

## 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 Wälzlagern, Gelenklagern, Gleitlagern, Linearprodukten, lagerspezifischem Zubehör sowie umfangreichen Service-Produkten und Service-Leistungen.

### Wälzlagerkatalog Schäffler 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>

## 5. LAGER UND FÜHRUNGEN

## **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				
		Rillenkugellager	Schrägkugellager	VierpunktLAGER	Pendelkugellager	Spannlager	Zylinderrollenlager, Loslager	Zylinderrollenlager, Stützlager	Zylinderrollenlager, Festlager	Kegelrollenlager	
+++	sehr gut geeignet										
++	gut geeignet										
+	geeignet										
(+)	eingeschränkt geeignet										
-	nicht geeignet/entfällt										
✓	verfügbar										
Belastbarkeit	radial		++	++	(+)	++	+++	+++	+++	+++	
	einseitig axial		++ <sup>1)</sup>	++	++	(+)	+	-	+	+	+++
	beidseitig axial		++ <sup>1)</sup>	++	++	(+)	+	-	-	+	+++ <sup>1)</sup>
	Momente		+ <sup>1)</sup>	++ <sup>1)</sup>	(+)	-	++	-	-	-	(+)
Eignung für	hohe Drehzahlen		++ <sup>1)</sup>	++ <sup>1)</sup>	(+)	+	++	++	++	++	+ <sup>1)</sup>
	hohe Laufgenauigkeit		++	++ <sup>1)</sup>	(+)	-	(+)	++	++	++	++
	geräuscharmen Lauf		+++	++	(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)
	hohe Steifigkeit		+	++	+	(+)	+	+++ <sup>1)</sup>	+++ <sup>1)</sup>	+++ <sup>1)</sup>	+++ <sup>1)</sup>
	niedrige Reibung		+++	++	+	++	(+)	++	++	++	+

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

## 5.2 Bezeichnungen von Wälzlagern

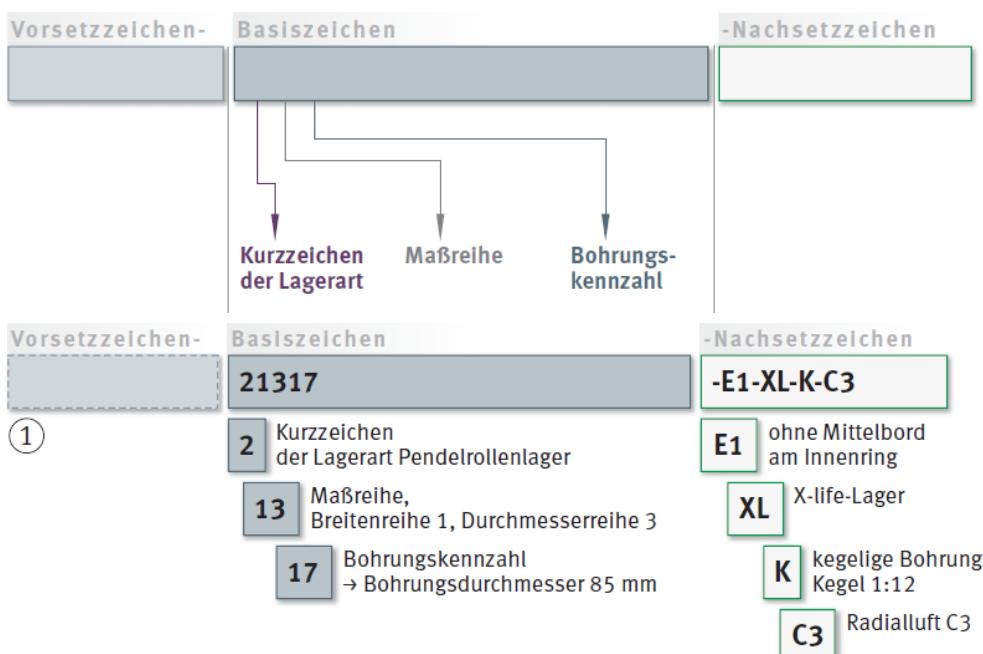
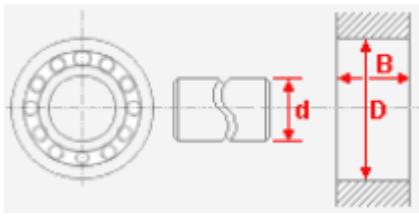


