

# Befestigung und Wälzlagerluft

<b>Befestigung der Wälzlager</b>	<b>90</b>
■ Radiale Befestigung	90
■ Axiale Befestigung	91
<i>Wellenpositionierung durch ein einziges Lager</i>	91
<i>Wellenpositionierung durch zwei Lager</i>	92
■ Möglichkeiten zur axialen Befestigung	93
<b>Sitz der Wälzlager</b>	<b>96</b>
■ Wälzlagertoleranzen	96
■ Toleranzen der Lagersitze von Welle und Gehäuse	97
■ Empfohlene Passungen	98
■ Werte von Toleranzen und Passungen	100
■ Geometrie und Oberflächenbeschaffenheit der Lagersitze von Wellen und Gehäusen	106
<b>Radialluft von Radiallagern</b>	<b>109</b>
■ Restradialluft : Definition, Berechnung	109
<i>Auswirkungen von Presspassungen auf die Lagerluft</i>	109
<i>Restluft nach Montage: <math>J_{rm}</math></i>	110
<i>Wahl der Lagerluft in Abhängigkeit von Wellen- und Gehäusepassung</i>	112
<i>Berechnung des Betriebsspiels</i>	112
<b>Axialluft von Schrägkugel- und Kegelrollenlagern</b>	<b>115</b>
■ Axiale Vorspannung	115
<i>Axiale Eintauchtiefe und Vorspannung</i>	115
<i>Bestimmen der Vorspannung</i>	116
<i>Einstellung</i>	117
■ Auswirkung der Temperatur auf die Axialluft von Wälzlagern	117
<i>Änderung der Axialluft einer Lageranordnung</i>	117
<i>Theoretische Berechnung der Änderung der Axialluft einer Lageranordnung</i>	118

## Befestigung der Wälzlager

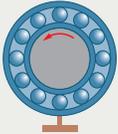
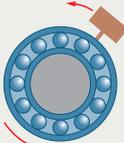
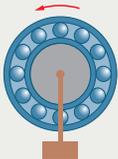
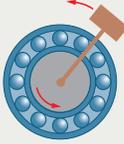
### Radiale Befestigung

Die Wälzlagerringe müssen mit den Montageelementen (Welle und Gehäuse) so verbunden sein, dass sie ein integraler Bestandteil werden. Die Art der Verbindung muss jede Relativbewegung der Ringe im Lagersitz unter Einwirkung der Radial- und Axiallasten verhindern und dabei die Präzision des Wälzlagers, seine Betriebsluft und die Grenzen der Belastung, Drehzahl, Temperatur, etc. berücksichtigen.

Unter Einwirkung der Radiallast wird einer der beiden Ringe eines sich drehenden Wälzlagers zwischen Wälzkörper und Lagersitz „gewalzt“ und tendiert dazu, sich im Sitz zu drehen. Diese relative Bewegung muss verhindert werden, um jeglichen Verschleiß des Lagersitzes zu vermeiden (Härte eines Wälzlagers 62 HRC).

#### ■ Allgemeine Richtlinie

Der Ring, der sich gegenüber der Lastrichtung dreht, muss mit einer Presspassung montiert werden.

	Umlaufverhältnisse (Häufigkeit der Fälle)		Befestigung
Feststehende Last in Bezug auf den Außenring	Gehäuse und Last feststehend (95 %)  Innenring drehend	Gehäuse und Last drehend (0,05 %)  Innenring stillstehend	Innenring mit Presssitz auf der Welle
	Gehäuse und Last feststehend (3 %)  Außenring drehend	Gehäuse und Last drehend (1,5 %)  Außenring stillstehend	

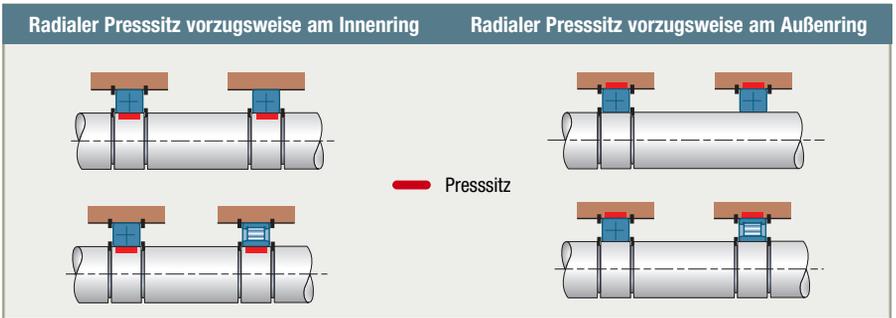
Das Fixieren von Wälzlagerringen erfolgt normalerweise durch eine Presspassung. Andere Befestigungsmöglichkeiten sind: Spannhülse (siehe Seite 139), exzentrische Spannringe oder Gewindestifte am Innenring oder Außenring, Kleben, ... Die Passungen der Lagersitze werden nach der ISO 286 in Abhängigkeit von den Betriebskriterien der Wälzlager ausgewählt.

# Axiale Befestigung

Wälzlager sichern die axiale Positionierung des drehenden zum feststehenden Bauteil einer Baugruppe.

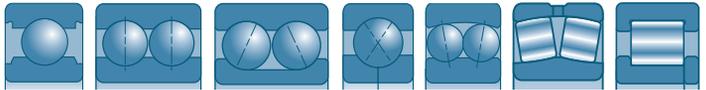
## → Wellenpositionierung durch ein einziges Lager

■ Die Befestigung eines Lagers erfordert, dass sich das andere Lager spannungsfrei axial bewegen kann.



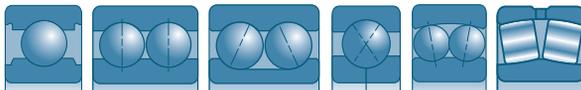
### Festlager F

- Die Positionierung des Wälzlagers muss durch axiale Befestigung von Innen- und Außenring erfolgen
- verwendbare Wälzlagerarten



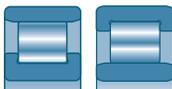
### Loslager L

- Nur der mit Presssitz montierte Ring ist axial arretiert. Der andere Ring ist lose
- verwendbare Wälzlagerarten



### Loslager L1

- Bei Zylinderrollenlagern Typ N oder NU, bei denen die axiale Beweglichkeit durch das Wälzlager selbst gewährleistet ist, werden beide Ringe des Wälzlagers befestigt
- verwendbare Wälzlagerarten



### ■ Zweifaches Festlager

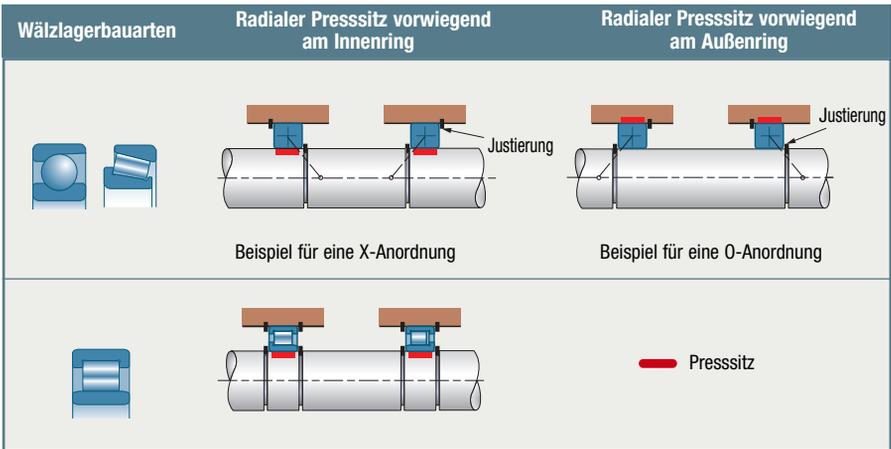
In Abstimmung mit den Anforderungen kann das Festlager aus zwei verbundenen Wälzlagern bestehen.

## Befestigung der Wälzlager (Fortsetzung)

### → Wellenpositionierung durch zwei Lager

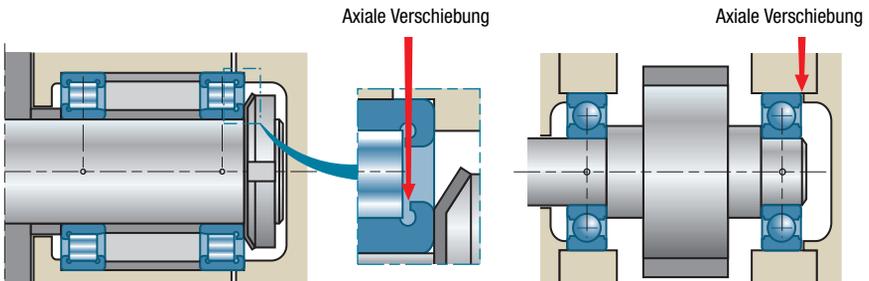
■ Bei dieser Anordnung soll die axiale Verschiebung der Welle in einer Richtung durch das eine und in Gegenrichtung durch das andere Lager begrenzt werden.

Dies setzt voraus, dass ein Wälzlager im Arbeitsbereich axial frei beweglich ist, um die Montage zu ermöglichen. Die mögliche axiale Verschiebung im Betrieb hängt von der axialen Einstellung der relativen Position der Innenringe zu den Außenringen ab.



### ■ Radiallager

Diese Montageart kann für unterschiedliche Radiallager verwendet werden: Kugellager, Zylinderrollenlager, Tonnenlager, Pendelrollenlager. Es muss ein axialer Mindest-Verschiebeweg eingehalten werden, der je nach Montageart unterschiedlich ist.

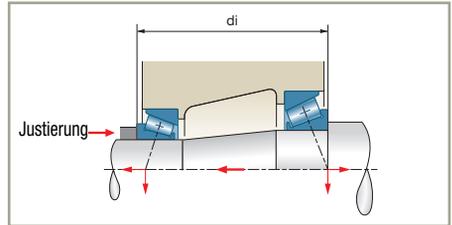


## ■ Schräglager

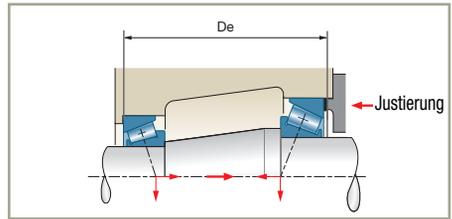
Schräglager erhalten ihre Steifigkeit erst bei der Montage. Eine axiale Justierung sorgt für die relative Position und die Luft im Betrieb.

Zwei Montagearten sind möglich:

**O-Anordnung:** Die Lastangriffspunkte liegen außerhalb der Lager.



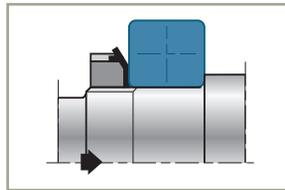
**X-Anordnung:** Die Lastangriffspunkte liegen zwischen den Lagern.



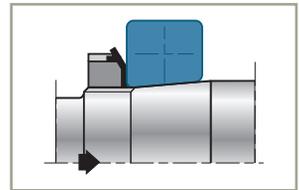
## Möglichkeiten zur axialen Befestigung

### ■ Innenring

Mutter  
und Sicherungsblech

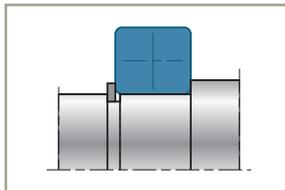


Zylindrischer Lagersitz,  
Anlage gegen Schulter.

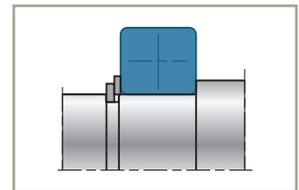


Kegeliger Lagersitz, Wälzlager  
mit kegeliger Bohrung.  
Bevorzugte Richtung  
des Axialschubs (→).

Sicherungsring



Einfache, schnelle und  
platzsparende Montage.

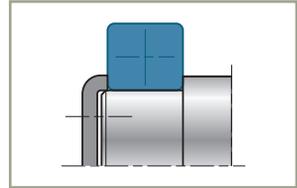


Erfordert bei einer hohen  
Axiallast das Einsetzen einer  
Stützscheibe zwischen Innen-  
ring und Sicherungsring.

## Befestigung der Wälzgerluft (Fortsetzung)

### Endscheibe

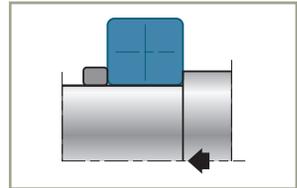
Vorhalten für Wellenenden.



### Schrumpfring

Bevorzugte Richtung des Axialschubs (→).

Die Demontage des Wälzgerluft erfordert das Zerstören des Rings

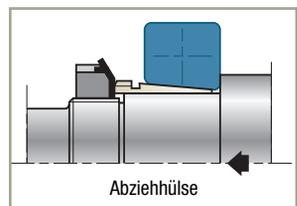
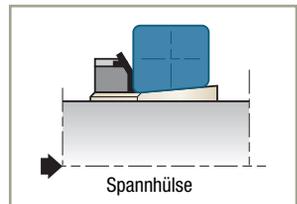


### Hülse

Bevorzugte Richtung des Axialschubs (→).

