8	—	61800
	19	5	1720	840	58	21 000	—	14,8	0,006	61800-2RSR
	19	5	1720	840	58	46 000	27 500	14,8	0,006	61800-2Z
	22	6	2700	1270	67	48 000	27 000	14	0,01	61900
	22	6	2700	1270	67	19 200	—	14	0,012	61900-2RSR
	22	6	2700	1020	67	41 000	27 000	14	0,01	61900-2Z
	26	8	5300	1970	136	44 500	30 000	12,4	0,017	6000-C
	26	8	5300	1970	136	28 500	—	12,4	0,018	6000-C-2HRS
	26	8	5300	1970	136	38 000	30 000	12,4	0,019	6000-C-2Z
	30	9	7000	2600	181	40 500	26 000	12	0,029	6200-C
	30	9	7000	2600	181	26 000	—	12	0,03	6200-C-2HRS
	30	9	7000	2600	181	34 500	26 000	12	0,03	6200-C-2Z
	30	14	5970	2630	200	16 700	—	12,2	0,044	62200-2RSR
	35	11	8600	3450	237	31 000	21 100	11,3	0,053	6300
	35	11	8600	3450	179	14 800	—	11,3	0,057	6300-2RSR
	35	11	8600	3450	237	26 500	21 100	11,3	0,054	6300-2Z
35	17	8100	3440	270	15 000	—	11,2	0,06	62300-2RSR	
20	32	7	4020	2460	111	33 500	17 600	15,4	0,018	61804
	32	7	4020	2460	111	11 500	—	15,4	0,018	61804-2RSR
	32	7	4020	2460	111	28 500	17 600	15,4	—	61804-2Z
	37	9	6380	3680	233	28 500	17 000	14,8	0,04	61904
	37	9	6380	3680	233	10 600	—	14,8	0,037	61904-2RSR
	37	9	6380	3680	233	24 200	17 000	14,8	0,037	61904-2Z
	42	8	7910	4480	240	26 000	13 800	16,5	0,048	16004

Fig. 5-6: Lagerdaten für Rillenkugellager einreihig nach Schäffler HR1

## 5. LAGER UND FÜHRUNGEN

### b) Faktoren e, X und Y bestimmen

$\frac{f_0 \cdot F_a}{C_{0r}}$	Faktor (bei üblichem Betriebsspiel)		
	e	X	Y
0,3	0,22	0,56	2
0,5	0,24	0,56	1,8
0,9	0,28	0,56	1,58
1,6	0,32	0,56	1,4
3	0,36	0,56	1,2
6	0,43	0,56	1

$C_{0r}$	N	Statische Tragzahl $\triangleright 232$
$f_0$	–	Faktor $\triangleright 232$
$F_a$	N	Axiale Belastung.

### c) Dynamische äquivalente Belastung P

Bei kombinierter Belastung und bei verschiedenen Lastfällen ist P eine Ersatzkraft die mit dem Berechnungsfaktor e und über das Belastungsverhältnis  $F_a/F_r$  ermittelt wird.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \Rightarrow P = F_r$$

$$\frac{F_a}{F_r} > e \Rightarrow P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

### d) Nominelle Lebensdauer

### e) Rückschluss auf die Dimensionierung

## 5.4 Gestaltung der Lagerung

### Unterscheidung:

#### Festlager:

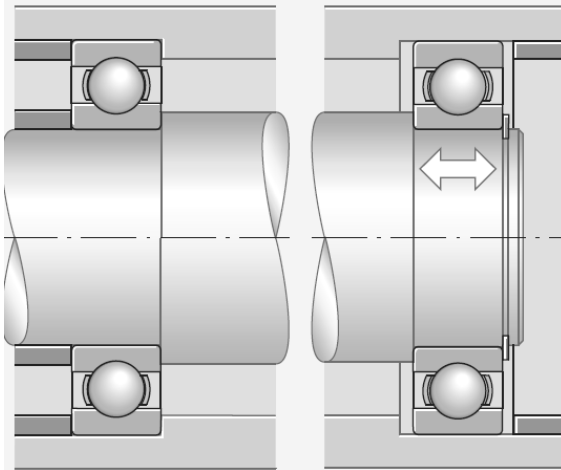
Das Festlager führt die Welle axial und überträgt äußere Axialkräfte.