Fig. 5-3: Bezeichnungen von Wälzlagern nach Schäffler HR1 S.98

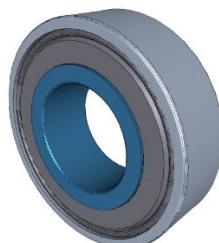
## **Beispiel:** Lager-Auswahlassistant

## medias

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

**HAUPTABMESSUNGEN & TRAGFÄHIGKEIT**


d = 20mm, D=42mm B=12 / 6004-2Z

**DIMENSIONS & LOAD RATING**


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<sub>a</sub>** bezeichnet. Diese wird immer vom Lager mit der Bezeichnung **A** aufgenommen. Das Lager **B** nimmt keine äußeren axialen Kräfte auf.

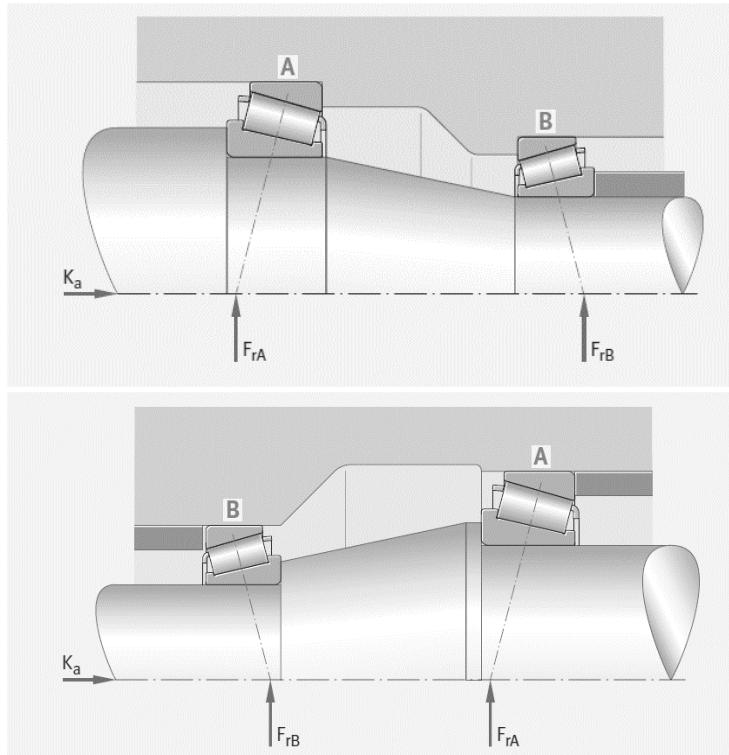


Fig. 5-4: Kräftebezeichnung und Kraftrichtung der äußeren axialen Kraft  $K_a$ , in O- und in X-Anordnung nach Schäffler HR1 S. 577

**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<sub>10</sub>), sowie die nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden (L<sub>10h</sub>) 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 p

für Rollenlager: p = 10/3

für Kugellager: p = 3

### Betriebsdrehzahl in min<sup>-1</sup>

### 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 h				Gebrauchsduer h	
	Kugellager		Rollenlager			
	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 ▼

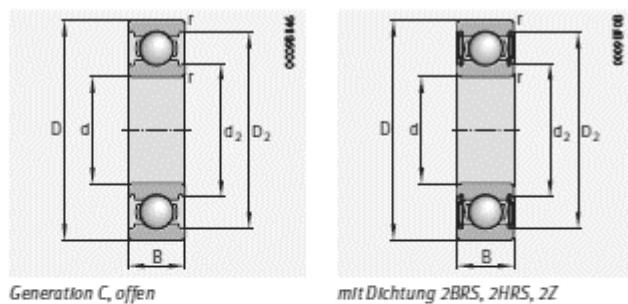
Fig. 5-5: Anhaltswerte für die Dimensionierung siehe Schäffler HR1 S 45