Erfordert keine präzise Bearbeitung der Welle.

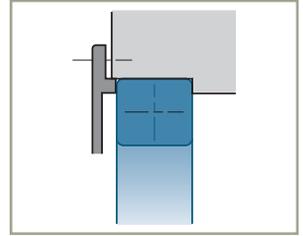
Vorhalten für Pendelrollenlager, Pendelkugellager und einige Rillenkugellager.



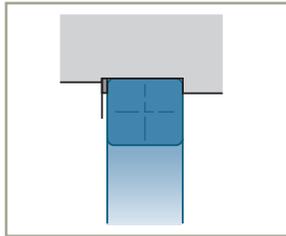
## ■ Außenring

### Deckel

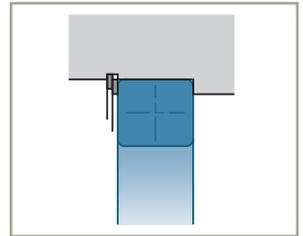
zwischen Deckel und Gehäusestirnfläche ist Luft erforderlich.



### Sicherungsring



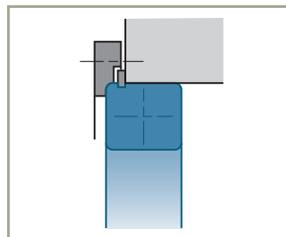
Einfache, schnelle und platzsparende Montage.



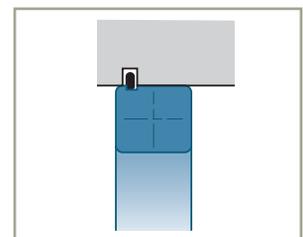
Erfordert bei einer hohen Axiallast das Einsetzen einer Stützscheibe zwischen Lager-ring und Sicherungsring.

**Hinweis:** Der Sicherungsring (mit oder ohne Stützscheibe) kann eine Schulter ersetzen.

### Sicherungsring in Wälzlager integriert (Wälzlager Typ NR)



Zwischen Deckel und Gehäusestirnfläche ist Luft erforderlich



Im Spezialfall eines zweiteiligen Gehäuses kann der Sicherungsring dazwischen montiert werden.

## Sitz der Wälzlager

### Wälzlagertoleranzen

Unter Einwirken der Radiallast tendiert einer der beiden Ringe eines drehenden Wälzlagers dazu, sich mitzudrehen. Um jeglichen Verschleiß des Lagersitzes zu vermeiden muss diese Bewegung durch eine entsprechende Passung verhindert werden. Für den anderen Ring wählt man eine Passung, die eine axiale Verschiebung auf dem Lagersitz ermöglicht (LuftEinstellung, Wärmedehnung).

#### ■ Toleranzen bei Wälzlagern mit normaler Präzision

##### Innenring

Abweichung vom Nennmaß der Bohrung

##### Außenring

Abweichung vom Nennmaß des Außendurchmessers

Bohrung d	Alle Wälzlager bis auf Kegelrollenlager $\Delta d_{mp}$ ( $\mu\text{m}$ )		Kegelrollenlager $\Delta d_{mp}$ ( $\mu\text{m}$ )	
	o. A.*	u. A.*	o. A.*	u. A.*
2,5 <d≤ 10	0	-8		
10 <d≤ 18	0	-8	0	-12
18 <d≤ 30	0	-10	0	-12
30 <d≤ 50	0	-12	0	-12
50 <d≤ 80	0	-15	0	-15
80 <d≤ 120	0	-20	0	-20
120 <d≤ 180	0	-25	0	-25
180 <d≤ 250	0	-30	0	-30
250 <d≤ 315	0	-35	0	-35
315 <d≤ 400	0	-40	0	-40

Außen- durchmesser D	Alle Wälzlager bis auf Kegelrollenlager $\Delta D_{mp}$ ( $\mu\text{m}$ )		Kegelrollenlager $\Delta D_{mp}$ ( $\mu\text{m}$ )	
	o. A.*	u. A.*	o. A.*	u. A.*
6 <D≤ 18	0	-8		
18 <D≤ 30	0	-9	0	-12
30 <D≤ 50	0	-11	0	-14
50 <D≤ 80	0	-13	0	-16
80 <D≤ 120	0	-15	0	-18
120 <D≤ 150	0	-18	0	-20
150 <D≤ 180	0	-25	0	-25
180 <D≤ 250	0	-30	0	-30
250 <D≤ 315	0	-35	0	-35
315 <D≤ 400	0	-40	0	-40
400 <D≤ 500	0	-45	0	-45
500 <D≤ 630	0	-50	0	-50

Andere Präzisionsklassen siehe Seite 23.

\* oberes/unteres Abmaß

## Toleranzen der Lagersitze von Welle und Gehäuse

Die Wellen sind normalerweise in Toleranzen der Qualität 6 oder manchmal 5 bearbeitet. Da die Gehäuse schwieriger zu bearbeiten sind, werden sie meist in den Toleranzen der Qualität 7 oder manchmal 6 bearbeitet.

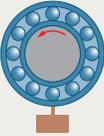
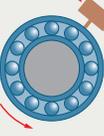
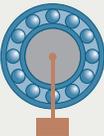
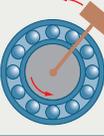
■ Die Werte der Grundtoleranzen (Auszug aus der ISO 286).

Durchmesser mm	Qualität		
	5	6	7
>3 bis 6	5	8	12
>6 bis 10	6	9	15
>10 bis 18	8	11	18
>18 bis 30	9	13	21
>30 bis 50	11	16	25
>50 bis 80	13	19	30
>80 bis 120	15	22	35
>120 bis 180	18	25	40
>180 bis 250	20	29	46
>250 bis 315	23	32	52
>315 bis 400	25	36	57
>400 bis 500	27	40	63

In bestimmten Fällen sind Mängel bezüglich Form und Konizität auch im Rahmen der gewählten Toleranz nicht akzeptabel, da sie die Funktion des Wälzlagers beeinträchtigen. In diesen Fällen muss ein kleineres Toleranzfeld gewählt werden.

## Sitz der Wälzgerluft (Fortsetzung)

### Empfohlene Passungen

Belastungsart	Befestigung	Welle			Gehäuse		
		Anwendungen	Empfohlene Passungen	Beispiele	Anwendungen	Empfohlene Passungen	Beispiele
Umlaufende Belastung gegenüber Innenring  	Innenring: Festsitz	Normale Lasten $P < C / 5$	j6 / k6	Elektromotoren, Werkzeugmaschinen-spindeln, Pumpen, Ventilatoren, Reduktionsgetriebe	Allgemeine Fälle	H7 / J7	Elektromotoren mit mittlerer Leistung, Riemenscheiben, Werkzeugmaschinen-spindeln, Getriebe
		Hohe Lasten $P > C / 5$	m6 / p6	Antriebsmotoren, Große Reduktionsgetriebe, Kompressoren	Ring auf Lagersitz verschiebbar	G7 / H7	Axiale Verschiebung erforderlich (Lagerluft-einstellung, Wärmedehnung)
Umlaufende Belastung gegenüber Außenring  	Außenring: Festsitz	Allgemeine Fälle	g6 / h6	Lose Riemenscheiben, Spannrollen, Räder	Normale Lasten $P < C / 5$	M7 / N7	Lose Riemenscheiben, Spannrollen, Räder
		Ring auf Lagersitz verschiebbar	f6 / g6	Axiale Verschiebung erforderlich (Lagerluft-einstellung, Wärmedehnung)	Sehr hohe Lasten Starke Lasten mit Stößen $P > C / 5$	N7 / P7	Ausrüstung für Eisenbahnen, große Rollenlager
Andere Fälle		Reine axiale Lasten	h6 / j6	Radial- und Axiallager	Reine axiale Lasten	G7 / H7	Radial- und Axiallager
		Spannhülsen	h9	Transmissionen, Landwirtschaftliche Maschinen			

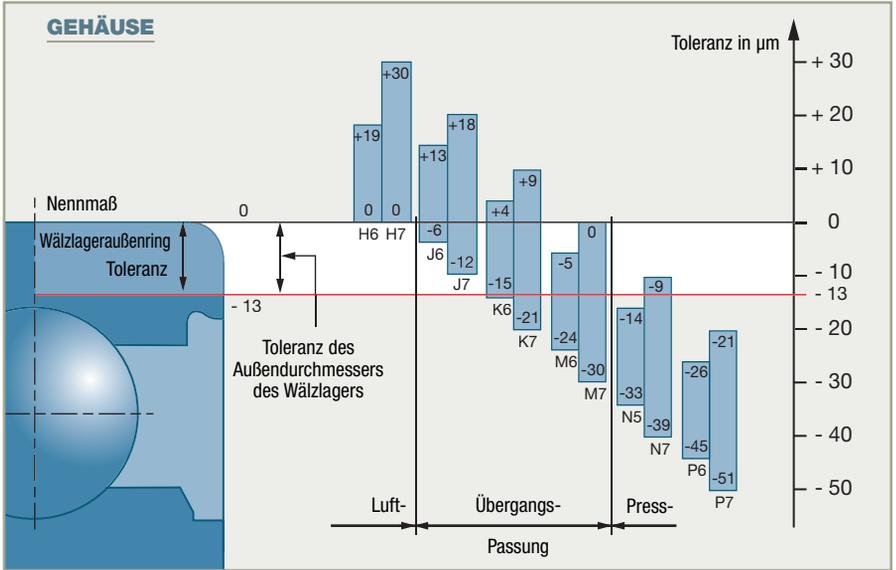
Zur Berücksichtigung besonderer Konstruktions- oder Betriebsbedingungen können unterschiedliche Auswahlen getroffen werden. Es ist zum Beispiel notwendig, im Falle von Vibrationen und Stoßbelastungen, eine festere Passung vorzusehen.

Außerdem können die Einbauverhältnisse und der Einbauvorgang andere Passungen erfordern. Bei Gehäusen aus einer Leichtmetalllegierung wählt man üblicherweise eine engere Passung als normal, um die unterschiedliche Wärmeausdehnung zu kompensieren.

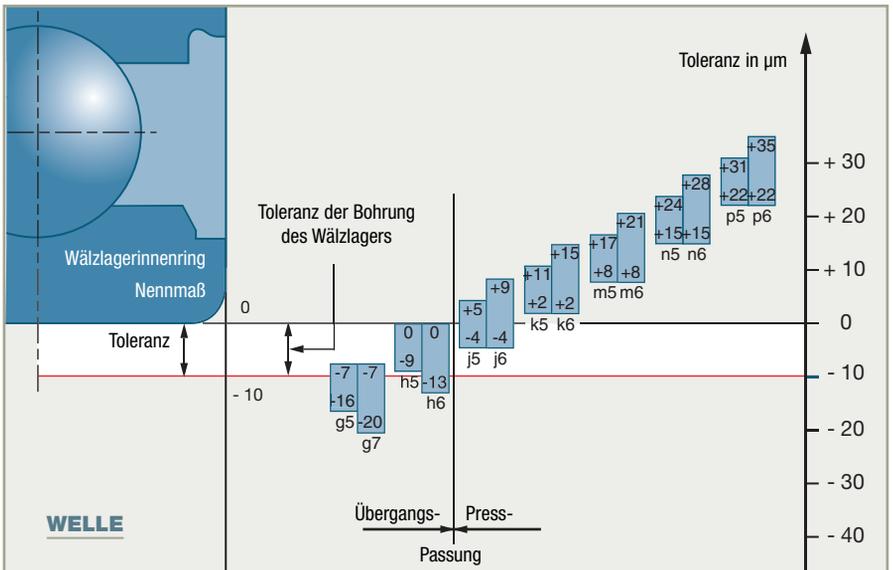
Die nachfolgenden Tabellen enthalten die für die Montage von Wälzlagern am häufigsten verwendeten Passungen.

Das Beispiel gilt für ein Kugellager SNR 6305 (25x62x17)

■ **Passung Wälzlager/Gehäuse**



■ **Passung Welle/Wälzlager**



## Sitz der Wälzlager (Fortsetzung)

### Werte von Toleranzen und Passungen

---

Die Tabellen auf den nächsten Seiten enthalten folgende Angaben:

- Toleranz (in  $\mu\text{m}$ ) für Bohrung oder Außendurchmesser des Wälzlagers (ISO 492)
- Toleranz (in  $\mu\text{m}$ ) für den Durchmesser des Lagersitzes, abhängig von der gewählten Passung (ISO 286)
- Differenzen (in  $\mu\text{m}$ ) zwischen den Durchmessern von Wälzlager und Lagersitz:
  - theoretische Werte berechnet aus den Endwerten der Toleranzen für Wälzlager und Lagersitze
  - Mittelwerte
  - Wahrscheinlichkeitswerte berechnet nach dem Gaußschen Gesetz (mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,7%) mit folgender Formel:

$$\text{Wahrscheinliche Tol.} = [(\text{Tol. Wälzlager})^2 + (\text{Tol. Lagersitz})^2]^{1/2}$$

Die Tabellen gelten für alle Wälzlagerarten bis auf Kegelrollenlager. Für diese ist die gleiche Berechnung mit den spezifischen Toleranzen durchzuführen.