#### Loslager:

Das Loslager gleicht Abstandsunterschiede und Fluchtungsfehler aus.

Bsp. Längenänderung durch Erwärmung im Betrieb

a) Rillenkugellager als Festlager,  
Rillenkugellager als Loslager



b) Rillenkugellager als Festlager  
Zylinderrollenlager NU als Loslager

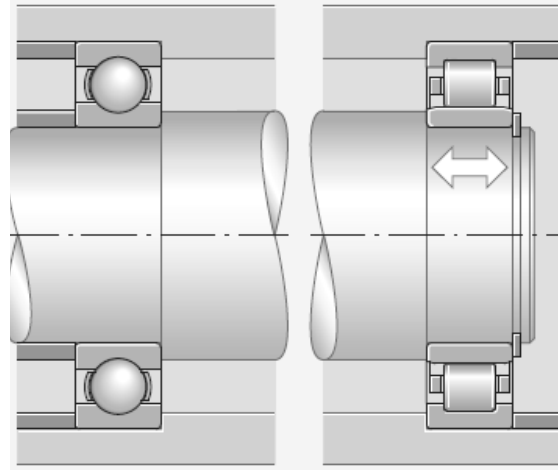


Fig. 5-7: Beispiele für Fest- und Loslagerungen nach Schäffler HR1

#### Angestellte Lagerung:

Eine angestellte Lagerung wird in der Regel aus zwei spiegelbildlich angeordneten Schräglagern (Schräggugellager, Kegelrollenlager) gebildet. Die Innen- und Außenringe der Lager werden soweit gegeneinander verschoben, bis das gewünschte Spiel bzw. die gewünschte Vorspannung erreicht ist. Diesen Vorgang nennt man „Anstellen“.

**Merke:** Bei einer Angestellten Lagerung lässt sich das Lagerspiel einstellen. Dazu sind sog. Anstellelemente, z. B. Muttern, Deckel, Scheiben, Ringe ectr. konstruktiv notwendig.

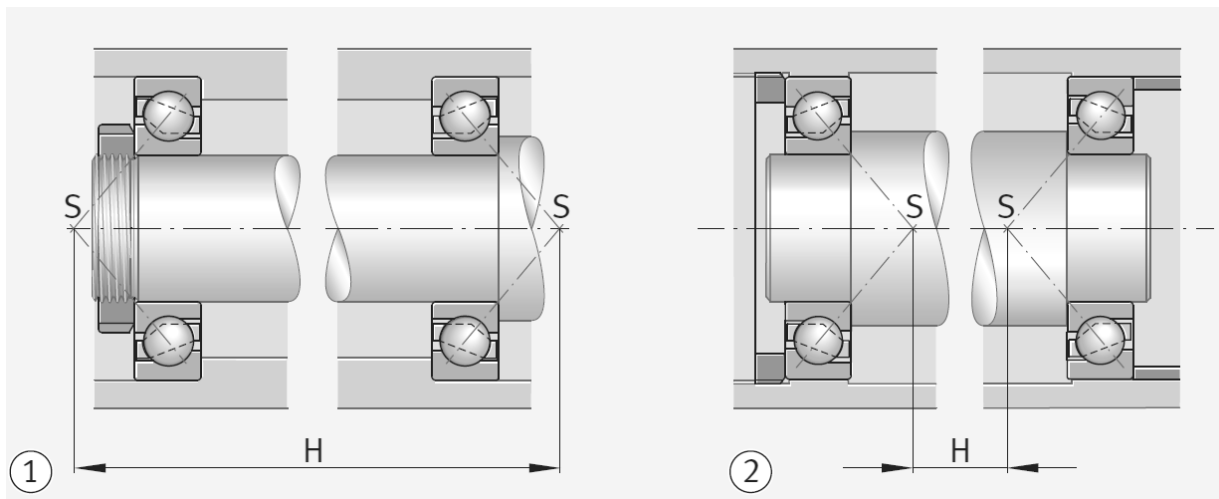


Fig. 5-8: Angestellte Lagerung 1) in O-Anordnung mit Gewindemutter 2) in X-Anordnung mit Passungsringen