



# Permagliding®

Katalog 2010





### **Kolbenschmidt Pierburg**

Die Kolbenschmidt Pierburg AG ist die Führungsgesellschaft des Rheinmetall Unternehmensbereiches Automotive. Als weltweit erfolgreicher Automobilzulieferer nimmt Kolbenschmidt Pierburg mit seiner Kompetenz in den Bereichen Luftversorgung, Schadstoffreduzierung und Pumpen sowie bei der Entwicklung, Fertigung und Ersatzteillieferung von Kolben, Motorblöcken und Gleitlagern Spitzenpositionen auf den jeweiligen Märkten ein.



### **KS Gleitlager**

Die KS Gleitlager GmbH ist innerhalb der Kolbenschmidt Pierburg Gruppe der Spezialist für hochpräzise Gleitelemente. Die Einführung neuer Technologien in Produktion und Oberflächenvergütung, innovative Entwicklungen sowie eine klare Kundenorientierung haben KS Gleitlager zu einem weltweit führenden Anbieter für Motorengleitlager und Trockengleitlager (Permaglide®) gemacht.



### **MS Motor Service International GmbH**

Die Motor Service Gruppe ist die Vertriebsorganisation für die weltweiten Aftermarket-Aktivitäten der Kolbenschmidt Pierburg AG. Als Vertriebs- und Logistikspezialist bietet sie Qualität und Service aus einer Hand.

Permaglide® ist ein eingetragenes Warenzeichen der KS Gleitlager GmbH

2. Auflage 09.2010  
Artikel-Nr. 50 003 863-01

**Layout und Produktion:**  
Motor Service Marketing

Nachdruck, Vervielfältigung und Übersetzung, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Zustimmung und mit Quellenangabe gestattet.

Änderungen und Bildabweichungen vorbehalten.  
Haftung ausgeschlossen.

**Herausgeber:**  
© MS Motor Service International GmbH

#### **Haftung**

Alle Angaben in diesem Katalog wurden sorgfältig recherchiert und zusammengestellt. Trotzdem können Irrtümer auftreten, Angaben falsch übersetzt werden, Informationen fehlen oder sich die bereitgestellten Informationen inzwischen verändert haben. Für Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität oder Qualität der bereitgestellten Informationen können wir daher weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung übernehmen. Jegliche Haftung unsererseits für Schäden, insbesondere für direkte oder indirekte sowie materielle oder immaterielle, die aus dem Gebrauch oder Fehlgebrauch von Informationen oder unvollständigen bzw. fehlerhaften Informationen in diesem Katalog entstehen, ist ausgeschlossen, soweit diese nicht auf Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit unsererseits beruhen. Namen, Beschreibungen, Nummern von Produkten, Herstellern etc. sind nur zu Vergleichszwecken aufgeführt.





Inhalt	Seite
1   Einleitung	4
2   Bezeichnungen und Einheiten	6
3   Permaglide® Gleitlager	7
3.1   Wartungsfreie, trockenlaufende Gleitlager	8
3.2   Wartungsarme Gleitlager	13
4   Werkstoffwahl, Werkstoffinformationen	17
4.1   P1-Gleitlager	18
4.2   P2-Gleitlager	24
5   Berechnung der nominellen Lebensdauer	28
6   Typische Gleitlagerschäden	40
7   Konstruktive Auslegung der Lagerstelle	43
8   Gleitlagermontage	52
9   Bauformen und Maßtabellen	56
9.1   Permaglide® Buchsen, wartungsfrei	58
9.2   Permaglide® Bundbuchsen, wartungsfrei	64
9.3   Permaglide® Anlaufscheiben, wartungsfrei	66
9.4   Permaglide® Streifen, wartungsfrei	67
9.5   Permaglide® Buchsen, wartungsarm	68
9.6   Permaglide® Anlaufscheiben, wartungsarm	70
9.7   Permaglide® Streifen, wartungsarm	71
10   Prüfmethoden	72





## Permaglide® P1-Gleitlager

- Wartungsfrei
- Geeignet für Trockenlauf

Kennwerte Eigenschaften	Einheit	P10 P10Bz*	P14	P147*
bleifrei	-	nein	ja	ja
$p_{v_{max}}$	MPa · m/s	1,8	1,6	1,4
$p_{max.stat.}$	MPa	250	250	250
$p_{max.dyn.}$	MPa	56	56	56
$v_{max.}$	m/s	2	1	0,8
T	°C	-200 bis +280	-200 bis +280	-200 bis +280

## Bauformen Permaglide® P1



*Buchsen PAP*  
P10, P10Bz\*, P14, P147\*

*Bundbuchsen PAF*  
P10, P10Bz\*, P14, P147\*

*Anlaufscheiben PAW*  
P10, P10Bz\*, P14, P147\*

*Streifen PAS*  
P10, P10Bz\*, P14, P147\*

## Werkstoffe Permaglide® P1

### Standard-Werkstoff P10

- bleihaltig
- sehr geringe Stick-Slip-Neigung
- geringer Verschleiß
- gute chemische Beständigkeit
- niedriger Reibwert
- keine Verschweißneigung zu Metall
- weitgehend quellbeständig
- nimmt kein Wasser auf

### Sonder-Werkstoff P10Bz\* (ehemals P11)

- bleihaltig
- verbesserte Korrosionsbeständigkeit
- sehr gute Wärmeleitfähigkeit und damit erhöhte Betriebsicherheit
- antimagnetisch
- alle anderen Eigenschaften wie P10

### Standard-Werkstoff P14

- bleifrei
- sehr geringe Stick-Slip-Neigung
- geringer Verschleiß
- niedriger Reibwert
- keine Verschweißneigung zu Metall
- weitgehend quellbeständig

### Sonder-Werkstoff P147\*

- bleifrei
- sehr gute Korrosionsbeständigkeit
- alle anderen Eigenschaften wie P14

\* Auf Anfrage

## Permaglide® P2-Gleitlager

- Wartungsarm
- für fett- oder flüssigkeitsgeschmierte Anwendungen

Kennwerte Eigenschaften	Einheit	P20 P22*, P23*	P200 P202*, P203*
bleifrei	-	nein	ja
$p_{v\max}$	MPa · m/s	3	3,3
$p_{\max.\text{stat.}}$	MPa	250	250
$p_{\max.\text{dyn.}}$	MPa	70	70
$v_{\max.}$	m/s	3	3,3
T	°C	-40 bis +110	-40 bis +110

## Bauformen Permaglide® P2



*Buchsen PAP*  
P20, P22\*, P23\*,  
P200, P202\*, P203\*

*Anlaufscheiben PAW*  
P20, P22\*, P23\*,  
P200, P202\*, P203\*

*Streifen PAS*  
P20, P22\*, P23\*,  
P200, P202\*, P203\*

## Werkstoffe Permaglide® P2

### Standard-Werkstoff P20

- bleihaltig
- mit Schmieraschen, einbaufertig
- Lebensdauerschmierung möglich
- niedriger Verschleiß
- wenig empfindlich gegen Kantenbelastung
- gutes Dämpfungsverhalten
- unempfindlich gegen Stoßbelastung
- gute chemische Beständigkeit

### Sonder-Werkstoff P22\*

- bleihaltig
- glatte Lauffläche, mit Bearbeitungszugabe
- alle anderen Eigenschaften wie P20

### Sonder-Werkstoff P23\*

- bleihaltig
- glatte Lauffläche, einbaufertig
- alle anderen Eigenschaften wie P20

### Standard-Werkstoff P200

- bleifrei
- mit Schmieraschen, einbaufertig
- Lebensdauerschmierung
- niedriger Verschleiß
- sehr gute Notlaufeigenschaften
- unempfindlich gegen Kanten- und Stoßbelastung
- gutes Dämpfungsverhalten
- gute chemische Beständigkeit

### Sonder-Werkstoff P202\*

- bleifrei
- glatte Lauffläche, mit Bearbeitungszugabe
- alle anderen Eigenschaften wie P20

### Sonder-Werkstoff P203\*

- bleifrei
- glatte Lauffläche, einbaufertig
- alle anderen Eigenschaften wie P20

\* Auf Anfrage

## 2 | Bezeichnungen und Einheiten

Soweit im Text nicht ausdrücklich anders vermerkt, haben die in diesem Katalog verwendeten Größen folgende Bezeichnungen, Einheiten und Bedeutungen.

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
B	mm	Buchsenbreite, gesamte Streifenbreite
B <sub>1</sub>	mm	nutzbare Streifenbreite
C <sub>i</sub>	mm	Buchseninnenfase (Kantenbruch)
C <sub>o</sub>	mm	Buchsenaußenfase
D <sub>FL</sub>	mm	Bunddurchmesser
D <sub>i</sub>	mm	Innendurchmesser der Buchse Innendurchmesser der Anlaufscheibe
D <sub>IE</sub>	mm	Buchseninnendurchmesser im eingepressten Zustand
D <sub>O</sub>	mm	Außendurchmesser der Buchse Außendurchmesser der Anlaufscheibe
d <sub>ch</sub>	mm	Durchmesser der Prüfaufnahme (Einstelldorn)
d <sub>G</sub>	mm	Durchmesser der Gehäusebohrung
d <sub>H</sub>	mm	Hilfsring – Innendurchmesser
d <sub>K</sub>	mm	Kalibrierdorndurchmesser
d <sub>L</sub>	mm	Schmierlochdurchmesser
d <sub>W</sub>	mm	Wellendurchmesser
d <sub>1</sub>	mm	Durchmesser der Befestigungsbohrung in der Anlaufscheibe
d <sub>6a</sub>	mm	Durchmesser der Gehäuseausnehmung für die Anlaufscheibe
F	N	Lagerbelastung, Einpresskraft
F <sub>ch</sub>	N	Prüfkraft
F <sub>E</sub>	N	Einpresskraft pro mm Buchsenbreite
F <sub>Ges</sub>	N	Gesamteinpresskraft
f <sub>G</sub>	mm	Fasenbreite am Gehäuse
f <sub>A</sub>	-	Korrekturfaktor Belastungsfall
f <sub>L</sub>	-	Korrekturfaktor Linearbewegung
f <sub>P</sub>	-	Korrekturfaktor Last
f <sub>R</sub>	-	Korrekturfaktor Rautiefe
f <sub>T</sub>	-	Korrekturfaktor Temperatur
f <sub>v</sub>	-	Korrekturfaktor Gleitgeschwindigkeit
f <sub>W</sub>	-	Korrekturfaktor Werkstoff

Zeichen	Einheit	(Fortsetzung) Bezeichnung
H	mm	Hub bei Linearbewegung
J	mm	Teilkreisdurchmesser der Anlaufscheibe
L	mm	Streifenlänge
L <sub>N</sub>	h	nominale Lebensdauer
m	g	Masse
n	min <sup>-1</sup>	Drehzahl
n <sub>OSZ</sub>	min <sup>-1</sup>	Schwenkfrequenz der oszillierenden Bewegung
p	MPa	spezifische Lagerbelastung
pv	MPa · m/s	pv-Wert, Produkt aus spezifischer Lagerbelastung und Gleitgeschwindigkeit
R, r	mm	Radius
R <sub>z</sub>	µm	Rautiefe
s <sub>1</sub>	mm	Dicke des Stahl- oder Bronzerückens
s <sub>3</sub>	mm	Wanddicke der Buchse
s <sub>FL</sub>	mm	Bunddicke
T	°C	Temperatur
t <sub>a</sub>	mm	Tiefe der Gehäuseausnehmung
v	m/s	Gleitgeschwindigkeit
x	mm	Messlinienabstand
z	mm	Abstand Prüfaufnahmehälften
α <sub>Bz</sub>	K <sup>-1</sup>	Wärmeausdehnungskoeffizient Bronze
α <sub>St</sub>	K <sup>-1</sup>	Wärmeausdehnungskoeffizient Stahl
Δs	mm	Theoretisches Lagerspiel
Δz	mm	Messwert in der Prüfaufnahme
λ <sub>Bz</sub>	W(mK) <sup>-1</sup>	Wärmeleitfähigkeit Bronze
λ <sub>St</sub>	W(mK) <sup>-1</sup>	Wärmeleitfähigkeit Stahl
μ	-	Reibungszahl
τ <sub>S</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Scherfestigkeit
φ	°	Schwenkwinkel

Gleitlager dienen der Aufnahme und Weiterleitung von Kräften zwischen relativ zueinander bewegten Bauteilen. Dabei wird die Lage der bewegten Bauteile zueinander bestimmt und die Führungsgenauigkeit in der Bewegung sichergestellt.

Gleitlager haben eine Vielzahl von Anforderungen zu erfüllen. Sie sollen möglichst hohe mechanische Lasten vertragen und gleichzeitig nur geringen Verschleiß innerhalb der Lebensdauer aufweisen. Ebenso sollen sie hohe Gleitgeschwindigkeiten

ertragen und unempfindlich gegen Störungen aus der Lagerumgebung sein.

Wie komplex ein tribologisches System sein kann, in dessen Zentrum ein Gleitlager arbeitet, zeigt Abb. 1.

## Einflüsse in einem tribologischen System

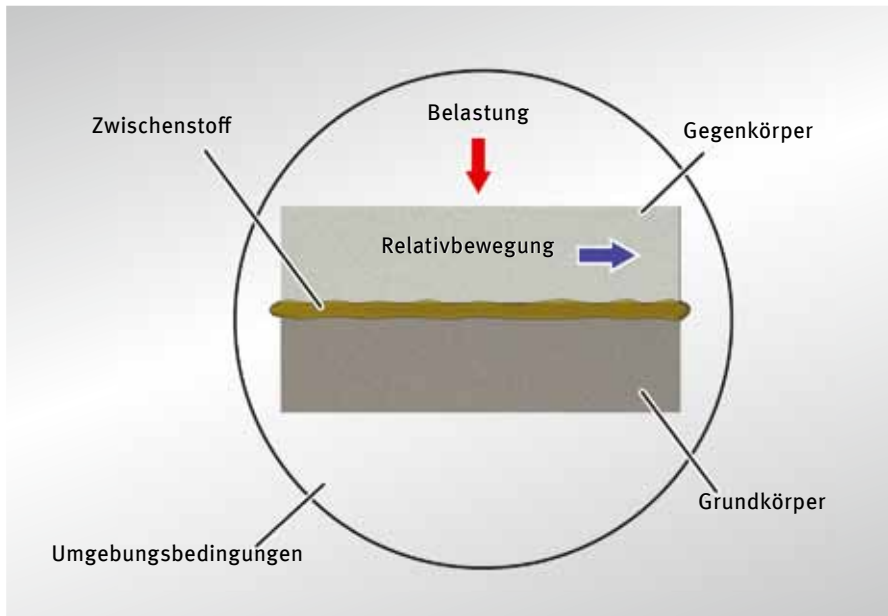


Abb. 1: Tribologisches System

## Umgebungsbedingungen

- Temperatur, Medium, Schmutz

## Belastung

- Belastungshöhe, Belastungsart (statisch, dynamisch)
- Belastungszeit (andauernd, mit Intervallen), Umfangslast, Punktlast

## Gegenkörper

- Werkstoff, Härte, Oberflächenrauheit, Wärmeleitfähigkeit

## Relativbewegung

- rotierend, oszillierend, linear
- Gleitgeschwindigkeit, Bewegungsdauer

## Zwischenstoff

- Festschmierstoff, Fett, Flüssigkeit, Viskosität
- Alterungsbeständigkeit

## Grundkörper

- Werkstoff, Härte, Oberflächenrauheit, Verschleißwiderstand, Notlauffähigkeit,
- chemische Beständigkeit

Hinsichtlich der Betriebsart sind drei Funktionssysteme zu unterscheiden:

- trockenlaufende, wartungsfreie Gleitlager
- fettgeschmierte, wartungsarme Gleitlager
- hydrodynamisch betriebene Gleitlager

Die hydrodynamisch arbeitenden Gleitlager können vergleichsweise gut die unterschiedlichen Anforderungen erfüllen. So ist es möglich, mit Hilfe moderner Berechnungsverfahren insbesondere ölgeschmierte Gleitlager optimal und betriebssicher auszulegen.

Die wartungsarmen Gleitlager sind in der Regel fettgeschmiert. Die bei der Montage eingebrachte Fettmenge reicht im Normalfall für die gesamte Lebensdauer.

Ist ein fettgeschmiertes Gleitlager unter erschwerten Bedingungen eingesetzt, so ist Nachschmierung sinnvoll. Zeitlich richtig gesetzte Nachschmierintervalle können die Lebensdauer erheblich verlängern.

Die Berechnung der zu erwartenden Lebensdauer bei fettgeschmierten Gleitlagern ist jedoch wegen der vielen Einflussgrößen mit Unsicherheiten behaftet und ist nur als Richtwert zu betrachten. Vielfach ist aber Schmierung mittels Öl oder Fett nicht möglich oder zulässig. In solchen Fällen werden wartungsfreie, trockenlaufende Gleitlager eingesetzt. Auch hier ist die Berechnung der Lebensdauer immer noch nicht hinreichend exakt.

Die weit verbreitete Praxis, mit Hilfe einfacher Methoden unter Berücksichtigung der Einflussgrößen (z.B. spezifische Last, Gleitgeschwindigkeit, Temperatur u.a.) die Lebensdauer zu berechnen, kann nur grobe Richtwerte liefern. Es ist deshalb empfehlenswert, die Auslegung von wartungsfreien, trockenlaufenden Gleitlagern ebenso, wie die Auslegung von wartungsarmen Gleitlagern, durch anwendungsnahe Tests abzusichern.

Die nachfolgenden Abschnitte behandeln die besonderen Funktionsmodelle von wartungsfreien bzw. wartungsarmen Gleitlagern.

# 3.1 | Wartungsfreie, trockenlaufende Permaglide® P1-Gleitlager



## 3.1.1 Allgemein

Die Werkstoffgruppe P1 umfasst die Werkstoffe P10, P10Bz, P14 und P147. P10 und P10Bz enthalten Blei in der BronzeGLEITSCHICHT und in der Schmierstoffmasse. P14 und P147 sind bleifrei.

## 3.1.2 Werkstoffaufbau

Werkstoffe der P1-Gruppe bestehen aus einem Stahlrücken oder Bronzerücken, einer gesinterten Gleitschicht aus spezieller Bronze mit einer Schichtdicke von 0,2 mm bis 0,35 mm und einer Festschmierstoffmasse. Die BronzeGLEITSCHICHT ist so gesintert, dass ein Porositätswolumen von ca. 30% entsteht. In die Zwischenräume der porösen Bronze-GLEITSCHICHT wird ein Festschmierstoffgemisch – üblicherweise PTFE mit Füllstoffen – eingewalzt und durchgesintert. Das Festschmierstoffgemisch füllt die Hohlräume vollständig aus und bildet eine bis zu 0,03 mm dicke Einlaufschicht oberhalb der Bronze-GLEITSCHICHT (Abb. 2).

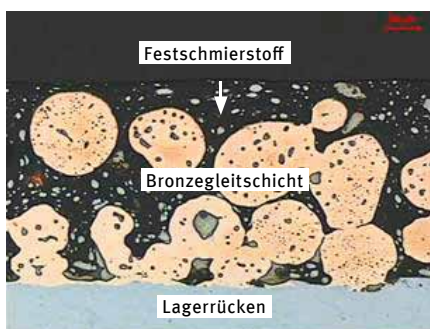


Abb. 2: Schichtsystem P1

## 3.1.3 Funktionsbeschreibung

Wartungsfreie, trockenlaufende P1-Gleitlager durchlaufen vier Phasen während ihrer Gesamt-Betriebszeit (Abb. 3).

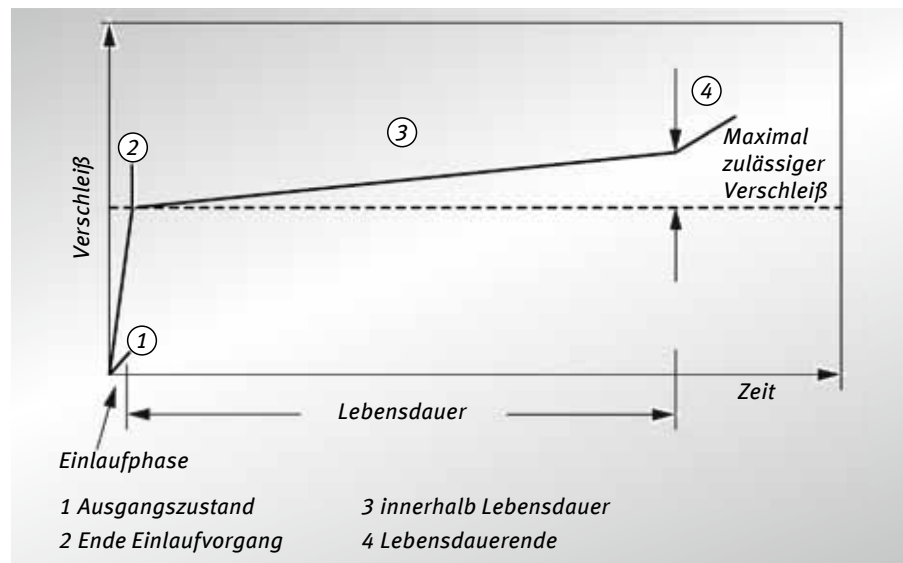


Abb. 3: Verschleißkurve P1-Gleitlager (schematisch) /1/

### Ausgangszustand

Die Hohlräume der Bronze-GLEITSCHICHT sind vollständig mit Festschmierstoff befüllt und die Einlaufschicht oberhalb der Bronze-GLEITSCHICHT ist noch vollständig erhalten (Abb. 4).

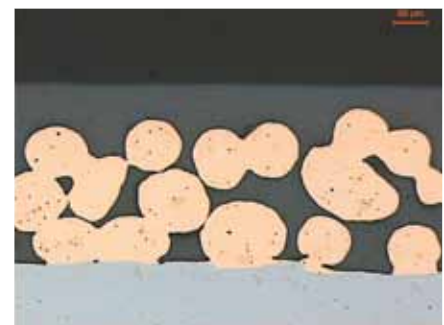


Abb. 4: Zustand der Gleitfläche im Ausgangszustand

### Einlaufvorgang

Zu Beginn der Gleitbewegung werden Teile der Einlaufschicht auf den Gegenlaufpartner übertragen (Abb. 6). Hierbei bildet sich ein geschlossener Feststoffschmierfilm auf dem Gegenlaufpartner, der zu deutlicher Reibungsminderung führt. Durch den Einlaufvorgang entsteht ein Materialabtrag an der Gleitschicht des Lagers, der in der Regel zwischen 0,005 mm und 0,030 mm liegt. Den Zustand der Gleitfläche am Ende der Einlaufzeit zeigt Abb. 5.

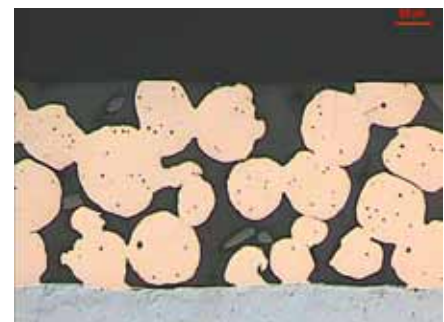


Abb. 5: Zustand der Gleitfläche am Ende des Einlaufvorgangs



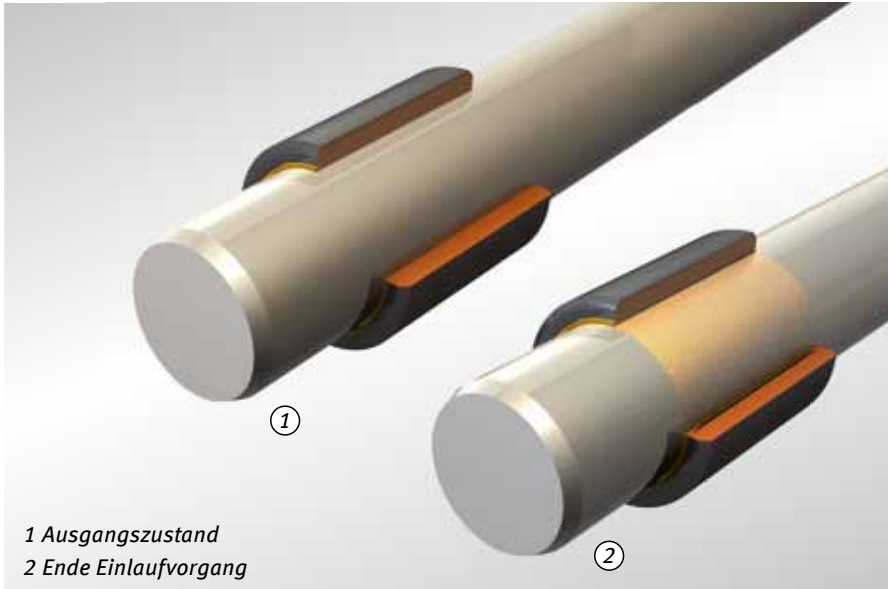


Abb. 6: Materialübertrag

### Dauerbetrieb

Ist der Einlaufvorgang abgeschlossen, so beginnt die eigentliche Gebrauchsdauer des Gleitlagers. Diese wird bestimmt durch das Lastkollektiv, die Umgebungsbedingungen, aber auch durch das Verhältnis Bronzgleitschichtvolumen / Festschmierstoffvolumen. Während der Betriebsdauer gelangt immer wieder neuer Festschmier-

stoff in die Kontaktzone und ersetzt die verbrauchten Festschmierstoffteile. Dieser Vorgang wird vor allem ausgelöst durch die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Bronzgleitschicht und des Festschmierstoffes (Verhältnis ~1:5,5). Erwärmt sich durch die Reibarbeit in der Kontaktzone die Gleitschicht, so dehnt sich der Festschmierstoffanteil entspre-

chend stärker aus und schmiert den Gegenlaufpartner. Hierdurch werden der Reibwert und die Lagertemperatur gesenkt. Ist der Schmierstoff verbraucht beginnt ein neuer Zyklus. Eine typische Verlaufskurve zeigt Abb. 7. Den Zustand der Gleitfläche innerhalb der Lebensdauer zeigt Abb. 8.

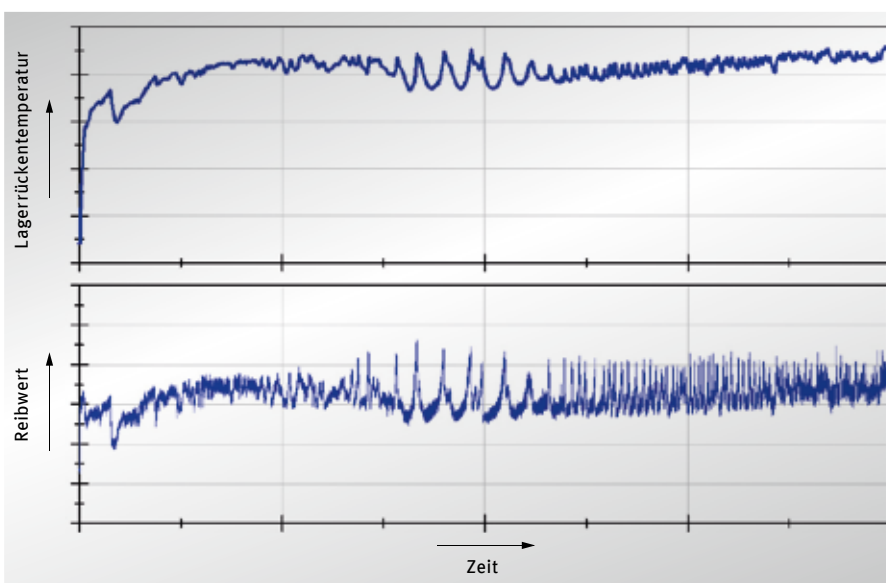


Abb. 7: Schwingverhalten von Reibwert und Temperatur



Abb. 8: Zustand der Gleitfläche innerhalb der Lebensdauer

# 3.1 | Wartungsfreie, trockenlaufende Permaglide® P1-Gleitlager



### Lebensdauerende

Der Festschmierstoff im Gleitlagersystem steht nur begrenzt zur Verfügung (bestimmt durch das Porenvolumen der porös gesinterten Bronze-Gleitschicht). Ist durch längere Betriebsdauer das Schmierstoffvolumen aufgebraucht, steigt der Reibwert an und die Verschleißintensität nimmt zu. Meistens wird hierbei auch die zulässige Verschleißgrenze überschritten. Im Normalfall ist dies bei P1-Gleitlagern der Betrag  $> 0,05$  mm. Besonders bei hoher Gleitgeschwindigkeit kann es auch zum Heißlaufen des Lagers und zum Fressen der Welle kommen. Den Zustand der Gleitfläche am Ende der Lebensdauer zeigt Abb. 9.



Abb. 9: Zustand der Gleitfläche am Ende der Lebensdauer

### 3.1.4 Grenzwert und Einflussgrößen

Lebensdauer und Betriebssicherheit werden durch eine Vielzahl von Einflüssen bestimmt, die auch noch in Wechselwirkung zueinander stehen. Nachstehend sind die wichtigsten Einflussgrößen und Grenzwerte erläutert.

#### Maximal zulässiger pv-Wert

Der pv-Wert ist das Produkt aus der spezifischen Lagerlast  $p$  [MPa] und Gleitgeschwindigkeit  $v$  [m/s]. Beide Einflussgrößen stehen zueinander in Wechselwirkung. In Abb. 10 ist der maximal zulässige pv-Wert für P1-Gleitlager als Grenzkurve dargestellt. Liegen jeweils die spezifische Lagerlast und die Gleitgeschwindigkeit innerhalb dieser Grenzkurve, so ist grundsätzlich davon auszugehen, dass ein P1-Gleitlager eingesetzt werden kann.

#### Gültigkeitsbereich

für Lebensdauerberechnung:

P10, P10Bz	
0,03 m/s	$< v \leq 2$ m/s
0,1 MPa	$< p \leq 56$ MPa

P14	
0,03 m/s	$< v \leq 1$ m/s
0,1 MPa	$< p \leq 56$ MPa

P147	
0,03 m/s	$< v \leq 0,8$ m/s
0,1 MPa	$< p \leq 56$ MPa

Hierbei ist die Grenzkurve so zu verstehen, dass bei der jeweiligen spezifischen Lagerbelastung  $p_{max}$  [MPa] und der zugehörigen Gleitgeschwindigkeit  $v$  [m/s] im Betrieb sich ein thermischer Beharrungszustand einstellt, d.h. das Gleitlagersystem arbeitet noch betriebssicher. Wird die Belastung oder die Gleitgeschwindigkeit über die Grenzkurve hinaus gesteigert, so stellt sich kein thermisches Gleichgewicht ein. Die Verschleißintensität und die Temperatur steigen an. Das Lager kann innerhalb kurzer Zeit ausfallen.