In der Praxis wird oft nur die wahrscheinliche Toleranz (bei einer Beschränkung des Fehlerrisikos auf 0,3%) zur Bestimmung eines realistischen Toleranzwerts des Restspiels eines Wälzlagers nach der Montage berücksichtigt.

## ■ Beispiel

Wälzlager SNR 6305 (Bohrung 25 mm).

Passung auf Welle k5.

	Toleranz		Mittelwert	Toleranzfeld
	Minimum	Maximum		
<b>Wälzlagerbohrung</b>	-10	0	-5	10
<b>Welle</b>	+2	+11	+6,5	9

- theoretischer mittlerer Festsitz  
= - (Mittelwert Welle - Mittelwert Wälzlager) = - [6,5 - (-5)] = -11,5
- theoretischer maximaler Festsitz  
= - (Maximum Welle - Maximum Wälzlager) = - [11 - (-10)] = -21
- theoretischer minimaler Festsitz =  
= - (Minimum Welle - Minimum Wälzlager) = - (2 - 0) = -2
- wahrscheinliches Toleranzfeld  
= [(Toleranzfeld Wälzlager)<sup>2</sup> + (Toleranzfeld Welle)<sup>2</sup>]<sup>1/2</sup> = (10<sup>2</sup> + 9<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup> = 13
- wahrscheinlicher maximaler Festsitz =  
= theoretischer mittlerer Festsitz - wahrscheinliches Toleranzfeld / 2 = -11,5 - 6,5 = -18
- wahrscheinlicher minimaler Festsitz  
= theoretischer mittlerer Festsitz + wahrscheinliches Toleranzfeld / 2 = -11,5 + 6,5 = -5

## ■ Passungen von Wälzlagern der Toleranzklasse Normal auf Wellen (alle Wälzlager bis auf Kegelrollenlager)

WELLE											
Nenn-durchmesser der Welle (mm)	Toleranz für Wälzlagerbohrung (µm)	Passungen	f5	f6	g5	g6	h5	h6	j5	j6	
3 <d< 6	-8 0	Wellentoleranz in µm	-15 -10	-18 -10	-9 -4	-12 -4	-5 0	-8 0	1 +4	-1 +7	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+8,5 +13 +4	+10 +15,5 +4,5	-2,5 +7 -2	+4 +9,5 -1,5	-1,5 -6	+0 +5,5 -5,5	-1 -10	-5,5 -1,5 -7	
6 <d< 10	-8 0	Wellentoleranz in µm	-19 -13	-22 -11	-11 -5	-14 -5	-6 0	-9 0	-2 -4	-2 +7	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+12 +17 +7	+13,5 +19,5 +7,5	+4 +9 -1	+5,5 +11,5 -0,5	-1 +4 -6	+0,5 +6,5 -5,5	0 0 -10	-5 -0,5 -12,5	
10 <d< 18	-8 0	Wellentoleranz in µm	-24 -16	-27 -16	-14 -6	-17 -6	-8 0	-11 0	-3 -5	-3 +8	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+16 +21,5+10,5	+17,5 +24,5+10,5	+6 +11,5 +0,5	+7,5 +14,5+0,5	0 +5,5 -5,5	+1,5 +8,5 -5,5	-5 +0,5 -10,5	6,5 +0,5 -13,5	
18 <d< 30	-10 0	Wellentoleranz in µm	-29 -20	-33 -20	-16 -7	-20 -7	-9 0	-13 0	-4 -5	-4 +9	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+12 +26 +13	+13,5 +21,5 +13	+4 +6,5 +13	+5,5 +8,5 +17 0	-1 +6 -7	+0,5 +1,5 -7	0 -5,5 -12	-5 +1 -12	
30 <d< 50	-12 0	Wellentoleranz in µm	-36 -25	-41 -25	-20 -9	-25 -9	-11 0	-16 0	-5 -6	-5 +11	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+24,5 +32,5+16,5	+27 +37 +17	+8,5 +16,5 +0,5	+11 +21 +7,5	-0,5 -8,5	+2 +12 -8	+6,5 +1,5 -14,5	1 +1 -9	
50 <d< 65	-15 0	Wellentoleranz in µm	-43 -30	-49 -30	-23 -10	-29 -10	-13 0	-19 0	-7 -6	-7 +12	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+29 +39 +19	+32 +44 +20	+9 +19 -1	+12 +24 0	-1 +9 -11	+2 +14 -10	-7 +3 -17	+2 -7 -22	
65 <d< 80	-15 0	Wellentoleranz in µm	-43 -30	-49 -30	-23 -10	-29 -10	-13 0	-19 0	-7 -6	-7 +12	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+29 +39 +19	+32 +44 +20	+9 +19 -1	+12 +24 0	-1 +9 -11	+2 +14 -10	-7 +3 -17	+2 -7 -22	
80 <d< 100	-20 0	Wellentoleranz in µm	-51 -36	-58 -36	-27 -12	-34 -12	-15 0	-22 0	-9 -16	-9 +13	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+33,5 +46 +21	+37 +52 +22	+9,5 +22 -3	+13 +28 -2	-2,5 +10 -15	+1 +16 -14	-8,5 +4 -21	-12 +3 -27	
100 <d< 120	-20 0	Wellentoleranz in µm	-51 -36	-58 -36	-27 -12	-34 -12	-15 0	-22 0	-9 -16	-9 +13	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+33,5 +46 +21	+37 +52 +22	+9,5 +22 -3	+13 +28 -2	-2,5 +10 -15	+1 +16 -14	-8,5 +4 -21	-12 +3 -27	
120 <d< 140	-25 0	Wellentoleranz in µm	-61 -43	-68 -43	-32 -14	-39 -14	-18 0	-25 0	-11 -7	-11 +14	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+39,5 +55 +24	+43 +60,5+25,5	+10,5 +26 -5	+14 +31,5 -3,5	-3,5 +12 -19	0 +17,5 -17,5	-10,5 +5 -26	-14 +4 -32	
140 <d< 160	-25 0	Wellentoleranz in µm	-61 -43	-68 -43	-32 -14	-39 -14	-18 0	-25 0	-11 -7	-11 +14	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+39,5 +55 +24	+43 +60,5+25,5	+10,5 +26 -5	+14 +31,5 +3,5	-3,5 +12 -19	0 +17,5 -17,5	-10,5 +5 -26	-14 +4 -32	
160 <d< 180	-25 0	Wellentoleranz in µm	-61 -43	-68 -43	-32 -14	-39 -14	-18 0	-25 0	-11 -7	-11 +14	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+39,5 +55 +24	+43 +60,5+25,5	+10,5 +26 -5	+14 +31,5 -3,5	-3,5 +12 -19	0 +17,5 -17,5	-10,5 +5 -26	-14 +4 -32	
180 <d< 200	-30 0	Wellentoleranz in µm	-70 -50	-79 -50	-35 -15	-44 -15	-20 0	-29 0	-13 -7	-13 +16	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+45 +63 +27	+49,5 +70,5+28,5	+10 +28 -8	+14,5 +35,5 -6,5	-5 +13 -23	+0,5 +20,5 -21,5	-12 +6 -30	-16,5 +4,5 -37,5	
200 <d< 225	-30 0	Wellentoleranz in µm	-70 -50	-79 -50	-35 -15	-44 -15	-20 0	-29 0	-13 -7	-13 +16	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+45 +63 +27	+49,5 +70,5+28,5	+10 +28 -8	+14,5 +35,5 -6,5	-5 +13 -23	+0,5 +20,5 -21,5	-12 +6 -30	-16,5 +4,5 -37,5	
225 <d< 250	-30 0	Wellentoleranz in µm	-70 -50	-79 -50	-35 -15	-44 -15	-20 0	-29 0	-13 -7	-13 +16	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+45 +63 +27	+49,5 +70,5+28,5	+10 +28 -8	+14,5 +35,5 -6,5	-5 +13 -23	+0,5 +20,5 -21,5	-12 +6 -30	-16,5 +4,5 -37,5	
250 <d< 280	-35 0	Wellentoleranz in µm	-79 -56	-88 -56	-40 -17	-49 -17	-23 0	-32 0	-16 +7	-16 +16	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+50 +71 +29	+54,5 +78 +31	+11 +32 -10	+15,5 +39 -8	-6 -8 +15 -27	-1,5 +22 -25	-8 -8 -34	-13 +6 -41	
280 <d< 315	-35 0	Wellentoleranz in µm	-79 -56	-88 -56	-40 -17	-49 -17	-23 0	-32 0	-16 +7	-16 +16	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+50 +71 +29	+54,5 +78 +31	+11 +32 -10	+15,5 +39 -8	-6 -8 +15 -27	-1,5 +22 -25	-13 +8 -34	-17,5 +6 -41	
315 <d< 400	-40 0	Wellentoleranz in µm	-87 -62	-98 -62	-43 -18	-54 -18	-25 0	-36 0	-18 +7	-18 +18	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+57 +79 +35	+62,5 +88 +37	+13 +35 -9	+18,5 +44 -7	-5 +17 -27	+0,5 +26 -25	-12 +10 -34	-17,5 +8 -43	
400 <d< 500	-45 0	Wellentoleranz in µm	-95 -68	-108 -68	-47 -20	-60 -20	-27 0	-40 0	-20 +7	-20 +20	
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße	+64 +86 +42	+70,5 +97 +44	+16 +38 -6	+22,5 +49 -4	-4 -18 -26	+2,5 +29 -24	-11 +11 -33	-17,5 +9 -44	
500 <d< 630	-50 0	Wellentoleranz in µm		-120 -76		-66 -22	-32 0	-44 0			
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße		+80,5 +109 +52		+26,5 +55 -2	-1,5 -22 -25	+4,5 +33 -24			
630 <d< 800	-75 0	Wellentoleranz in µm		-130 -80		-74 -24	-36 0	-50 0			
		Mittleres Abmaß Wahrsch. Abmaße		+87,5 +118 +57		+31,5 +62 +1	+0,5 +26 -25	+7,5 +38 -23			

1. Negative Passung bedeutet "Festsitz" / positive Passung bedeutet "Lössitz" (Spiel).
2. Die wahrscheinlichen Abmaße der Passungen werden unter der Annahme berechnet, dass die statistische Verteilung der Maße innerhalb des Toleranzfeldes der "Normal-Verteilung" folgt (Gaußsches Gesetz).
3. Toleranzen für Wälzlager und Passungen: Werte in Mikrometer (µm).
4. ▼ Gängigste Passungen.