## 5. LAGER UND FÜHRUNGEN

### Beispiel: Lagerberechnung

#### a) Lagerauswahl

**Rillenkugellager**  
einreihig



**d = 2 – 9 mm**

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs-grenz-belastung	Grenz-drehzahl	Bezugs-drehzahl	Faktor	Masse	Kurzzelchen
d	D	B	dyn. $C_r$ N	stat. $C_{0r}$ N	$C_{ur}$ N	$n_g$ $\text{min}^{-1}$	$n_{0r}$ $\text{min}^{-1}$	$f_0$	m kg	$\gg 225 1.12$ $\gg 226 1.13$
5	11	5	716	283	7,5	71000	—	14	0,002	685-2Z
	14	5	1330	507	13,8	58000	45000	12,8	0,004	605-2Z
	16	5	1735	671	23	53000	36000	12,4	0,005	625-2Z
	19	6	2750	1050	55	45000	27500	12,2	0,009	635-2Z
6	13	5	1080	438	11,7	61000	—	13,7	0,003	686-2Z
	17	6	2260	838	52	48000	41000	11,4	0,006	606-2Z
	19	6	2614	1053	67	45000	30500	12,3	0,008	626-2Z
7	14	5	1180	511	13,6	58000	—	14,2	0,003	687-2Z
	19	6	2340	889	30,5	45500	37000	12,1	0,008	607-2Z
	22	7	3297	1368	74	40000	28000	12,4	0,014	627-2Z
8	16	5	1260	590	15,7	53000	—	14,8	0,004	688-2Z
	22	7	3297	1368	74	40000	31500	12,4	0,012	608-2Z
	24	8	3330	1410	59	39000	29000	12,8	0,018	628-2Z
9	17	5	1330	664	17,6	51000	—	15,1	0,005	689-2Z
	24	7	3350	1430	43	38000	28500	13	0,016	609-2Z
	26	8	5300	1970	136	44500	27000	12,4	0,019	629-C
	26	8	5300	1970	136	28500	—	12,4	0,02	629-C-2HRS
	26	8	5300	1970	136	38000	27000	12,4	0,02	629-C-2Z
10	19	5	1720	840	58	54000	27500	14,8	—	61800
	19	5	1720	840	58	21000	—	14,8	0,006	61800-2RSR
	19	5	1720	840	58	46000	27500	14,8	0,006	61800-2Z
	22	6	2700	1270	67	48000	27000	14	0,01	61900
	22	6	2700	1270	67	19200	—	14	0,012	61900-2RSR
	22	6	2700	1020	67	41000	27000	14	0,01	61900-2Z
	26	8	5300	1970	136	44500	30000	12,4	0,017	6000-C
	26	8	5300	1970	136	28500	—	12,4	0,018	6000-C-2HRS
	26	8	5300	1970	136	38000	30000	12,4	0,019	6000-C-2Z
	30	9	7000	2600	181	40500	26000	12	0,029	6200-C
	30	9	7000	2600	181	26000	—	12	0,03	6200-C-2HRS
	30	9	7000	2600	181	34500	26000	12	0,03	6200-C-2Z
	30	14	5970	2630	200	16700	—	12,2	0,044	62200-2RSR
35	11	8600	3450	237	31000	21100	11,3	0,053	6300	
	35	11	8600	3450	179	14800	—	11,3	0,057	6300-2RSR
	35	11	8600	3450	237	26500	21100	11,3	0,054	6300-2Z
	35	17	8100	3440	270	15000	—	11,2	0,06	62300-2RSR
	32	7	4020	2460	111	33500	17600	15,4	0,018	61804
	32	7	4020	2460	111	11500	—	15,4	0,018	61804-2RSR
37	32	7	4020	2460	111	28500	17600	15,4	—	61804-2Z
	37	9	6380	3680	233	28500	17000	14,8	0,04	61904
	37	9	6380	3680	233	10600	—	14,8	0,037	61904-2RSR
	37	9	6380	3680	233	24200	17000	14,8	0,037	61904-2Z
	42	8	7910	4480	240	26000	13800	16,5	0,048	16004

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

**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 ► 232 | 

$f_0$  | -      | Faktor ► 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.