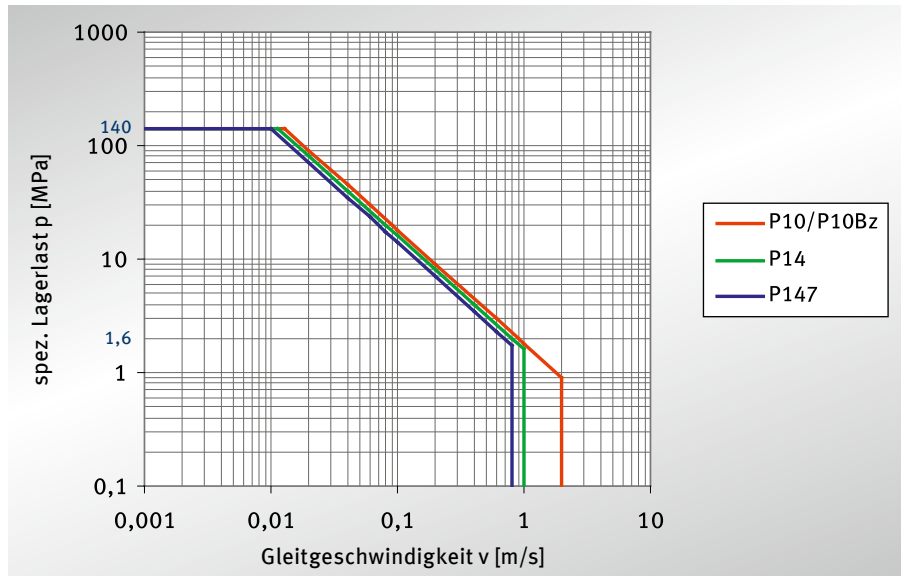


Abb. 10: pv-Wert [MPa·m/s], Grenzkurve (Werte gültig bei Raumtemperatur)



# Wartungsfreie, trockenlaufende | 3.1 Permaglide® P1-Gleitlager

## Spezifische Lagerlast

Bei der maximal zulässigen spezifischen Lagerlast und jeweils maximal zulässigen

Gleitgeschwindigkeit gelten für ein wartungsfreies, trockenlaufendes P1-Gleitlager folgende Eckwerte:

maximale spezifische Lagerbelastung p [MPa]		Gleitgeschwindigkeit v [m/s]		
		P10, P10Bz	P14	P147
statisch	250 MPa	-	-	
Punktlast ruhend, gleichmäßige Bewegung	140 MPa	≤ 0,013 m/s	≤ 0,011 m/s	≤ 0,010 m/s
Punktlast ruhend, rotierend, oszillierend	56 MPa	≤ 0,032 m/s	≤ 0,029 m/s	≤ 0,025 m/s
Punktlast, Umfangslast; schwellend, rotierend, oszillierend	28 MPa	≤ 0,064 m/s	≤ 0,057 m/s	≤ 0,050 m/s

Tab. 1: Eckwerte der spezifischen Lagerbelastung

## Gleitgeschwindigkeit

Für wartungsfreie, bleihaltige P1-Gleitlager ist die Gleitgeschwindigkeit v bei Trockenlauf auf max. 2 m/s begrenzt. Für bleifreie P1-Gleitlager liegt die maximale Gleitgeschwindigkeit  $v_{max}$  bei 1 m/s für P14 und 0,8 m/s für P147. Bei einer Gleitlagerung wird die Gleitgeschwindigkeit als relative Geschwindigkeit in m/s zwischen

Lager und Welle verstanden. Sie ist in einem tribologischen System von überragender Bedeutung und ist zusammen mit der spezifischen Lagerbelastung bestimmend für den Einsatzbereich einer Gleitlagerung. Siehe auch Abb. 10: pv-Wert Grenzkurve. Hohe Gleitgeschwindigkeit beeinflusst vor allem den Lagerverschleiß. Durch den entsprechend großen Gleitweg

innerhalb der Betriebsdauer wird ein entsprechend großer Verschleiß erzeugt. Aber auch die Lagertemperatur ist eine von der Gleitgeschwindigkeit abhängige Größe. Befindet sich durch zu hohe Gleitgeschwindigkeit das tribologische System nicht mehr im thermischen Gleichgewicht, so ist die Grenze der zulässigen Belastung überschritten.

## Reibung, Lagerlast, Gleitgeschwindigkeit

Diese drei Einflussgrößen stehen in Wech-

selwirkung zueinander. Es besteht tendenziell folgender Zusammenhang:

spezifische Lagerbelastung		Gleitgeschwindigkeit		Reibungszahl	
p [MPa]		v [m/s]		$\mu$ [1]	
250 bis 140	hoch	bis 0,001	niedrig	0,03	niedrig
140 bis 60	↑	0,001 bis 0,005	↓	0,04 bis 0,07	↓
60 bis 10	↑	0,005 bis 0,05	↓	0,07 bis 0,1	↓
10 bis 1	↑	0,050 bis 0,5	↓	0,10 bis 0,15	↓
bis 1	niedrig	0,500 bis 2	hoch	0,15 bis 0,25	hoch

Tab. 2: Reibungszahl (Alle Werte gelten für 20°C, Gegenlaufläche Stahl, Rautiefe Rz 0,8 bis Rz 1,5)

## Reibung und Gleitpartner (Werkstoff und Oberfläche)

Die Betriebssicherheit und die Lebensdauer einer wartungsfreien Lagerstelle hängen nicht nur vom Beanspruchungskollektiv, sondern auch vom Werkstoff des Gleitpartners und dessen Oberfläche ab. Die Werkstoffe der Gleitpartner haben teilweise erheblichen Einfluss auf das Verschleißverhalten und damit auf die Lebensdauer einer wartungsfreien, trockenlaufenden P1-Gleitlagerung. Grundsätzlich ist es hinsichtlich der Lebensdauer von Vor-

teil, am Gleitpartner eine gehärtete oder mit spezieller Beschichtung ausgestattete Lauffläche einzusetzen. Dies gilt besonders bei höherer Belastung oder höherer Gleitgeschwindigkeit. Auch die Oberflächenrauheit des Gleitpartners ist von großer Bedeutung hinsichtlich der Betriebssicherheit und Lebensdauer einer Gleitpaarung. Die günstigsten Reibbedingungen werden mit einer Oberflächenrauheit von  $R_z 0,8$  bis  $R_z 1,5$  erreicht. Bei zu glatter Oberfläche kann sich der Festschmierstoff nicht

genügend am Gleitpartner anlagern. Es kommt während der Gleitbewegung immer wieder zu Adhäsionsvorgängen und in Folge zu Stick-Slip-Effekten, Quietschgeräuschen und zu Betriebsstörungen. Ist die Oberfläche des Gleitpartners zu rau, reicht der im Gleitlager verfügbare Festschmierstoff nicht mehr aus, um einen geschlossenen Schmierfilm auf dem Gleitpartner zu erzeugen. Es kommt zu Abtragsvorgängen mit erhöhter Reibung, Temperaturerhöhung und erhöhtem Verschleiß.

## 3.1 | Wartungsfreie, trockenlaufende Permaglide® P1-Gleitlager



### Reibung und Temperatur (Umgebungstemperatur)

Für die Betriebsicherheit und Lebensdauer ist es wichtig, innerhalb welcher Betriebstemperatur ein wartungsfreies Gleitlager-system arbeiten soll. Dies ist besonders deshalb notwendig, weil der für die Leistung eines Gleitlagers wichtige Festschmierstoff seine mechanischen Eigenschaften mit der Temperatur ändert. Bei einer Betriebstemperatur bis ca. 100°C wird der Reibwert geringfügig niedriger als bei Raumtemperatur. Steigt die Betriebstemperatur deutlich über 100°C, so kehrt sich dieser Effekt um. Der Reibwert erhöht sich und kann bis 50% über dem Wert bei Raumtemperatur liegen. Hierdurch ändert sich auch die Lagertemperatur und in Folge davon ändert sich auch die mechanische Eigenschaft des Festschmierstoffes. Der für die Reibung bestimmende Teil des Festschmierstoffes ist das Polymer PTFE. Die Scherfestigkeit von PTFE ist vor allem verantwortlich zur Bildung und Erhaltung des Schmierfilms auf dem Gleitpartner. Nun ist aber die Höhe der Scherfestigkeit von PTFE temperaturabhängig (Abb. 11). Steigt die Betriebstemperatur, so verringert sich entsprechend die Scherfestigkeit. /2/

Ist die durch den Reibvorgang in der Kontaktzone entstehende Schubspannung größer als die Scherfestigkeit von PTFE, so wird der Schmierfilm in der Kontaktzone abgeschert und es kann zum kurzzeitigen Ausfall kommen.

### Gleitbewegung und Belastungsart

In Verbindung mit drehender oder schwenkender Bewegung ist der Belastungsfall -Punktlast- bzw. -Umfangslast- von Bedeutung. Punktlast bedeutet bewegte Welle und stehendes Gehäuse mit Lagerbuchse. Bei Umfangslast bewegt sich das Gehäuse mit Lagerbuchse um die stehende Welle oder Achse. Drehende oder schwenkende Bewegungen bei gleichmäßiger Belastung erzeugen hauptsächlich Verschleiß, wobei die Verschleißrate für Lagerstellen mit umlaufender Last deutlich geringer sein kann als für Lagerstellen mit Punktlast. Ist die Lagerstelle durch hochfrequente Lastwechsel oder Vibrationen belastet, so kann noch Werkstoffermüdung hinzukommen. Bei Linearbewegungen überstreicht das Lager in der Regel einen längeren Bereich auf dem Gleitpartner. Hierdurch wird mehr Reibwärme über den Gleitpartner abgeführt. Es sind deshalb höhere Gleitge-

schwindigkeiten gegenüber drehenden oder schwenkenden Bewegungen möglich.

### Hydrodynamischer Betrieb

Grundsätzlich können P1-Gleitlager auch unter hydrodynamischen Bedingungen betrieben werden.

Die Berechnung hierzu bietet Motor Service als Service an.

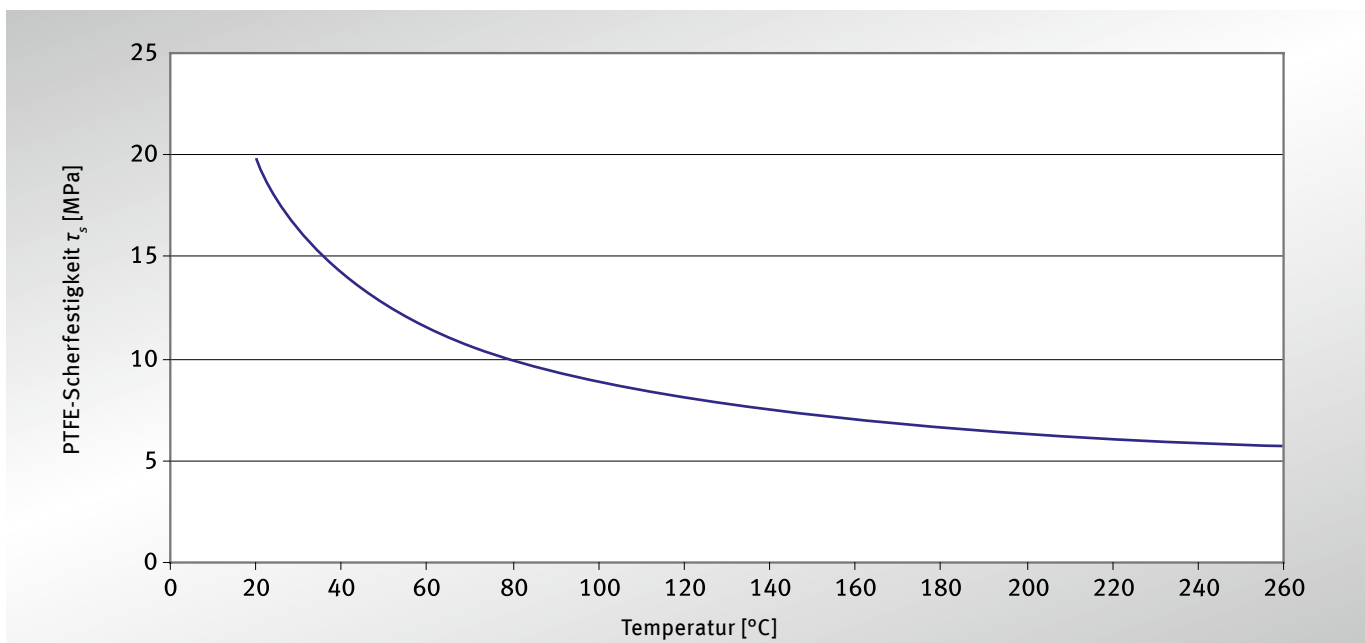


Abb. 11: PTFE-Scherfestigkeit  $\tau_s$  über der Temperatur

## 3.2.1

### Werkstoffaufbau

Der Werkstoff für P2-Gleitlager besteht aus einem Stahlrücken, einer 0,2 mm bis 0,35 mm dicken Bronze-Verbindungsschicht und einem thermoplastischen Kunststoff mit Füllstoffen als Gleitschicht. Die Kunststoffgleitschicht ist in den Hohlräumen (Porenvolumen ~ 50 %) der Bronze-Verbindungsschicht verankert und bildet oberhalb der Verbindungsschicht je nach Verwendungszweck eine 0,08 mm bis 0,2 mm dicke Gleitfläche aus. Innerhalb der P2-Werkstoffgruppe gibt es zwei unterschiedliche Gleitschichtzusammensetzungen:

- P20, P22, P23 mit Blei
- P200, P202, P203 bleifrei

Auch Gleitschichtdicke und Gleitschichtprofilierung variieren. Einzelheiten hierzu sind in den Werkstoffdatenblättern in diesem Katalog zu finden.

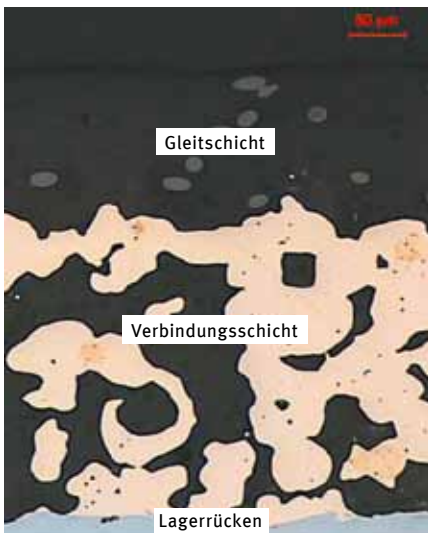


Abb. 12: Schichtsystem P2

## 3.2.2

### Funktionsbeschreibung

Wartungsarme P2-Gleitlager werden in der Regel mit Lebensdauerschmierung eingesetzt. Hierzu werden die in der Gleitfläche vorhandenen Schmieraschen bei der Montage vollständig mit Schmierstoff (Fett) befüllt.

#### Einlaufvorgang

Zu Beginn der Gleitbewegung überträgt sich das in der Gleitfläche vorhandene Fett auf den Gegenlaufpartner (Welle). Die beiden Gleitflächen sind somit durch eine dünne Schmierstoffschicht getrennt. In der Gleitbewegung sinkt der Reibwert und kann Werte von 0,02 bis 0,15 annehmen. Gleichzeitig passen sich die Gleitflächen von Lager und Gleitpartner an, d.h. Materialunebenheiten werden abgearbeitet. Der Abrieb lagert sich überwiegend in die Schmieraschen ein und ist zunächst nicht mehr verschleißrelevant.

#### Dauerbetrieb

Bestimmt durch das Schmieraschen-design (nach DIN ISO 3547) steht für die erwartete Betriebsdauer ausreichend Schmierstoff bereit. Reibwert und Temperatur bleiben über längere Zeit nahezu konstant. Die Verschleißrate ist niedrig. Dies gilt für geringe bis mittlere Beanspruchungen.

Bei größeren Belastungen oder bei schwierigen Einsatzbedingungen ist zu empfehlen, die Lagerstellen regelmäßig nachzuschmieren.

Zeitlich richtig gesetzte Nachschmierintervalle reduzieren die Verschleißrate. Entsprechend erhöhen sich die Betriebsicherheit und die Lebensdauer.

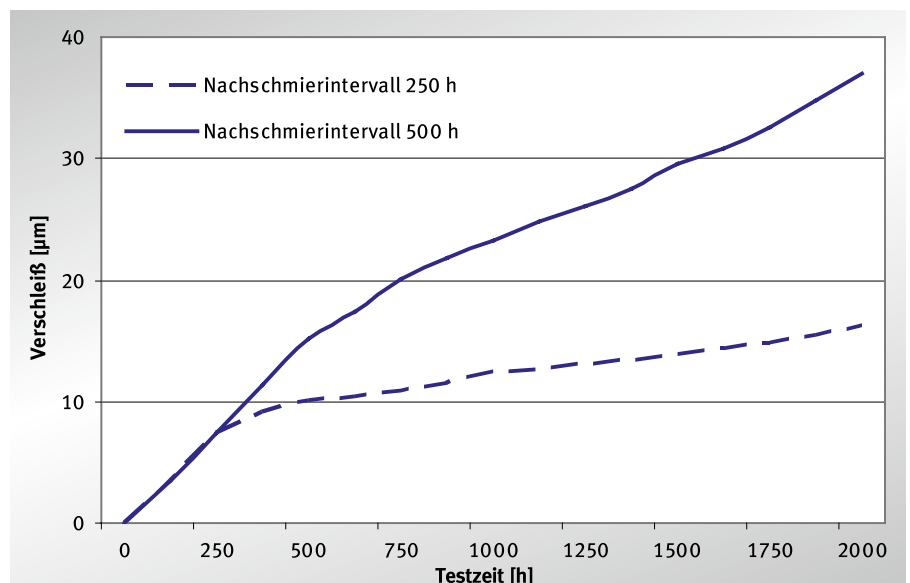


Abb. 13: Lebensdauer = f (Schmierintervall)

## 3.2 | Wartungsarme Permaglide® P2-Gleitlager

### Lebensdauerende

Nach längerer Betriebsdauer und entsprechender Verschleißtiefe ist bei Gleitlageranwendungen mit Lebensdauerschmierung (Einmalschmierung) das Schmierstoffvolumen verbraucht. Auch ist je nach Schmierfetttyp und Umgebungsbedingungen die Leistung des Schmierstoffes herabgesetzt (Alterung). Dies bedeutet, dass Reibwert, Lagertemperatur und Verschleiß überproportional ansteigen. Das Lager läuft heiß und fällt aus. Auch bei Lagerstellen mit Nachschmierung ist grundsätzlich ein ähnliches Verhalten zu erwarten. Zwar wird durch das Nachschmieren der Lagerstelle die Lebensdauer deutlich verlängert, aber auch hier wird durch die Verschleißtiefe das Aufnahmevermögen der Schmieraschen stark reduziert. Es wird nicht mehr genug Schmierstoff deponiert. Hinzu kommt der Materialabrieb, der sich in die Schmieraschen einlagert und das Volumen zusätzlich einschränkt. Es kommt zu Ausfallerscheinungen ähnlich der von lebensdauer geschmierten Gleitlagern.

### 3.2.3

#### Grenzwerte und Einflussgrößen

Lebensdauer und Betriebssicherheit einer wartungsarmen Gleitlagerung werden nicht nur von den Betriebsbedingungen und Umgebungsbedingungen beeinflusst, sondern auch von den Schmierbedingungen (Fett, Öl). In der Regel treten mehrere Einflussgrößen gleichzeitig auf, die auch noch in Wechselbeziehung zueinander stehen. Nachstehend sind die wichtigsten Einflussgrößen und Grenzwerte erläutert.

#### Maximal zulässiger pv-Wert

Der pv-Wert ist das Produkt aus der spezifischen Lagerlast  $p$  [MPa] und der Gleitgeschwindigkeit  $v$  [m/s]. Beide Einflussgrößen stehen zueinander in Wechselwirkung. In Abb. 14 ist der maximal zulässige pv-Wert für fettgeschmierte P2-Gleitlager als Grenzkurve dargestellt. Liegen jeweils die spezifische Lagerlast und die zugehörige Gleitgeschwindigkeit innerhalb dieser Grenzkurve, so ist grundsätzlich davon auszugehen, dass ein fettgeschmiertes P2-Gleitlager eingesetzt werden kann.

#### Gültigkeitsbereich

für Lebensdauerberechnung:

P20		
0,04 m/s	$< v \leq$	3 m/s
0,1 MPa	$< p \leq$	70 MPa

P200		
0,04 m/s	$< v \leq$	3,3 m/s
0,1 MPa	$< p \leq$	70 MPa

Die Grenzkurve ist so zu verstehen, dass bei der jeweiligen spezifischen Lagerlast  $p$  [MPa] und der zugehörigen Gleitgeschwindigkeit  $v$  [m/s] im Betrieb sich ein thermischer Beharrungszustand einstellt, d.h. das Gleitlagersystem arbeitet noch betriebssicher. Wird die Belastung oder die Gleitgeschwindigkeit über die Grenzkurve hinaus gesteigert, so kann sich kein thermisches Gleichgewicht einstellen. Verschleißintensität und Temperatur steigen an. Das Lager fällt innerhalb kurzer Zeit aus. P2-Gleitlager müssen geschmiert werden. Je nach Schmierstoff kann sich die Lebensdauer erhöhen. Die dargestellte Grenzkurve gilt für lithiumverseiftes Fett auf Mineralölbasis und einer Temperatur von 20 °C.

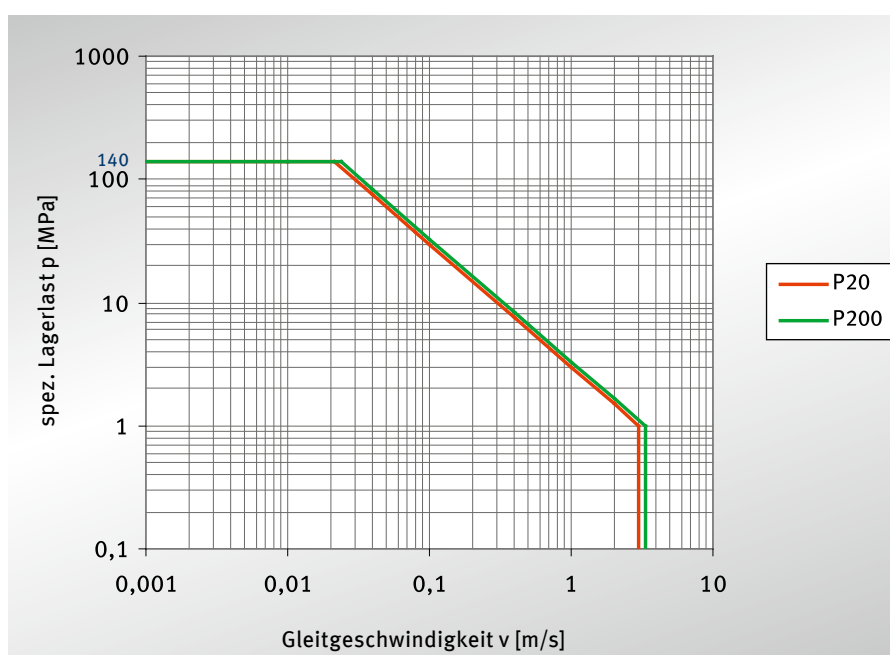


Abb. 14: pv-Werte, Grenzkurven P20, P200 \*fettgeschmiert bei 20°C



## Spezifische Lagerlast

Bei der maximal zulässigen, spezifischen Lagerlast und der jeweils maximal zulässigen

gleitgeschwindigkeit gelten für ein wartungs-armes P2-Gleitlager folgende Eckwerte:

maximale spezifische Lagerbelastung p [MPa]	Gleitgeschwindigkeit v [m/s]		
	P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*	
statisch	250 MPa	-	-
Punktlast ruhend, gleichmäßige Bewegung	140 MPa	≤ 0,021 m/s	≤ 0,024 m/s
Punktlast ruhend, rotierend, oszillierend	70 MPa	≤ 0,043 m/s	≤ 0,047 m/s
Punktlast, Umfangslast; schwellend, rotierend, oszillierend	35 MPa	≤ 0,086 m/s	≤ 0,094 m/s
Grenzbelastung (Abb. 14)	1,0 MPa	max. 3,0 m/s	max. 3,3 m/s

Tab. 3: Eckwerte der spez. Lagerbelastung

## Gleitgeschwindigkeit

Für wartungsarme, bleihaltige P2-Gleitlager ist die maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit v bei Fettschmierung auf 3,0 m/s begrenzt. Für die wartungsarmen, bleifreien P2-Gleitlager liegt die maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit bei 3,3 m/s. Gleitgeschwindigkeit wird hier als relative Geschwindigkeit zwischen Lager und Gleitpartner verstanden. Sie ist in einem tribologischen System von überragender Bedeutung und ist zusammen mit der spezifischen Lagerlast p bestimmend für den Einsatzbereich eines Gleitlagers. Hohe Gleitgeschwindigkeit beeinflusst vor allem den Lagerverschleiß. Durch den großen Gleitweg innerhalb der Betriebsdauer wird ein entsprechend großer Verschleiß erzeugt. Wird die Gleitgeschwindigkeit über den zulässigen Wert gesteigert, befindet sich das Gleitlagersystem nicht mehr im thermischen Gleichgewicht. Betriebsstörungen bis hin zum Ausfall können eintreten.

## Fettschmierung

Die Lebensdauer eines P2-Gleitlagers wird auch vom verwendeten Schmierfett beeinflusst. Besonders Reibzahl, Tragfähigkeit und zulässige Betriebstemperatur sind vom Schmierfett abhängig. Auch die Alterungsbeständigkeit ist für eine einwandfreie Funktion von Bedeutung.

Grundsätzlich geeignete Fette sind:

- Lithiumseifenfette (alterungsbeständig)
- Bariumseifenfette (gute Adhäsion)
- Aluminiumseifenfette (gute Benetzbarkeit)

Zeitlich richtig gesetzte Nachschmierintervalle verlängern die Lebensdauer und verbessern die Betriebssicherheit (Abb. 13).

## Reibung und Gleitpartner (Werkstoff und Oberfläche)

Die Betriebssicherheit und die Lebensdauer einer wartungsarmen Lagerstelle hängen nicht nur von Belastungskollektiv und Schmiermittel ab, sondern auch vom Werkstoff des Gleitpartners und dessen Oberfläche. Die Werkstoffe der Gleitpartner haben teilweise erheblichen Einfluss auf die Lebensdauer (s. Tab. 21). Auch die Oberflächenrauheit des Gleitpartners ist von großer Bedeutung hinsichtlich der Betriebssicherheit und Lebensdauer einer Gleitpaarung. Die besten Voraussetzungen bilden Rautiefen von  $R_z$  0,8 bis  $R_z$  1,5. Bei größeren Rautiefen kommt es trotz Anwesenheit von Fett als Schmiermittel zu Abrasionsvorgängen mit erhöhtem Verschleiß.

\* Auf Anfrage



## 3.2 | Wartungsarme Permaglide® P2-Gleitlager

### Temperatur

P2-Gleitlager sind bei Betriebstemperaturen bis ca. 70°C sehr unempfindlich. Steigen die Temperaturen deutlich über diesen Wert an, so fällt die Leistungsfähigkeit des Lagers rasch ab. Die praktische Einsatzgrenze ist mit einer Temperatur von 110°C erreicht. Es ist zwar kurzzeitig eine Einsatztemperatur von 140°C möglich, jedoch nur bei sehr geringer Lagerlast. Zu beachten ist auch die Temperaturbeständigkeit des verwendeten Schmiermittels (z.B. Fetttyp).

### Gleitbewegung und Belastung

In Verbindung mit drehender oder schwenkender Bewegung ist der Belastungsfall -Punktlast- oder -Umfangslast- von Bedeutung. Punktlast bedeutet bewegte Welle und stehendes Gehäuse mit Lagerbuchse. Bei Umfangslast bewegt sich das Gehäuse mit Lagerbuchse um die stehende Welle. Drehende oder schwenkende Bewegungen bei gleichmäßiger Belastung erzeugen hauptsächlich Verschleiß. Ist die Lagerstelle durch hochfrequente Lastwechsel oder Vibrationen belastet, so kann noch Werkstoffermüdung hinzukommen.

Bei Linearbewegungen überstreicht das Lager in der Regel einen längeren Bereich auf dem Gleitpartner. Hierdurch wird mehr Reibwärme über den Gleitpartner abgeführt. Es sind deshalb höher Gleitgeschwindigkeiten gegenüber drehenden oder schwenkenden Bewegungen möglich.

### Hydrodynamischer Betrieb

P2-Gleitlager können auch unter hydrodynamischen Bedingungen betrieben werden. Hierzu ist eine Gleitschicht ohne Schmiertaschen erforderlich.

Gleitlager ohne Schmiertaschen können einbaufertig oder auf Anfrage im Lagerinnendurchmesser nachbearbeitbar geliefert werden.

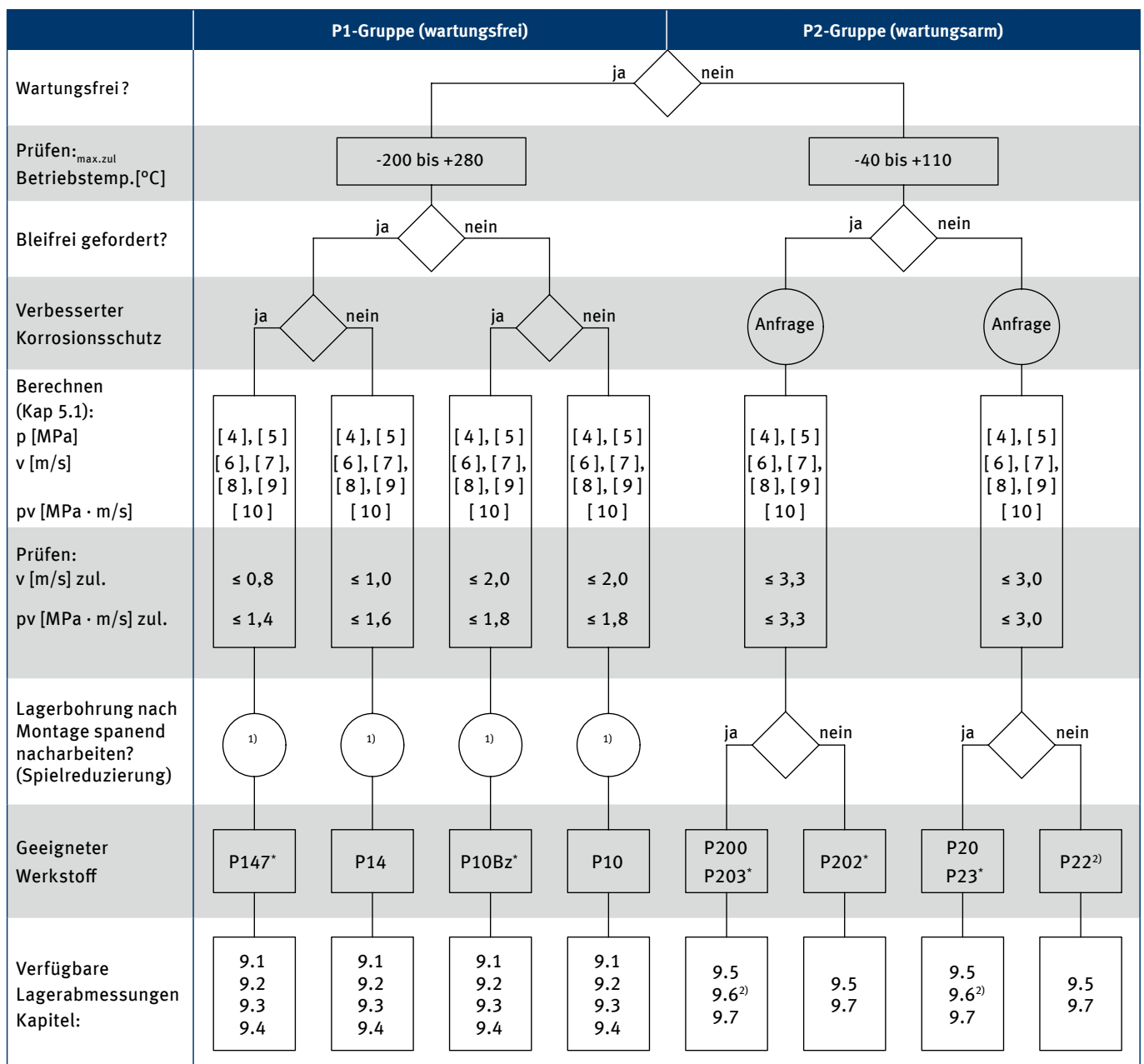
Auf Grund der komplexen Aufgabenstellung bietet Motor Service die Berechnung hydrodynamisch betriebener Gleitlager als Service an.