**■ Passungen von Wälzlagern der Toleranzklasse Normal auf Wellen  
(alle Wälzlager bis auf Kegelrollenlager)**

WELLE											
Nenn Durchmesser der Welle (mm)	Toleranz für Wälzlagerbohrung (µm)	Passungen	k5	k6	m5	m6	n5	n6	p5	p6	
3 <d<= 6	-8 0	Weitertoleranz in µm	+1 +6	+1 +9	+4 +9	+4 +12	+8 +13	+8 +16	+12 +17	+12 +20	
		Mittleres Abmaß	-7,5 -9	-9 -10,5	-10,5 -11,5	-12 -14,5	-14,5 -17	-17 -19	-18,5 -21,5	-18,5 -23,5	-20 -25,5
		Wahrsch. Abmaße	-3 -12	-3,5 -14,5	-6 -15	-6 -15	-6 -17,5	-10 -19	-10,5 -21,5	-14 -23	-14,5 -25,5
6 <d<= 10	-8 0	Weitertoleranz in µm	+1 +7	+1 +10	+8 +12	+6 +15	+10 +16	+10 +19	+15 +21	+15 +24	
		Mittleres Abmaß	-8 -9,5	-13 -14,5	-13 -14,5	-17 -17,5	-17 -22	-18,5 -24,5	-18,5 -24,5	-22 -23,5	-23,5 -29,5
		Wahrsch. Abmaße	-3 -13	-3,5 -15,5	-8 -18	-8 -18	-8,5 -20,5	-12 -22	-12,5 -24,5	-17 -27	-17,5 -29,5
10 <d<= 18	-8 0	Weitertoleranz in µm	+1 +9	+1 +12	+7 +15	+7 +18	+12 +20	+12 +23	+18 +26	+18 +29	
		Mittleres Abmaß	-9 -10,5	-15 -16,5	-16,5 -20,5	-16,5 -20,5	-20,5 -25,5	-20,5 -25,5	-21,5 -26	-26 -27,5	-27,5 -34,5
		Wahrsch. Abmaße	-3,5 -14,5	-3,5 -17,5	-9,5 -20,5	-9,5 -20,5	-14,5 -25,5	-14,5 -25,5	-14,5 -28,5	-20,5 -31,5	-20,5 -34,5
18 <d<= 30	-10 0	Weitertoleranz in µm	+2 +11	+2 +15	+8 +17	+8 +21	+15 +24	+15 +28	+22 +31	+22 +35	
		Mittleres Abmaß	-11,5 -13,5	-17,5 -19,5	-19,5 -24,5	-19,5 -24,5	-24,5 -31,5	-24,5 -31,5	-26,5 -31,5	-31,5 -33,5	-33,5 -42
		Wahrsch. Abmaße	-5 -18	-5 -22	-11 -24	-11 -24	-18 -31	-18 -31	-18 -35	-25 -38	-25 -42
30 <d<= 50	-12 0	Weitertoleranz in µm	+2 +13	+2 +18	+9 +20	+9 +25	+17 +28	+17 +33	+26 +37	+26 +42	
		Mittleres Abmaß	-13,5 -16	-20,5 -23	-23 -28,5	-23 -28,5	-28,5 -36,5	-28,5 -36,5	-31 -37,5	-37,5 -40	-40 -50
		Wahrsch. Abmaße	-5,5 -21,5	-6 -26	-12,5 -28,5	-13 -33	-20,5 -36,5	-21 -41	-21 -41	-29,5 -45,5	-30 -50
50 <d<= 65	-15 0	Weitertoleranz in µm	+2 +15	+2 +21	+11 +24	+11 +30	+20 +33	+20 +39	+32 +45	+32 +51	
		Mittleres Abmaß	-16 -19	-25 -28	-28 -34	-34 -37	-37 -46	-46 -49	-46 -49	-49 -51	-51 -61
		Wahrsch. Abmaße	-6 -26	-7 -31	-15 -35	-16 -40	-24 -44	-25 -49	-25 -49	-36 -56	-37 -61
65 <d<= 80	-15 0	Weitertoleranz in µm	+2 +15	+2 +21	+11 +24	+11 +30	+20 +33	+20 +39	+32 +45	+32 +51	
		Mittleres Abmaß	-16 -19	-25 -28	-28 -34	-34 -37	-37 -46	-46 -49	-46 -49	-49 -51	-51 -61
		Wahrsch. Abmaße	-6 -26	-7 -31	-15 -35	-16 -40	-24 -44	-25 -49	-25 -49	-36 -56	-37 -61
80 <d<= 100	-20 0	Weitertoleranz in µm	+3 +18	+3 +25	+13 +28	+13 +35	+23 +38	+23 +45	+37 +52	+37 +59	
		Mittleres Abmaß	-20,5 -24	-30,5 -34	-34 -40,5	-40,5 -44	-44 -54,5	-44 -54,5	-44 -54,5	-54,5 -68	-58 -73
		Wahrsch. Abmaße	-8 -33	-9 -39	-18 -43	-19 -49	-28 -53	-29 -59	-29 -59	-42 -67	-43 -73
100 <d<= 120	-20 0	Weitertoleranz in µm	+3 +18	+3 +25	+13 +28	+13 +35	+23 +38	+23 +45	+37 +52	+37 +59	
		Mittleres Abmaß	-20,5 -24	-30,5 -34	-34 -40,5	-40,5 -44	-44 -54,5	-44 -54,5	-44 -54,5	-54,5 -68	-58 -73
		Wahrsch. Abmaße	-8 -33	-9 -39	-18 -43	-19 -49	-28 -53	-29 -59	-29 -59	-42 -67	-43 -73
120 <d<= 140	-25 0	Weitertoleranz in µm	+3 +21	+3 +28	+15 +33	+15 +40	+27 +45	+27 +52	+43 +61	+43 +68	
		Mittleres Abmaß	-24,5 -28	-36,5 -40	-40 -48,5	-48,5 -52	-52 -64,5	-52 -64,5	-52 -64,5	-64,5 -68	-68 -85,5
		Wahrsch. Abmaße	-9 -40	-10,5 -45,5	-21 -52	-22,5 -57,5	-33 -64	-34,5 -69,5	-34,5 -69,5	-49 -80	-50,5 -85,5
140 <d<= 160	-25 0	Weitertoleranz in µm	+3 +21	+3 +28	+15 +33	+15 +40	+27 +45	+27 +52	+43 +61	+43 +68	
		Mittleres Abmaß	-24,5 -28	-36,5 -40	-40 -48,5	-48,5 -52	-52 -64,5	-52 -64,5	-52 -64,5	-64,5 -68	-68 -85,5
		Wahrsch. Abmaße	-9 -40	-10,5 -45,5	-21 -52	-22,5 -57,5	-33 -64	-34,5 -69,5	-34,5 -69,5	-49 -80	-50,5 -85,5
160 <d<= 180	-25 0	Weitertoleranz in µm	+3 +21	+3 +28	+15 +33	+15 +40	+27 +45	+27 +52	+43 +61	+43 +68	
		Mittleres Abmaß	-24,5 -28	-36,5 -40	-40 -48,5	-48,5 -52	-52 -64,5	-52 -64,5	-52 -64,5	-64,5 -68	-68 -85,5
		Wahrsch. Abmaße	-9 -40	-10,5 -45,5	-21 -52	-22,5 -57,5	-33 -64	-34,5 -69,5	-34,5 -69,5	-49 -80	-50,5 -85,5
180 <d<= 200	-30 0	Weitertoleranz in µm	+4 +24	+4 +33	+17 +37	+17 +46	+31 +51	+31 +60	+50 +70	+50 +79	
		Mittleres Abmaß	-29 -33,5	-42 -46,5	-46,5 -58	-58 -74	-74 -81,5	-74 -81,5	-75 -95	-75 -95	-95 -100,5
		Wahrsch. Abmaße	-11 -47	-12,5 -54,5	-24 -60	-25,5 -67,5	-36 -74	-39,5 -81,5	-39,5 -81,5	-57 -93	-58,5 -100,5
200 <d<= 225	-30 0	Weitertoleranz in µm	+4 +24	+4 +33	+17 +37	+17 +46	+31 +51	+31 +60	+50 +70	+50 +79	
		Mittleres Abmaß	-29 -33,5	-42 -46,5	-46,5 -58	-58 -74	-74 -81,5	-74 -81,5	-75 -95	-75 -95	-95 -100,5
		Wahrsch. Abmaße	-11 -47	-12,5 -54,5	-24 -60	-25,5 -67,5	-36 -74	-39,5 -81,5	-39,5 -81,5	-57 -93	-58,5 -100,5
225 <d<= 250	-30 0	Weitertoleranz in µm	+4 +24	+4 +33	+17 +37	+17 +46	+31 +51	+31 +60	+50 +70	+50 +79	
		Mittleres Abmaß	-29 -33,5	-42 -46,5	-46,5 -58	-58 -74	-74 -81,5	-74 -81,5	-75 -95	-75 -95	-95 -100,5
		Wahrsch. Abmaße	-11 -47	-12,5 -54,5	-24 -60	-25,5 -67,5	-36 -74	-39,5 -81,5	-39,5 -81,5	-57 -93	-58,5 -100,5
250 <d<= 280	-35 0	Weitertoleranz in µm	+4 +27	+4 +36	+20 +43	+20 +52	+34 +57	+34 +66	+56 +79	+56 +88	
		Mittleres Abmaß	-33 -37,5	-49 -53,5	-53,5 -67	-67 -84	-84 -91	-84 -91	-85 -106	-85 -113	-113 -113
		Wahrsch. Abmaße	-12 -54	-14 -61	-28 -70	-30 -77	-42 -84	-44 -91	-44 -91	-64 -106	-66 -113
280 <d<= 315	-35 0	Weitertoleranz in µm	+4 +27	+4 +36	+20 +43	+20 +52	+34 +57	+34 +66	+56 +79	+56 +88	
		Mittleres Abmaß	-33 -37,5	-49 -53,5	-53,5 -67	-67 -84	-84 -91	-84 -91	-85 -106	-85 -113	-113 -113
		Wahrsch. Abmaße	-12 -54	-14 -61	-28 -70	-30 -77	-42 -84	-44 -91	-44 -91	-64 -106	-66 -113
315 <d<= 400	-40 0	Weitertoleranz in µm	+4 +29	+4 +40	+21 +46	+21 +57	+37 +62	+37 +73	+62 +87	+62 +98	
		Mittleres Abmaß	-34 -39,5	-51 -56,5	-56,5 -73	-73 -88	-88 -98	-98 -114	-98 -114	-114 -123	-123 -123
		Wahrsch. Abmaße	-12 -56	-14 -65	-29 -73	-31 -82	-45 -89	-47 -98	-47 -98	-68 -108	-68 -108
400 <d<= 500	-45 0	Weitertoleranz in µm	+5 +32	+5 +45	+23 +50	+23 +63	+40 +67	+40 +80	+68 +95	+68 +108	
		Mittleres Abmaß	-36 -42,5	-54 -60,5	-60,5 -71	-71 -77,5	-77,5 -99	-77,5 -99	-99 -105,5	-105,5 -132	-132 -132
		Wahrsch. Abmaße	-14 -58	-16 -69	-32 -76	-34 -87	-49 -93	-51 -104	-51 -104	-79 -121	-79 -132
500 <d<= 630	-50 0	Weitertoleranz in µm	0 +44	0 +50	+26 +70	+26 +80	+44 +88	+44 +88	+78 +122	+78 +122	
		Mittleres Abmaß	-39,5 -68	-68 -72,5	-72,5 -94	-94 -112	-112 -138	-112 -138	-112 -138	-138 -146	-146 -146
		Wahrsch. Abmaße	-11 -68	-11 -68	-37 -94	-37 -94	-55 -112	-55 -112	-55 -112	-89 -146	-89 -146
630 <d<= 800	-75 0	Weitertoleranz in µm	0 +50	0 +50	+30 +80	+30 +80	+50 +100	+50 +100	+88 +138	+88 +138	
		Mittleres Abmaß	-42,5 -73	-73 -73	-73 -103	-103 -103	-103 -123	-103 -123	-103 -123	-123 -161	-161 -161
		Wahrsch. Abmaße	-12 -73	-12 -73	-42 -103	-42 -103	-62 -123	-62 -123	-62 -123	-100 -161	-100 -161

1. Negative Passung bedeutet "Festsitz" / positive Passung bedeutet "Lössitz" (Spiel).
2. Die wahrscheinlichen Abmaße der Passungen werden unter der Annahme berechnet, dass die statistische Verteilung der Maße innerhalb des Toleranzfeldes der "Normal-Verteilung" folgt (Gaußsches Gesetz).
3. Toleranzen für Wälzlager und Passungen: Werte in Mikrometer (µm).
4. ▼ Gängigste Passungen.

