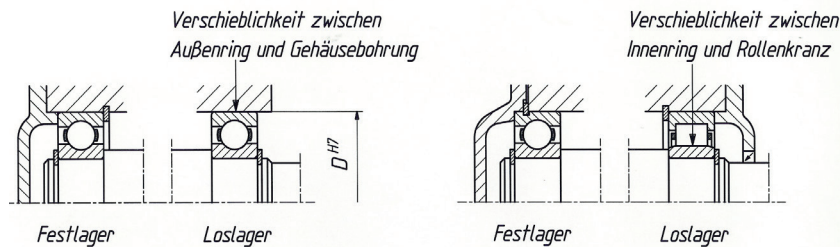


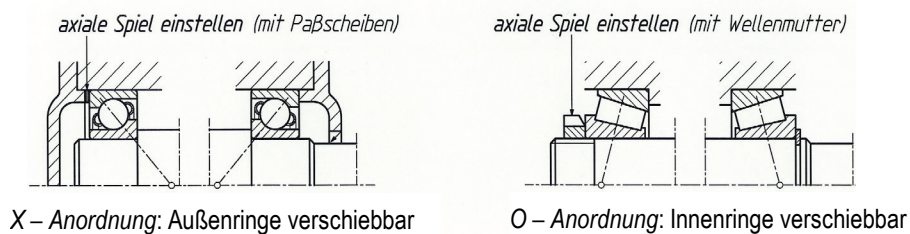
4.3.2 Wälzlager

Lageranordnungen

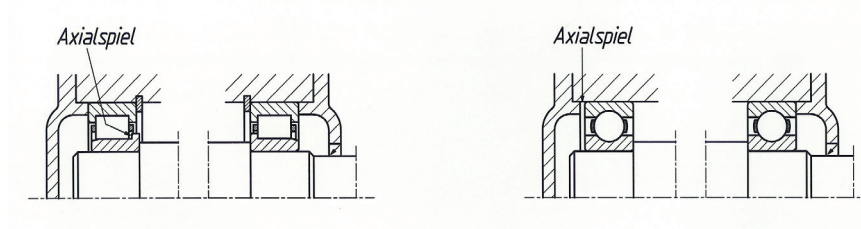
- Fest-Los-Lagerung:



- Angestellte Lagerung:



- Stützlagerung (Schwimmende Lagerung):



- Kriterien für die Auswahl von Lageranordnungen

Lageranordnung	Merkmale
Fest-Los-Lagerung	Keine axialen Verspannungen möglich (statisch bestimmt) Große Toleranzen für Lagerabstände zulässig Gute radiale und axiale Führung Für Radial- und Axialkräfte geeignet Nicht für Kegelrollen- und Schrägkugellager
Angestellte Lagerung	Kegelrollen- und Schrägkugellager müssen angestellt werden Definiertes Axialspiel oder Vorspannung möglich Gute radiale und axiale Führung Für große Radial- und Axialkräfte geeignet Wärmeausdehnungen beeinflussen axiales Lagerspiel
Schwimmende Lagerung	Kostengünstige Lagerung Axiale Führung nicht definiert (Welle schwimmt) Nicht für wechselnde Axialkräfte geeignet

Toleranzen

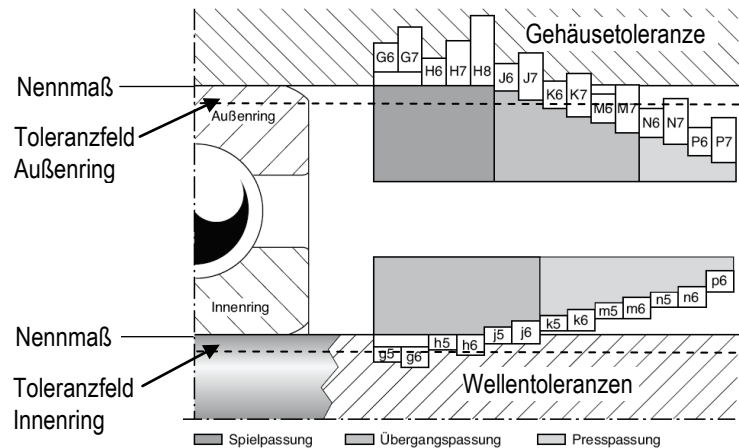
- Punktlast: \Rightarrow loser Sitz (verschiebbar)
- Umfangslast: \Rightarrow fester Sitz (nicht verschiebbar)

Gehäuse:

G – H Spielpassung
J – M Übergangspassung
N – P Presspassung

Welle:

g – j Übergangspassung
k – p Presspassungen



\Rightarrow Wellen- und Gehäusetoleranzen siehe Tabelle 4.7

Radialluftgruppen

- C1 \Rightarrow kleiner als C2
C2 \Rightarrow kleiner als normal (CN)
CN \Rightarrow Normalluft, wird in der Regel nicht angegeben
C3 \Rightarrow größer als normal (CN)
C4 \Rightarrow größer als C3

CN-Lager haben bei normalen Betriebsbedingungen zweckmäßige Lagerluft wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Bauart	Welle	Gehäuse
Kugellager	j5 ... k5	J6
Rollenlager und Nadellager	k5 ... m5	K6

\Rightarrow größere Übermaße haben geringere Lagerluft zur Folge, so dass dann Lager mit größerer Lagerluft (C3- oder C4-Lager) erforderlich sind.

Lagerberechnung (Dynamische Tragfähigkeit)

- **Lebensdauer** in Stunden bei 90% Erlebenswahrscheinlichkeit (unabhängig von Lagerbauart):

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

Kugellager $p = 3$
Rollenlager $p = 10 / 3$

- **Dynamische Tragzahl C** (abhängig von Lagerbauart):
Belastung, bei der eine nominelle Lebensdauer von 1 Million Umdrehungen zu erwarten ist. C ist eine Lagerkenngröße.
- **Dynamisch äquivalente Lagerlast P** (abhängig von Lagerbauart):
P ist eine rein radiale Last, die die gleiche Lebensdauer ergeben würde wie die äußere Radial- und Axiallast zusammen.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (X \text{ und } Y \text{ sind lagerabhängige Faktoren})$$

- **Veränderliche Drehzahl**

Bei variabler Drehzahl ist die mittlere Drehzahl n_m in die Lebensdauergleichung einzusetzen:

$$n_m = n_1 \frac{q_1}{100} + n_2 \frac{q_2}{100} + \dots \quad (q \text{ ist dabei der Zeitanteil in } \%)$$

- **Veränderliche Drehzahl und Belastung**

Wenn Drehzahl und Lagerlast nicht konstant sind, wird die äquivalente Lagerlast:

$$P = \sqrt[p]{P_1^p \frac{n_1}{n_m} \frac{q_1}{100} + P_2^p \frac{n_2}{n_m} \frac{q_2}{100} + \dots}$$

- **X- und Y-Faktoren** für Rillenkugellager mit normaler Lagerluft

Radialfaktor X und Axialfaktor Y sind abhängig vom Belastungsverhältnis F_a/F_r und der

Tabelle 4.7. X- und Y-Werte zur Berechnung der dynamisch äquivalenten Lagerlast für $F_a/F_r > e$

Tabelle 4.9.

Lagerbauart	Faktoren			
	F_a/C_0	e	X	Y
einreihiges Rillenkugellager mit normaler Lagerluft	0,025	0,22	0,56	2
	0,04	0,24	0,56	1,8
	0,07	0,27	0,56	1,6
	0,13	0,31	0,56	1,4
	0,25	0,37	0,56	1,2
	0,5	0,44	0,56	1

(Zwischenwerte können interpoliert werden).
statischen Tragzahl C_0 .

Für $F_a/F_r \leq e$ ist die Axialkraft zu vernachlässigen. Das heißt: $X = 1$ und $Y = 0$.

- **Modifizierte Lebensdauerberechnung**

Eine höhere Erlebenswahrscheinlichkeit als 90% und exakte Betriebsbedingungen können bei der Berechnung der Lebensdauer berücksichtigt werden:

$$L_{nah} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10h}$$

a_1 : Beiwert für die Erlebenswahrscheinlichkeit

Tabelle 4.9. Beiwert a_1 für modifizierte Lebensdauerberechnung

Erlebenswahrscheinlichkeit [%]	90	95	96	97	98	99
Lebensdauer L_{na}	L_{10a}	L_{5a}	L_{4a}	L_{3a}	L_{2a}	L_{1a}
Beiwert a_1	1,00	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

a_2 : Beiwert für den Werkstoff

a_3 : Beiwert für die Betriebsbedingungen (z.B. Schmierung und Sauberkeit)

Tabelle 4.11.

- **Einfluss der Betriebstemperatur**

Hohe Betriebstemperaturen reduzieren die dynamische Tragfähigkeit C

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{f_T \cdot C}{P} \right)^p$$

Lagertemperatur (°C)	150	200	250	300
Temperaturfaktor f_T	1	0,9	0,75	0,6