**Schema zur Werkstoffwahl. Gültig für trockenlaufende bzw. fettgeschmierte Gleitlager. Für hydrodynamischen Betrieb bietet Motor Service Berechnung und Werkstoffwahl als Service an.**

Eingangsgrößen	
Die nebenstehenden Eingangsgrößen sind üblicherweise im Lastenheft vorgegeben bzw. werden berechnet (Welle). In einer ersten Näherung muss in diesem Schema die Lagerbreite in Abhängigkeit von der Welle vorläufig festgelegt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lagerlast [MPa]</li> <li>Wellendurchmesser [mm]</li> <li>Drehzahl [min<sup>-1</sup>]</li> <li>Schwenkwinkel [°]</li> <li>Schwenkfrequenz [min<sup>-1</sup>]</li> <li>Lagerbreite [mm]</li> </ul>



<sup>1)</sup> Buchsen der P1-Gruppe können nicht spanend nachbearbeitet werden. Spanlos kalibrieren ist möglich, reduziert jedoch die Lebensdauer (Tab. 33)  
<sup>2)</sup> Gilt nur für Werkstoff P20/P200  
 \* Auf Anfrage

## 4.1 | P1-Gleitlager: Werkstoffinformation

### 4.1.1

## P10, P10Bz ... wartungsfrei und robust

#### Kurzbeschreibung

P10 und P10Bz (ehemals P11) sind bleihaltige, robuste Gleitwerkstoffe höchster tribologischer Performance. Sie sind für wartungsfreie, trockenlaufende Anwendungen konzipiert, können aber auch in flüssigkeitsgeschmierten Systemen eingesetzt werden. Fett als Schmiermittel im Kontakt mit P10, P10Bz ist nur bedingt möglich und wird nicht empfohlen.

#### Werkstoffherstellung

In einem speziell abgestimmten Mischprozess wird die Festschmierstoffmasse hergestellt. Parallel hierzu wird im kontinuierlichen Sinterverfahren auf den Stahl- oder Bronzerücken Bronzepulver als Gleitschicht aufgesintert. Hierbei entsteht eine 0,2 mm bis 0,35 mm dicke Gleitschicht mit einem Porenvolumen von ca. 30%. Anschließend erfolgt mittels Imprägnierwalzen das Füllen der Hohlräume mit dem Festschmierstoff. Dieser Prozessschritt ist so gesteuert, dass sich über der Gleitschicht eine Einlaufschicht aus Festschmierstoff bis max. 0,03 mm Dicke ergibt. In weiteren thermischen Verfahrensschritten werden die charakteristischen Eigenschaften des Werkstoffsystems eingestellt und danach durch gesteuerte Walzenpaare die erforderliche Dickengenauigkeit des Stoffverbundes erzeugt.

#### Gleitlagerherstellung

Aus P10, P10Bz werden in Schneid-, Stanz- und Umformarbeitsgängen Gleitelemente vielfältigster Formen hergestellt.

Standardbauformen sind:

- Zylindrische Buchsen
- Bundbuchsen
- Anlaufscheiben
- Streifen

Aus P10 gefertigte Gleitlager erhalten am Schluss eine Korrosionsschutzbehandlung für den Lagerrücken, die Stirnflächen und die Stoßflächen.

Standardausführung: Zinn

Schichtdicke: ca. 0,002 mm

Zusätzlich können auf Anfrage P10-Gleitlager mit verbessertem Korrosionsschutzüberzug „Zinn, transparent passiviert“ geliefert werden.

P10Bz benötigt keinen zusätzlichen Korrosionsschutz.



#### Wichtiger Hinweis:

Zinn dient als Kurzzeitkorrosionsschutz und als Montagehilfe.

#### Eigenschaften von P10

- sehr geringe Stick-Slip-Neigung
- geringer Verschleiß
- gute chemische Beständigkeit
- niedriger Reibwert
- keine Verschweißneigung zu Metall
- weitgehend quellbeständig
- nimmt kein Wasser auf

#### Bevorzugte Anwendungsgebiete

- wartungsfreier Betrieb unter Trockenlaufbedingungen
- rotierende oder oszillierende Bewegungen bis zu einer Geschwindigkeit von 2 m/s
- Linearbewegungen
- Temperaturbereich -200°C bis 280°C



**Die Werkstoffe P10 und P10Bz enthalten Blei und dürfen deshalb nicht im Lebensmittelbereich eingesetzt werden.**

#### Eigenschaften von P10Bz

Bei erhöhten Anforderungen hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit oder bei Einsatz in aggressiven Medien wird der Werkstoff P10Bz empfohlen. Er besitzt gegenüber P10 noch einige Vorzüge:

- sehr gute Wärmeleitfähigkeit und damit erhöhte Betriebsicherheit
- antimagnetisch



#### Wichtiger Hinweis:

Der Werkstoff P10Bz ist auf Anfrage lieferbar.

#### Hydrodynamischer Betrieb

Der Einsatz unter hydrodynamischen Bedingungen ist bis zu einer Gleitgeschwindigkeit von 3 m/s problemlos.

Im dauerhaften Betrieb über 3 m/s besteht die Gefahr der Strömungserosion bzw. Kavitation.

Die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände wird von Motor Service als Serviceleistung angeboten

## Werkstoffaufbau P10, P10Bz (ehemals P11)

<b>1</b>	<b>Einlaufschicht</b>
	PTFE-Matrix mit Füllstoff <sup>1)</sup> Schichtdicke [mm]: max. 0,03
<b>2</b>	<b>Gleitschicht</b>
	Zinn-Blei-Bronze Schichtdicke [mm]: 0,20 - 0,35 Porenvolumen [%]: ca. 30
<b>3</b>	<b>Lagerrücken</b>
	Stahl Stahldicke [mm]: Variabel Stahlhärte [HB]: 100 - 180
	Alternativ Bronze Bronzedicke [mm]: Variabel Bronzehärte [HB]: 80 - 160

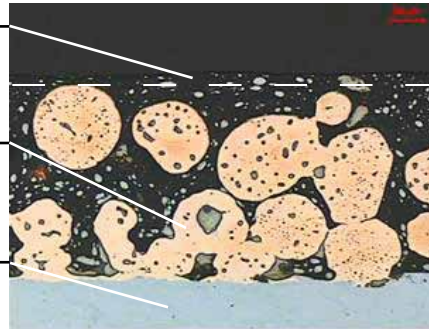


Abb. 15: Schichtsystem

Tab. 4: Systemaufbau

## Chemische Zusammensetzung

Einlaufschicht	
Komponenten	Gewichts-%
PTFE	44
Pb	56
Gleitschicht	
Komponenten	Gewichts-%
Sn	9 bis 11
Pb	9 bis 11
Cu	Rest
Lagerrücken	
Material	Materialinformation
Stahl	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139
Alternativ: Bronze	CuSn 6
	DIN 17662

Tab. 5: Chemische Zusammensetzung

## Werkstoffkennwerte

Kennwerte, Grenzbelastung	Zeichen	Einheit	Wert
Zulässiger pv-Wert	$p_{v_{zul}}$	MPa·m/s	1,8
Zulässige spezifische Lagerlast			
• statisch	$p_{zul}$	MPa	250
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,013$ m/s	$p_{zul}$	MPa	140
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,032$ m/s	$p_{zul}$	MPa	56
• Punktlast, Umfangslast, schwelend bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,064$ m/s	$p_{zul}$	MPa	28
Zulässige Gleitgeschwindigkeit			
• Trockenlauf	$v_{zul}$	m/s	2
• hydrodynamischer Betrieb	$v_{zul}$	m/s	3
Zulässige Temperatur	$T_{zul}$	°C	-200 bis +280
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	$\alpha_{St}$	K <sup>-1</sup>	11·10 <sup>-6</sup>
• Bronzerücken	$\alpha_{Bz}$	K <sup>-1</sup>	17·10 <sup>-6</sup>
Wärmeleitfähigkeit			
• Stahlrücken	$\lambda_{St}$	W(mK) <sup>-1</sup>	> 40
• Bronzerücken	$\lambda_{Bz}$	W(mK) <sup>-1</sup>	> 70

Tab. 6: Werkstoffkennwerte

<sup>1)</sup> Mit dieser Schmierstoffmasse sind auch die Poren der Gleitschicht gefüllt.

## 4.1 | P1-Gleitlager: Werkstoffinformation

### 4.1.2

#### P14 ... wartungsfrei und umweltfreundlich

##### Kurzbeschreibung

P14 ist ein bleifreier Standardgleitwerkstoff mit hoher tribologischer Performance. Er ist für wartungsfreie, trockenlaufende Anwendungen konzipiert, speziell für den Lebensmittelbereich. Er kann aber auch in flüssigkeitsgeschmierten Systemen eingesetzt werden.

Fett als Schmiermittel im Kontakt mit P14 ist nur bedingt möglich und wird nicht empfohlen.

##### Werkstoffherstellung

In einem speziell abgestimmten Mischprozess wird die Festschmierstoffmasse hergestellt. Parallel hierzu wird im kontinuierlichen Sinterverfahren auf den Stahlrücken Bronzepulver als Gleitschicht aufgesintert. Hierbei entsteht eine 0,2 mm bis 0,35 mm dicke Gleitschicht mit einem Porenvolumen von ca. 30%. Anschließend erfolgt mittels Imprägnierwalzen das Füllen der Hohlräume mit dem Festschmierstoff. Dieser Prozessschritt ist so gesteuert, dass sich über der Gleitschicht eine Einlaufschicht aus Festschmierstoff bis max. 0,03 mm Dicke ergibt. In weiteren thermischen Verfahrensschritten werden die charakteristischen Eigenschaften des Werkstoffsystems eingestellt und danach durch gesteuerte Walzenpaare die erforderliche Dicken Genauigkeit des Stoffverbundes erzeugt.

##### Gleitlagerherstellung

Aus P14 werden in Schneid-, Stanz- und Umformarbeitsgängen Gleitelemente vielfältigster Formen hergestellt. Standardbauformen sind:

- Zylindrische Buchsen
- Bundbuchsen
- Anlaufscheiben
- Streifen

Aus P14 gefertigte Gleitlager erhalten am Schluss eine Korrosionsschutzbehandlung für den Lagerrücken, die Stirnflächen und die Stoßflächen.

Standardausführung: Zinn

Schichtdicke: ca. 0,002 mm

##### Eigenschaften von P14

- bleifrei
- sehr geringe Stick-Slip-Neigung
- geringer Verschleiß
- niedriger Reibwert
- keine Verschweißneigung zu Metall
- sehr geringe Quellneigung

##### Bevorzugte Anwendungsgebiete

- wartungsfreier Betrieb unter Trockenlaufbedingungen, dort wo bleifrei gefordert ist
- rotierende oder oszillierende Bewegungen bis zu einer Geschwindigkeit von 1 m/s
- Linearbewegungen
- Temperaturbereich -200°C bis 280°C

##### Hydrodynamischer Betrieb

Der Einsatz unter hydrodynamischen Bedingungen ist bis zu einer Gleitgeschwindigkeit von 3 m/s problemlos. Im dauerhaften Betrieb über 3 m/s besteht die Gefahr der Strömungserosion bzw. Kavitation.

Die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände wird von Motor Service als Serviceleistung angeboten.



##### Wichtiger Hinweis:

Zinn dient als Kurzzeitkorrosionsschutz und als Montagehilfe.



**P14 im Wasser nicht einsetzbar**  
(Alternativ: P10, P147)

## Werkstoffaufbau P14

1	Einlaufschicht
	PTFE-Matrix mit Füllstoff <sup>1)</sup> Schichtdicke [mm]: max. 0,03
2	Gleitschicht
	Zinn-Bronze Schichtdicke [mm]: 0,20 - 0,35 Porenvolumen [%]: ca. 30
3	Lagerrücken
	Stahl Stahldicke [mm]: Variabel Stahlhärte [HB]: 100 - 180

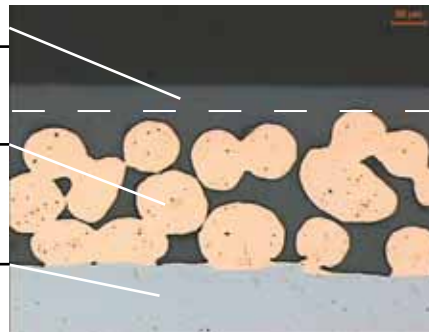


Abb. 16: Schichtsystem

Tab. 7: Systemaufbau

## Chemische Zusammensetzung

Einlaufschicht	
Komponenten	Gewichts-%
PTFE	62
ZnS	38
Gleitschicht	
Komponenten	Gewichts-%
Sn	9 bis 11
Cu	Rest
Lagerrücken	
Material	Materialinformation
Stahl	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 8: Chemische Zusammensetzung

## Werkstoffkennwerte

Kennwerte, Grenzbelastung	Zeichen	Einheit	Wert
Zulässiger pv-Wert	$p_{v_{zul}}$	MPa·m/s	1,6
Zulässige spezifische Lagerlast			
• statisch	$p_{zul}$	MPa	250
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,011$ m/s	$p_{zul}$	MPa	140
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,029$ m/s	$p_{zul}$	MPa	56
• Punktlast, Umfangslast, schwellend bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,057$ m/s	$p_{zul}$	MPa	28
Zulässige Gleitgeschwindigkeit			
• Trockenlauf	$v_{zul}$	m/s	1
• hydrodynamischer Betrieb	$v_{zul}$	m/s	3
Zulässige Temperatur	$T_{zul}$	°C	-200 bis +280
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	$\alpha_{St}$	K <sup>-1</sup>	$11 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitfähigkeit			
• Stahlrücken	$\lambda_{St}$	W(mK) <sup>-1</sup>	> 40

Tab. 9: Werkstoffkennwerte

<sup>1)</sup> Mit dieser Schmierstoffmasse sind auch die Poren der Gleitschicht gefüllt.



## 4.1 | P1-Gleitlager: Werkstoffinformation

### 4.1.2

## P147 ... wartungsfrei und korrosionsbeständig

### Kurzbeschreibung

P147 ist ein bleifreier Sondergleitwerkstoff mit hoher tribologischer Performance. Er ist für wartungsfreie, trockenlaufende Anwendungen konzipiert, besonders in Bereichen mit erhöhter Korrosionsbelastung. Die Verwendung in flüssigkeitsgeschmierten Systemen ist ebenfalls möglich. Fett als Schmiermittel im Kontakt mit P147 ist nur bedingt möglich und wird nicht empfohlen.

### Werkstoffherstellung

In einem speziell abgestimmten Mischprozess wird die Festschmierstoffmasse hergestellt. Parallel hierzu wird im kontinuierlichen Sinterverfahren auf den Stahlrücken Bronzepulver als Gleitschicht aufgesintert. Hierbei entsteht eine 0,2 mm bis 0,35 mm dicke Gleitschicht mit einem Porenvolumen von ca. 30%. Anschließend erfolgt mittels Imprägnierwalzen das Füllen der Hohlräume mit dem Festschmierstoff. Dieser Prozessschritt ist so gesteuert, dass sich über der Gleitschicht eine Einlaufschicht aus Festschmierstoff bis max. 0,03 mm Dicke ergibt. In weiteren thermischen Verfahrensschritten werden die charakteristischen Eigenschaften des Werkstoffsystems eingestellt und danach durch gesteuerte Walzenpaare die erforderliche Dicken Genauigkeit des Stoffverbundes erzeugt.

### Gleitlagerherstellung

Aus P147 werden in Schneid-, Stanz- und Umformarbeitsgängen Gleitelemente vielfältigster Formen hergestellt. Standardbauformen sind:

- Zylindrische Buchsen
- Bundbuchsen
- Anlaufscheiben
- Streifen

Aus P147 gefertigte Gleitlager erhalten am Schluss eine besondere Korrosionsschutzbehandlung für den Lagerrücken, die Stirnflächen und die Stoßflächen.

Ausführung: Zink, transparent passiviert

Schichtdicke: 0,008 mm bis 0,012 mm  
Höhere Schichtdicke auf Anfrage.

### Eigenschaften von P147

- bleifrei
- sehr geringe Stick-Slip-Neigung
- geringer Verschleiß
- gute chemische Beständigkeit
- niedriger Reibwert
- keine Verschweißneigung zu Metall
- sehr geringe Quellneigung
- nimmt kein Wasser auf
- sehr gute Korrosionsbeständigkeit

### Bevorzugte Anwendungsgebiete

- in aggressiven Medien<sup>1)</sup>
- im Außenbereich von Maschinen und Anlagen<sup>1)</sup>
- wartungsfreier Betrieb unter Trockenlaufbedingungen, dort wo bleifrei gefordert ist
- rotierende oder oszillierende Bewegungen bis zu einer Geschwindigkeit von 0,8 m/s
- Linearbewegungen
- Temperaturbereich -200°C bis 280°C

### Hydrodynamischer Betrieb

Der Einsatz unter hydrodynamischen Bedingungen ist bis zu einer Gleitgeschwindigkeit von 3 m/s problemlos. Im dauerhaften Betrieb über 3 m/s besteht die Gefahr der Strömungserosion bzw. Kavitation.

Die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände wird von Motor Service als Serviceleistung angeboten.



### Wichtiger Hinweis:

Zink, transparent passiviert ist ein besonders wirksamer Korrosionsschutz. Bei der Montage der Lagerbuchsen (Einpressvorgang) muss ein Schrägstand der Buchse vermieden werden. Es droht sonst die Gefahr der Schädigung des Zinküberzuges.



### Wichtiger Hinweis:

Der Werkstoff P147 ist auf Anfrage lieferbar.

<sup>1)</sup> P147 erfüllt die Anforderungen an den Salzsprühnebeltest nach DIN 50021

## Werkstoffaufbau P147

<b>1</b>	<b>Einlaufschicht</b>
	PTFE-Matrix mit Füllstoff <sup>1)</sup> Schichtdicke [mm]: max. 0,03
<b>2</b>	<b>Gleitschicht</b>
	Zinn-Bronze Schichtdicke [mm]: 0,20 -0,35 Porenvolumen [%]: ca. 30
<b>3</b>	<b>Lagerrücken</b>
	Stahl Stahldicke [mm]: Variabel Stahlhärte [HB]: 100 -180

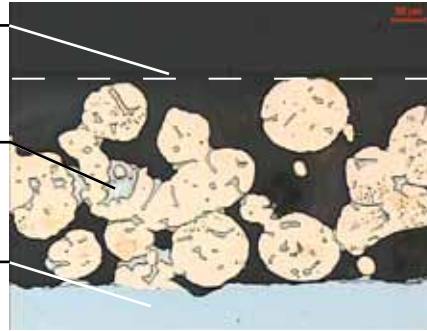


Abb. 17: Schichtsystem

Tab. 10: Systemaufbau

## Chemische Zusammensetzung

Einlaufschicht	
Komponenten	Gewichts-%
PTFE	82
BaSO <sub>4</sub>	18
Gleitschicht	
Komponenten	Gewichts-%
Sn	9 bis 11
Cu	Rest
Lagerrücken	
Material	Materialinformation
Stahl	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 11: Chemische Zusammensetzung

## Werkstoffkennwerte

Kennwerte, Grenzbelastung	Zeichen	Einheit	Wert
Zulässiger pv-Wert	p <sub>v,zul.</sub>	MPa·m/s	1,4
Zulässige spezifische Lagerlast			
• statisch	p <sub>zul.</sub>	MPa	250
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit ≤0,010 m/s	p <sub>zul.</sub>	MPa	140
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit ≤0,025 m/s	p <sub>zul.</sub>	MPa	56
• Punktlast, Umfangslast, schwellend bei Gleitgeschwindigkeit ≤0,050 m/s	p <sub>zul.</sub>	MPa	28
Zulässige Gleitgeschwindigkeit			
• Trockenlauf	v <sub>zul.</sub>	m/s	0,8
Zulässige Temperatur	T <sub>zul.</sub>	°C	-200 bis +280
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	α <sub>St</sub>	K <sup>-1</sup>	11*10 <sup>-6</sup>
Wärmeleitfähigkeit			
• Stahlrücken	λ <sub>St</sub>	W(mK) <sup>-1</sup>	> 40

Tab. 12: Werkstoffkennwerte

<sup>1)</sup> Mit dieser Schmierstoffmasse sind auch die Poren der Gleitschicht gefüllt.

## 4.2 | P2-Gleitlager: Werkstoffinformation

### 4.2.1

#### P20, P22, P23 ... wartungsarme Standardlösungen

##### Kurzbeschreibung

P20, P22 und P23 sind bleihaltige Standardgleitwerkstoffe mit hoher Leistungsfähigkeit. Sie sind für wartungsarme, fett- oder flüssigkeitsgeschmierte Anwendungen konzipiert. Die Standardausführung P20 besitzt Schmiertaschen nach DIN ISO 3547 in der Lauffläche und eine einbaufertige Wanddicke. Auf Anfrage sind auch die Varianten P22 (glatte Lauffläche, nachbearbeitbar) und P23 (glatte Lauffläche, einbaufertig) lieferbar.

##### Werkstoffherstellung

Im kontinuierlichen Sinterverfahren wird auf eine präparierte Stahloberfläche (Band) die Bronze-Verbindungsschicht so aufgesintert, dass bei einer Schichtdicke von ca. 0,3 mm ein Porenvolumen von etwa 50 % entsteht. Anschließend wird die Gleitschicht in Pulverform aufgelegt und unter Temperatur in die Hohlräume der Verbindungsschicht eingewalzt. Hierbei entsteht, je nach Verwendungszweck, eine Gleitschichtdicke über der Verbindungsschicht von ca. 0,08 mm bzw. ca. 0,2 mm. Gleichzeitig werden bei Bedarf die Schmiertaschen eingebracht. Durch einen weiteren Walzkalibriergang erfolgt dann die Einstellung der erforderlichen Dicken-genauigkeit des Stoffverbundes.

##### Gleitlagerherstellung

Aus dem Verbundwerkstoff werden in Schneid-, Stanz- und Umformarbeitsgängen Gleitelemente hergestellt.

Standardbauformen sind:

- Zylindrische Buchsen
- Anlaufscheiben
- Streifen

Aus P20, P22 oder P23 gefertigte Gleitlager erhalten am Schluss eine Korrosionsschutzbehandlung für den Lagerrücken, die Stirnflächen und die Stoßflächen.

Standardausführung: Zinn

Schichtdicke [mm]: ca. 0,002



##### Wichtiger Hinweis:

Zinn dient als Kurzzeitkorrosionsschutz und als Montagehilfe.

##### Eigenschaften

- Lebensdauerschmierung möglich
- niedriger Verschleiß
- wenig empfindlich gegen Kantenbelastung
- gutes Dämpfungsverhalten
- unempfindlich gegen Stoßbelastung
- gute chemische Beständigkeit

##### Bevorzugte Anwendungsgebiete

- wartungsarmer Betrieb unter Schmierbedingungen
- rotierende und oszillierende Bewegungen bis zu einer Geschwindigkeit von 3 m/s
- Linearbewegungen bis 6 m/s
- Temperaturbereich -40°C bis 110°C

**Die Werkstoffe P20, P22 und P23 enthalten Blei und dürfen deshalb nicht im Lebensmittelbereich eingesetzt werden.**



Abb. 18: P20-Gleitlager mit Schmiertaschen und Schmierloch

P22 und P23 haben glatte Gleitflächen und sind unter hydrodynamischen Bedingungen einsetzbar. P22 ist in der Lagerbohrung nachbearbeitbar.

Motor Service bietet die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände als Service an.



##### Wichtiger Hinweis:

Die Werkstoffe P22 und P23 sind auf Anfrage lieferbar.

Werkstoff	Ausführungen		
	Einbaufertig	Schmiertaschen	Bearbeitungs- zugabe
P20	•	•	
P22			•
P23	•		

Tab. 13: Werkstoffausführung P22 und P23 auf Anfrage lieferbar



## Werkstoffaufbau P20, P22, P23

<b>1</b>	<b>Gleitschicht</b>
	PVDF-Matrix mit Füllstoffen <sup>1)</sup> Schichtdicke [mm]: 0,08 - 0,20
<b>2</b>	<b>Zwischenschicht</b>
	Zinn-Bronze Schichtdicke [mm]: 0,20 - 0,35 Porenvolumen [%]: ca. 50
<b>3</b>	<b>Lagerrücken</b>
	Stahl Stahldicke [mm]: Variabel Stahlhärte [HB]: 100 - 180

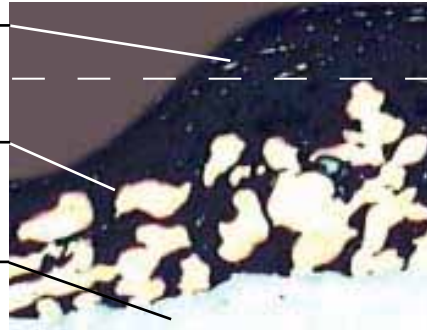


Abb. 19: Schichtsystem

Tab. 14: Systemaufbau

## Chemische Zusammensetzung

Gleitschicht	
Komponenten	Gewichts-%
PVDF	51
PTFE	8
Pb	41
Zwischenschicht	
Komponenten	Gewichts-%
Sn	9 bis 11
Cu	Rest
Lagerrücken	
Material	Materialinformation
Stahl	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 15: Chemische Zusammensetzung

## Werkstoffkennwerte

Kennwerte, Grenzbelastung	Zeichen	Einheit	Wert
Zulässiger pv-Wert	$p_{v_{zul}}$	MPa·m/s	3
Zulässige spezifische Lagerlast			
• statisch	$p_{zul}$	MPa	250
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,021$ m/s	$p_{zul}$	MPa	140
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,043$ m/s	$p_{zul}$	MPa	70
• Punktlast, Umfangslast, schwellend bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,086$ m/s	$p_{zul}$	MPa	35
Zulässige Gleitgeschwindigkeit			
• fettgeschmiert, rotierend, oszillierend	$v_{zul}$	m/s	3
• fettgeschmiert, linear	$v_{zul}$	m/s	6
• hydrodynamischer Betrieb	$v_{zul}$	m/s	6
Zulässige Temperatur	$T_{zul}$	°C	-40 bis +110
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	$\alpha_{St}$	K <sup>-1</sup>	11·10 <sup>-6</sup>
Wärmeleitfähigkeit			
• Stahlrücken	$\lambda_{St}$	W(mK) <sup>-1</sup>	< 4

Tab. 16: Werkstoffkennwerte

<sup>1)</sup> Mit dieser Masse sind auch die Hohlräume der Zwischenschicht gefüllt.

## 4.2 | P2-Gleitlager: Werkstoffinformation

### 4.2.2

#### P200, P202, P203 ... wartungsarm, universell

##### Kurzbeschreibung

P200, P202 und P203 sind bleifreie, umweltfreundliche Gleitwerkstoffe mit sehr hoher Leistungsfähigkeit. Durch die besondere Kombination von Füllstoffen wird ein hoher Verschleißwiderstand bei gleichzeitig sehr gutem Notlaufverhalten erreicht. Sie sind daher bestens geeignet für wartungsarme, fett- oder flüssigkeitsgeschmierte Anwendungen unter erhöhten Anforderungen. Die Standardausführung P200 besitzt Schmieraschen nach DIN ISO 3547 in der Lauffläche und eine einbaufertige Wanddicke.

Auf Anfrage sind auch die Varianten P202 (glatte Lauffläche, nacharbeitbar) und P203 (glatte Lauffläche, einbaufertig) lieferbar.

##### Werkstoffherstellung

Im kontinuierlichen Sinterverfahren wird auf eine präparierte Stahloberfläche (Band) die Bronze- Verbindungsschicht so aufgesintert, dass bei einer Schichtdicke von ca. 0,3 mm ein Porenvolumen von etwa 50% entsteht. Anschließend wird die Gleitschicht in Pulverform aufgelegt und unter Temperatur in die Hohlräume der Verbindungsschicht eingewalzt. Hierbei entsteht, je nach Verwendungszweck, eine Gleitschichtdicke über der Verbindungsschicht von ca. 0,08 mm bzw. ca. 0,2 mm. Gleichzeitig werden bei Bedarf die Schmieraschen eingebracht. Durch einen weiteren Walzkalibriergang erfolgt dann die Einstellung der erforderlichen Dickengenauigkeit des Stoffverbundes.

##### Gleitlagerherstellung

Aus dem Verbundwerkstoff werden in Schneid-, Stanz- und Umformarbeitsgängen Gleitelemente hergestellt.

Standardbauformen sind:

- Zylindrische Buchsen
- Anlaufscheiben
- Streifen

Aus P200, P202 oder P203 gefertigte Gleitlager erhalten am Schluss eine Korrosionsschutzbehandlung für den Lagerrücken, die Stirnflächen und die Stoßflächen.

Standardausführung: Zinn

Schichtdicke [mm]: ca. 0,002

Zusätzlich können auf Anfrage die Gleitlager mit dem erhöhten Korrosionsschutz „Zinn, transparent passiviert“ geliefert werden.



##### Wichtiger Hinweis:

Zinn dient als Kurzzeitkorrosionsschutz und als Montagehilfe.

##### Eigenschaften

- Lebensdauerschmierung
- niedriger Verschleiß
- sehr gute Notlaufeigenschaften
- unempfindlich gegen Kanten- und Stoßbelastung
- gutes Dämpfungsverhalten
- gute chemische Beständigkeit

##### Bevorzugte Anwendungsgebiete

- Lebensmittelbereich
- besondere Anforderungen an Umweltschutz
- wartungsarmer Betrieb unter Schmierbedingungen, mit erhöhten Anforderungen
- rotierende und oszillierende Bewegungen bis zu einer Gleitgeschwindigkeit von 3,3 m/s
- Linearbewegungen bis 6 m/s
- Temperaturbereich -40°C bis 110°C



Abb. 20: P200 –Gleitlager mit Schmieraschen und Schmierloch

P202 und P203 haben glatte Gleitflächen und sind unter hydrodynamischen Bedingungen einsetzbar. P202 ist nacharbeitbar.

Motor Service bietet die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände als Service an.



##### Wichtiger Hinweis:

Die Werkstoffe P202 und P203 sind auf Anfrage lieferbar.