## ■ Passungen von Wälzlagern der Toleranzklasse Normal in Gehäusen (alle Wälzlager bis auf Kegelrollenlager)

GEHÄUSE			▼								
Nenn Durchmesser des Gehäuses (mm)	Toleranz für Wälzlagerinnendurchmesser (µm)	Passungen	G6	G7	H6	H7	J6	J7	K6	K7	
10 <D<= 18	-8 0	Gehäusetoleranz	+6 +17	+6 +24	0 +11	0 +18	-5 +6	-8 +10	-9 +2	-12 +6	
		Mittleres Abmaß	+15,5	+19	+9,5	+13	+4,5	+5	+0,5	+5	
		Wahrsch. Abmaße	+22,5 +8,5	+29 +9	+16,5 +2,5	+23 +3	+11,5 -2,5	+15 -5	+7,5 -6,5	+11 -9	
18 <D<= 30	-9 0	Gehäusetoleranz	+7 +20	+7 +28	0 +13	0 +21	-5 +8	-9 +12	-11 +2	-15 +6	
		Mittleres Abmaß	+18	+22	+11	+15	+6	+6	0	0	
		Wahrsch. Abmaße	+26 +10	+33,5 +10,5	+19 +3	+26,5 +3,5	+14 -2	+17,5 -5,5	+8 -8	+11,5 -11,5	
30 <D<= 50	-11 0	Gehäusetoleranz	+9 +25	+9 +34	0 +16	0 +25	-6 +10	-11 +14	-13 +3	-18 +7	
		Mittleres Abmaß	+22,5	+27	+13,5	+18	+7,5	+7	+0,5	0	
		Wahrsch. Abmaße	+32 +13	+40,5 +13,5	+23 +4	+31,5 +4,5	+17 -2	+20,5 -6,5	+10 -9	+13,5 -13,5	
50 <D<= 65	-13 0	Gehäusetoleranz	+10 +29	+10 +40	0 +19	0 +30	-6 +13	-12 +18	-15 +4	-21 +9	
		Mittleres Abmaß	+26	+31,5	+16	+21,5	+10	+9,5	+1	+0,5	
		Wahrsch. Abmaße	+37,5 +14,5	+48 +15	+27,5 +4,5	+38 +5	+21,5 -1,5	+26 -7	+12,5 -10,5	+17 -16	
65 <D<= 80	-13 0	Gehäusetoleranz	+10 +29	+10 +40	0 +19	0 +30	-6 +13	-12 +18	-15 +4	-21 +9	
		Mittleres Abmaß	+26	+31,5	+16	+21,5	+10	+9,5	+1	+0,5	
		Wahrsch. Abmaße	+37,5 +14,5	+48 +15	+27,5 +4,5	+38 +5	+21,5 -1,5	+26 -7	+12,5 -10,5	+17 -16	
80 <D<= 100	-15 0	Gehäusetoleranz	+12 +34	+12 +47	0 +22	0 +35	-6 +16	-13 +22	-18 +4	-25 +10	
		Mittleres Abmaß	+30,5	+37	+18,5	+25	+12,5	+12	+0,5	0	
		Wahrsch. Abmaße	+44 +17	+56 +18	+32 +5	+44 +6	+26 -1	+31 -7	+14 -13	+19 -19	
100 <D<= 120	-15 0	Gehäusetoleranz	+12 +34	+12 +47	0 +22	0 +35	-6 +16	-13 +22	-18 +4	-25 +10	
		Mittleres Abmaß	+30,5	+37	+18,5	+25	+12,5	+12	+0,5	0	
		Wahrsch. Abmaße	+44 +17	+56 +18	+32 +5	+44 +6	+26 -1	+31 -7	+14 -13	+19 -19	
120 <D<= 140	-18 0	Gehäusetoleranz	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12	
		Mittleres Abmaß	+35,5	+43	+21,5	+29	+14,5	+15	+0,5	0	
		Wahrsch. Abmaße	+51 +20	+65 +21	+37 +6	+51 +7	+30 -1	+37 -7	+16 -15	+23 -21	
140 <D<= 150	-18 0	Gehäusetoleranz	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12	
		Mittleres Abmaß	+35,5	+43	+21,5	+29	+14,5	+15	+0,5	0	
		Wahrsch. Abmaße	+51 +20	+65 +21	+37 +6	+51 +7	+30 -1	+37 -7	+16 -15	+23 -21	
150 <D<= 160	-25 0	Gehäusetoleranz	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12	
		Mittleres Abmaß	+39	+46,5	+25	+32,5	+18	+18,5	+4	+4,5	
		Wahrsch. Abmaße	+56,5 +21,5	+70 +23	+42,5 +7,5	+56 +9	+35,5 +0,5	+42 -5	+21,5 -13,5	+28 -19	
160 <D<= 180	-25 0	Gehäusetoleranz	+14 +39	+14 +54	0 +25	0 +40	-7 +18	-14 +26	-21 +4	-28 +12	
		Mittleres Abmaß	+39	+46,5	+25	+32,5	+18	+18,5	+4	+4,5	
		Wahrsch. Abmaße	+56,5 +21,5	+70 +23	+42,5 +7,5	+56 +9	+35,5 +0,5	+42 -5	+21,5 -13,5	+28 -19	
180 <D<= 200	-30 0	Gehäusetoleranz	+15 +44	+15 +61	0 +29	0 +46	-7 +22	-16 +30	-24 +5	-33 +13	
		Mittleres Abmaß	+44,5	+53	+29,5	+38	+22,5	+22	+5,5	+5	
		Wahrsch. Abmaße	+65,5 +23,5	+80,5 +25,5	+50,5 +2,5	+68 +10,5	+43,5 -1,5	+49,5 -5,5	+26,5 -15,5	+32,5 -22,5	
200 <D<= 225	-30 0	Gehäusetoleranz	+15 +44	+15 +61	0 +29	0 +46	-7 +22	-16 +30	-24 +5	-33 +13	
		Mittleres Abmaß	+44,5	+53	+29,5	+38	+22,5	+22	+5,5	+5	
		Wahrsch. Abmaße	+65,5 +23,5	+80,5 +25,5	+50,5 +8,5	+68,5 +10,5	+43,5 +1,5	+49,5 -5,5	+26,5 -15,5	+32,5 -22,5	
225 <D<= 250	-30 0	Gehäusetoleranz	+15 +44	+15 +61	0 +29	0 +46	-7 +22	-16 +30	-24 +5	-33 +13	
		Mittleres Abmaß	+44,5	+53	+29,5	+38	+22,5	+22	+5,5	+5	
		Wahrsch. Abmaße	+65,5 +23,5	+80,5 +25,5	+50,5 +8,5	+68,5 +10,5	+43,5 +1,5	+49,5 -5,5	+26,5 -15,5	+32,5 -22,5	
250 <D<= 280	-35 0	Gehäusetoleranz	+17 +49	+17 +69	0 +32	0 +52	-7 +25	-16 +36	-27 +5	-36 +16	
		Mittleres Abmaß	+50,5	+60,5	+33,5	+43,5	+26,5	+27,5	+6,5	+7,5	
		Wahrsch. Abmaße	+74 +27	+92 +29	+57 +10	+75 +12	+50 +3	+59 -4	+30 -17	+39 -24	
280 <D<= 315	-35 0	Gehäusetoleranz	+17 +49	+17 +69	0 +32	0 +52	-7 +25	-16 +36	-27 +5	-36 +16	
		Mittleres Abmaß	+50,5	+60,5	+33,5	+43,5	+26,5	+27,5	+6,5	+7,5	
		Wahrsch. Abmaße	+74 +27	+92 +29	+57 +10	+75 +12	+50 +3	+59 -4	+30 -17	+39 -24	
315 <D<= 400	-40 0	Gehäusetoleranz	+18 +54	+18 +75	0 +36	0 +57	-7 +29	-18 +39	-29 +7	-40 +17	
		Mittleres Abmaß	+53,5	+64	+36,5	+46	+28,5	+28	+6,5	+6	
		Wahrsch. Abmaße	+79 +28	+97 +31	+61 +10	+79 +13	+54 +3	+61 -5	+32 -19	+39 -27	
400 <D<= 500	-45 0	Gehäusetoleranz	+20 +60	+20 +83	0 +40	0 +63	-7 +33	-20 +43	-32 +8	-45 +18	
		Mittleres Abmaß	+57,5	+69	+37,5	+49	+30,5	+24	+5,5	+4	
		Wahrsch. Abmaße	+84 +31	+105 +33	+64 +11	+85 +13	+57 +4	+7 -35	+32 -21	+40 -32	
500 <D<= 630	-50 0	Gehäusetoleranz	+22 +66	+22 +92	0 +44	0 +70			-44 -2	-70 0	
		Mittleres Abmaß	+61,5	+74,5	+39,5	+52,5			-4,5	-17,5	
		Wahrsch. Abmaße	+90 +33	+114 +35	+68 +11	+92 +13			+24 -33	+22 -57	
630 <D<= 800	-75 0	Gehäusetoleranz	+24 +74	+24 +104	0 +50	0 +80			-50 0	-80 0	
		Mittleres Abmaß	+66,5	+81,5	+42,5	+57,5			-7,5	-22,5	
		Wahrsch. Abmaße	+97 +36	+125 +38	+73 +12	+101 +14			+23 -38	+21 -66	
800 <D<= 1000	-100 0	Gehäusetoleranz	+26 +82	+26 +116	0 +56	0 +90			-56 0	-90 0	
		Mittleres Abmaß	+71,5	+88,5	+45,5	+62,5			-10,5	-27,5	
		Wahrsch. Abmaße	+105 +38	+137 +40	+79 +12	+111 +14			+23 -44	+21 -76	

1. Negative Passung bedeutet "Festsitz" / positive Passung bedeutet "Lössitz" (Spiel).
2. Die wahrscheinlichen Abmaße der Passungen werden unter der Annahme berechnet, dass die statistische Verteilung der Maße innerhalb des Toleranzfeldes der "Normal-Verteilung" folgt (Gaußsches Gesetz).
3. Toleranzen für Wälzlager und Passungen: Werte in Mikrometer (µm).
4. ▼ Gängigste Passungen.

■ **Passungen von Wälzlagern der Toleranzklasse Normal in Gehäusen**  
(alle Wälzlager bis auf Kegelrollenlager).

GEHÄUSE			▼																
Nenn Durchmesser des Gehäuses (mm)	Toleranz für Gehäuseinnendurchmesser (µm)	Passungen	M6	M7	N6	N7	P6	P7	R6	R7									
10 <D≤ 18	-8 0	Gehäusetoleranz	-15	-4	-18	0	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11	-31	-20	-34	-16	
		mittleres Abmaß	-5,5	-5	-10,5	-10	-10,5	-10	-10,5	-16,5	-10,5	-16,5	-16,5	-29,5	-11	-31,5	-20,5	-34	-21
		Wahrsch. Abmaße	+1,5 -12,5	+5 -15	-3,5 -17,5	0	-20	-9,5 -23,5	0	-20	-9,5 -23,5	0	-20	-9,5 -23,5	-6 -16	-26	-14,5 -28,5	-11	-31
18 <D≤ 30	-9 0	Gehäusetoleranz	-17	-4	-21	0	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14	-37	-24	-41	-20	
		mittleres Abmaß	-6	-6	-13	-13	-13	-20	-13	-20	-13	-20	-13	-20	-13	-20	-13	-20	-13
		Wahrsch. Abmaße	+2 -14	+5,5 -17,5	-5 -21	-1,5 -24,5	-12	-28	-8,5 -31,5	-18	-34	-14,5 -37,5	-18	-34	-14,5 -37,5	-18	-34	-14,5 -37,5	-18
30 <D≤ 50	-11 0	Gehäusetoleranz	-20	-4	-25	0	-28	-12	-33	-8	-37	-21	-42	-17	-45	-29	-50	-25	
		mittleres Abmaß	-6,5	-7	-14,5	-15	-14,5	-23,5	-14	-23,5	-14	-23,5	-14	-23,5	-14	-23,5	-14	-23,5	
		Wahrsch. Abmaße	+3 -16	+6,5 -20,5	-5 -24	-1,5 -28,5	-14	-33	-10,5 -37,5	-22	-41	-18,5 -45,5	-22	-41	-18,5 -45,5	-22	-41	-18,5 -45,5	-22
50 <D≤ 65	-13 0	Gehäusetoleranz	-24	-5	-30	0	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21	-54	-35	-60	-30	
		mittleres Abmaß	-8	-8,5	-17	-17,5	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	
		Wahrsch. Abmaße	+3,5 -19,5	+8 -25	-5,5 -28,5	-1	-34	-17,5 -40,5	-13	-46	-26,5 -49,5	-13	-46	-26,5 -49,5	-13	-46	-26,5 -49,5	-13	-46
65 <D≤ 80	-13 0	Gehäusetoleranz	-24	-5	-30	0	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21	-56	-37	-62	-32	
		mittleres Abmaß	-8	-8,5	-17	-17,5	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	-17,5	-29	
		Wahrsch. Abmaße	+3,5 -19,5	+8 -25	-5,5 -28,5	-1	-34	-17,5 -40,5	-13	-46	-28,5 -51,5	-13	-46	-28,5 -51,5	-13	-46	-28,5 -51,5	-13	-46
80 <D≤ 100	-15 0	Gehäusetoleranz	-28	-6	-35	0	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24	-66	-44	-73	-38	
		mittleres Abmaß	-9,5	-10	-19,5	-20	-19,5	-33	-20	-33	-20	-33	-20	-33	-20	-33	-20	-33	
		Wahrsch. Abmaße	+4 -23	+9 -29	-6 -33	-1	-39	-20 -47	-15	-53	-34 -61	-29	-67	-47	-76	-41	-78	-38	
100 <D≤ 120	-15 0	Gehäusetoleranz	-28	-6	-35	0	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24	-66	-47	-76	-41	
		mittleres Abmaß	-9,5	-10	-19,5	-20	-19,5	-33,5	-20	-33,5	-20	-33,5	-20	-33,5	-20	-33,5	-20	-33,5	
		Wahrsch. Abmaße	+4 -23	+9 -29	-6 -33	-1	-39	-20 -47	-15	-53	-37 -64	-32	-70	-49	-76	-41	-78	-38	
120 <D≤ 140	-18 0	Gehäusetoleranz	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-81	-56	-88	-48	
		mittleres Abmaß	-11,5	-11	-23,5	-23	-23,5	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	
		Wahrsch. Abmaße	+4 -27	+11 -33	-8 -39	-1	-45	-24 -55	-17	-61	-44 -75	-37	-81	-59	-88	-48	-91	-59	
140 <D≤ 150	-18 0	Gehäusetoleranz	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-83	-58	-90	-50	
		mittleres Abmaß	-11,5	-11	-23,5	-23	-23,5	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	-23	-39,5	
		Wahrsch. Abmaße	+4 -27	+11 -33	-8 -39	-1	-45	-24 -55	-17	-61	-46 -77	-39	-83	-61	-90	-51	-93	-50	
150 <D≤ 160	-25 0	Gehäusetoleranz	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-83	-58	-90	-50	
		mittleres Abmaß	-8	-7,5	-20	-19,5	-20	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	
		Wahrsch. Abmaße	+9,5 -25,5	+16 -31	-2,5 -37,5	+4	-43	-18,5 -53,5	-12	-59	-40,5 -75,5	-34	-81	-57,5	-93	-51	-94	-51	
160 <D≤ 180	-25 0	Gehäusetoleranz	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-86	-61	-93	-53	
		mittleres Abmaß	-8	-7,5	-20	-19,5	-20	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	-19,5	-36	
		Wahrsch. Abmaße	+9,5 -25,5	+16 -31	-2,5 -37,5	+4	-43	-18,5 -53,5	-12	-59	-43,5 -78,5	-37	-84	-60,5	-93	-54	-94	-53	
180 <D≤ 200	-30 0	Gehäusetoleranz	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-97	-68	-106	-60	
		mittleres Abmaß	-7,5	-8	-21,5	-22	-21,5	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	
		Wahrsch. Abmaße	+13,5 -28,5	+19,5 -35,5	-0,5 -42,5	+5,5 -49,5	-19,5 -61,5	-13,5 -68,5	-46,5 -88,5	-117	-95	-88,5 -126	-74	-106	-84	-114	-60	-106	
200 <D≤ 225	-30 0	Gehäusetoleranz	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-100	-71	-109	-63	
		mittleres Abmaß	-7,5	-8	-21,5	-22	-21,5	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	
		Wahrsch. Abmaße	+13,5 -28,5	+19,5 -35,5	-0,5 -42,5	+5,5 -49,5	-19,5 -61,5	-13,5 -68,5	-49,5 -91,5	-117	-95	-91,5 -126	-71	-109	-63	-114	-63	-114	
225 <D≤ 250	-30 0	Gehäusetoleranz	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-104	-75	-113	-67	
		mittleres Abmaß	-7,5	-8	-21,5	-22	-21,5	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	-22	-40,5	
		Wahrsch. Abmaße	+13,5 -28,5	+19,5 -35,5	-0,5 -42,5	+5,5 -49,5	-19,5 -61,5	-13,5 -68,5	-53,5 -95,5	-117	-95	-95,5 -126	-74	-113	-67	-113	-67	-113	
250 <D≤ 280	-35 0	Gehäusetoleranz	-41	-9	-52	0	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36	-117	-85	-126	-74	
		mittleres Abmaß	-7,5	-8,5	-23,5	-22,5	-23,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	
		Wahrsch. Abmaße	+16 -31	+23 -40	-4 -47	+9 -54	-22 -69	-13 -76	-60 -107	-51	-114	-85	-114	-60	-107	-51	-114	-60	
280 <D≤ 315	-35 0	Gehäusetoleranz	-41	-9	-52	0	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36	-121	-89	-130	-78	
		mittleres Abmaß	-7,5	-8,5	-23,5	-22,5	-23,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	-22,5	-45,5	
		Wahrsch. Abmaße	+16 -31	+23 -40	-4 -47	+9 -54	-22 -69	-13 -76	-64 -111	-55	-118	-85	-118	-64	-111	-55	-118	-64	
315 <D≤ 400	-40 0	Gehäusetoleranz	-46	-10	-57	0	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41	-119	-85	-128	-85	
		mittleres Abmaß	-10,5	-11	-26,5	-27	-26,5	-47	-27	-47	-27	-47	-27	-47	-27	-47	-27	-47	
		Wahrsch. Abmaße	+15 -36	+22 -44	-1 -52	+6 -60	-26 -77	-19 -85	-70 -128	-52	-128	-85	-128	-52	-128	-85	-128	-85	
400 <D≤ 500	-45 0	Gehäusetoleranz	-50	-10	-63	0	-67	-27	-80	-17	-95	-55	-108	-45	-125	-95	-135	-95	
		mittleres Abmaß	-12,5	-14	-29,5	-31	-29,5	-51	-31	-51	-31	-51	-31	-51	-31	-51	-31	-51	
		Wahrsch. Abmaße	+14 -39	+22 -50	-3 -56	+5 -67	-31 -84	-23 -95	-84 -135	-95	-135	-95	-135	-95	-135	-95	-135	-95	
500 <D≤ 630	-50 0	Gehäusetoleranz	-70	-26	-96	-26	-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78	-158	-105	-185	-105	
		mittleres Abmaß	-30,5	-43,5	-48,5	-61,5	-48,5	-82,5	-61,5	-82,5	-61,5	-82,5	-61,5	-82,5	-61,5	-82,5	-61,5	-82,5	
		Wahrsch. Abmaße	-2 -59	-4 -83	-20 -77	-22 -101	-22 -101	-54 -111	-56 -135	-56	-135	-56	-135	-56	-135	-56	-135	-56	-135
630 <D≤ 800	-75 0	Gehäusetoleranz	-80	-30	-110	-30	-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88	-185	-110	-215	-110	
		mittleres Abmaß	-37,5	-57,5	-72,5	-85,5	-72,5	-110,5	-85,5	-110,5	-85,5	-110,5	-85,5	-110,5	-85,5	-110,5	-85,5	-110,5	
		Wahrsch. Abmaße	-7 -68	-9 -96	-27 -88	-29 -116	-29 -116	-65 -126	-67 -154	-67	-154	-67	-154	-67	-154	-67	-154	-67	-154
800 <D≤ 1000	-100 0	Gehäusetoleranz	-90	-34	-124	-34	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100	-215	-125	-245	-125	
		mittleres Abmaß	-44,5	-61,5	-66,5	-83,5	-66,5	-100,5	-83,5	-100,5	-83,5	-100,5	-83,5	-100,5	-83,5	-100,5	-83,5	-100,5	
		Wahrsch. Abmaße	-11 -78	-13 -110	-33 -100	-35 -132	-35 -132	-77 -144	-79 -176	-79	-176	-79	-176	-79	-176	-79	-176	-79	-176