a) Rillenkugellager als Festlager,  
Rillenkugellager als Loslager

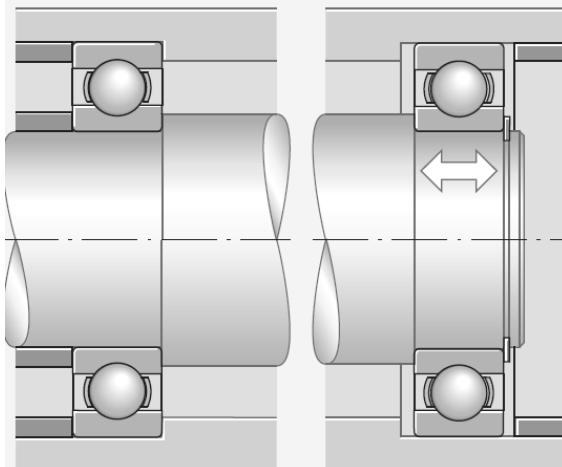


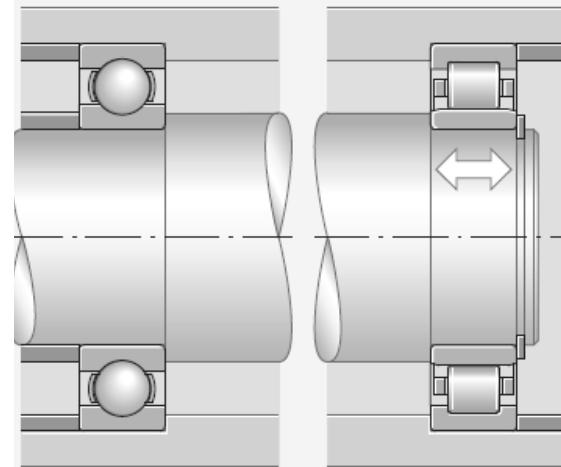
Fig. 5-7: Beispiele für Fest- und Loslagerungen nach Schäffler HR1

**Loslager:**

Das Loslager gleicht Abstandsunterschiede und Fluchtungsfehler aus.

Bsp. Längenänderung durch Erwärmung im Betrieb

b) Rillenkugellager als Festlager  
Zylinderrollenlager NU als Loslager



**Angestellte Lagerung:**

Eine angestellte Lagerung wird in der Regel aus zwei spiegelbildlich angeordneten Schräglagern (Schrägkugellager, 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 etc. konstruktiv notwendig.

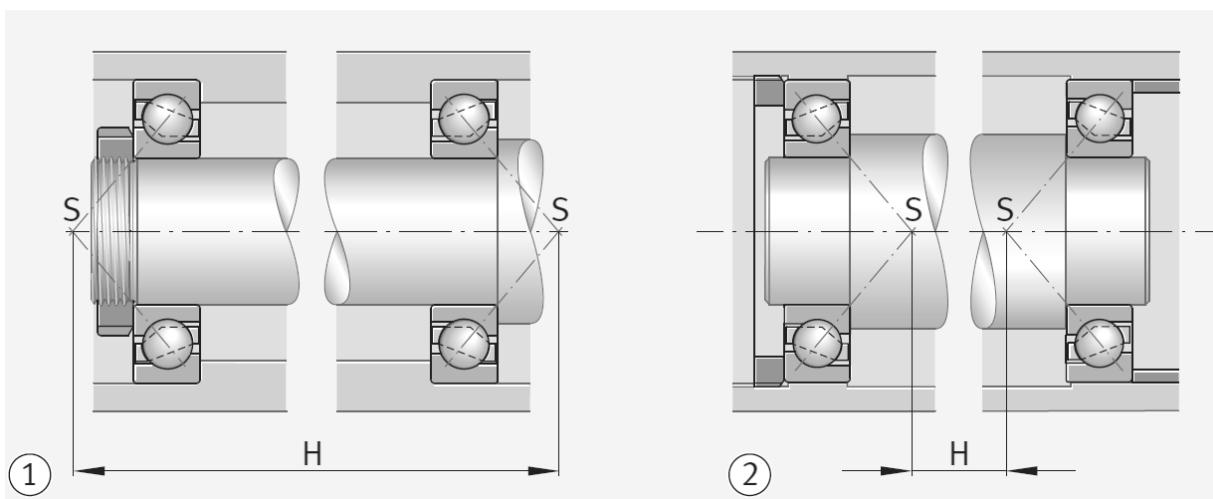


Fig. 5-8: Angestellte Lagerung 1) in O-Anordnung mit Gewindemutter 2) in X-Anordnung mit Passungsringen