Tab. 17: Werkstoffausführung P202 und P203 auf Anfrage lieferbar

Werkstoff	Ausführungen		
	Einbaufertig	Schmieraschen	Bearbeitungszugabe
P200	•	•	
P202			•
P203	•		

## Werkstoffaufbau P200, P202, P203

<b>1</b>	<b>Gleitschicht</b>
	PVDF-Matrix mit Füllstoffen <sup>1)</sup> Schichtdicke [mm]: 0,08 - 0,20
<b>2</b>	<b>Zwischenschicht</b>
	Zinn-Bronze Schichtdicke [mm]: 0,20 - 0,35 Porenvolumen [%]: ca. 50
<b>3</b>	<b>Lagerrücken</b>
	Stahl Stahldicke [mm]: Variabel Stahlhärte [HB]: 100 - 180

Tab. 18: Systemaufbau

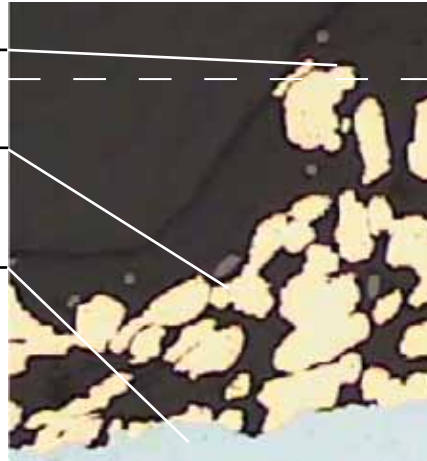


Abb. 19: Schichtsystem

## Chemische Zusammensetzung

Gleitschicht	
Komponenten	Gewichts-%
PTFE	9 bis 12
Verschleiß- und reibungsmindernde Füllstoffe	22 bis 26
PVDF	Rest
Zwischenschicht	
Komponenten	Gewichts-%
Sn	9 bis 11
P	max. 0,05
sonstige	max. 0,05
Cu	Rest
Lagerrücken	
Material	Materialinformation
Stahl	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 19: Chemische Zusammensetzung

## Werkstoffkennwerte

Kennwerte, Grenzbelastung	Zeichen	Einheit	Wert
Zulässiger pv-Wert	$p_{v_{zul}}$	MPa·m/s	3,3
Zulässige spezifische Lagerlast			
• statisch	$p_{zul}$	MPa	250
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,024$ m/s	$p_{zul}$	MPa	140
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,047$ m/s	$p_{zul}$	MPa	70
• Punktlast, Umfangslast, schwellend bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,094$ m/s	$p_{zul}$	MPa	35
Zulässige Gleitgeschwindigkeit			
• fettgeschmiert, rotierend, oszillierend	$v_{zul}$	m/s	3,3
• fettgeschmiert, linear	$v_{zul}$	m/s	6
• hydrodynamischer Betrieb	$v_{zul}$	m/s	6
Zulässige Temperatur	$T_{zul}$	°C	-40 bis +110
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	$\alpha_{St}$	K <sup>-1</sup>	$11 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitzahl			
• Stahlrücken	$\lambda_{St}$	W(mK) <sup>-1</sup>	< 4

Tab. 20: Werkstoffkennwerte

<sup>1)</sup> Mit dieser Masse sind auch die Hohlräume der Zwischenschicht gefüllt.

## 5.1

### Formeln zur Berechnung der Lebensdauer

Aus den bisherigen Angaben der Einflüsse auf die Lebensdauer und die Betriebssicherheit von Permaglide®-Gleitlagern kann gemäß den nachstehenden Gleichungen eine näherungsweise Abschätzung der zu erwartenden Lebensdauer durchgeführt werden.

#### Nominelle Lebensdauer $L_N$ für wartungsfreie P1-Gleitlager

[ 1 ] Bewegung: rotierend, oszillierend

$$L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R \quad [h]$$

[ 2 ] Bewegung: linear

$$L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R \cdot f_L \quad [h]$$

#### Nominelle Lebensdauer $L_N$ für wartungsarme, fettgeschmierte P2-Gleitlager

[ 3 ] Bewegung: rotierend, oszillierend

$$L_N = \frac{2000}{(pv)^{1,5}} f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R \quad [h]$$

Bewegung: linear

*Die Berechnung der nominellen Lebensdauer bei Linearbewegung und unter Fett-schmierung ist wegen der nicht exakt erfassbaren Einflüsse (z.B. Schmutz, Schmierstoffalterung u.a.) wenig sinnvoll. Motor Service bietet, gestützt auf praktische Erfahrung, hier Beratung als Service an.*

[ 4 ] Spezifische Lagerlast, Buchse

$$p = \frac{F}{D_i \cdot B} \quad [MPa]$$

[ 5 ] Spezifische Lagerlast, Anlaufscheibe

$$p = \frac{4 \cdot F}{(D_o^2 - D_i^2) \cdot \pi} \quad [MPa]$$

[ 6 ] Gleitgeschwindigkeit, Buchse rotierend

$$v = \frac{D_i \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \quad [m/s]$$

[ 7 ] Gleitgeschwindigkeit, Anlaufscheibe, rotierend

$$v = \frac{D_o \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \quad [m/s]$$

[ 8 ] Gleitgeschwindigkeit, Buchse, oszillierend

$$v = \frac{D_i \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{2\varphi \cdot n_{osz}}{360^\circ} \quad [\text{m/s}]$$

[ 9 ] Gleitgeschwindigkeit, Anlaufscheibe, oszillierend

$$v = \frac{D_o \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{2\varphi \cdot n_{osz}}{360^\circ} \quad [\text{m/s}]$$

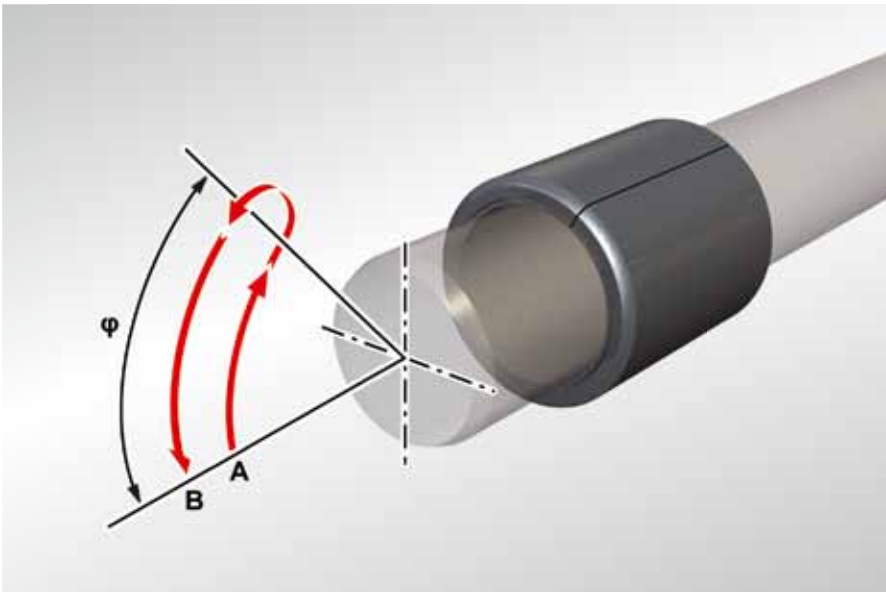


Abb. 22: Schwenkwinkel  $\varphi$   
Die Schwenkfrequenz  $n_{osz}$  ist die Anzahl der Bewegungen von A nach B pro Minute.

[ 10 ] Berechnung pv-Wert

$$pv = p \text{ [MPa]} \cdot v \text{ [m/s]} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m/s}]$$

$p_{v\text{zul}}$ für	P10, P10Bz	..... $\leq 1,8 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P14	..... $\leq 1,6 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P147	..... $\leq 1,4 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P 20	..... $\leq 3,0 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P200	..... $\leq 3,3 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$

Korrekturfaktoren	P1	P2
$f_p$ = Spezifische Lagerlast	Abb. 23	Abb. 27
$f_t$ = Temperatur	Abb. 24	Abb. 28
$f_v$ = Gleitgeschwindigkeit	Abb. 25	Abb. 29
$f_R$ = Rautiefe	Abb. 26	Abb. 30
$f_A$ = Belastungsfall	Abb. 31	Abb. 31
$f_w$ = Werkstoff	Tab. 21	Tab. 21
$f_L$ = Linearbewegung, [ 11 ]	Abb. 32	---



## Korrekturfaktoren für P10 P10Bz\*, P14 und P147\*

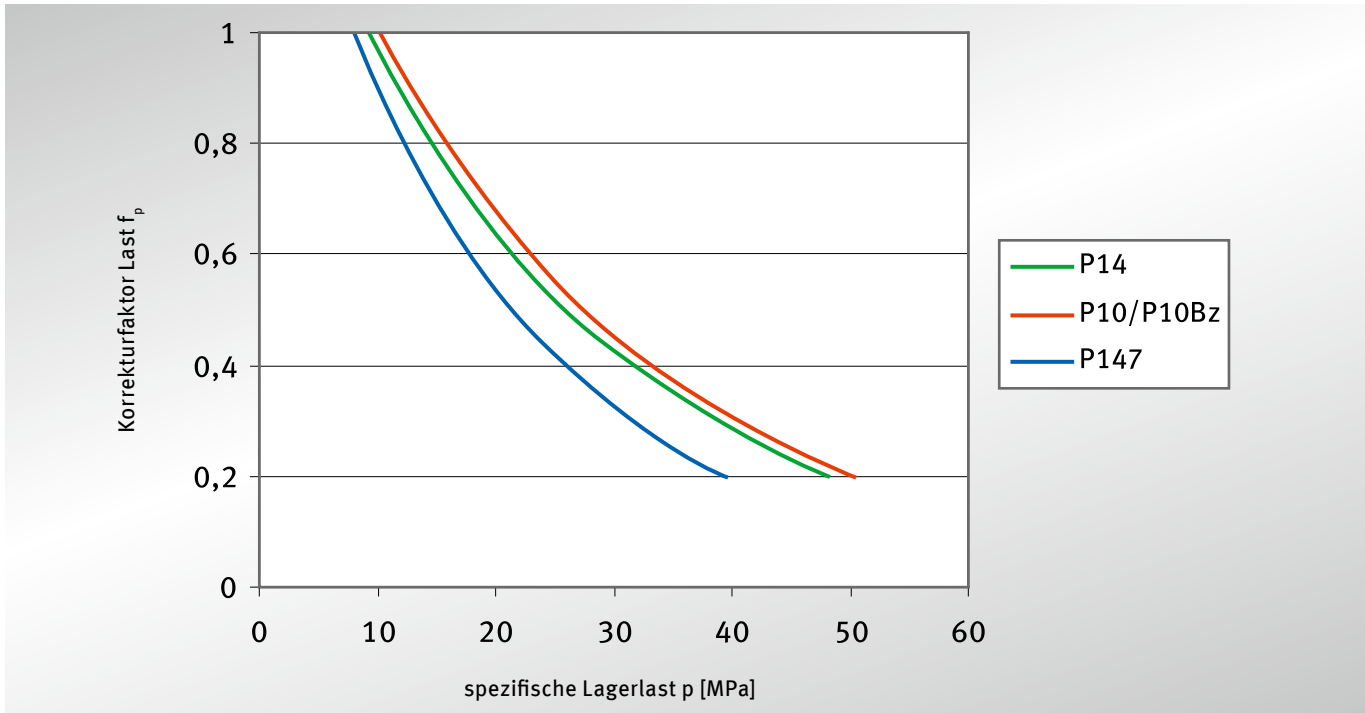


Abb. 23: Korrekturfaktor Last  $f_p$

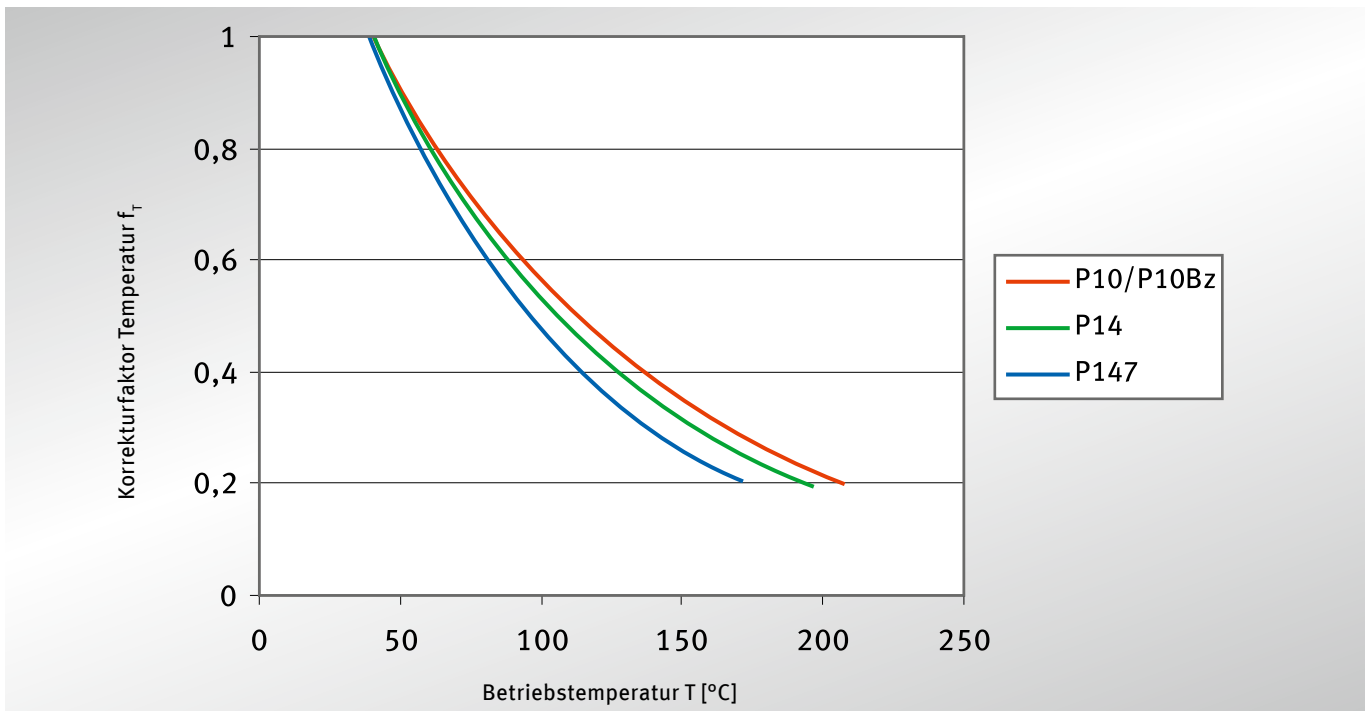


Abb. 24: Korrekturfaktor Temperatur  $f_T$

\* Auf Anfrage

## Korrekturfaktoren für P10 P10Bz\*, P14 und P147\*

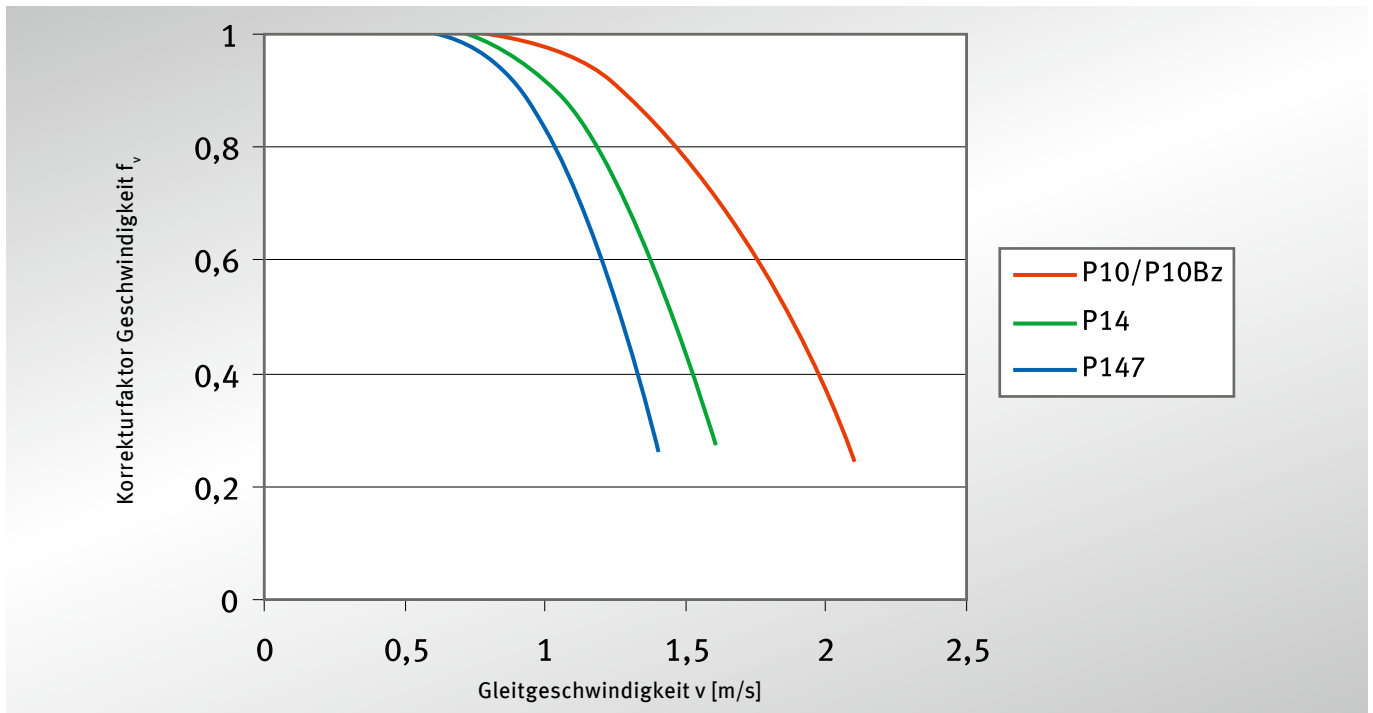


Abb. 25: Korrekturfaktor Gleitgeschwindigkeit  $f_v$

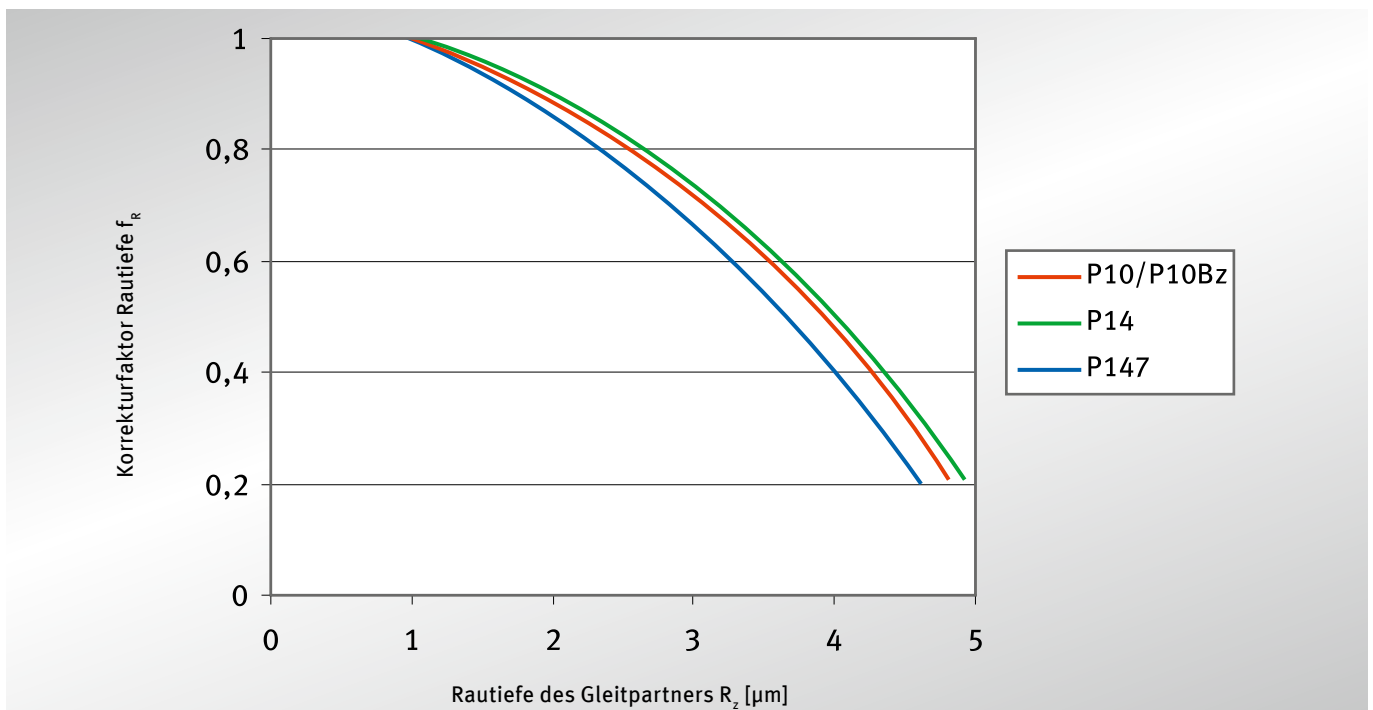


Abb. 26: Korrekturfaktor Rautiefe  $f_R$



## Korrekturfaktoren für P20 P22\*, P23\* und P200, P202\*, P203\*

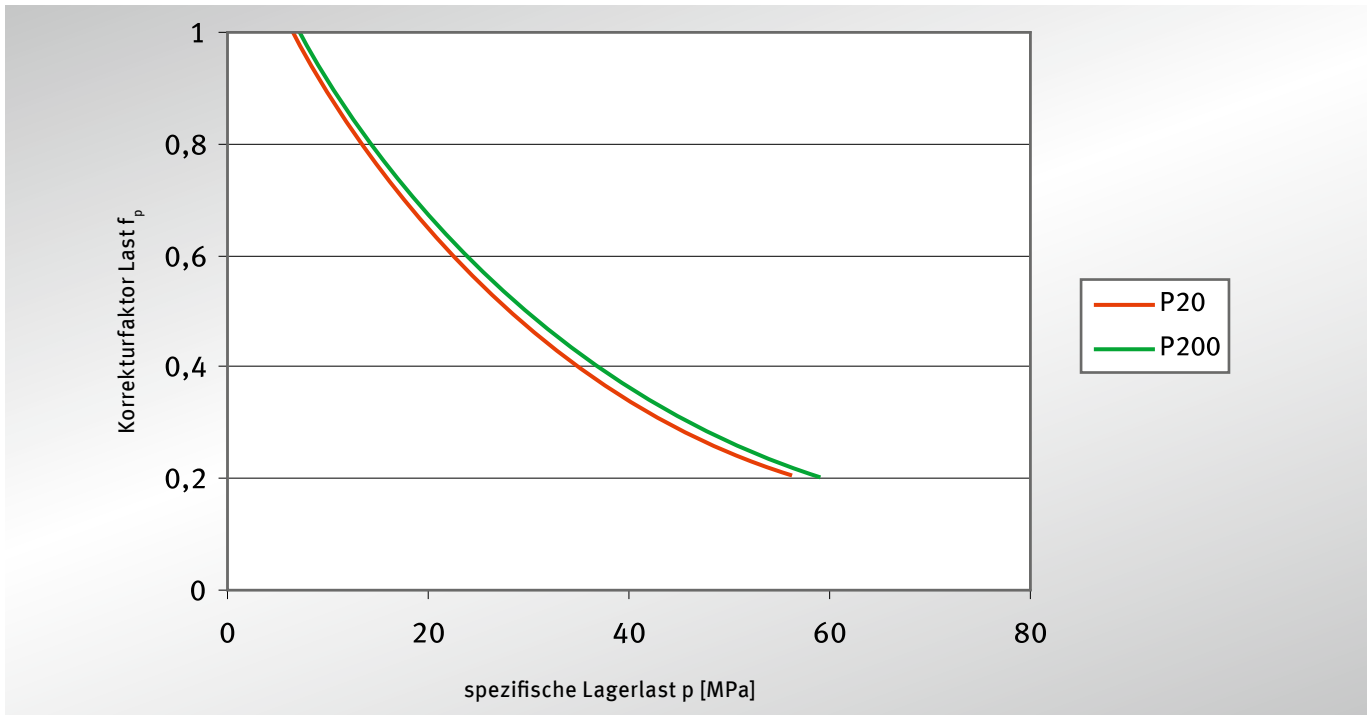


Abb. 27: Korrekturfaktor Last  $f_p$

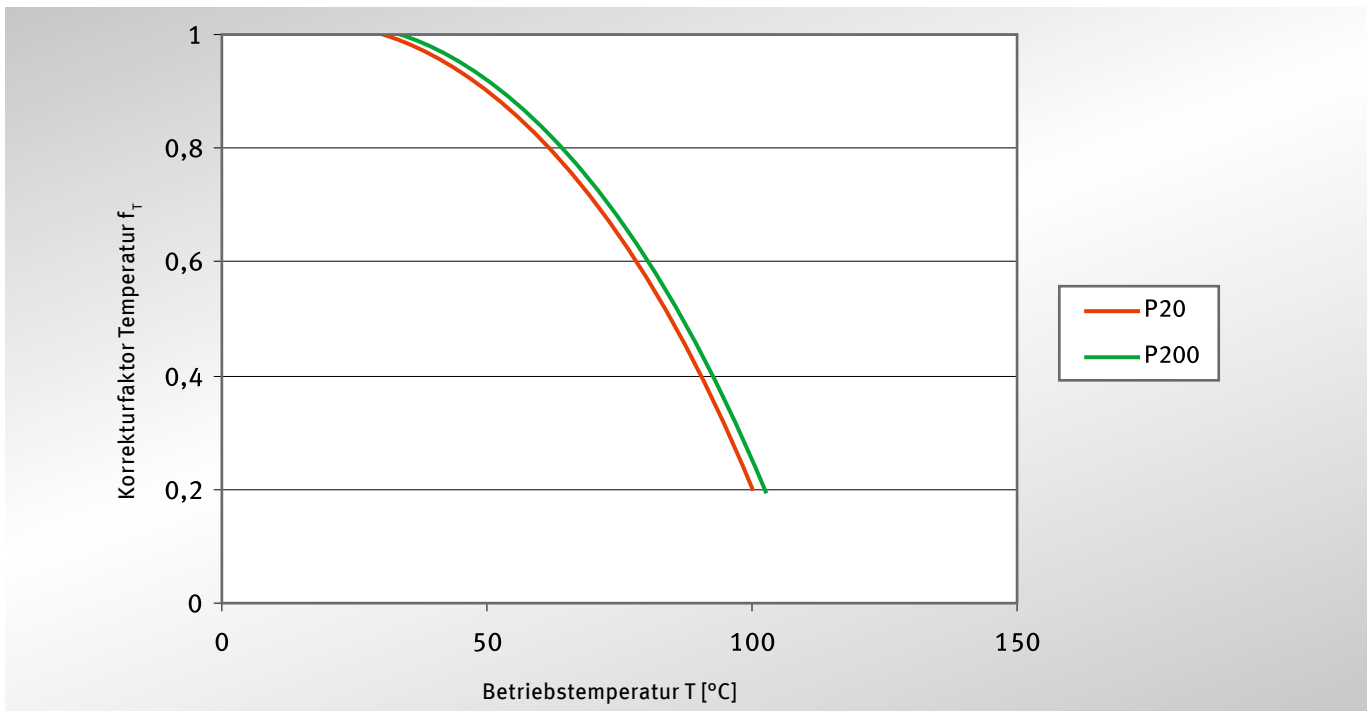


Abb. 28: Korrekturfaktor Temperatur  $f_T$

\* Auf Anfrage



## Korrekturfaktoren für P20 P22\*, P23\* und P200, P202\*, P203\*

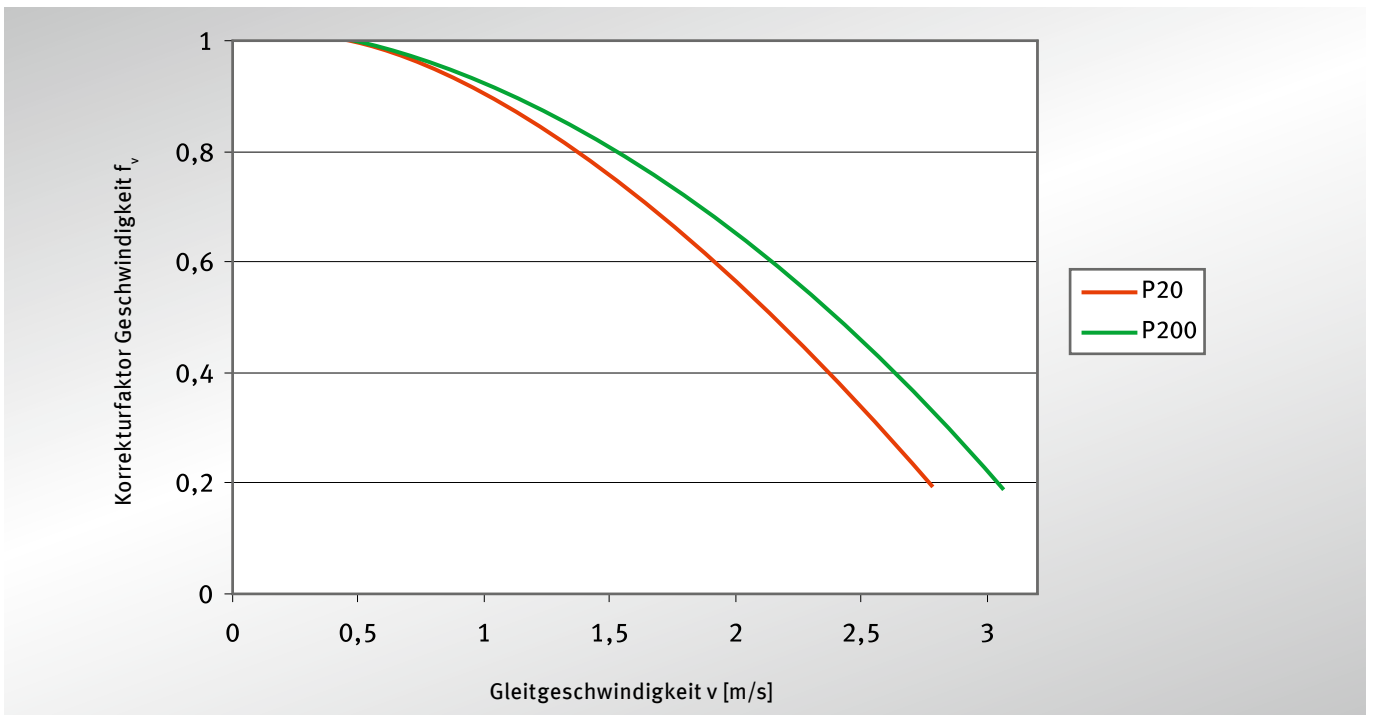


Abb. 29: Korrekturfaktor Gleitgeschwindigkeit  $f_v$

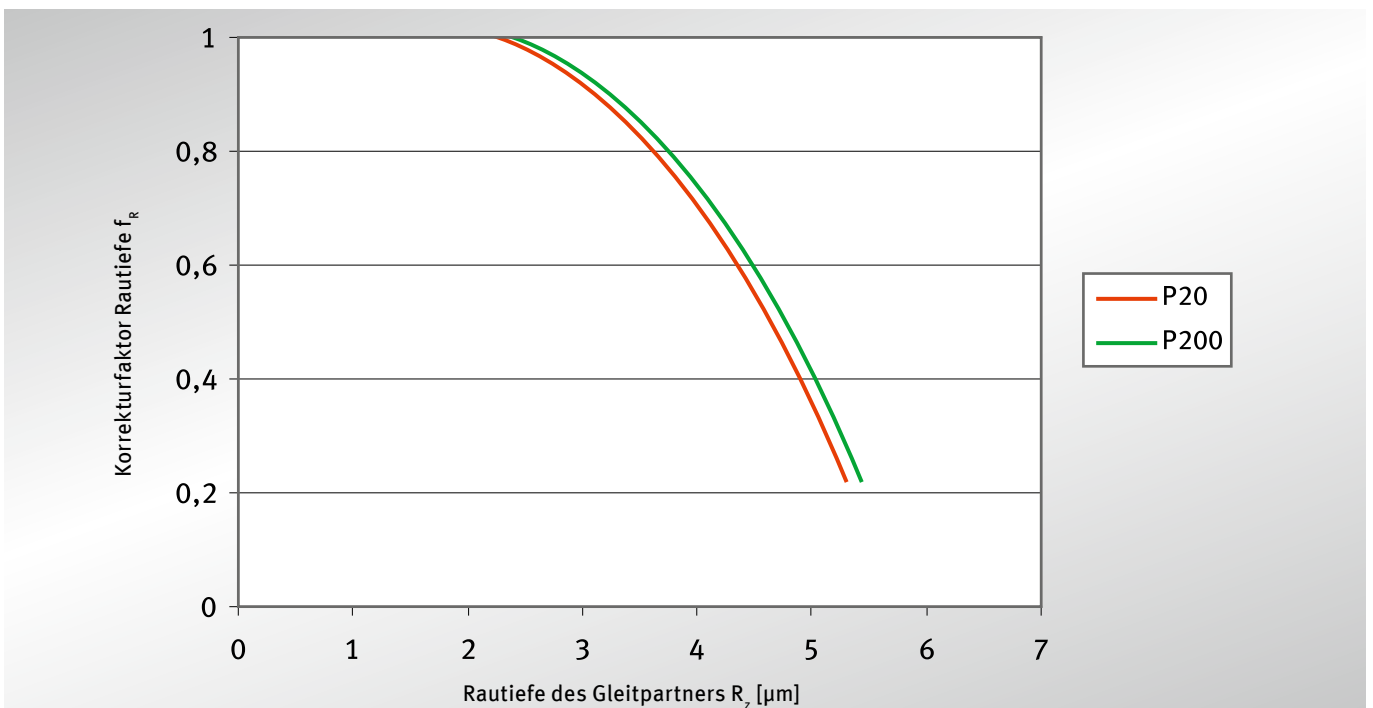


Abb. 30: Korrekturfaktor Rautiefe  $f_R$



## Korrekturfaktor Belastungsfall

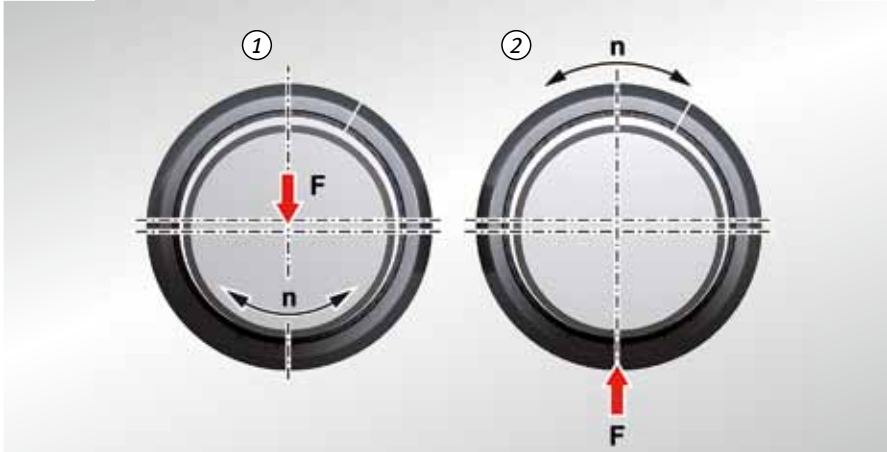


Abb. 31: Korrekturfaktor Belastung  $f_A$

Nr. (s. Abb. 31)	Belastungsart	$f_A$
1	Punktlast	1
2	Umfangslast	2
-	Axiallast	1
-	Linearbewegung	1

## Korrekturfaktor Linearbewegung

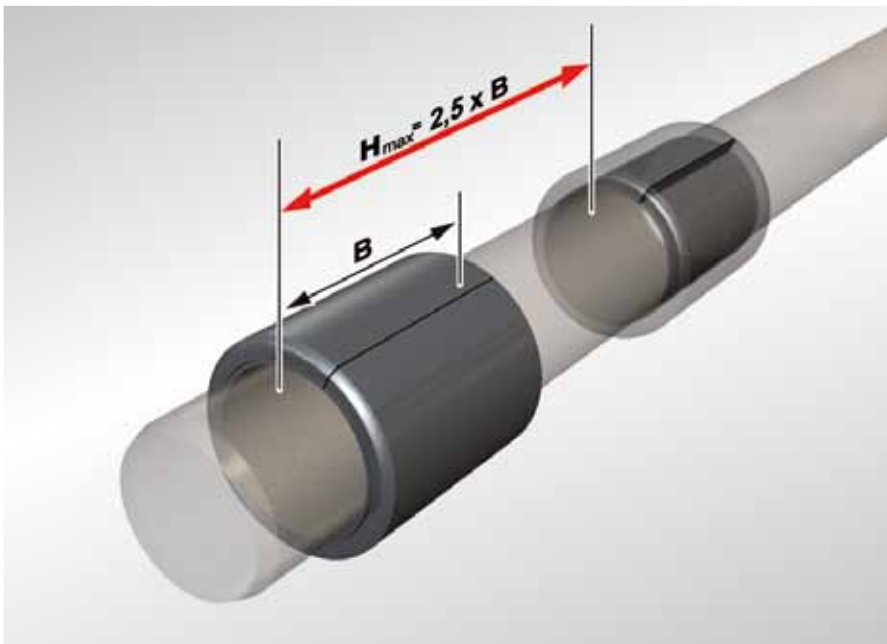


Abb. 32: Linearbewegung, Hub  $H_{max}$ .