1. Negative Passung bedeutet "Festsitz" / positive Passung bedeutet "Lossitz" (Spiel).
2. Die wahrscheinlichen Abmaße der Passungen werden unter der Annahme berechnet, dass die statistische Verteilung der Maße innerhalb des Toleranzfeldes der "Normal-Verteilung" folgt (Gaußsches Gesetz).
3. Toleranzen für Wälzlager und Passungen: Werte in Mikrometer (µm).
4. ▼ Gängigste Passungen.

## Sitz der Wälzlager (Fortsetzung)

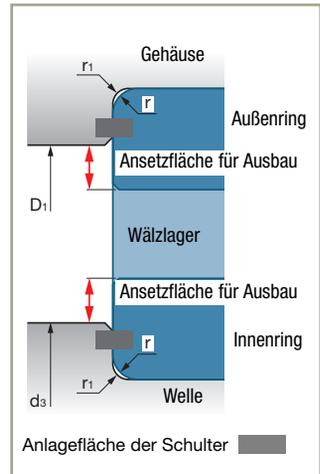
### Geometrie und Oberflächenbeschaffenheit der Lagersitze von Wellen und Gehäusen

#### ■ Durchmesser von Anlageschultern und Übergangsradien

Zwischen Ring und Schulter ist eine Anlagefläche erforderlich, um eine optimale Befestigung des Wälzlagers zu gewährleisten.

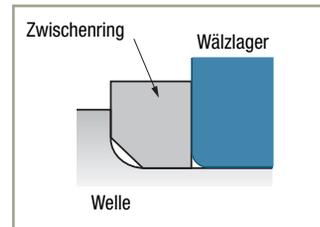
► In der Standardwälzlagerliste ist festgelegt:

- Durchmesser von Wellen- und Gehäuseschultern ( $D_1$  und  $d_3$ )
- Übergangsradien der Schultern ( $r_1$ )



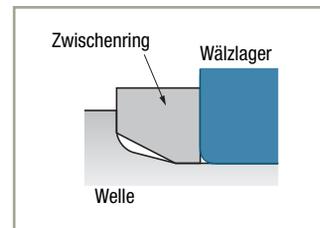
Falls die Abmessungen der Anlageschulter nicht in der vorgegebenen Form eingebracht werden können, muss ein Zwischenring eingebaut werden.

Die Übergangsradien zu den Anlageflächen der Schultern müssen kleiner sein, als die Radien der entsprechenden Ringe. Die Werte sind in dem entsprechenden Kapitel zu jeder Familie enthalten.



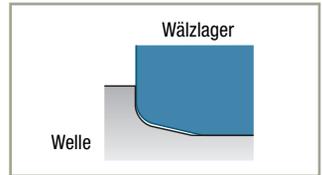
#### ► Übergangsradius größer als Radius des Wälzlageringes

Wenn eine Welle starken Biegebeanspruchungen unterliegt, muss die Schulter einen größeren Übergangsradius als den des Wälzlagers aufweisen. In diesem Fall montiert man einen angefasten Zwischenring zwischen der Schulter der Welle und dem Wälzlagering, um diesem eine ausreichende Abstützfläche zu geben.



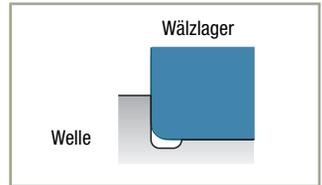
### ► Spezieller Übergangsradius

Wenn das Wälzlager möglichst nahe an der Schulter positioniert werden soll, kann der Innenring mit einem speziellen Radius versehen werden.



### ► Entfall des Übergangsradius

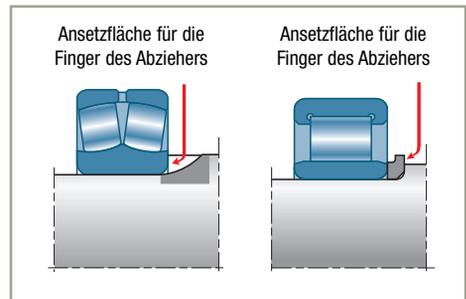
Wenn das Wellenprofil keinen besonderen Anforderungen an die Belastbarkeit unterliegt, kann ein Freistich an der Welle eingebracht werden, der die Bearbeitung der Lagersitze erleichtert und in jedem Falle eine bessere Anlage des Lagerringes an der Schulter gewährleistet.



### ■ Ansetzflächen für Ausbau

Die Demontage eines Wälzlagers erfolgt normalerweise mit einem Abzieher, der an der Fläche des Ringes ansetzt, die über die Schulter hinausragt. Siehe Seite 140.

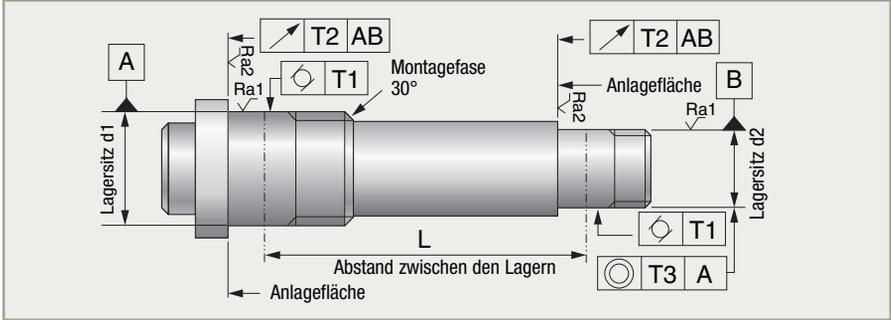
Wenn die Montage keine ausreichende Ansetzfläche zulässt, können in der Schulter Nuten oder eine Unterlegscheibe zwischen dieser Schulter und dem Innenring des Wälzlagers vorgesehen werden.



## Sitz der Wälzlager (Fortsetzung)

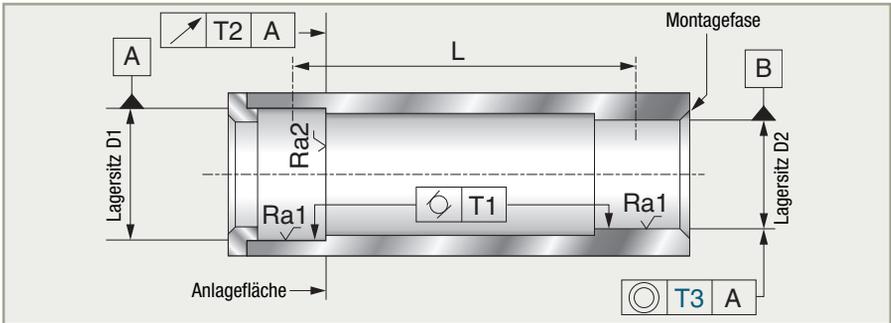
### ■ Toleranzen und Oberflächenbeschaffenheiten der Lagersitze von Wellen und Gehäusen

#### ▶ Welle



Wälzlagerbohrung d (mm)	Toleranzen in $\mu\text{m}$				
	T1	T2	T3	Ra1	Ra2
10 < d $\leq$ 18	3	11	1,5 L (L in mm)	$\leq 1$	$\leq 2$
18 < d $\leq$ 30	4	13			
30 < d $\leq$ 50	4	16			
50 < d $\leq$ 80	5	19			
80 < d $\leq$ 120	6	22			
120 < d	8	25			

#### ▶ Gehäuse



Wälzlagerbohrung D (mm)	Toleranzen in $\mu\text{m}$				
	T1	T2	T3	Ra1	Ra2
18 < D $\leq$ 30	6	21	2 L (L in mm)	$\leq 2$	$\leq 4$
30 < D $\leq$ 50	7	25			
50 < D $\leq$ 80	8	30			
80 < D $\leq$ 120	10	35			
120 < D	12	40			

# Radialluft von Radiallagern

## Restradialluft: Definition, Berechnung

Die Restradialluft ist die Radialluft des Wälzlagers nach der Montage bzw. im Betrieb (Betriebsspiel). Sie hängt ab von Ausgangslagerluft, Passungen, Temperatur und Verformungen.

Die Restluft muss eine korrekte Funktion des Wälzlagers gewährleisten.

Zur Berechnung der Restluft ermittelt man einen algebraischen Wert für die Lagerluft. Wenn dieser Wert positiv ist, liegt mechanische Luft vor; wenn er negativ ist, liegt eine Vorspannung vor.

Das Betriebsspiel wirkt sich direkt auf die Lebensdauer und die allgemeine Leistung (Rundlaufgenauigkeit, Geräusche, ...) aus. Daher muss es so genau wie möglich bestimmt werden.