## Korrekturfaktor Gleitpartner – Werkstoff

Werkstoff der Gegenlauffläche	$f_w$
Stahl	1
nitrierter Stahl	1
korrosionsarmer Stahl	2
hartverchromter Stahl (Schichtdicke mind. 0,013 mm)	2
verzinkter Stahl (Schichtdicke mind. 0,013 mm)	0,2
phosphatierter Stahl (Schichtdicke mind. 0,013 mm)	0,2
Grauguss R <sub>z</sub> 2	1
eloxiertes Aluminium	0,4
harteloxiertes Aluminium (Härte 450 + 50 HV; 0,025 mm dick)	2
Legierungen auf Kupfer-Basis	0,1 bis 0,4
Nickel	0,2

Tab. 21: Korrekturfaktor Werkstoff  $f_w$   
(bei Rautiefe R<sub>z</sub> 0,8 bis R<sub>z</sub> 1,5)

[ 11 ] Korrekturfaktor Linearbewegung  $f_L$   
berechnen:

$$f_L = 0,65 \frac{B}{H + B} \quad [ 1 ]$$

$B$  = Buchsenbreite [mm]

$H$  = Hub [mm]



## Besondere Betriebsbedingungen

Besondere Betriebsbedingungen können die berechnete Lebensdauer sowohl verlängern als auch verkürzen. Oft lassen sich solche Einflüsse nicht exakt erfassen. Tabelle 22 zeigt einige typische Erfahrungswerte.

## Bewertung der errechneten Lebensdauer

Wie schon im Kapitel Grundlagen ausgeführt, ist die Berechnung der Lebensdauer von P1/P2 Gleitlagern immer noch mit Unsicherheiten behaftet. Das hängt zum einen von den vielen Einflussgrößen und deren Wechselwirkungen ab. Zum anderen sind Einflüsse wie Korrosion, Schmierstoffalterung, chemische Einwirkung, Verschmutzung auf die erwartete Lebensdauer mathematisch nicht exakt erfassbar.



### Wichtiger Hinweis:

Die errechnete Lebensdauer kann deshalb nur ein Richtwert sein. Es ist empfehlenswert, den Einsatz von Permaglide®-Gleitlagern durch anwendungsnahe Tests abzusichern.

Betriebsbedingungen	Einfluss auf die Lebensdauer	Begründung
Trockenlauf; zeitweilig aussetzend	wirkt Lebensdauer- verlängernd	die Lagerstelle kann immer wieder abkühlen. Dies wirkt sich günstig auf die zu erwartende Lebensdauer aus.
Abwechselnd trockenlaufend, im Wasserlaufend	wirkt Lebensdauer- vermindernd	im Wasser sind hydrodynamische Bedingungen nur eingeschränkt erreichbar. Dies und der Wechsel mit Trockenlauf erhöhen den Verschleiß.
Dauerbetrieb in flüssigen Schmiermitteln	wirkt stark Lebens- dauer- verlängernd	hier liegen Mischreibungs- oder hydrodynamische Zustände vor. Die Reibungswärme wird durch das Schmiermittel aus der Kontaktzone abgeleitet. Im hydrodynamischen Zustand arbeitet das Gleitlager praktisch verschleißfrei.
Dauerbetrieb in Schmierfetten	wirkt Lebensdauer- reduzierend oder - verlängernd	Feststoffzusätze wie MoS <sub>2</sub> oder ZnS fördern die Pastenbildung und können die Lebensdauer reduzieren. Durch konstruktive Maßnahmen (Bohrung/Nuten in der Auslaufzone) und durch regelmäßiges Nachschmieren kann die nominelle Lebensdauer verlängert werden. (siehe auch Kap. 6, Punkt „Schmierung“)

Tab. 22: Besondere Betriebsbedingungen

## 5.2

### Berechnungsbeispiele

#### Abschätzung der Lebensdauer

**Berechnungsbeispiel: P14-Buchse mit einer erforderlichen Lebensdauer >1200 h**

**Gegeben:**

Betriebsdaten		Konstruktionsdaten		Weitere Bedingungen
Welle rotierend (Dauerbetrieb)				
Trockenlauf		Lagerdurchmesser	$D_i = 20 \text{ mm}$	Bleifrei
Punktlast	$F = 270 \text{ N}$	Lagerbreite	$B = 15 \text{ mm}$	
Drehzahl	$n = 325 \text{ min}^{-1}$	Wellenwerkstoff	Stahl	
Temperatur	$T = 70 \text{ °C}$	Wellenrautiefe	$R_z = 2 \text{ }\mu\text{m}$	

**Gesucht: Nominelle Lebensdauer  $L_N$**

#### 1. Spezifische Lagerlast p

$$[4] \quad p = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{270 \text{ N}}{20 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm}} = 0,9 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{MPa}$$

#### 2. Gleitgeschwindigkeit v

$$[6] \quad v = \frac{D_i \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} = \frac{20 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 325 \text{ min}^{-1}}{60 \cdot 10^3} = 0,34 \text{ m/s}$$

#### 3. pv-Wert

$$[10] \quad pv = p [\text{MPa}] \cdot v [\text{m/s}] = 0,9 \text{ MPa} \cdot 0,34 \text{ m/s} \approx 0,31 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$$

#### 4. Prüfen: pv-Wert zulässig?

Abb. 10

$$pv \ 0,31 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} < pv_{\text{zul.}} \ 1,6 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$$

#### 5. Korrekturfaktoren bestimmen

• Belastungsfall für Punktlast	Abb. 31	$f_A = 1$
• Last	Abb. 23	$f_p = 1$
• Gleitgeschwindigkeit	Abb. 25	$f_v = 1$
• Temperatur (70 °C)	Abb. 24	$f_T = 0,65$
• Rautiefe ( $R_z \ 2 \ \mu\text{m}$ )	Abb. 26	$f_R = 0,9$
• Wellenwerkstoff (Stahl)	Tab. 21	$f_w = 1$

#### 6. Nominelle Lebensdauer $L_N$

$$[1] \quad L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R = \frac{400}{0,31^{1,2}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 0,9 \cdot 1 = 954 \text{ h}$$

**Ergebnis:** Mit  $L_N = 954 \text{ h}$  ist die Forderung  $L_N > 1200 \text{ h}$  nicht erfüllt.



## Neuberechnung mit auf 20 mm vergrößerter Lagerbreite

### 1. Spezifische Lagerlast p

$$[4] \quad p = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{270 \text{ N}}{20 \text{ mm} \cdot 20 \text{ mm}} = 0,675 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{MPa}$$

### 2. Gleitgeschwindigkeit v

$$[6] \quad v = \frac{D_i \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} = \frac{20 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 325 \text{ min}^{-1}}{60 \cdot 10^3} = 0,34 \text{ m/s}$$

### 3. pv-Wert

$$[10] \quad pv = p [\text{MPa}] \cdot v [\text{m/s}] = 0,675 \text{ MPa} \cdot 0,34 \text{ m/s} \approx 0,23 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$$

### 4. Prüfen: pv-Wert zulässig?

Abb. 10

$pv \text{ } 0,23 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} < pv_{\text{zul.}} \text{ } 1,6 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$

### 5. Korrekturfaktoren bestimmen

• Belastungsfall für Punktlast	Abb. 31	$f_A = 1$
• Last	Abb. 23	$f_p = 1$
• Gleitgeschwindigkeit	Abb. 25	$f_v = 1$
• Temperatur (70 °C)	Abb. 24	$f_T = 0,65$
• Rautiefe ( $R_z$ 2 $\mu\text{m}$ )	Abb. 26	$f_R = 0,9$
• Wellenwerkstoff (Stahl)	Tab. 21	$f_w = 1$

### 6. Nominelle Lebensdauer $L_N$

$$[1] \quad L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R = \frac{400}{0,23^{1,2}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 0,95 \cdot 1 = 1365 \text{ h}$$

**Ergebnis:** Mit  $L_N = 1365 \text{ h}$  ist die Forderung  $L_N > 1200 \text{ h}$  erfüllt.

Gewählt: Buchse PAP 2020 P14

## 5 | Berechnung der nominellen Lebensdauer

### Abschätzung der Lebensdauer

Berechnungsbeispiel: P200-Anlaufscheibe

PAW 32 P200 mit einer erforderlichen

Lebensdauer >1500 h

Gegeben:

Betriebsdaten		Konstruktionsdaten		Weitere Bedingungen
Welle rotierend (Dauerbetrieb)				
Axiallast	F = 2000 N	Anlaufscheibe	D <sub>i</sub> = 32 mm	Bleifrei, deshalb Werkstoffwahl P200 (mit Schmieraschen)
Drehzahl	n = 300 min <sup>-1</sup>	Außendurchmesser	D <sub>o</sub> = 54 mm	
Temperatur	T = 50 °C	Wellenwerkstoff	Stahl	
Trockenlauf		Wellenrautiefe	R <sub>z</sub> = 3 µm	

Gesucht: Nominelle Lebensdauer L<sub>N</sub>

#### 1. Spezifische Lagerlast p

$$[4] \quad p = \frac{4 \cdot F}{(D_o^2 - D_i^2) \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 2000 \text{ N}}{(54^2 - 32^2) \cdot \pi} \approx 1,35 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{MPa}$$

#### 2. Gleitgeschwindigkeit v

$$[6] \quad v = \frac{D_o \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} = \frac{54 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 300 \text{ min}^{-1}}{60 \cdot 10^3} \approx 0,85 \text{ m/s}$$

#### 3. pv-Wert

$$[10] \quad pv = p [\text{MPa}] \cdot v [\text{m/s}] = 1,35 \text{ MPa} \cdot 0,85 \text{ m/s} \approx 1,15 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$$

#### 4. Prüfen: pv-Wert zulässig?

Abb. 14

$$pv \ 1,15 \text{ MPa} \cdot \text{m/s} < pv_{\text{zul.}} \ 3,3 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$$

#### 5. Korrekturfaktoren bestimmen

• Belastungsfall für Axiallast	Abb. 31	f <sub>A</sub> = 1
• Last	Abb. 27	f <sub>p</sub> = 1
• Gleitgeschwindigkeit	Abb. 29	f <sub>v</sub> = 1
• Temperatur (50 °C)	Abb. 28	f <sub>T</sub> = 0,92
• Rautiefe (R <sub>z</sub> 3 µm)	Abb. 30	f <sub>R</sub> = 0,9
• Wellenwerkstoff (Stahl)	Tab. 21	f <sub>w</sub> = 1

#### 6. Nominelle Lebensdauer L<sub>N</sub>:

$$[1] \quad L_N = \frac{2000}{(pv)^{1,5}} f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R = \frac{2000}{1,15^{1,5}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1343 \text{ h}$$

**Ergebnis:** Mit L<sub>N</sub> = 1343 h ist die Forderung L<sub>N</sub> > 1500 h nicht erfüllt.



## Neuberechnung mit größerer Anlaufscheibe PAW 38 P200

### 1. Spezifische Lagerlast p

$$[4] \quad p = \frac{4 \cdot F}{(D_o^2 - D_i^2) \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 2000 \text{ N}}{(62^2 - 38^2) \cdot \pi} \approx 1,06 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{MPa}$$

### 2. Gleitgeschwindigkeit v

$$[6] \quad v = \frac{D_o \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} = \frac{62 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 300 \text{ min}^{-1}}{60 \cdot 10^3} \approx 0,97 \text{ m/s}$$

### 3. pv-Wert

$$[10] \quad pv = p \text{ [MPa]} \cdot v \text{ [m/s]} = 1,06 \text{ MPa} \cdot 0,97 \text{ m/s} \approx 1,03 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$$

### 4. Prüfen: pv-Wert zulässig?

Abb. 14

pv 1,03 MPa · m/s < pv<sub>zul.</sub> 3,3 MPa · m/s

### 5. Korrekturfaktoren bestimmen

• Belastungsfall für Axiallast	Abb. 31	$f_A = 1$
• Last	Abb. 27	$f_p = 1$
• Gleitgeschwindigkeit	Abb. 29	$f_v = 1$
• Temperatur (50 °C)	Abb. 28	$f_T = 0,92$
• Rautiefe ( $R_z$ 3 µm)	Abb. 30	$f_R = 0,9$
• Wellenwerkstoff (Stahl)	Tab. 21	$f_w = 1$

### 6. Nominelle Lebensdauer $L_N$ :

$$[1] \quad L_N = \frac{2000}{(pv)^{1,5}} f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R = \frac{2000}{1,03^{1,5}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1584 \text{ h}$$

**Ergebnis:** Mit  $L_N = 1584 \text{ h}$  ist die Forderung  $L_N > 1500 \text{ h}$  erfüllt.

Gewählt: Anlaufscheibe PAW 38 P200

## 6 | Typische Gleitlagerschäden

Neben den Verschleißfaktoren Lagerlast, Gleitgeschwindigkeit, Temperatur, Wellenwerkstoff und Wellenoberfläche unterliegen Gleitlager weiteren Beanspruchungen aus den Betriebsbedingungen mit zum Teil erheblichen Auswirkungen auf die Betriebssicherheit und Lebensdauer.

### **Tribochemische Reaktion, Korrosion**

Permaglide®-Gleitlager sind grundsätzlich beständig gegen Wasser (außer P14), Alkohole, Glykole und viele Mineralöle. Einige Medien greifen jedoch den Werkstoffverbund, insbesondere die Bronzeanteile merklich an. Die Gefährdung beginnt meistens oberhalb von 100°C Betriebstemperatur. Dies kann zur Funktionseinschränkung führen.

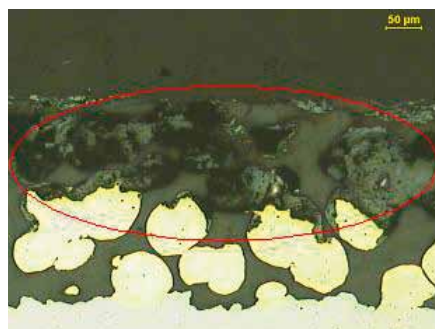


Abb. 33: Schädigung durch chemische Einwirkung

Die P1-Werkstoffgruppe ist gegen saure Medien ( $\text{pH} < 3$ ) und alkalische Medien ( $\text{pH} > 12$ ) nicht beständig. Oxidierende Säuren und Gase wie freie Halogenide, Ammoniak oder Schwefelwasserstoff schädigen den Bronzerücken von P10Bz.

Gefährdet Korrosion die Lauffläche des Gleitpartners (Welle), sind folgende Werkstoffe sinnvoll:

- korrosionsarme Stähle
- hartverchromte Stähle
- harteloxiertes Aluminium

Diese korrosionsbeständigen Werkstoffe senken auch noch die Verschleißrate.

### **Quellneigung**

Bei Anwesenheit bestimmter Medien und bei Betriebstemperaturen  $> 100^\circ\text{C}$  kann bei der P1-Werkstoffgruppe die Einlaufschicht (Festschmierstoff) aufquellen. Die Wanddicke des Gleitlagers kann je nach Medium bis zu 0,03 mm zunehmen.

#### **Abhilfe:**

- Lagerspiel vergrößern
- Gleitlager aus P14/P147 einsetzen. Hier ist die Quellneigung mit  $< 0,01$  mm deutlich geringer.

Bitte beachten, dass P14 nur bis zu einer Gleitgeschwindigkeit von 1 m/s und P147 bis zu einer Gleitgeschwindigkeit von 0,8 m/s eingesetzt werden soll.

### **Elektrochemische Kontaktkorrosion**

Unter ungünstigen Bedingungen können sich Lokalelemente bilden und die Betriebssicherheit senken.

#### **Abhilfe :**

Werkstoffpaarung entsprechend auswählen

### **Mikro-Gleitbewegungen**

Treten bei Schwenkbewegungen bzw. Linearbewegungen pro Zyklus sehr kleine Gleitwege auf, kann sich bei P1-Lagern kein Schmierfilm bilden. Dies bedeutet, dass nach dem Einlaufvorgang zwischen Bronze-Gleitschicht und Wellenoberfläche metallische Kontaktzonen entstehen. Hierdurch wird erhöhter Verschleiß erzeugt. Es besteht die Gefahr des Fressens der Welle.

#### **Abhilfe:**

Lagerstelle schmieren  
Bitte nachstehenden Abschnitt „Schmierung“ beachten.

### **Schmierung**

In bestimmten Anwendungsfällen kann es erforderlich sein, die Kontaktfläche zwischen dem P1-Gleitlager und dem Gleitpartner mit Fettschmierung oder Ölschmierung zu versehen. Hierdurch kann es zu deutlichen Abweichungen der zu erwartenden Lebensdauer kommen. Der Einsatz von Fett oder Öl kann sowohl verkürzend als auch verlängernd wirken. (Tab. 22: Besondere Betriebsbedingungen). Lebensdauerverkürzend wirkt einerseits die Behinderung der Festschmierstoffübertragung während des Einlaufvorganges. Andererseits fördert die Anwesenheit von Fett oder Öl die so genannte Pastenbildung. Unter Pastenbildung versteht man das Vermengen von Fett oder kleineren Ölmengen mit dem Materialabrieb aus der Kontaktzone. Die Paste legt sich in Drehrichtung an der Auslaufzone fest und behindert die Wärmeabfuhr. Teile der Paste werden wieder mit in die Kontaktzone eingeschleppt und wirken verschleißfördernd. Fettschmierstoffe mit Zusätzen von Zinksulfid oder Molybdändisulfid verstärken die Neigung zur Pastenbildung. Ist Fettschmierung bei P1 Gleitlagern nicht zu vermeiden, so kann man mit folgenden Maßnahmen der Pastenbildung entgegenwirken:

- regelmäßig nachschmieren (z.B. mit Lithiumseifenfett)
- Einbringen von Bohrungen oder Nuten in der Auslaufzone, damit die Paste sich ablagern kann.



#### **Achtung:**

Bohrungen oder Nuten verringern die Querschnittsfläche der Buchsenwand. Ist der Anteil  $>10\%$ , muss dies bei der Berechnung (Festsitz, Überdeckung) berücksichtigt werden.

P2-Gleitlager benötigen Schmierung. Geeignete Fetttypen siehe Kapitel 3.2 „Wartungsarme Permaglide® P2-Gleitlager“, Abschnitt „Fettschmierung“.



## Kavitation, Erosion

Permaglide®-Gleitlager lassen sich unter hydrodynamischen Bedingungen betreiben.

### Vorteil:

- höhere Gleitgeschwindigkeiten als bei Trockenlauf, bzw. Fettschmierung sind möglich.
- Nahezu verschleißfreier Betrieb, da oberhalb der Übergangsdrehzahl die beiden Gleitoberflächen durch die Schmierflüssigkeit getrennt sind. Es herrscht nur reine Flüssigkeitsreibung.
- selbstschmierende Wirkung der Gleitlager bei Mischreibung (unterhalb der Übergangsdrehzahl).

Dennoch können unter hydrodynamischen Bedingungen spezielle Schäden in der Gleitfläche des Lagers auftreten, besonders Kavitationsschäden und Erosionsschäden.

Kavitation und Erosion treten meist gleichzeitig auf. Besonders bei hoher Gleitgeschwindigkeit ist dieses Schadensbild zu beachten.

### Abhilfe:

- Gleitgeschwindigkeit herabsetzen (wenn möglich)
- Anderes Schmiermittel einsetzen (Viskosität, Tragfähigkeit über Temperatur)
- Vermeiden von Strömungsstörungen im Schmierpalt, hervorgerufen z.B. durch Ölnuten, Ölbohrungen, Öltaschen u.a.).

Motor Service bietet das Berechnen von hydrodynamisch betriebenen Permaglide®-Gleitlagern als Service an.

## Kavitationsschäden

Unter Kavitationsschäden versteht man die örtliche Zerstörung der Gleitfläche durch Druckeinwirkung. Im hydrodynamisch laufenden Gleitlager können im schnell bewegten Schmierfilm in Folge von Druckabfall Dampfblasen entstehen. Bei Druckerhöhung in der Flüssigkeit brechen die Dampfblasen zusammen. Die freiwerdende Energie greift die Gleitfläche mechanisch stark an und höhlt den Gleitwerkstoff örtlich aus.



Abb 34: Örtlicher Schaden durch Kavitation

## Erosionsschäden

Erosion ist eine mechanische Schädigung der Gleitfläche durch die Spülwirkung einer Flüssigkeit, die auch Festkörperteilchen enthalten kann. Die Druckverteilung im Schmierfilm einer hydrodynamischen Gleitlagerung wird durch Querschnittsverengung und Wirbelbildung gestört und es kommt zur mechanischen Schädigung der Lauffläche.



Abb. 35: Schaden durch Erosion in der Einlaufschicht P1-Gleitlager

## 6 | Typische Gleitlagerschäden

### Schäden durch Verschmutzung

Erreichen Schmutzteilchen die Kontaktzone zwischen Lager und Welle, so wird die Lauffläche des Lagers durch Riefenbildung geschädigt. Dies hat negative Auswirkungen auf die Lebensdauer und Betriebssicherheit.

#### Abhilfe:

- Lager abdichten
- bei Flüssigkeitsschmierung Filter vorschalten

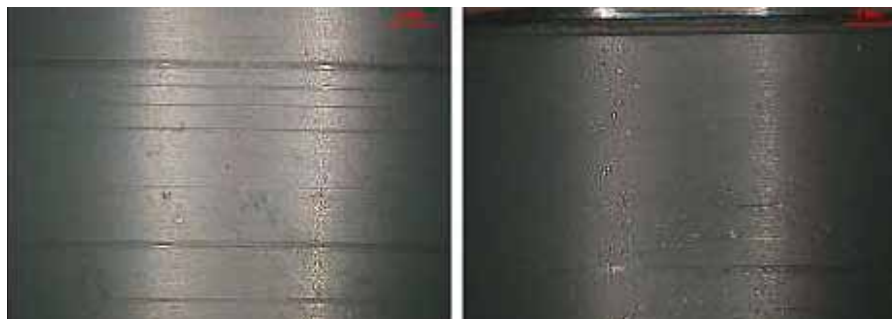


Abb. 36: P2-Gleitlager, Riefen in der Lauffläche

### Schäden durch Montagefehler

Beim Einpressen einer Gleitlagerbuchse kann es zur Schädigung der Lauffläche kommen. Häufig treten auch Fresser zwischen der Mantelfläche des Lagers und der Gehäusebohrung auf. Dies führt zu örtlichen Aufwölbungen in der Lauffläche des Lagers. Beide Schäden können die Lebensdauer deutlich verkürzen.

#### Abhilfe:

- Einpressvorrichtung mit Vorzentrierung (Hilfsring)
- optimierte Überdeckung zwischen Gehäusebohrung und Lageraussendurchmesser
- Schmutz vermeiden
- Schrägstand der Buchse beim Einpressen vermeiden
- geeignetes Schmiermittel verwenden

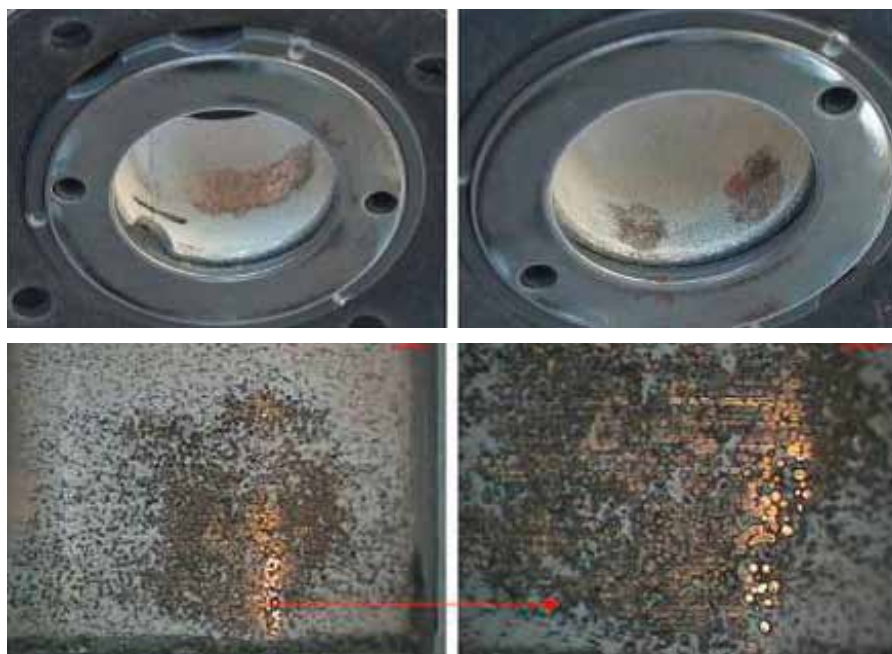


Abb. 37: Örtlich starker Verschleiß durch Montagefehler

## 7.1

### Gehäuse

#### Buchsen

Permaglide®-Buchsen werden in das Gehäuse gepresst und so radial und axial fixiert. Weitere Maßnahmen sind nicht erforderlich.

Für die Gehäusebohrung wird empfohlen:

- Rautiefe  $R_z 10$
- Fase  $f_G 20^\circ \pm 5^\circ$

Diese Fase vereinfacht das Einpressen.

Bohrungsdurchmesser $d_G$	Fasenbreite $f_G$
$d_G \leq 30$	$0,8 \pm 0,3$
$30 < d_G \leq 80$	$1,2 \pm 0,4$
$80 < d_G \leq 180$	$1,8 \pm 0,8$
$180 < d_G$	$2,5 \pm 1,0$

Tab. 23: Fasenbreite  $f_G$  an der Gehäusebohrung für Buchsen (Abb 38)

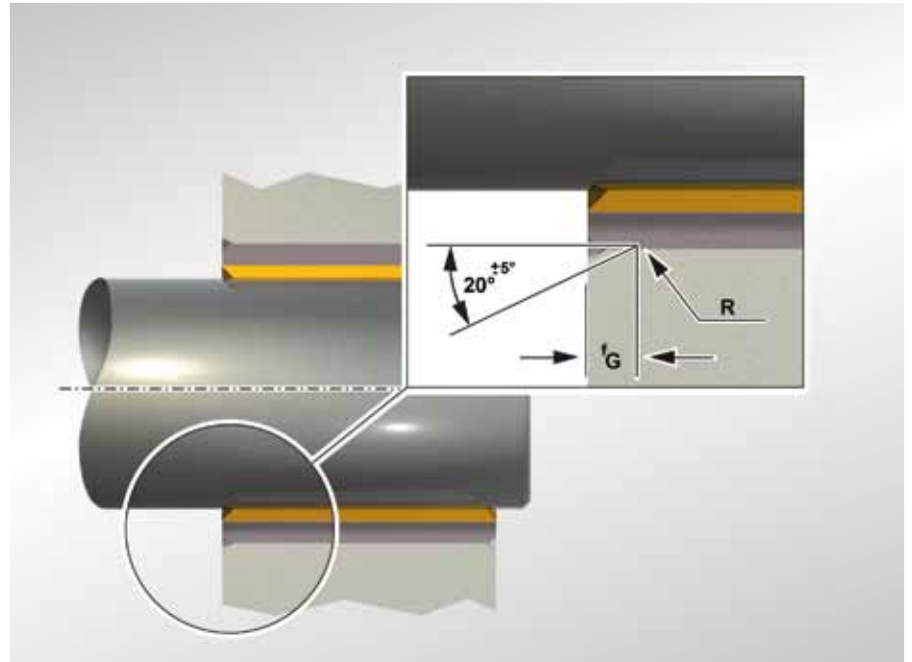


Abb. 38: Fase am Gehäuse für Buchse PAP

#### Bundbuchsen

Bei den Bundbuchsen muss der Radius am Übergang vom Radial- zum Axialteil berücksichtigt werden.

- Bundbuchsen dürfen im Radiusbereich nicht anliegen.
- Der Bund muss bei axialen Lasten genügende Unterstützung haben.

Bohrungsdurchmesser $d_G$	Fasenbreite $f_G$
$d_G \leq 10$	$1,2 \pm 0,2$
$10 < d_G$	$1,7 \pm 0,2$

Tab. 24: Fasenbreite  $f_G$  an der Gehäusebohrung für Bundbuchsen (Abb. 39)

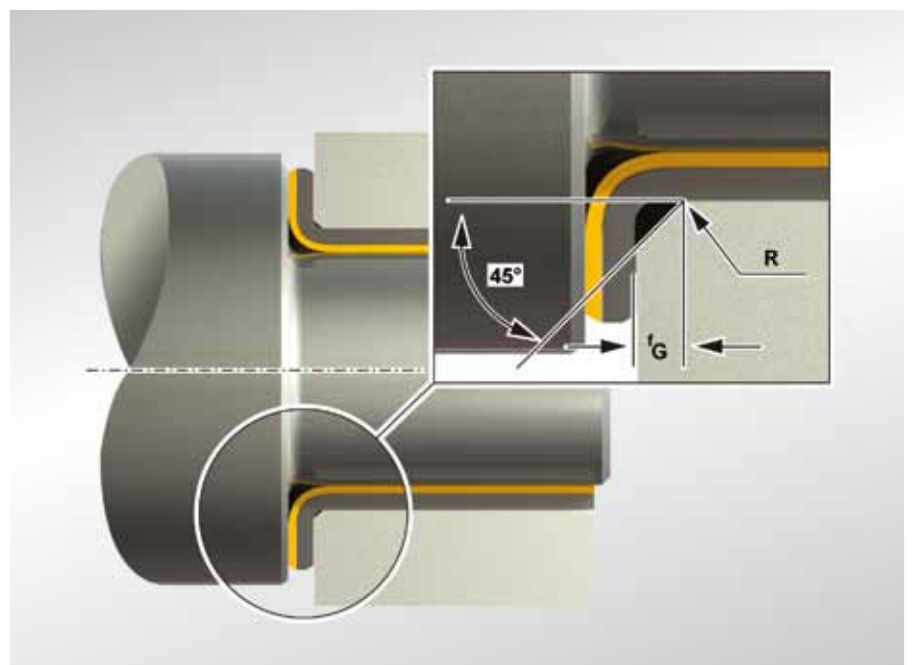


Abb. 39: Fase am Gehäuse für Buchse PAF

### Anlaufscheiben befestigen

Empfehlung:

- konzentrischer Sitz wird durch Ausnehmung im Gehäuse gesichert (Abb. 40)
  - Durchmesser und Tiefen der Freischnitte, siehe Maßtabellen
- unerwünschtes Mitdrehen wird mittels Passstift oder Senkschraube verhindert (Abb. 40 und 41)
  - Schraubenkopf oder Passstift muss gegenüber der Laufläche um min. 0,25 mm zurückgesetzt sein (Abb. 40 und 41)
  - Größe und Anordnung der Bohrungen, siehe Maßtabellen.
- Ist keine Ausnehmung im Gehäuse möglich,
- mit mehreren Passstifte oder Schrauben sichern (Abb. 41)
- andere Techniken für die Verbindung einsetzen.

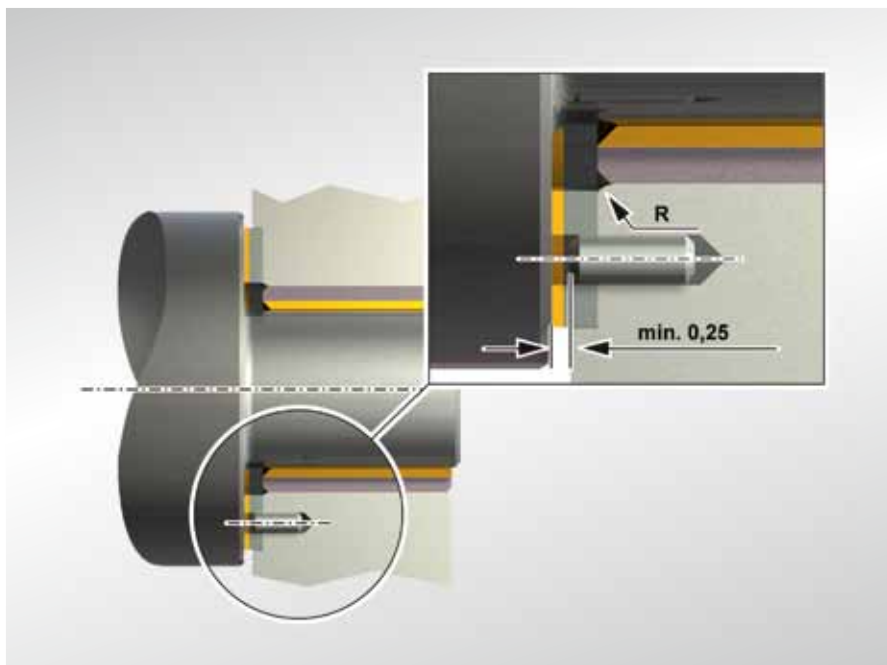


Abb. 40: Befestigen einer Anlaufscheibe PAW in einer Ausnehmung des Gehäuses

Eine Verdrehsicherung ist nicht immer notwendig. In verschiedenen Fällen ist die Haftreibung zwischen Scheibenrücken und Gehäuse ausreichend.

### Andere Verbindungstechniken

Ist der Presssitz der Buchse nicht ausreichend oder das Verstiften bzw. das Verschrauben unwirtschaftlich, können alternativ kostengünstige Verbindungstechniken eingesetzt werden:

- Laserschweißen
- Weichlöten
- Kleben, siehe „Weitere Informationen“.



### Achtung:

Die Temperatur der Einlauf- oder Gleitschicht darf nicht höher sein als +280 °C bei Permaglide® P1 und +140 °C bei Permaglide® P2. Es darf kein Klebstoff auf die Einlauf- oder Gleitschicht gelangen. Empfehlung: Bei Klebstoff-Herstellern Auskunft zum Kleben einholen, besonders über Klebstoffwahl, Oberflächenvorbereitung, Aushärtung, Festigkeit, Temperaturbereich und Dehnungsverhalten.

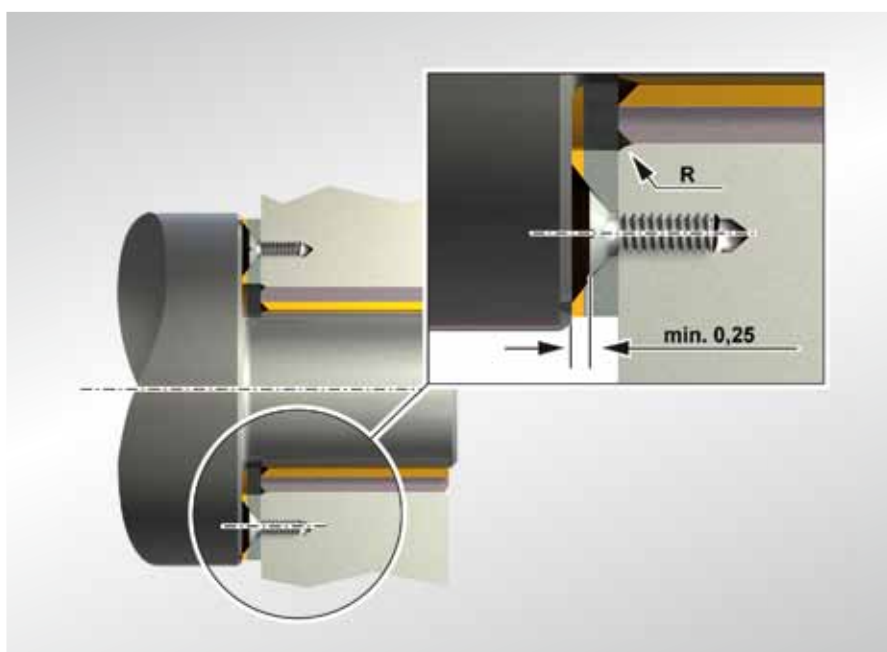


Abb. 41: Befestigen einer Anlaufscheibe PAW ohne Ausnehmung im Gehäuse

## 7.2

### Gestaltung des Gleitpartners

Allgemein gilt:

In einem tribologischen System muss bei einem Radiallager die Welle, bei einem Axiallager die Druckfläche über das jeweilige Gleitlager hinausragen, um Absätze in der Gleitschicht zu vermeiden.

#### Welle

Wellen sollten angefast und alle scharfen Kanten abgerundet werden, dadurch wird:

- die Montage vereinfacht
- die Gleitschicht der Buchse nicht beschädigt

Wellen dürfen grundsätzlich keine Nuten oder Einstiche im Bereich der Gleitzone haben.

#### Gegenlauffläche

Optimale Gebrauchsdauer durch richtige Rautiefe

- Die optimale Gebrauchsdauer wird bei einer Rautiefe der Gegenlauffläche von  $R_z 0,8$  bis  $R_z 1,5$  erreicht:
  - bei Trockenlauf von Permaglide® P1
  - bei Schmierung von Permaglide® P2.



#### Achtung:

Kleinere Rautiefen erhöhen die Gebrauchsdauer nicht. Größere Rautiefen reduzieren sie deutlich.

- Korrosion der Gegenlauffläche wird bei Permaglide® P1 und P2 verhindert, durch:
  - Abdichtung,
  - Verwendung von korrosionsbeständigem Stahl,
  - geeignete Oberflächenbehandlung.

Bei Permaglide® P2 wirkt zusätzlich der Schmierstoff gegen Korrosion.

- Die Gegenlauffläche sollte breiter sein als das Lager, damit sich keine Absätze in der Gleitschicht bilden.

#### Oberflächengüte

- geschliffene oder gezogene Oberflächen sind zu bevorzugen
- feingedrehte oder feingedreht rollierte Oberflächen, auch mit  $R_z 0,8$  bis  $R_z 1,5$  können größeren Verschleiß verursachen (beim Feindreihen entstehen wellenförmige Rillen)
- Sphäroguss (GGG) hat ein offenes Oberflächengefüge und ist darum auf  $R_z 2$  oder besser zu schleifen. Abbildung 42 zeigt den Drehsinn von Gusswellen in der Anwendung. Dieser sollte dem Drehsinn der Schleifscheibe entsprechen, da in der entgegengesetzten Drehrichtung größerer Verschleiß entsteht.

#### Hydrodynamischer Betrieb

Für hydrodynamischen Betrieb sollte die Rautiefe  $R_z$  der Gegenlauffläche kleiner sein als die kleinste Schmierfilmdicke bei Flüssigkeitsreibung. Motor Service bietet die hydrodynamische Berechnung als Service an.

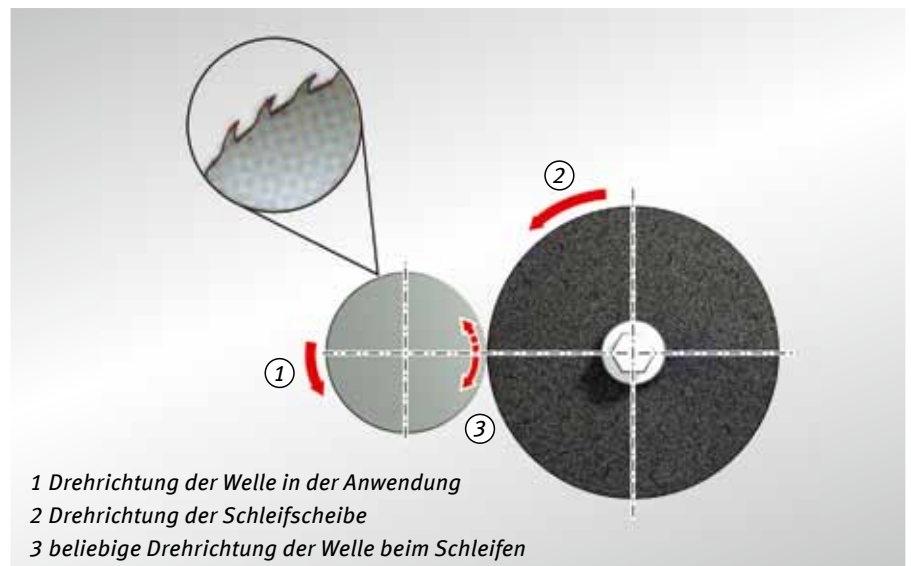


Abb. 42: Schleifen einer Gusswelle

### Dichtungen

Bei stärkerer Verschmutzung oder aggressiver Umgebung ist ein Schutz der Lagerstelle empfehlenswert.

Abbildung 43 zeigt empfohlene Arten von Dichtungen:

- die Umgebungskonstruktion (1)
- eine Spaltdichtung (2)
- einen Wellendichtring (3)
- einen Fettkranz

### Wärmeabfuhr

Einwandfreie Wärmeabfuhr ist zu beachten.

- Im hydrodynamischen Betrieb transportiert überwiegend die Schmierflüssigkeit die Wärme ab.
- Bei trockenen und fettgeschmierten Gleitlagern wird die Wärme auch durch Gehäuse und Welle abgeführt.

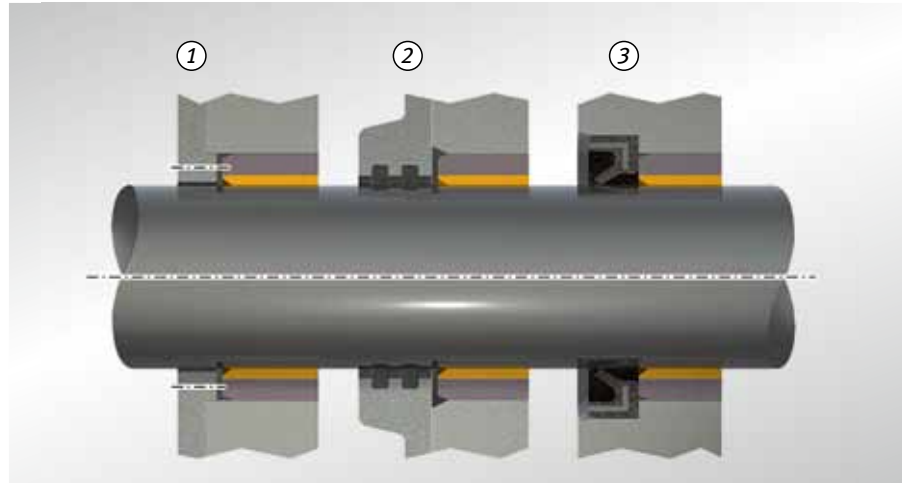


Abb. 43: Dichtungen

### Bearbeiten der Lagerelemente

- Permaglide®-Gleitlager lassen sich sowohl spanend und als auch spanlos bearbeiten (z.B. kürzen, biegen oder bohren)
- Permaglide®-Gleitlager sind vorzugsweise von der PTFE-Seite her zu trennen. Der Grat, der beim Trennen entsteht, stört an der Lauffläche
- danach sind die Lagerelemente zu reinigen
- blanke Stahlflächen (Schnittkanten) sind vor Korrosion zu schützen mit:
  - Öl oder
  - galvanischen SchutzschichtenBei höheren Stromdichten oder längeren Beschichtungszeiten sind die Gleitschichten abzudecken, um Ablagerungen zu verhindern.



### Achtung:

Bearbeitungstemperaturen die folgende Grenzwerte überschreiten, gefährden die Gesundheit:

+280 °C bei Permaglide® P1

+140 °C bei Permaglide® P2

In Spänen kann Blei enthalten sein.

## Axiale Ausrichtung (genaues Fluchten)

Genaueres Fluchten ist für alle Radial- und Axial-Gleitlager wichtig. Dies gilt ganz besonders für Trockengleitlager, bei denen die Last nicht mittels des Schmierfilms verteilt werden kann.

Der Fluchtungsfehler über die gesamte Buchsenbreite darf nicht größer als 0,02 mm sein (siehe Abb. 44). Dieser Wert gilt ebenso über die gesamte Breite von paarweise angeordneten Buchsen und für Anlaufscheiben.

Bei hintereinander angeordneten Buchsen kann es sinnvoll sein, dass sie die gleiche Breite haben. Bei Montage sollen die Stoßfugen fluchten.

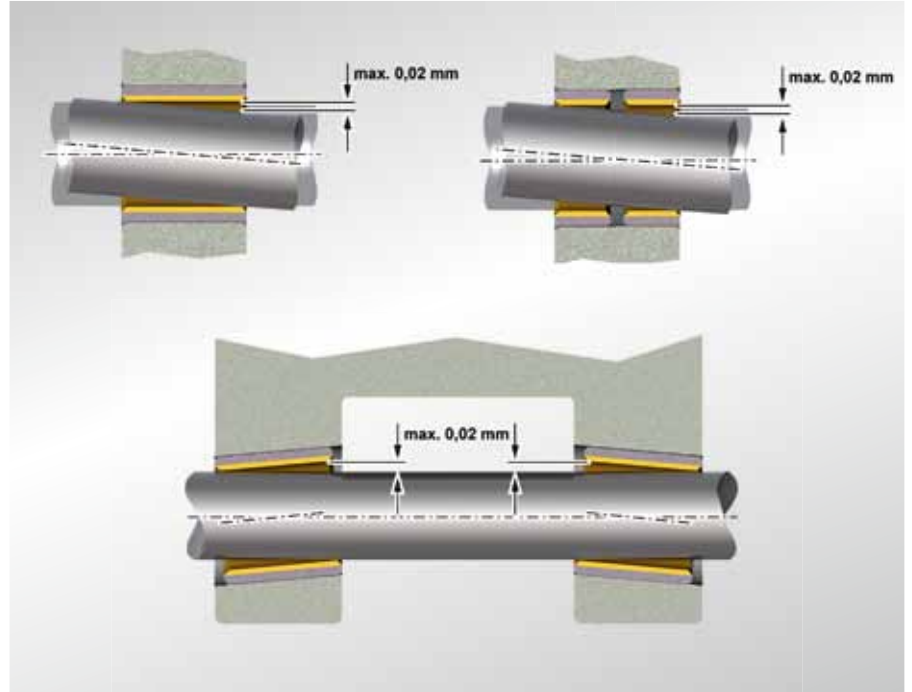


Abb. 44: Zulässige Fluchtungsfehler

## Kantenbelastung am montierten Gleitlager

Durch geometrische Ungenauigkeiten oder bei besonderen Betriebsbedingungen kann es zu unzulässig hohen Belastungen im Bereich der Randzonen eines Gleitlagers kommen. Durch konstruktive Maßnahmen lassen sich diese Belastungen reduzieren (Abb. 45).

- vergrößerte Fasen am Gehäuse
- vergrößerter Bohrungsdurchmesser im Randbereich der Gehäusebohrung
- Buchsenbreite über die Gehäusebreite hinausragen lassen.

Zusätzlich ist auch Kantenentlastung durch elastische Gestaltung des Gehäuses möglich.

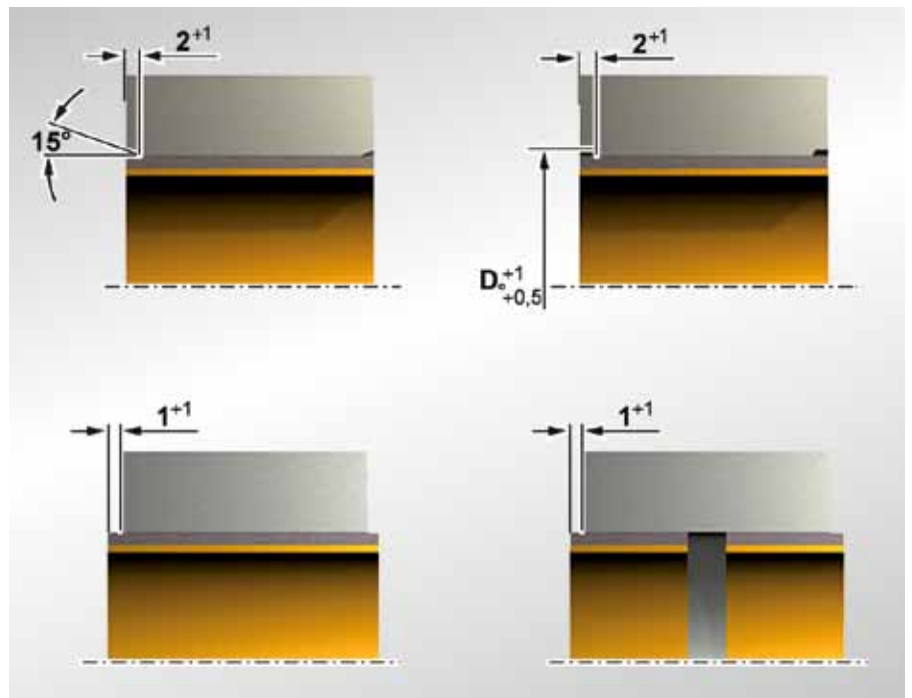


Abb. 45: Reduzieren von Spannungsspitzen an Kanten



## 7.3

### Lagerspiel, Presssitz

#### Theoretisches Lagerspiel

Buchsen aus Permaglide® P1 und P2 werden in das Gehäuse gepresst und sind damit radial und axial fixiert. Weitere Maßnahmen sind nicht erforderlich. Mit den Einbautoleranzen aus Tabelle 25 ergeben sich für starre Gehäuse und Wellen:

- Der Presssitz
- Das Lagerspiel gemäß Tabelle 30

Das theoretische Lagerspiel berechnet sich wie folgt:

$$[12] \quad \Delta s_{\max} = d_{G\max} - 2 \cdot s_{3\min} - d_{W\min}$$

$$[13] \quad \Delta s_{\min} = d_{G\min} - 2 \cdot s_{3\max} - d_{W\max}$$

- $\Delta s_{\max}$  [mm] maximales Lagerspiel
- $\Delta s_{\min}$  [mm] minimales Lagerspiel
- $d_{G\max}$  [mm] maximaler Durchmesser der Gehäusebohrung
- $d_{G\min}$  [mm] minimaler Durchmesser der Gehäusebohrung
- $d_{W\max}$  [mm] maximaler Wellendurchmesser
- $d_{W\min}$  [mm] minimaler Wellendurchmesser
- $s_{3\max}$  [mm] maximale Wanddicke
- $s_{3\min}$  [mm] minimale Wanddicke (siehe Tab. 28)

#### **Achtung:**

Die Aufweitung der Gehäusebohrung ist bei der Berechnung des Lagerspiels nicht berücksichtigt.

Zum Berechnen der Überdeckung U sind die Toleranzen der Gehäusebohrung in Tabelle 25 und die Abmaße des Buchsenaußendurchmessers  $D_o$  in Tabelle 26 angegeben.

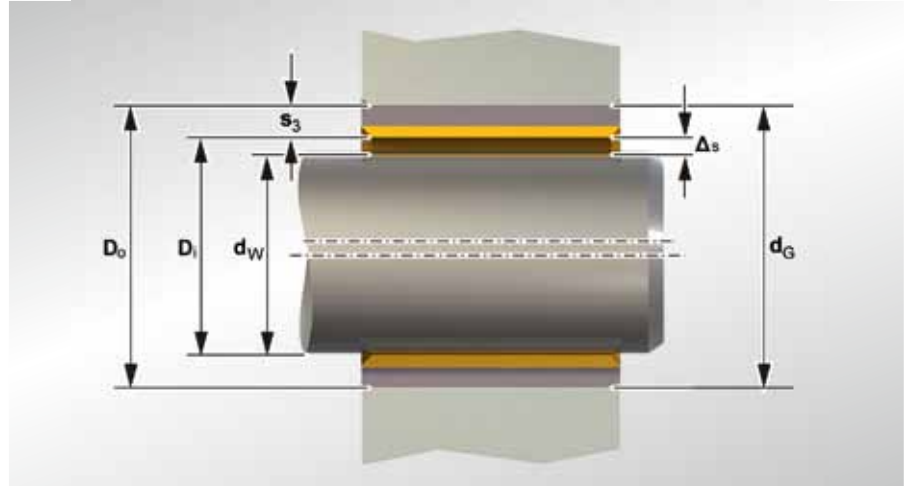


Abb. 46: Theoretisches Lagerspiel  $\Delta s$

#### Presssitz und Lagerspiel

Lagerspiel und Presssitz können mit den in Tab. 31 gezeigten Maßnahmen beeinflusst werden:

- bei hohen Umgebungstemperaturen
- je nach Gehäusewerkstoff
- je nach Gehäusewanddicke.

Kleinere Spieltoleranzen setzen für Welle und Bohrung engere Toleranzen voraus.

Durchmesserbereich	Permaglide®		
	P10, P14, P147*	P10Bz*	P20, P200
<b>Welle</b>			
$d_w < 5$	h6	f7	h8
$5 \leq d_w < 80$	f7	f7	h8
$80 \leq d_w$	h8	h8	h8
<b>Gehäusebohrung</b>			
$d_g \leq 5,5$	H6	-	-
$5,5 < d_g$	H7	H7	H7

Tab. 25: Empfohlene Einbautoleranzen

#### **Achtung:**

Bei Verwendung von Wellen mit Toleranzfeldlage h ist das Lagerspiel für  $5 \leq d_w < 80$  (P10, P14, P147) und  $d_w < 80$  (P10Bz) gemäß den Gleichungen [12] für  $\Delta s_{\max}$  und [13] für  $\Delta s_{\min}$  zu prüfen.

\* Auf Anfrage



Außendurchmesser der Buchse $D_o$	Abmaße (Prüfung A nach DIN ISO 3547-2)			
	P10, P14, P147*, P20, P200		P10Bz*	
	oberes	unteres	oberes	unteres
$D_o \leq 10$	+0,055	+0,025	+0,075	+0,045
$10 < D_o \leq 18$	+0,065	+0,030	+0,080	+0,050
$18 < D_o \leq 30$	+0,075	+0,035	+0,095	+0,055
$30 < D_o \leq 50$	+0,085	+0,045	+0,110	+0,065
$50 < D_o \leq 80$	+0,100	+0,055	+0,125	+0,075
$80 < D_o \leq 120$	+0,120	+0,070	+0,140	+0,090
$120 < D_o \leq 180$	+0,170	+0,100	+0,190	+0,120
$180 < D_o \leq 250$	+0,210	+0,130	+0,230	+0,150
$250 < D_o \leq 305$	+0,260	+0,170	+0,280	+0,190

Tab. 26: Abmaße für den Außendurchmesser  $D_o$

Innendurchmesser der Buchse $D_i$	Wanddicke $s_3$	Abmaße nach DIN ISO 3 547-1, Tabelle 3, Reihe B			
		P10, P14, P147*		P10Bz*	
		oberes	unteres	oberes	unteres
$D_i < 5$	0,75	0	-0,020	-	-
	1	-	-	+0,005	-0,020
$5 \leq D_i < 20$	1	+0,005	-0,020	+0,005	-0,020
$20 \leq D_i < 28$	1,5	+0,005	-0,025	+0,005	-0,025
$28 \leq D_i < 45$	2	+0,005	-0,030	+0,005	-0,030
$45 \leq D_i < 80$	2,5	+0,005	-0,040	+0,005	-0,040
$80 \leq D_i < 120$	2,5	-0,010	-0,060	-0,010	-0,060
$120 \leq D_i$	2,5	-0,035	-0,085	-0,035	-0,085

Tab. 27: Wanddicke  $s_3$  für Buchsen und Bundbuchsen P1

Innendurchmesser $D_i$	Wanddicke $s_3$	Abmaße nach DIN ISO 3 547-1, Tabelle 3, Reihe D, P20, P200	
		oberes	unteres
$8 \leq D_i < 20$	1	-0,020	-0,045
$20 \leq D_i < 28$	1,5	-0,025	-0,055
$28 \leq D_i < 45$	2	-0,030	-0,065
$45 \leq D_i < 80$	2,5	-0,040	-0,085
$80 \leq D_i$	2,5	-0,050	-0,115

Tab. 28: Wanddicke  $s_3$  für Buchsen aus Permaglide® P20/P200

Wanddicke $s_3$	Außenfase, spanlos $C_o$	Kantenbruch innen $C_i$	
		min.	max.
0,75	$0,5 \pm 0,3$	0,1	0,4
1	$0,6 \pm 0,4$	0,1	0,5
1,5	$0,6 \pm 0,4$	0,1	0,7
2	$1,0 \pm 0,4$	0,1	0,7
2,5	$1,2 \pm 0,4$	0,2	1,0

Tab. 29: Außenfase  $C_o$  und Kantenbruch innen  $C_i$  (Abb. 47) für Buchsen mit metrischen Abmessungen, nach DIN ISO 3 547-1, Tabelle 2

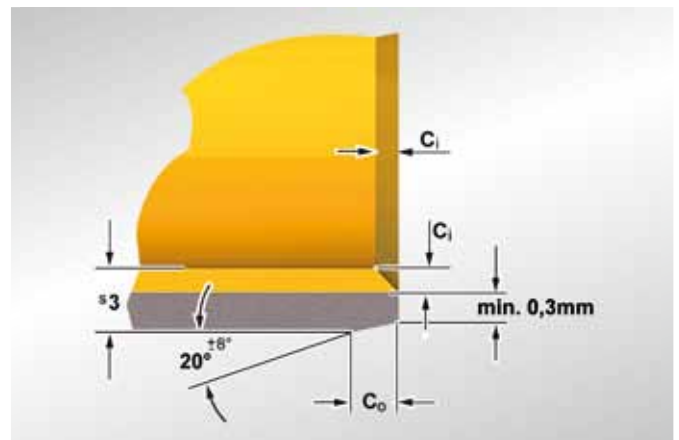


Abb. 47: Außenfase  $C_o$  und Kantenbruch innen  $C_i$  bei metrischen Abmessungen



## Theoretisches Lagerspiel

Buchsendurchmesser		Lagerspiel $\Delta s$			
		P10, P10Bz*, P14, P147*		P20, P200	
$D_i$ (mm)	$D_o$ (mm)	$\Delta s_{min}$ (mm)	$\Delta s_{max}$ (mm)	$\Delta s_{min}$ (mm)	$\Delta s_{max}$ (mm)
2	3,5	0	0,054	-	-
3	4,5	0	0,054	-	-
4	5,5	0	0,056	-	-
5	7	0	0,077	-	-
6	8	0	0,077	-	-
7	9	0,003	0,083	-	-
8	10	0,003	0,083	0,040	0,127
10	12	0,003	0,086	0,040	0,130
12	14	0,006	0,092	0,040	0,135
13	15	0,006	0,092	-	-
14	16	0,006	0,092	0,040	0,135
15	17	0,006	0,092	0,040	0,135
16	18	0,006	0,092	0,040	0,135
18	20	0,006	0,095	0,040	0,138
20	23	0,010	0,112	0,050	0,164
22	25	0,010	0,112	0,050	0,164
24	27	0,010	0,112	0,050	0,164
25	28	0,010	0,112	0,050	0,164
28	32	0,010	0,126	0,060	0,188
30	34	0,010	0,126	0,060	0,188
32	36	0,015	0,135	0,060	0,194
35	39	0,015	0,135	0,060	0,194
40	44	0,015	0,135	0,060	0,194
45	50	0,015	0,155	0,080	0,234
50	55	0,015	0,160	0,080	0,239
55	60	0,020	0,170	0,080	0,246
60	65	0,020	0,170	0,080	0,246
65	70	0,020	0,170	-	-
70	75	0,020	0,170	0,080	0,246
75	80	0,020	0,170	0,080	0,246
80	85	0,020	0,201	0,100	0,311
85	90	0,020	0,209	-	-
90	95	0,020	0,209	0,100	0,319
95	100	0,020	0,209	-	-
100	105	0,020	0,209	0,100	0,319
105	110	0,020	0,209	-	-
110	115	0,020	0,209	-	-
115	120	0,020	0,209	-	-

Buchsendurchmesser		Lagerspiel $\Delta s$			
		P10, P10Bz*, P14, P147*		P20, P200	
$D_i$ (mm)	$D_o$ (mm)	$\Delta s_{min}$ (mm)	$\Delta s_{max}$ (mm)	$\Delta s_{min}$ (mm)	$\Delta s_{max}$ (mm)
120	125	0,070	0,264	-	-
125	130	0,070	0,273	-	-
130	135	0,070	0,273	-	-
135	140	0,070	0,273	-	-
140	145	0,070	0,273	-	-
150	155	0,070	0,273	-	-
160	165	0,070	0,273	-	-
180	185	0,070	0,279	-	-
200	205	0,070	0,288	-	-
220	225	0,070	0,288	-	-
250	255	0,070	0,294	-	-
300	305	0,070	0,303	-	-

Tab. 30: Theoretisches Lagerspiel nach dem Einpressen der Buchsen oder Bundbuchsen mit metrischen Abmessungen, ohne Rücksicht auf mögliche Aufweitung der Bohrung

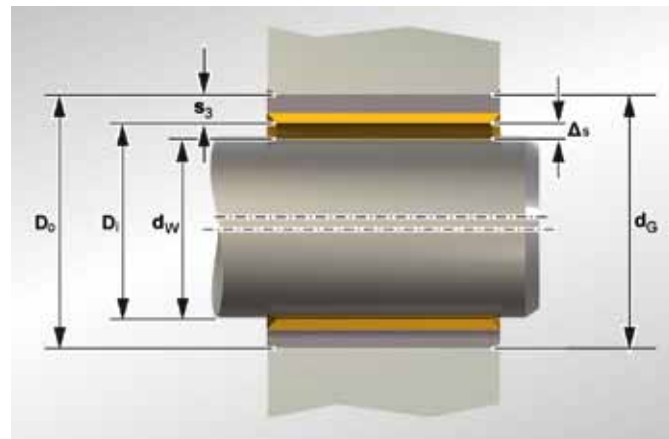


Abb. 48: Theoretisches Lagerspiel  $\Delta s$

\* Auf Anfrage

## Presssitz und Lagerspiel

Konstruktion und Umgebungseinflüsse	Folge	Maßnahme	beachten
Leichtmetall- oder dünnwandige Gehäuse	hohe Aufweitung zu großes Spiel	Gehäusebohrung $d_G$ verkleinern	Das Gehäuse wird stärker beansprucht; die zulässige Gehäusespannung darf nicht überschritten werden.
Gehäuse aus Stahl oder Guss-eisen bei hohen Umgebungstemperaturen	kleineres Spiel	Wellendurchmesser $d_w$ je 100 °C über Raumtemperatur um 0,008 mm vermindern	
Gehäuse aus Bronze oder Kupferlegierungen bei hohen Umgebungstemperaturen	schlechter Presssitz	Gehäusebohrung $d_G$ verkleinern, empfohlene Durchmesser- veränderung je 100 °C über Raum- temperatur: $d_G - 0,05\%$	Wellendurchmesser $d_w$ um den gleichen Wert reduzieren, damit das Lagerspiel erhalten bleibt.
Gehäuse aus Aluminium- legierungen bei hohen Umgebungstemperaturen	schlechter Presssitz	Gehäusebohrung $d_G$ verkleinern, empfohlene Durchmesser- veränderung je 100 °C über Raum- temperatur: $d_G - 0,1\%$	Wellendurchmesser $d_w$ um den glei- chen Wert reduzieren, damit das Lagerspiel erhalten bleibt. Bei Tem- peraturen unter 0 °C wird das Gehäuse stärker beansprucht; die zulässige Gehäuse- spannung darf nicht überschritten werden.
Buchsen mit dickerer Korrosionsschutzschicht	Außendurchmesser $D_o$ zu groß zu kleines Spiel	Gehäusebohrung $d_G$ vergrößern Beispiel: Schichtdicke $0,015 \pm 0,003$ mm daraus folgt $d_G + 0,03$ mm	Ohne entsprechende Maßnahmen werden Buchse und Gehäuse stär- ker beansprucht.