### → Auswirkungen von Presspassungen auf die Lagerluft

Wenn man zwei Teile unter Presssitz montiert, weist jedes Teil nach der Montage einen anderen Durchmesser auf.

Man nennt dies Auswirkungsfaktor

$$t_i \text{ oder } t_e = \frac{\text{Herabsetzung der Radialluft}}{\text{Übermaß des Innenrings oder Außenrings}}$$

Der Auswirkungsfaktor wird mit den üblichen Formeln für die Werkstofffestigkeit berechnet, die den Querschnitt der Teile, Elastizitätsmodul und Poisson-Koeffizient berücksichtigen.

Wir schlagen folgende Näherungswerte des Auswirkungsfaktors für die häufigsten Fälle vor:

Element des Wälzlagers	Arbeitsbereich	Auswirkungsfaktor
Innenring	Vollwelle	$t_i \approx 0,8$
	Hohlwelle	$t_i \approx 0,6$
Außenring	Gehäuse Stahl oder Guss	$t_e \approx 0,7$
	Gehäuse Leichtmetalllegierung	$t_e \approx 0,5$

Die genaue Berechnung der Reduzierung der Ausgangsluft kann von SNR durchgeführt werden.

## Radialluft von Radiallagern (Fortsetzung)

### → Restluft nach Montage: $J_{rm}$

$$J_{rm} = J_o - t_i \cdot S_i - t_e \cdot S_e$$

- $J_o$  Radialluft
- $S_i$  Übermaß des Innenringsitzes auf der Welle
- $t_i$  Auswirkungsfaktor Innenring/Welle
- $S_e$  Übermaß des Außenringsitzes im Gehäuse
- $t_e$  Auswirkungsfaktor Außenring/Gehäuse

### ■ Größenordnung der einzuhaltenden mittleren Restradialluft nach der Montage (in mm)

Kugellager	$J_{rm} = 10^{-3} d^{1/2}$
Zylinderrollenlager	$J_{rm} = 4 \cdot 10^{-3} d^{1/2}$
Pendelkugellager	$J_{rm} = 2 \cdot 10^{-3} d^{1/2}$
Pendelrollenlager	$J_{rm} = 5 \cdot 10^{-3} d^{1/2}$

### ■ Beispiel für die Berechnung der Restluft nach der Montage und seiner Streuung anhand der Passungstabellen Seite 102.

Wälzlager 6305 - Bohrung 25 mm - Außendurchmesser 62 mm

- Vollwelle aus Stahl: Toleranz k5
- Gehäuse aus Guss: Toleranz N6

### ■ Mittlere Restluft

Die Tabellen der Passungen ergeben:

	Min.	Mittel	Max.
Toleranzen Welle	+2		+11
Mittlerer Wert $S_i$ theoretisch und wahrscheinlich		-11,5	
Los- (+) oder Festsitz (-) wahrscheinlich	-5		-18

	Min.	Mittel	Max.
Toleranzen Gehäuse	-33		+14
Mittlerer Wert $S_e$ theoretisch und wahrscheinlich		-17	
Los- (+) oder Festsitz (-) wahrscheinlich	-5,5		-28,5

Der Tabelle auf der vorhergehende Seite sind Definitionen des Auswirkungsfaktors für  $t_i = 0,8$  (Welle) und  $t_e = 0,7$  (Gehäuse) zu entnehmen.

Die Reduzierung der mittleren Radialluft beträgt:

$$R_{jm} = (t_i \cdot S_i) + (t_e \cdot S_e)$$

(gilt nur wenn  $S_i < 0$  und  $S_e < 0$ )

$$R_{jm} = (0,8 \times -11,5) + (0,7 \times -17) = -21\mu\text{m}$$

■ Der minimale Wert der Ausgangsluft muss höher sein als der Reduktionswert der mittleren Radialluft  $R_{jm}$

Die Tabelle der Ausgangsluft für diese Art von Wälzlager auf Seite 156 zeigt, dass eine Luft der Gruppe 4 erforderlich ist (23 bis 41  $\mu\text{m}$ : mittlerer Wert 32  $\mu\text{m}$ ) für eine korrekte Restluft nach Einbau des Wälzlagers:

Mittlere Restluft:

$$J_{rm} = 32 - 21 = 11 \mu\text{m}$$

Die Definition des Wälzlagers lautet also **6305 C4**

### ■ Streuung der Restluft nach dem Einbau

Wahrscheinliche Streuung des Wellenübermaßes (Differenz der Eckwerte):

$$D_{pa} = 13 \mu\text{m}$$

Wahrscheinliche Streuung des Gehäuseübermaßes (Differenz der Eckwerte):

$$D_{pl} = 23 \mu\text{m}$$

Unter Berücksichtigung der vorhergehenden Auswirkungsfaktoren beträgt die wahrscheinliche Streuung für die Laufbahndurchmesser:

$$\begin{aligned} D_{pci} &= D_{pa} \cdot t_i = 13 \mu\text{m} \times 0,8 \\ &= 10,5 \mu\text{m} \text{ beim} \\ &\quad \text{Innenring} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{pce} &= D_{pl} \cdot t_e = 23 \mu\text{m} \times 0,7 \\ &= 16 \mu\text{m} \text{ beim} \\ &\quad \text{Außenring} \end{aligned}$$

Streuung der Ausgangslagerluft des Wälzlagers:

$$D_{er} = 41 - 23 = 18 \mu\text{m}$$

Gemäß den Wahrscheinlichkeitsgesetzen beträgt die Streuung der Restluft:

$$\begin{aligned} \Delta J_r &= ( D_{pci}^2 + D_{pce}^2 + D_{er}^2 )^{1/2} \\ &= ( 10,5^2 + 16^2 + 18^2 )^{1/2} = 26 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Das Wälzlager 6305 mit einer Luft der Gruppe 4, montiert mit den Passungen k5/N6, weist nach der Montage eine Restluft auf von:

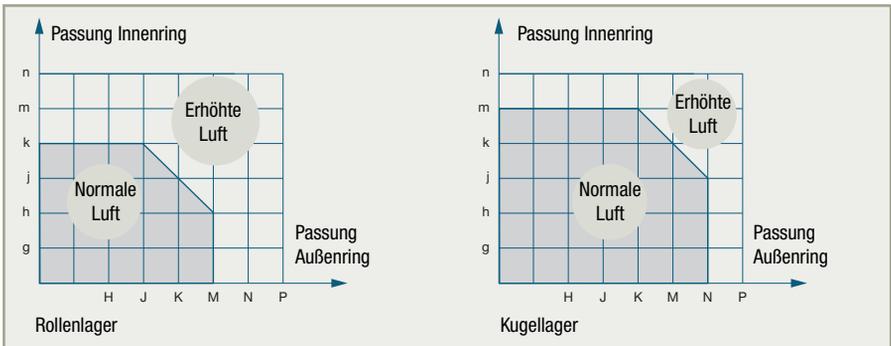
$$J_f = J_{rm} \pm D_{Jr}/2 = 11 \pm 13 \mu\text{m}$$

## Radialluft von Radiallagern (Fortsetzung)

### → Wahl der Lagerluft in Abhängigkeit von Wellen- und Gehäusepassung

Das vorhergehende Beispiel zeigt, dass die Presspassungen von Welle und Gehäuse ein Wälzlager mit größerer Ausgangsluft erfordern.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Grenzwerte für Wellen- und Gehäusepassungen.



### → Berechnung des Betriebsspiels

Das Betriebsspiel entspricht der Restluft nach dem Einbau, es sei denn die Betriebstemperatur führt zu unterschiedlichen Dehnungen von Welle und Gehäuse.

#### ■ Werkstoffe mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten

Wälzlager eingebaut in einem Gehäuse aus einer Leichtmetalllegierung.

Der Unterschied der Durchmesser von Wälzlager und Gehäuse durch unterschiedliche Wärmedehnung beträgt:

$$\Delta D = (C_2 - C_1) D \cdot \Delta t = 8 \cdot 10^{-6} \cdot D \cdot \Delta t$$

mit:

$\Delta t$  Betriebstemperatur - 20 °C Umgebungstemperatur

$D$  Außendurchmesser des Wälzlagers

$C_1$  Ausdehnungskoeffizient von Stahl =  $12 \times 10^{-6}$  mm/mm/°C

$C_2$  Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses aus Leichtmetalllegierung =  $20 \times 10^{-6}$  mm/mm/°C

Diese Änderung des Durchmessers erhöht die Luft des Außenrings des Wälzlagers im Gehäuse und kann ein Drehen hervorrufen. Diese unterschiedliche Ausdehnung muss durch eine engere Passung und Verwendung eines Wälzlagers mit erhöhter Radialluft ausgeglichen werden.

## ► Beispiel

Wahl der Gehäusepassung für ein Wälzlager 6305 (D = 62 mm), montiert in Leichtmetalllegierung, bei einer Betriebstemperatur von 80 °C.

$$\Delta t = 60^\circ\text{C}$$

$$\Delta D = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 62 \cdot 60 = 0,030 \text{ mm}$$

Bei einer Gehäusepassung der Toleranz J7 ist der Durchmesser des Gehäuses durchschnittlich 10 µm größer als der Durchmesser des Wälzlagers.

Bei 80 °C beträgt der Wert

$$10 \mu\text{m} + \Delta D = 40 \mu\text{m}$$

S. Tabelle Seite 104.

Dieser Wert ist zu groß, um einen festen Sitz des Wälzlagers im Gehäuse zu gewährleisten. Man wählt also für das Gehäuse eine Toleranz von P7, die bei einem Übermaß von 30 µm den Effekt einer unterschiedlichen Ausdehnung bei 80°C ausgleicht.

Beim Einbau bewirkt die Presspassung P7 des Außenringes folgende Reduktion der Restluft des Wälzlagers:

$$t_e \cdot S_e = 0,5 \cdot 29,5 = 15 \mu\text{m}$$

Bei Verwendung einer Wellenpassung der Toleranz k6 und damit einem mittleren Übermaß von 13,5 µm von Innenring und Welle beträgt die Reduktion der Restluft des Innenrings durch die Montage:

$$t_i \cdot S_i = 0,8 \cdot 13,5 = 11 \mu\text{m}$$

Die gesamte Herabsetzung der Luft des Wälzlagers im Betrieb beträgt:

$$R_{jm} = t_e \cdot S_e + t_i \cdot S_i = 15 + 11 = 26 \mu\text{m}$$

Man wählt also ein Wälzlager 6305C4 (Luft der Gruppe 4: mittlere Radialluft 32 µm), um eine Aufhebung der Luft im Betrieb bei Normaltemperatur zu vermeiden.

## Radialluft von Radiallagern (Fortsetzung)

### ■ Unterschiedliche Temperatur zwischen Welle und Gehäuse

Welle und Gehäuse bestehen aus Stahl, aber die Temperatur der Welle ist höher als die des Gehäuses.

Die unterschiedliche Dehnung zwischen Innenring und Außenring des Wälzlagers reduziert die Radialluft um den Wert

$$\Delta J = C1 \times (D \cdot \Delta t_l - d \cdot \Delta t_a)$$

mit:

**C1** Ausdehnungskoeffizient von Stahl

**D** Außendurchmesser des Wälzlagers

**d** Wälzlagerbohrung

**$\Delta t_a$**  Differenz zwischen Betriebstemperatur der Welle und 20 °C  
Umgebungstemperatur

**$\Delta t_l$**  Differenz zwischen Betriebstemperatur des Gehäuses und 20 °C  
Umgebungstemperatur

### ► Beispiel

Ein Wälzlager 6305 (25 · 62) weist nach dem Einbau bei 20 °C eine Restluft  $J_{rm}$  von 10 µm auf.

Im Betrieb:

- beträgt die Temperatur von Welle und Innenring 70 °C
- beträgt die Temperatur von Gehäuse und Außenring 50 °C

Die Reduktion der Radialluft des Wälzlagers beträgt:

$$\Delta J = 12 \cdot 10^{-6} \cdot ((62 \cdot 30) - (25 \cdot 50)) = 7 \mu\text{m}$$

Das radiale Betriebsspiel beträgt:

$$J_{rf} = J_{rm} - \Delta J = 10 \mu\text{m} - 7 \mu\text{m} = 3 \mu\text{m}$$

In diesem Fall empfiehlt sich die Verwendung eines Wälzlagers mit einer erhöhten Luft der Gruppe 3.

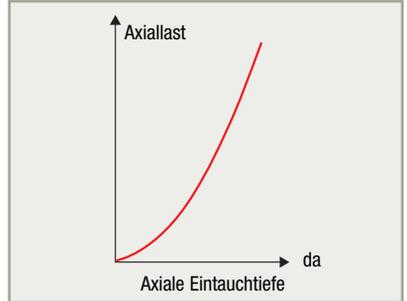
# Axialluft von Schrägkugel- und Kegelrollenlagern

## Axiale Vorspannung

Die Vorspannung ist eine Axiallast, die nach dem Einbau permanent auf die Wälzlager ausgeübt wird. Sie resultiert aus dem Eintauchen des Innenrings gegenüber dem Außenring des Wälzlagers im Verhältnis zu der Bezugsstellung.

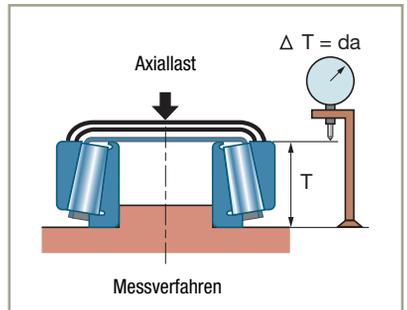
### → Axiale Eintauchtiefe und Vorspannung

Unter Last unterliegen die Kontakte Wälzkörper/ Laufbahnen elastischen Formänderungen durch eine sehr hohe Hertzsche Pressung, was zu einer axialen Verschiebung der Ringe führt. Mittels eines Diagramms findet man den Wert der relativen Verschiebung der beiden Ringe abhängig von der Axiallast.



Bei einer Montage von zwei gegenüberliegenden Wälzlagern führt das Eintauchen eines Wälzlagers zu einer größeren Luft beim anderen Wälzlager.

Bei Montagen, die eine hohe Führungspräzision erfordern (Spindel für Werkzeugmaschinen, Kegelritzeln, oszillierende Systeme, ...), muss Lagerluft unterdrückt und eine optimale Steifigkeit mittels Vorspannung erreicht werden.



## Axialluft von Schrägkugel- und Kegelrollenlagern (Fortsetzung)

### → Bestimmen der Vorspannung

Es wird ein Wert für die Vorspannung  $P$  abhängig von der mittleren anliegenden Axiallast ( $A_m$ ) gewählt.

$$P = A_m / 3$$

Die Ermittlung der Vorspannung von zwei Wälzlagern mit Vorlast erfolgt mittels eines Diagramms mit den Kurven der entsprechenden Eintauchtiefen

Ohne äußere Axiallast entspricht der Schnittpunkt ( $P$ ) der anliegenden Vorspannung, die bei den Wälzlagern eine Eintauchtiefe ( $d_1$ ) und ( $d_2$ ) erzeugt. Die gesamte gegenseitige Annäherung der beiden Wälzlager beträgt  $p = d_1 + d_2$

Wenn eine äußere Axiallast  $A$  im Betrieb anliegt, folgt die Eintauchtiefe jedes Wälzlers der Kurve im Diagramm. Eines der beiden Wälzlager weist eine zusätzliche Eintauchtiefe ( $d_a$ ) auf, die die Eintauchtiefe des gegenüberliegenden Wälzlers entsprechend verringert.

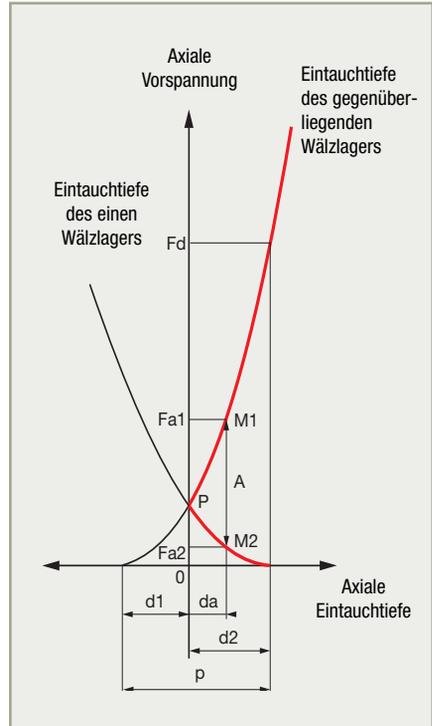
Um die Belastungen  $F_{a1}$  und  $F_{a2}$  der beiden Wälzlager zu ermitteln, setzt man die Axiallast  $A$  zwischen beiden Kurven an (Punkt  $M_1$  und  $M_2$ ).

Das axiale Gleichgewicht der Welle beträgt  $F_{a1} - F_{a2} = A$

Wenn  $A$  den Wert  $F_d$  übersteigt (axiale Abhebekraft), entsteht am gegenüberliegenden Lager im Betrieb Luft.

### ► Anmerkungen:

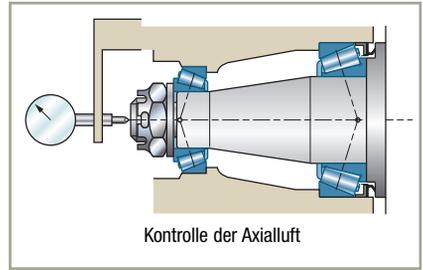
Das Diagramm der Eintauchkurven wird durch etwaige Radiallasten an den Wälzlagern modifiziert. Da jede Vorspannung die resultierenden Lasten verändert, muss die Lebensdauer unter Berücksichtigung der Vorspannung berechnet werden. Wenden Sie sich an SNR. Ein Lagereinsatz unter Vorspannung weist ein höheres Reibmoment als eine Montage mit Luft auf. Daher muss insbesondere die Schmierung sorgfältig analysiert werden.



## → Einstellung

Die Lagereinstellung kann beim Einbau entsprechend der vorbestimmten Axialluft oder einer Vorspannung reguliert werden. Dies erfolgt durch Verschieben eines Ringes (Innen- oder Außenring) eines der beiden Wälzlager. Dieser muss daher im Lagersitz verschiebbar montiert sein.

Wenn die Montage eine Axialluft  $j_a$  aufweisen soll, wird dieses mit einer Messuhr kontrolliert.



Wenn die Montage eine Vorspannung des Werts  $p$  aufweisen soll, geht man von einer beliebigen Axialluft  $J_a$  aus und verschiebt den freien Ring des Wälzlagers um den Wert  $J_a + p$ . Dies erfolgt normalerweise mit der Wellenmutter oder einer Änderung der Dicke der Ausgleichscheiben im Gehäuse. Die zulässige Toleranz bei der Einstellung der Vorspannung ist eng (etwa die Hälfte der zulässigen Toleranz für Axialluft).

## Auswirkung der Temperatur auf die Axialluft von Wälzlagern

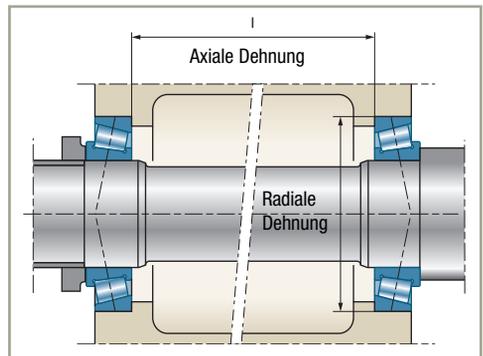
### → Änderungen der Axialluft einer Lageranordnung

Axiale Luft bzw. axiale Vorspannung einer Welle, die auf zwei Wälzlagern mit Winkelkontakt (Schräggugellager oder Kegelrollenlager) montiert ist, können sich durch Temperatureinwirkung beim Betrieb ändern.

Die nebenstehende Montage illustriert:

- eine Änderung der Axialluft der Lageranordnung durch die unterschiedliche axiale Dehnung zwischen Gehäuse und Welle,
- eine Änderung der Presspassung Außenring/Gehäuse, die zu einer Änderung der Radialluft und damit der Axialluft der Lageranordnung führt.

Die gesamte Änderung der Axialluft der Lageranordnung entspricht der algebraischen Summe dieser beiden Änderungen.



Bei einer O-Anordnung (siehe Abbildung) sind die beiden Änderungen entgegengesetzt und können sich dadurch aufheben. Bei einer X-Anordnung verlaufen die beiden Änderungen in die gleiche Richtung.

## Axialluft von Schrägkugel- und Kegelrollenlagern (Fortsetzung)

### → Theoretische Berechnung der Änderung der Axialluft einer Lageranordnung

#### ■ Änderung durch axiale Dehnung

$$\Delta Ja_1 = (l \cdot C_2 \cdot \Delta t) - (l \cdot C_1 \cdot \Delta t) = (C_2 - C_1) \cdot l \cdot \Delta t$$

mit:

- l** Abstand zwischen den Wälzlagern
- C1** Ausdehnungskoeffizient der Welle
- C2** Ausdehnungskoeffizient des Gehäuses
- Δt** Temperaturdifferenz (Betriebstemperatur -20 °C Umgebungstemperatur)

#### ■ Änderung durch Veränderung des Übermaßes des Presssitzes von Außenring/Gehäuse

	Wälzlager 1	Wälzlager 2
<b>Temperatur, bei der der Presssitz Außenring/Gehäuse durch die Dehnung des Gehäuses aufgehoben wird</b>	$\Delta t_{01} = S_1 / ((C_2 - C_1) \cdot D_1)$	$\Delta t_{02} = S_2 / ((C_2 - C_1) \cdot D_2)$
	$D_1, D_2$ $S_1, S_2$	Außendurchmesser der Wälzlager mittleres Übermaß der Wälzlagerpassung
<b>Änderungen des Presssitzes mit der Temperatur</b>	Wenn $\Delta t \leq \Delta t_{01}$ : $\Delta S_1 = (C_2 - C_1) \cdot D_1 \cdot \Delta t$ Wenn $\Delta t > \Delta t_{01}$ : $\Delta S_1 = S_1$	Wenn $\Delta t \leq \Delta t_{02}$ : $\Delta S_2 = (C_2 - C_1) \cdot D_2 \cdot \Delta t$ Wenn $\Delta t > \Delta t_{01}$ : $\Delta S_2 = S_2$
<b>Änderung der Axialluft durch Änderung des Presssitzes Außenring/Gehäuse</b>	$\Delta Ja_2 = (K_1 \cdot te_1 \cdot \Delta S_1) + (K_2 \cdot te_2 \cdot \Delta S_2)$ $te_1, te_2$ : Auswirkungen des Presssitzes auf die Radialluft (Seite 109) $K_1, K_2$ : Koeffizienten für Umrechnung von Radialluft in Axialluft $K_1 = Y_1 / 0,8$ $Y_1, Y_2$ (s. Seite 59)	$K_2 = Y_2 / 0,8$

#### ■ Gesamte Änderung der Axialluft der Lageranordnung

X-Anordnung

$$\Delta Ja = \Delta Ja_2 + \Delta Ja_1$$

O-Anordnung

$$\Delta Ja = \Delta Ja_2 - \Delta Ja_1$$

Diese Berechnungen ermöglichen die Bestimmung einer Ausgangsluft, um damit ein gewünschtes Betriebsspiel sicherzustellen.

## ■ Beispiel

Lagerung mit zwei Kegelrollenlagern 32210 in O-Anordnung in einem Aluminiumgehäuse (Passung P7), Betriebstemperatur 80 °C:

$$l = 240 \text{ mm}$$

$$D_1 = D_2 = 90 \text{ mm}$$

$$C_2 - C_1 = 8 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$$

$$Y_1 = Y_2 = 1,43$$

$$S_1 = S_2 = 0,0335 \text{ mittlerer Wert}$$

$$\Delta t = 60^\circ\text{C}$$

$$te_1 = te_2 = 0,5 \text{ (s. Seite 109)}$$

► Änderung der Axialluft durch axiale Dehnung  $\Delta Ja_1$

$$\Delta Ja_1 = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 240 \cdot 60 = 0,114 \text{ mm}$$

► Änderung durch Veränderung des Presssitzes Außenring/Gehäuse

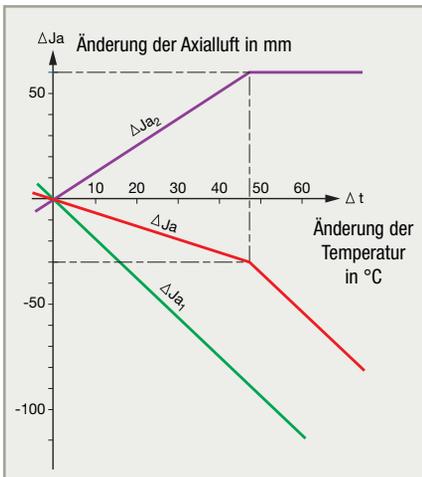
	Wälzlager 1	Wälzlager 2
<b>Temperatur, bei der der Presssitz Außenring/Gehäuse durch die Dehnung des Gehäuses aufgehoben wird</b>	$\Delta t_0_1 = \Delta t_0_2 = 0,0335 / (8 \cdot 10^{-6} \cdot 90) = 47^\circ\text{C}$	
<b>Änderungen des Presssitzes mit der Temperatur</b>	$\Delta t > \Delta t_0_1 \text{ und } \Delta t_0_2$ $\Delta S_1 = \Delta S_2 = 0,0335$	
<b>Änderung der Axialluft durch Änderung des Presssitzes Außenring/Gehäuse</b>	$\Delta Ja_2 = ((1,43 / 0,8) \cdot 0,5 \cdot 0,0335) + (1,78 \cdot 0,5 \cdot 0,0335) = 0,060$	

► Gesamte Änderung der Axialluft der Lageranordnung

$$\Delta Ja = + 0,060 - 0,114 = -0,054$$

Die nachfolgende Grafik zeigt die Änderung der Axialluft der Lageranordnung in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur bei O- und X-Anordnung.

### O-Anordnung



### X-Anordnung