Tab. 31: Fehler, Folgen und Maßnahmen für Presssitz und Lagerspiel bei hohen Umgebungstemperaturen, besonderen Gehäusewerkstoffen oder Gehäusewanddicken



Permaglide®-Buchsen lassen sich einfach in die Gehäusebohrung einpressen. Leichtes Ölen des Buchsenrückens oder der Gehäusebohrung erleichtert das Einpressen.

### Empfohlene Einpressmethoden

Für Außendurchmesser  $D_o$  bis etwa 55 mm:

- bündiges Einpressen mit Dorn ohne Hilfsring gemäß Abb. 50
- versenktes Einpressen mit Dorn ohne Hilfsring gemäß Abb. 51.

Für Außendurchmesser  $D_o$  ab etwa 55 mm:

- Einpressen mit Dorn und mit Hilfsring gemäß Abb. 52.



### Achtung:

Bei der Montage ist auf Sauberkeit zu achten. Schmutz verkürzt die Gebrauchsdauer der Lagerung. Gleitschicht nicht beschädigen. Einbaulage beachten, sofern vorgegeben. Stoßfuge nicht in die Hauptlastzone legen.

### Vermeiden von Schrägstand und Desachsierung

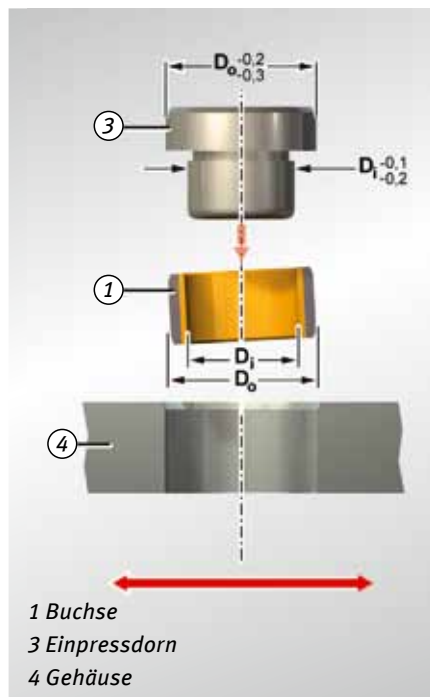


Abb. 49: Einpressen mit beweglichem Gehäuse

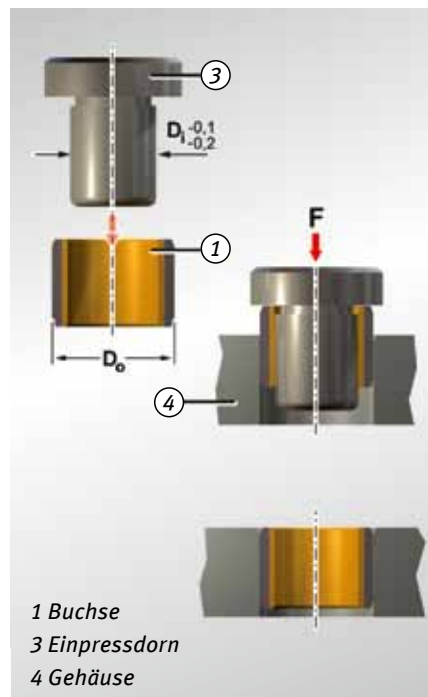


Abb. 50: Bündig einpressen  $D_o < 55$  mm

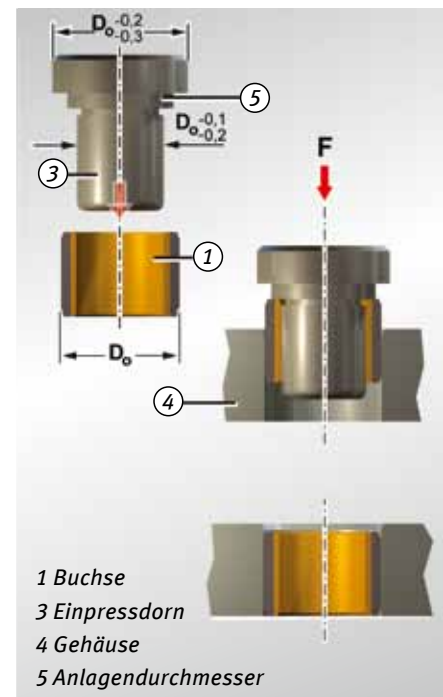


Abb. 51: Versenkt einpressen  $D_o \geq 55$  mm

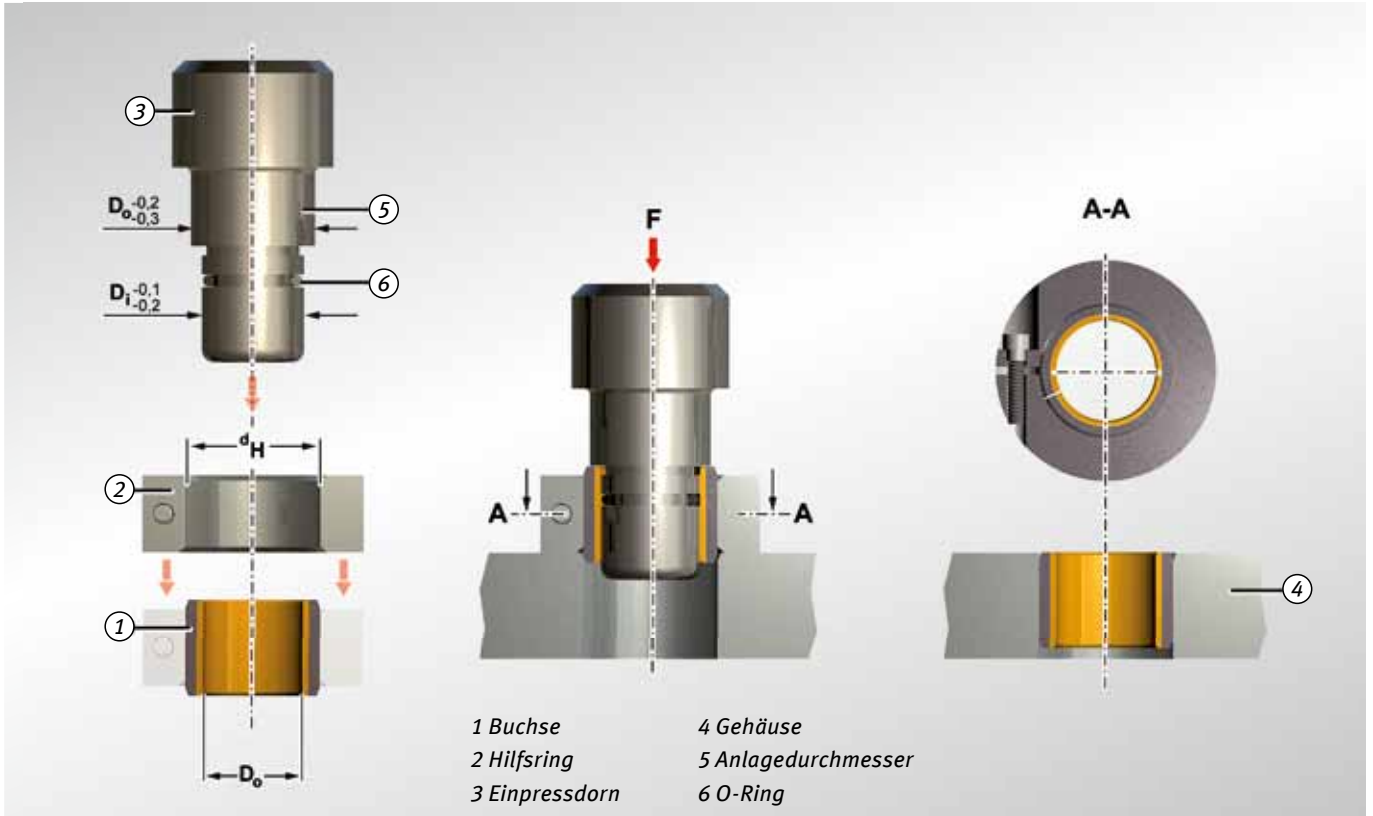


Abb. 52: Einpressen von Buchsen,  $D_o \geq 55$  mm, mit Hilfsring

Tabelle 32 dient der Ermittlung des erforderlichen Innendurchmessers  $d_H$  des Hilfsrings aus dem gegebenen Außendurchmesser  $D_o$  der Buchse.

$D_o$ (mm)	$d_H$ (mm)
$55 \leq D_o \leq 100$	$D_o + 0,28$ $D_o + 0,25$
$100 < D_o \leq 200$	$D_o + 0,40$ $D_o + 0,36$
$200 < D_o \leq 305$	$D_o + 0,50$ $D_o + 0,46$

Tab. 32: Innendurchmesser  $d_H$  des Hilfsringes

## Kalibrieren der Lagerbohrung nach der Montage (gültig nur für P1-Gleitlager)

### Kalibrieren

Permaglide®-Gleitlager sind bei Lieferung einbaufertig und sollten nur dann kalibriert werden, wenn eine eingengte Toleranz des Lagerspiels nicht anders zu erzielen ist.

### Achtung:

Kalibrieren verkürzt die Lebensdauer von Permaglide®-Buchsen P1 deutlich (siehe Tab. 33).

Abbildung 53 zeigt das Kalibrieren mittels eines Dorns.

Tabelle 33 enthält Richtwerte für den Durchmesser des Kalibrierdornes  $d_k$ . Genaue Werte sind nur durch Versuche zu ermitteln.

### Bessere Möglichkeiten

Die Toleranz des Lagerspiels lässt sich durch folgende Maßnahmen verkleinern, die keine Verkürzung der Lebensdauer zur Folge haben:

- engere Toleranzen der Gehäusebohrung
- engere Toleranzen der Welle.

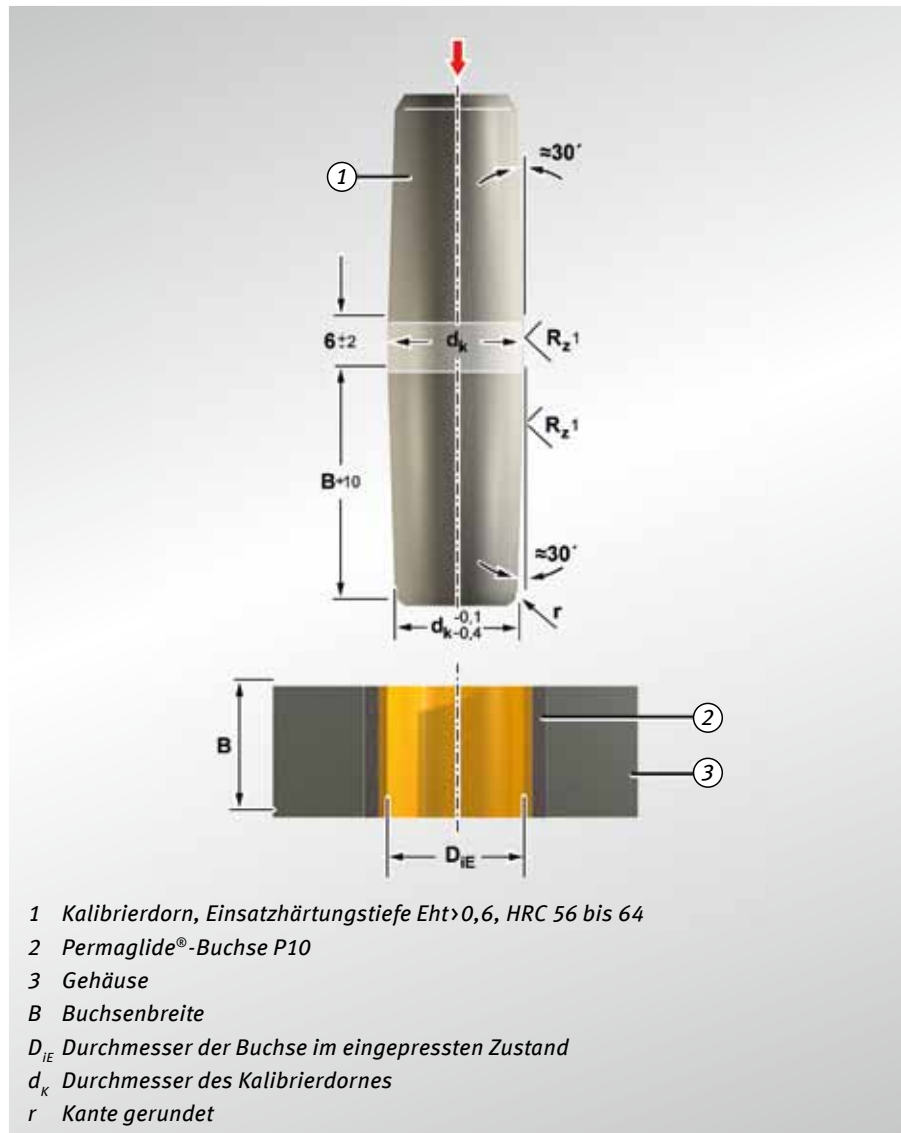


Abb. 53: Kalibrieren

gewünschter Innendurchmesser der Buchse	Durchmesser des Kalibrierdornes <sup>1)</sup> $d_k$	Lebensdauer <sup>2)</sup>
$D_{ie}$	-	100% $L_N$
$D_{ie} + 0,02$	$D_{ie} + 0,06$	80% $L_N$
$D_{ie} + 0,03$	$D_{ie} + 0,08$	60% $L_N$
$D_{ie} + 0,04$	$D_{ie} + 0,10$	30% $L_N$

Tab 33: Richtwerte für den Durchmesser des Kalibrierdornes und Reduzierung der Lebensdauer

$D_{ie}$  Innendurchmesser der Buchse im eingepressten Zustand.

<sup>1)</sup> Richtwert, bezogen auf Stahlgehäuse.

<sup>2)</sup> Richtwert für Trockenlauf.

## Einpresskraft und Fugendruck

Einpresskraft und Fugendruck stehen in Wechselbeziehung zueinander. Der Fugendruck entsteht zwischen Gehäusebohrung und Buchsenmantelfläche. Er kann als Maß für den Festsitz der Buchse im Gehäuse verstanden werden. Der Fugendruck bestimmt zusammen mit anderen Einflussfaktoren die Höhe der Einpresskraft.

## Berechnen der Einpresskraft

Die Einpresskraft ist von vielen Faktoren abhängig, die nur schwierig genau zu erfassen sind, zum Beispiel:

- tatsächliche Überdeckung
- Reibungszahl
- Riefenbildung
- Einpressgeschwindigkeit.

Die Berechnung der Einpresskraft bietet Motor Service als Serviceleistung an. In den meisten Fällen ausreichend ist die überschlägige Ermittlung der Einpresskraft nach Abb. 54.

## Ermittlung der Buchsen-Einpresskraft

Nachstehende Abb. 54 zeigt die maximal erforderliche Einpresskraft pro mm Buchsenbreite. Den einzelnen Kurven sind der Buchsenaußendurchmesser  $D_0$  und die Buchsenwanddicke  $s_3$  gemäß DIN ISO 3547 zugeordnet. Basis der Berechnung ist ein Stahlgehäuse, dessen Durchmesser  $D_G$  im Verhältnis zum Buchsenaußendurchmesser  $D_0$  angepasst wurde. Gewählt wurde das Verhältnis  $D_G : D_0 \approx 1,5 \dots 2$ .

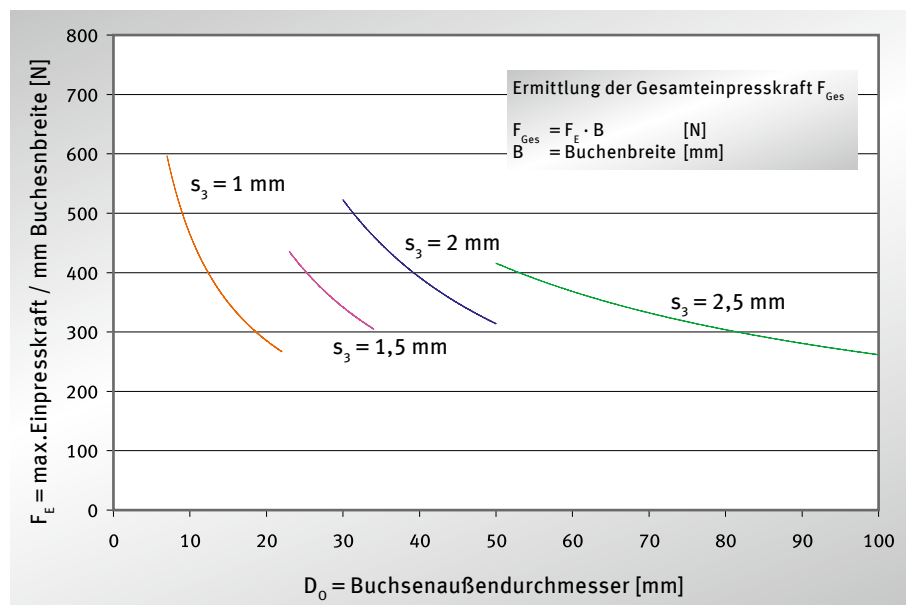


Abb. 54: Einpresskraft  $F_E$

## Beispiel zur überschlägigen Ermittlung der Einpresskraft $F_{Ges}$

Gegeben: Buchse P14 PAP 4030  
 Buchsenaußendurchmesser  $D_0 = 44$  mm  
 Buchsenbreite  $B = 30$  mm  
 Buchsenwanddicke  $s_3 = 2$  mm

$$[14] \quad F_{Ges} = F_E \cdot B = 340 \text{ N/mm} \cdot 30 \text{ mm} = 10200 \text{ N}$$

$F_E = 340$  N/mm (aus Abb. 54,  $D_0 = 44$  mm,  $s_3 = 2$  mm)



## Buchsen



Abb. 55: Buchsen

### P10, P14, P147\*

- für Wellen von 2 mm bis 300 mm

### P10Bz\*

- für Wellen von 4 mm bis 100 mm
- für Wellen von 8 mm bis 100 mm

## Wartungsfreie Permaglide®-Gleitlager

### P10, P10Bz\*, P14, P147\*

Technische Daten		P10, P10Bz*	P14	P147*
Zeichen	Einheit			
$p_{v \max.}$	[MPa · m/s]	1,8	1,6	1,4
$p_{\text{stat.}}$	[MPa]	250	250	250
$p_{\text{dyn.}}$	[MPa]	56	56	56
$v_{\text{max.}}$	[m/s]	2	1	0,8
T	[°C]	-200 bis +280	-200 bis +280	-200 bis +280

Permaglide® P10 mit Stahlrücken, Permaglide® P10Bz mit Bronzerücken

## Wartungsarme Permaglide®-Gleitlager

### P20, P22\*, P23\*, P200, P202\*, P203\*

Technische Daten		P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*
Zeichen	Einheit		
$p_{v \max.}$	[MPa · m/s]	3	3,3
$p_{\text{stat.}}$	[MPa]	250	250
$p_{\text{dyn.}}$	[MPa]	70	70
$v_{\text{max.}}$	[m/s]	3	3,3
T	[°C]	-40 bis +110	-40 bis +110

## Bundbuchsen



Abb. 56: Bundbuchsen

### P10, P10Bz\*, P14, P147\*

- für Wellen von 6 mm bis 40 mm

## Anlaufscheiben



Abb. 57: Anlaufscheiben

### P10, P10Bz\*, P14, P147\*

- mit Innendurchmesser von 10 mm bis 62 mm
- mit Innendurchmesser von 12 mm bis 52 mm

## Streifen

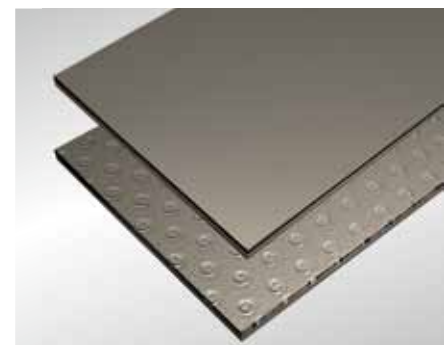


Abb. 58: Streifen

### P10, P10Bz\*, P14, P147\*

- Länge 500 mm
- Breiten, siehe Maßtabellen
- Wanddicken, siehe Maßtabellen
- Länge 500 mm
- Breite 250 mm
- Wanddicken, siehe Maßtabellen

\* Auf Anfrage



**Bestellbeispiel und Bestellbezeichnung**
**Buchse aus Permaglide® P10 mit  
Stahlrücken:**

Innendurchmesser ( $D_i$ )      16 mm  
Breite (B)                              25 mm

Bestellbezeichnung:      PAP 1625 P10



Abb. 59: Bestellbeispiel, Buchse P10

**Streifen aus Permaglide® P20:**

Breite (B)                              250 mm  
Wanddicke ( $s_3$ )                      1 mm  
(Bestellangabe:  $s_3 \cdot 10$ )

Bestellbezeichnung:      PAS 10250 P20

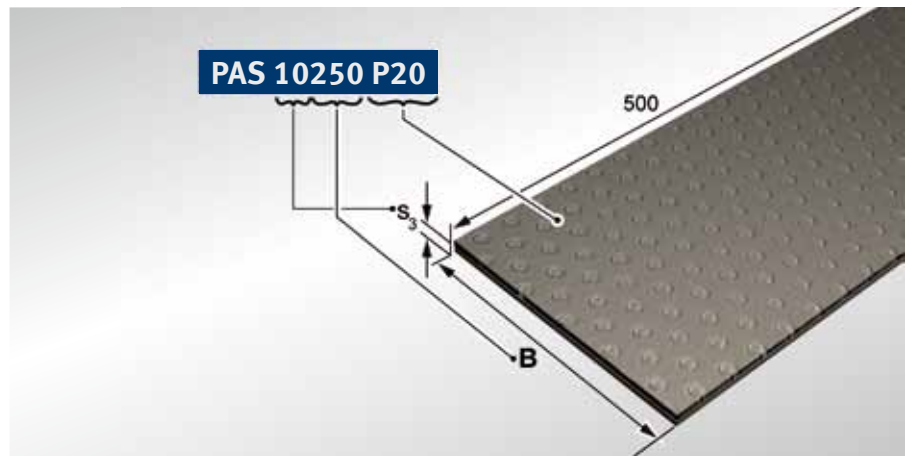


Abb. 60: Bestellbeispiel, Streifen P20

**Anlaufscheiben aus Permaglide® P20:**

Innendurchmesser ( $D_i$ )      12 mm

Bestellbezeichnung:      PAW 12 P20



Abb. 61: Bestellbeispiel, Anlaufscheibe P20

# 9.1 | Permaglide® Buchsen, wartungsfrei

## 9.1.1

### Baureihe P10, P14, P147\* mit Stahlrücken

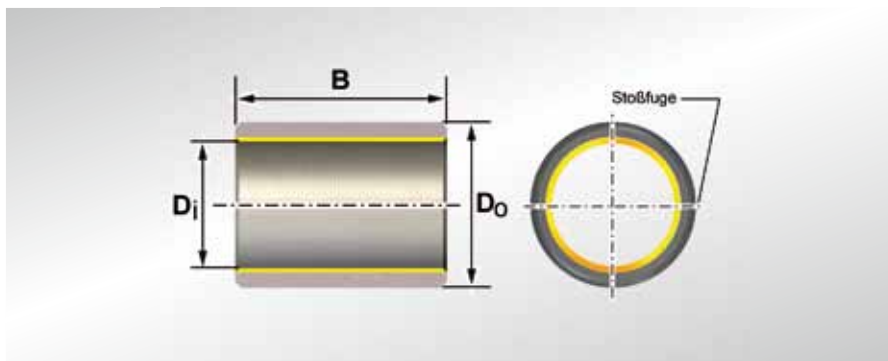
Empfohlene Einbautoleranz:

Welle		Gehäusebohrung	
$d_w < 5$	h6	$d_g \leq 5,5$	H6
$5 \leq d_w < 80$	f7	$5,5 < d_g$	H7
$80 \leq d_w$	h8		

Lagerspiele, Wanddicken und Fasentoleranzen, siehe Kapitel 7

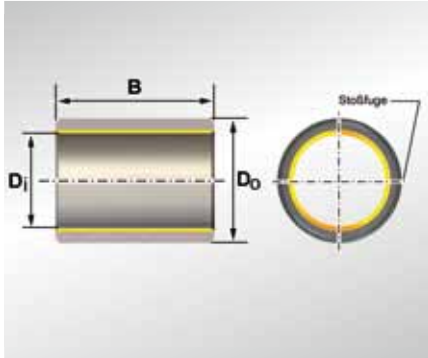
„Konstruktive Auslegung der Lagerstelle“, Abschnitt „Theoretisches Lagerspiel“.

Buchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage.



Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung ..... P10, P14, P147*	Masse g	Abmessungen		
			Di	Do	B ±0,25
2	PAP 0203 ....	0,15	2	3,5	3
	PAP 0205 ....	0,25	2	3,5	5
3	PAP 0303 ....	0,2	3	4,5	3
	PAP 0304 ....	0,26	3	4,5	4
	PAP 0305 ....	0,33	3	4,5	5
	PAP 0306 ....	0,4	3	4,5	6
4	PAP 0403 ....	0,25	4	5,5	3
	PAP 0404 ....	0,33	4	5,5	4
	PAP 0406 ....	0,5	4	5,5	6
	PAP 0410 ....	0,84	4	5,5	10
5	PAP 0505 ....	0,72	5	7	5
	PAP 0508 ....	1,1	5	7	8
	PAP 0510 ....	1,4	5	7	10
6	PAP 0606 ....	1	6	8	6
	PAP 0608 ....	1,3	6	8	8
	PAP 0610 ....	1,7	6	8	10
7	PAP 0710 ....	1,9	7	9	10
8	PAP 0808 ....	1,7	8	10	8
	PAP 0810 ....	2,1	8	10	10
	PAP 0812 ....	2,6	8	10	12
10	PAP 1008 ....	2,1	10	12	8
	PAP 1010 ....	2,6	10	12	10
	PAP 1012 ....	3,1	10	12	12
	PAP 1015 ....	3,9	10	12	15
	PAP 1020 ....	5,3	10	12	20
12	PAP 1208 ....	2,5	12	14	8
	PAP 1210 ....	3,1	12	14	10
	PAP 1212 ....	3,7	12	14	12
	PAP 1215 ....	4,7	12	14	15
	PAP 1220 ....	6,2	12	14	20
	PAP 1225 ....	7,8	12	14	25
13	PAP 1310 ....	3,3	13	15	10

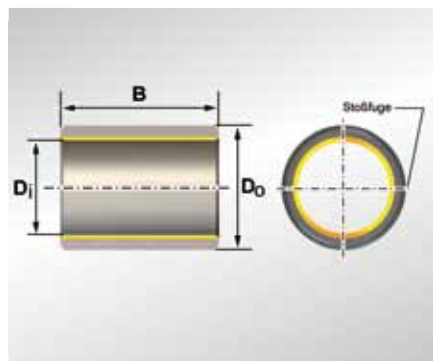
\* Auf Anfrage



Maßtabelle · Fortsetzung (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung ..... P10, P14, P147*	Masse g	Abmessungen		
			Di	Do	B ±0,25
14	PAP 1410 ....	3,6	14	16	10
	PAP 1412 ....	4,3	14	16	12
	PAP 1415 ....	5,4	14	16	15
	PAP 1420 ....	7,1	14	16	20
	PAP 1425 ....	9	14	16	25
15	PAP 1510 ....	3,8	15	17	10
	PAP 1512 ....	4,6	15	17	12
	PAP 1515 ....	5,7	15	17	15
	PAP 1520 ....	7,6	15	17	20
	PAP 1525 ....	9,5	15	17	25
16	PAP 1610 ....	4	16	18	10
	PAP 1612 ....	4,9	16	18	12
	PAP 1615 ....	6,1	16	18	15
	PAP 1620 ....	8,1	16	18	20
	PAP 1625 ....	10,1	16	18	25
18	PAP 1810 ....	4,5	18	20	10
	PAP 1815 ....	6,8	18	20	15
	PAP 1820 ....	9,1	18	20	20
	PAP 1825 ....	11,3	18	20	25
20	PAP 2010 ....	7,8	20	23	10
	PAP 2015 ....	11,7	20	23	15
	PAP 2020 ....	15,6	20	23	20
	PAP 2025 ....	19,5	20	23	25
	PAP 2030 ....	23,4	20	23	30
	PAP 2040 ....	31,2	20	23	40
22	PAP 2215 ....	12,7	22	25	15
	PAP 2220 ....	17	22	25	20
	PAP 2225 ....	21,3	22	25	25
	PAP 2230 ....	25,5	22	25	30
24	PAP 2415 ....	13,8	24	27	15
	PAP 2420 ....	18,5	24	27	20
	PAP 2425 ....	23,1	24	27	25
	PAP 2430 ....	27,7	24	27	30
25	PAP 2510 ....	9,6	25	28	10
	PAP 2515 ....	14,4	25	28	15
	PAP 2520 ....	19,2	25	28	20
	PAP 2525 ....	24	25	28	25
	PAP 2530 ....	28,8	25	28	30
	PAP 2540 ....	38,4	25	28	40
	PAP 2550 ....	48	25	28	50
28	PAP 2820 ....	29,1	28	32	20
	PAP 2830 ....	43,7	28	32	30

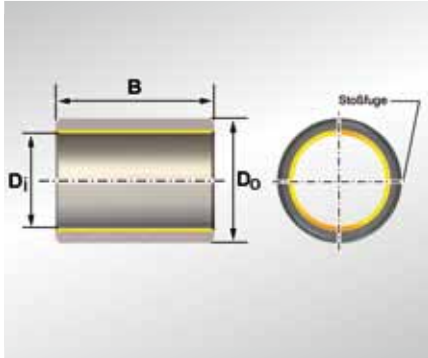
\* Auf Anfrage

## 9.1 | Permaglide® Buchsen, wartungsfrei



Maßtable - Fortsetzung (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung ..... P10, P14, P147*	Masse g	Abmessungen		
			D <sub>i</sub>	D <sub>o</sub>	B ±0,25
30	PAP 3015 ....	23,3	30	34	15
	PAP 3020 ....	31,1	30	34	20
	PAP 3025 ....	38,8	30	34	25
	PAP 3030 ....	46,6	30	34	30
	PAP 3040 ....	62,1	30	34	40
32	PAP 3230 ....	49,5	32	36	30
	PAP 3240 ....	66	32	36	40
35	PAP 3520 ....	35,9	35	39	20
	PAP 3530 ....	53,9	35	39	30
	PAP 3540 ....	71,8	35	39	40
	PAP 3550 ....	89,8	35	39	50
40	PAP 4020 ....	40,8	40	44	20
	PAP 4030 ....	61,2	40	44	30
	PAP 4040 ....	81,5	40	44	40
	PAP 4050 ....	102	40	44	50
45	PAP 4530 ....	87	45	50	30
	PAP 4540 ....	116	45	50	40
	PAP 4550 ....	145	45	50	50
50	PAP 5020 ....	64	50	55	20
	PAP 5030 ....	96	50	55	30
	PAP 5040 ....	128	50	55	40
	PAP 5060 ....	192	50	55	60
55	PAP 5540 ....	140	55	60	40
	PAP 5560 ....	210	55	60	60
60	PAP 6030 ....	114	60	65	30
	PAP 6040 ....	152	60	65	40
	PAP 6060 ....	228	60	65	60
	PAP 6070 ....	266	60	65	70
65	PAP 6530 ....	123	65	70	30
	PAP 6540 ....	164	65	70	40
	PAP 6550 ....	205	65	70	50
	PAP 6560 ....	246	65	70	60
	PAP 6570 ....	288	65	70	70
70	PAP 7040 ....	176	70	75	40
	PAP 7050 ....	221	70	75	50
	PAP 7070 ....	309	70	75	70
75	PAP 7540 ....	189	75	80	40
	PAP 7550 ....	236	75	80	50
	PAP 7560 ....	283	75	80	60
	PAP 7580 ....	377	75	80	80

\* Auf Anfrage



Maßtabelle · Fortsetzung (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung ..... P10, P14, P147*	Masse g	Abmessungen		
			Di	Do	B ±0,25
80	PAP 8040 ....	201	80	85	40
	PAP 8060 ....	301	80	85	60
	PAP 8080 ....	402	80	85	80
	PAP 80100 ....	502	80	85	100
85	PAP 8560 ....	319	85	90	60
	PAP 85100 ....	532	85	90	100
90	PAP 9050 ....	281	90	95	50
	PAP 9060 ....	338	90	95	60
	PAP 90100 ....	563	90	95	100
95	PAP 9560 ....	356	95	100	60
	PAP 95100 ....	593	95	100	100
100	PAP 10050 ....	312	100	105	50
	PAP 10060 ....	374	100	105	60
	PAP 100115 ....	717	100	105	115
105	PAP 10560 ....	392	105	110	60
	PAP 105115 ....	752	105	110	115
110	PAP 11060 ....	411	110	115	60
	PAP 110115 ....	787	110	115	115
115	PAP 11550 ....	357	115	120	50
	PAP 11560 ....	429	115	120	60
	PAP 11570 ....	500	115	120	70
120	PAP 12060 ....	447	120	125	60
	PAP 120100 ....	745	120	125	100
125	PAP 125100 ....	776	125	130	100
130	PAP 13060 ....	484	130	135	60
	PAP 130100 ....	806	130	135	100
135	PAP 13560 ....	502	135	140	60
	PAP 13580 ....	669	135	140	80
140	PAP 14060 ....	520	140	145	60
	PAP 140100 ....	867	140	145	100
150	PAP 15060 ....	557	150	155	60
	PAP 15080 ....	742	150	155	80
	PAP 150100 ....	928	150	155	100
160	PAP 16080 ....	791	160	165	80
	PAP 160100 ....	989	160	165	100
180	PAP 180100 ....	1110	180	185	100
200	PAP 200100 ....	1232	200	205	100
220	PAP 220100 ....	1354	220	225	100
250	PAP 250100 ....	1536	250	255	100
300	PAP 300100 ....	1840	300	305	100

\* Auf Anfrage

## 9.1 | Permaglide® Buchsen, wartungsfrei

### 9.1.2

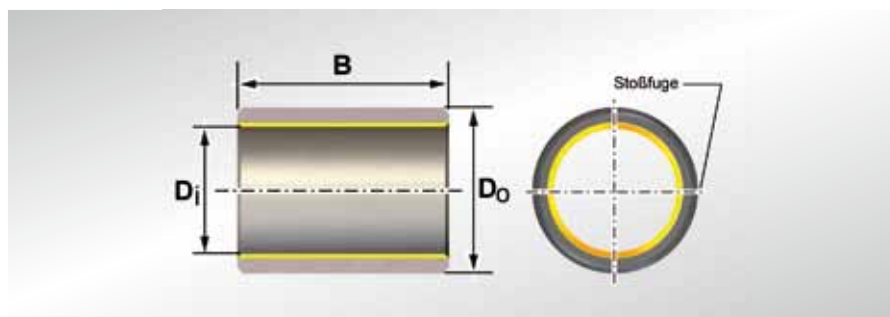
#### Baureihe P10Bz\* mit Bronzerücken (ehemals P11)

Empfohlene Einbautoleranz:

Welle		Gehäusebohrung
$5 \leq d_w < 80$	f7	H7
$80 \leq d_w$	h8	

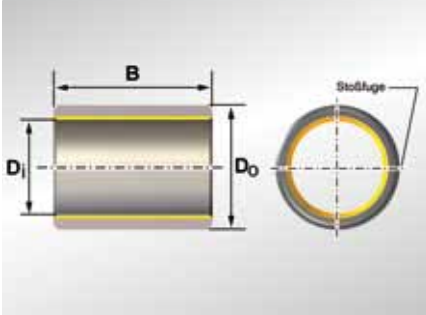
Lagerspiele, Wanddicken und Fasentoleranzen, siehe Kapitel 7 „Konstruktive Auslegung der Lagerstelle“, Abschnitt „Theoretisches Lagerspiel“.

Buchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage.



Maßtable (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung P10Bz*	Masse g	Abmessungen		
			Di	Do	B ±0,25
4	PAP 0406 ....	0,8	4	6	6
5	PAP 0505 ....	0,8	5	7	5
6	PAP 0606 ....	1,1	6	8	6
	PAP 0610 ....	1,8	6	8	10
8	PAP 0808 ....	1,9	8	10	8
	PAP 0810 ....	2,3	8	10	10
	PAP 0812 ....	2,8	8	10	12
10	PAP 1005 ....	1,4	10	12	5
	PAP 1010 ....	2,8	10	12	10
	PAP 1015 ....	4,2	10	12	15
	PAP 1020 ....	5,7	10	12	20
12	PAP 1210 ....	3,3	12	14	10
	PAP 1212 ....	4	12	14	12
	PAP 1215 ....	5,1	12	14	15
	PAP 1220 ....	6,7	12	14	20
	PAP 1225 ....	8,4	12	14	25
14	PAP 1415 ....	5,8	14	16	15
15	PAP 1515 ....	6,2	15	17	15
	PAP 1525 ....	10,3	15	17	25
16	PAP 1615 ....	6,6	16	18	15
	PAP 1625 ....	11	16	18	25
18	PAP 1815 ....	7,4	18	20	15
	PAP 1825 ....	12,3	18	20	25
20	PAP 2015 ....	12,8	20	23	15
	PAP 2020 ....	17	20	23	20
	PAP 2025 ....	21,3	20	23	25
	PAP 2030 ....	25,5	20	23	30
22	PAP 2215 ....	14	22	25	15
	PAP 2220 ....	18,6	22	25	20
	PAP 2225 ....	23,3	22	25	25
24	PAP2430 ....	30,3	24	27	30
25	PAP 2525 ....	26,2	25	28	25
	PAP 2530 ....	31,5	25	28	30
28	PAP 2830 ....	47,9	28	32	30

\* Auf Anfrage



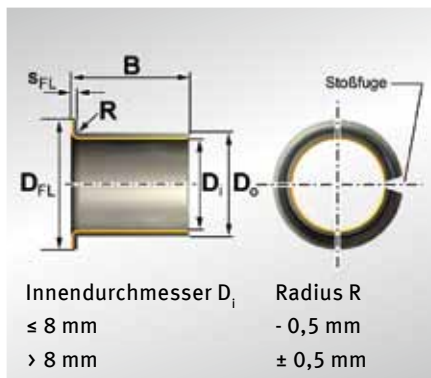
Maßtabelle · Fortsetzung (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung P10Bz*	Masse g	Abmessungen		
			Di	Do	B ±0,25
30	PAP 3020 ....	34,1	30	34	20
	PAP 3030 ....	51,1	30	34	30
	PAP 3040 ....	68,2	30	34	40
35	PAP 3520 ....	39,4	35	39	20
	PAP 3530 ....	59,1	35	39	30
40	PAP 4050 ....	112	40	44	50
45	PAP 4550 ....	159	45	50	50
50	PAP 5030 ....	105	50	55	30
	PAP 5040 ....	140	50	55	40
	PAP 5060 ....	211	50	55	60
55	PAP 5540 ....	154	55	60	40
60	PAP 6040 ....	167	60	65	40
	PAP 6050 ....	209	60	65	50
	PAP 6060 ....	251	60	65	60
	PAP 6070 ....	293	60	65	70
70	PAP 7050 ....	242	70	75	50
	PAP 7070 ....	339	70	75	70
80	PAP 8060 ....	331	80	85	60
	PAP 80100 ....	552	80	85	100
90	PAP 9060 ....	371	90	95	60
	PAP 90100 ....	619	90	95	100
95	PAP 9560 ....	391	95	100	60
100	PAP 10060 ....	411	100	105	60
	PAP 100115 ....	788	100	105	115

\* Auf Anfrage

## 9.2 | Permaglide® Bundbuchsen, wartungsfrei

### 9.2.1

#### Baureihe P10, P14, P147\* mit Stahlrücken



Bundbuchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage.

Maßtable (Abmessungen in mm)							
Wellen- durch- messer	Bestellbezeichnung ... .. P10, P14, P147*	Masse g	Abmessungen				
			$D_i$	$D_o$	$D_{FL}$ $\pm 0,5$	B $\pm 0,25$	$s_{FL}$ $-0,2$
6	PAF 06040 ....	0,9	6	8	12	4	1
	PAF 06070 ....	1,4	6	8	12	7	1
	PAF 06080 ....	1,6	6	8	12	8	1
8	PAF 08055 ....	1,7	8	10	15	5,5	1
	PAF 08075 ....	2,1	8	10	15	7,5	1
	PAF 08095 ....	2,5	8	10	15	9,5	1
10	PAF 10070 ....	2,5	10	12	18	7	1
	PAF 10090 ....	3	10	12	18	9	1
	PAF 10120 ....	3,8	10	12	18	12	1
	PAF 10170 ....	5	10	12	18	17	1
12	PAF 12070 ....	3	12	14	20	7	1
	PAF 12090 ....	3,6	12	14	20	9	1
	PAF 12120 ....	4,5	12	14	20	12	1
	PAF 12170 ....	5,9	12	14	20	17	1
14	PAF 14120 ....	5,1	14	16	22	12	1
	PAF 14170 ....	6,9	14	16	22	17	1
15	PAF 15090 ....	4,4	15	17	23	9	1
	PAF 15120 ....	5,5	15	17	23	12	1
	PAF 15170 ....	7,3	15	17	23	17	1
16	PAF 16120 ....	5,8	16	18	24	12	1
	PAF 16170 ....	7,8	16	18	24	17	1
18	PAF 18120 ....	6,5	18	20	26	12	1
	PAF 18170 ....	8,7	18	20	26	17	1
	PAF 18220 ....	10,9	18	20	26	22	1
20	PAF 20115 ....	11,4	20	23	30	11,5	1,5
	PAF 20165 ....	15,1	20	23	30	16,5	1,5
	PAF 20215 ....	18,9	20	23	30	21,5	1,5
25	PAF 25115 ....	14	25	28	35	11,5	1,5
	PAF 25165 ....	18,6	25	28	35	16,5	1,5
	PAF 25215 ....	23,5	25	28	35	21,5	1,5
30	PAF 30160 ....	30,5	30	34	42	16	2
	PAF 30260 ....	45,5	30	34	42	26	2
35	PAF 35160 ....	35	35	39	47	16	2
	PAF 35260 ....	53	35	39	47	26	2
40	PAF 40260 ....	61	40	44	53	26	2

\* Auf Anfrage



## 9.2.2

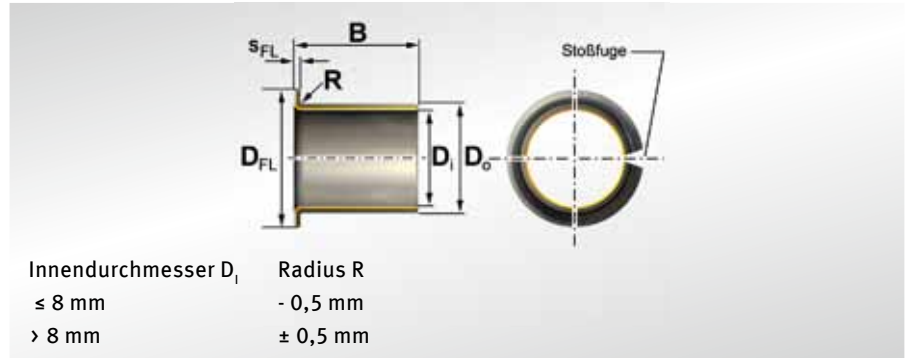
### Baureihe P10Bz\* mit Bronzerücken

#### Empfohlene Einbautoleranz:

Welle	Gehäusebohrung
f7	H7

Lagerspiele, Wanddicken und Fasentoleranzen, siehe Kapitel 7 „Konstruktive Auslegung der Lagerstelle“, Abschnitt „Theoretisches Lagerspiel“.

Bundbuchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage.



Innendurchmesser $D_i$	Radius R
$\leq 8$ mm	- 0,5 mm
$> 8$ mm	$\pm 0,5$ mm

Maßtabelle (Abmessungen in mm)							
Wellen- durch- messer	Bestellbezeichnung P10Bz*	Masse g	Abmessungen				
			$D_i$	$D_o$	$D_{FL}$ $\pm 0,5$	B $\pm 0,25$	$s_{FL}$ $-0,2$
6	PAF 06080 ....	1,8	6	8	12	8	1
8	PAF 08055 ....	1,8	8	10	15	5,5	1
	PAF 08095 ....	2,7	8	10	15	9,5	1
10	PAF 10070 ....	2,7	10	12	18	7	1
	PAF 10120 ....	4,1	10	12	18	12	1
	PAF 10170 ....	5,5	10	12	18	17	1
12	PAF 12070 ....	3,2	12	14	20	7	1
	PAF 12090 ....	3,9	12	14	20	9	1
	PAF 12120 ....	4,9	12	14	20	12	1
15	PAF 15120 ....	6	15	17	23	12	1
	PAF 15170 ....	8	15	17	23	17	1
16	PAF 16120 ....	6,3	16	18	14	12	1
18	PAF 18100 ....	6,1	18	20	16	10	1
	PAF 18220 ....	11,8	18	20	26	22	1
20	PAF 20115 ....	12,4	20	23	30	11,5	1,5
	PAF 20165 ....	16,6	20	23	30	16,5	1,5
25	PAF 25215 ....	25,5	25	28	35	21,5	1,5
30	PAF 30160 ....	33,5	30	34	42	16	2
	PAF 30260 ....	50	30	34	42	26	2
35	PAF 35260 ....	58	35	39	47	26	2
40	PAF 40260 ....	67	40	44	53	26	2

\* Auf Anfrage

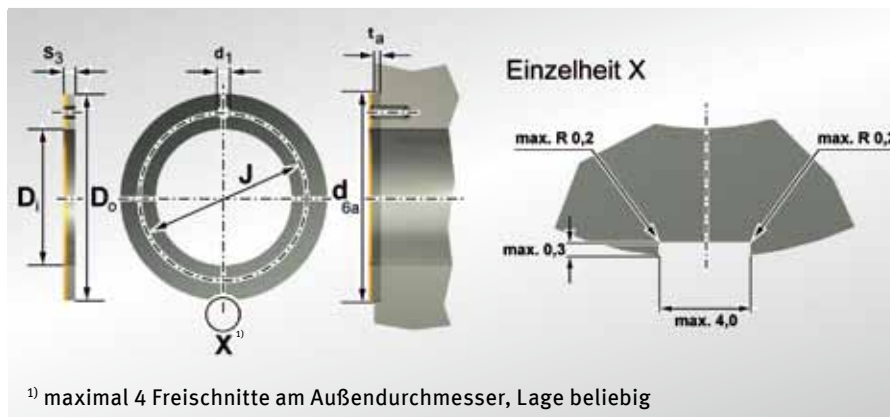
## 9.3 | Permaglide® Anlaufscheiben, wartungsfrei

### 9.3.1

Baureihe P10, P14, P147\*  
mit Stahlrücken

Baureihe P10Bz\*  
mit Bronzerücken

Anlaufscheiben in Sonderabmessungen  
auf Anfrage.



Maßtabelle (Abmessungen in mm)								
Bestellbezeichnung --- P10, P10Bz*, P14, P147*	Masse g	Abmessungen					Anschlussmaße	
		Di +0,25	Do -0,25	s3 -0,05	J ±0,12	d1 +0,4 +0,1	ta ±0,2	d6a +0,12
PAW 10 ....	2,7	10	20	1,5	15	1,5	1	20
PAW 12 ....	3,9	12	24	1,5	18	1,5	1	24
PAW 14 ....	4,3	14	26	1,5	20	2	1	26
PAW 16 ....	5,8	16	30	1,5	22	2	1	30
PAW 18 ....	6,3	18	32	1,5	25	2	1	32
PAW 20 ....	8,1	20	36	1,5	28	3	1	36
PAW 22 ....	8,7	22	38	1,5	30	3	1	38
PAW 26 ....	11,4	26	44	1,5	35	3	1	44
PAW 28 ....	13,7	28	48	1,5	38	4	1	48
PAW 32 ....	17,1	32	54	1,5	43	4	1	54
PAW 38 ....	21,5	38	62	1,5	50	4	1	62
PAW 42 ....	23,5	42	66	1,5	54	4	1	66
PAW 48 ....	38,5	48	74	2	61	4	1,5	74
PAW 52 ....	41	52	78	2	65	4	1,5	78
PAW 62 ....	52	62	90	2	76	4	1,5	90

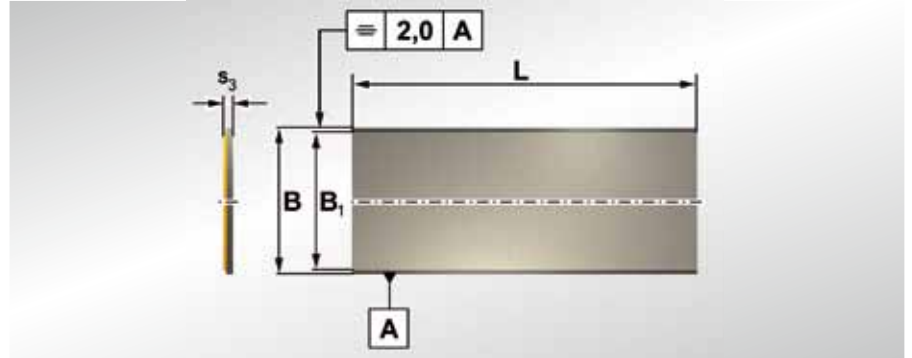
\* Auf Anfrage

## 9.4.1

Baureihe P10, P14, P147\*  
mit Stahlrücken –

Baureihe P10Bz\*  
mit Bronzerücken –  
(ehemals P11)

Streifen in Sonderabmessungen auf  
Anfrage.



Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Bestellbezeichnung ... .. P10, P14, P147*	Masse g	Abmessungen			
		$s_3$ -0,04	B +1,5	$B_1$	L +3
PAS 07250 ....	703	0,75	250	238	500
PAS 10250 ....	948	1	250	238	500
PAS 15250 ....	1439	1,5	250	238	500
PAS 20250 ....	1930	2	250	238	500
PAS 25250 ....	2420	2,5	250	238	500
PAS 30250 ....	2970	3,06	250	238	500

Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Bestellbezeichnung ... .. P10Bz*	Masse g	Abmessungen			
		$s_3$ -0,04	B +1,5	$B_1$	L +3
PAS 10160 ....	658	1	160	148	500
PAS 15180 ....	1132	1,5	180	168	500
PAS 20180 ....	1523	2	180	168	500
PAS 25180 ....	1915	2,5	180	168	500

$B$  = Gesamtbreite

$B_1$  = Nutzbreite

\* Auf Anfrage

## 9.5 | Permaglide® Buchsen, wartungsarm

### 9.5

#### Baureihe P20, P200

Empfohlene Einbautoleranz:

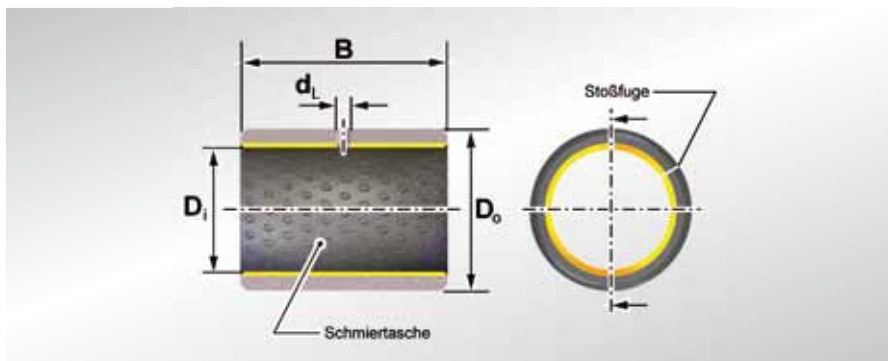
Welle	Gehäusebohrung
h8	H7

Lagerspiele, Wanddicken und Fasentoleranzen, siehe Kapitel 7 „Konstruktive Auslegung der Lagerstelle“, Abschnitt „Theoretisches Lagerspiel“.

Verformung der Schmierbohrung durch das Rundbiegen zulässig.

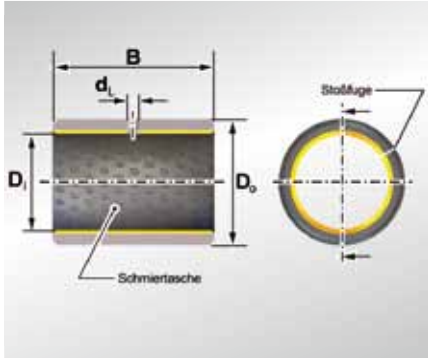
Buchsen P22, P23, P202 und P203 auf Anfrage.

Buchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage.



Maßtable (Abmessungen in mm)						
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung ... .. P20, P200	Masse g	Abmessungen			
			D <sub>i</sub>	D <sub>o</sub>	B ±0,25	d <sub>L</sub>
8	PAP 0808 ....	1,6	8	10	8	- <sup>1)</sup>
	PAP 0810 ....	2	8	10	10	- <sup>1)</sup>
	PAP 0812 ....	2,4	8	10	12	- <sup>1)</sup>
10	PAP 1008 ....	2	10	12	8	- <sup>1)</sup>
	PAP 1010 ....	2,4	10	12	10	3
	PAP 1015 ....	3,7	10	12	15	3
12	PAP 1210 ....	2,9	12	14	10	3
	PAP 1212 ....	3,5	12	14	12	3
	PAP 1215 ....	4,4	12	14	15	3
	PAP 1220 ....	5,9	12	14	20	3
14	PAP 1420 ....	6,8	14	16	20	3
15	PAP 1510 ....	3,6	15	17	10	3
	PAP 1515 ....	5,4	15	17	15	3
	PAP 1525 ....	9	15	17	25	3
16	PAP 1612 ....	4,6	16	18	12	3
	PAP 1615 ....	5,7	16	18	15	3
	PAP 1620 ....	7,7	16	18	20	3
18	PAP 1815 ....	6,4	18	20	15	3
	PAP 1820 ....	8,6	18	20	20	3
20	PAP 2015 ....	11,2	20	23	15	3
	PAP 2020 ....	15	20	23	20	3
	PAP 2025 ....	18,8	20	23	25	3
	PAP 2030 ....	23,1	20	23	30	3

<sup>1)</sup> kein Schmierloch



Maßtabelle · Fortsetzung (Abmessungen in mm)						
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung ... .. P20, P200	Masse g	Abmessungen			
			D <sub>i</sub>	D <sub>o</sub>	B ±0,25	d <sub>L</sub>
22	PAP 2220 ....	16,4	22	25	20	3
25	PAP 2515 ....	13,9	25	28	15	4
	PAP 2520 ....	18,5	25	28	20	4
	PAP 2525 ....	23,1	25	28	25	4
	PAP 2530 ....	27,8	25	28	30	4
28	PAP 2830 ....	42,6	28	32	30	4
30	PAP 3020 ....	30,3	30	34	20	4
	PAP 3025 ....	37,8	30	34	25	4
	PAP 3030 ....	45,4	30	34	30	4
	PAP 3040 ....	60,6	30	34	40	4
32	PAP 3230 ....	48,2	32	36	30	4
35	PAP 3520 ....	35	35	39	20	4
	PAP 3530 ....	52,5	35	39	30	4
	PAP 3550 ....	87,5	35	39	50	4
40	PAP 4020 ....	39,7	40	44	20	4
	PAP 4030 ....	59,6	40	44	30	4
	PAP 4040 ....	79,5	40	44	40	4
	PAP 4050 ....	99,3	40	44	50	4
45	PAP 4540 ....	113	45	50	40	5
	PAP 4550 ....	142	45	50	50	5
50	PAP 5025 ....	78	50	55	25	5
	PAP 5040 ....	125	50	55	40	5
	PAP 5060 ....	188	50	55	60	5
55	PAP 5540 ....	137	55	60	40	5
60	PAP 6030 ....	112	60	65	30	6
	PAP 6040 ....	142	60	65	40	6
	PAP 6060 ....	224	60	65	60	6
70	PAP 7040 ....	173	70	75	40	6
	PAP 7050 ....	216	70	75	50	6
	PAP 7070 ....	303	70	75	70	6
75	PAP 7540 ....	185	75	80	40	6
	PAP 7580 ....	370	75	80	80	6
80	PAP 8040 ....	197	80	85	40	6
	PAP 8055 ....	271	80	85	55	6
	PAP 8060 ....	295	80	85	60	6
	PAP 8080 ....	394	80	85	80	6
90	PAP 9060 ....	331	90	95	60	6
100	PAP 10050 ....	305	100	105	50	8
	PAP 10060 ....	366	100	105	60	8

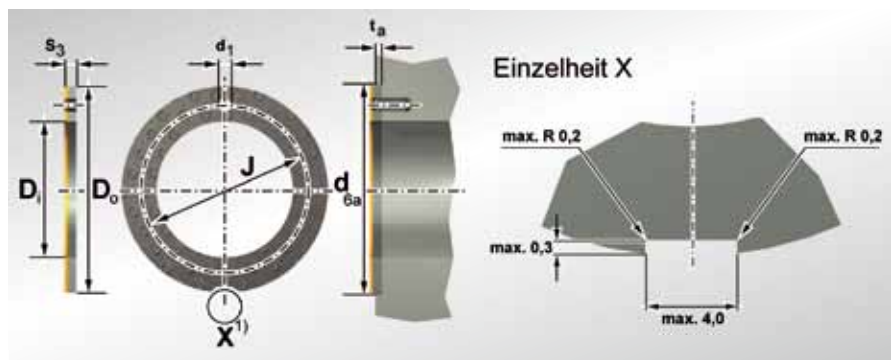
## 9.6 | Permaglide® Anlaufscheiben, wartungsarm

### 9.6

#### Baureihe P20, P200

Anlaufscheiben aus P22, P23, P202 und P203 auf Anfrage

Anlaufscheiben in Sonderabmessungen auf Anfrage.



Maßtabelle (Abmessungen in mm)								
Bestellbezeichnung ... .. P20, P200	Masse g	Abmessungen					Anschlussmaße	
		$D_1$ +0,25	$D_0$ -0,25	$s_3$ -0,05	$J$ $\pm 0,12$	$d_1$ +0,4 +0,1	$t_a$ $\pm 0,2$	$d_{6a}$ +0,12
PAW 12 ....	3,8	12	24	1,5	18	1,5	1	24
PAW 14 ....	4,2	14	26	1,5	20	2	1	26
PAW 18 ....	6,1	18	32	1,5	25	2	1	32
PAW 20 ....	7,8	20	36	1,5	28	3	1	36
PAW 22 ....	8,4	22	38	1,5	30	3	1	38
PAW 26 ....	11	26	44	1,5	35	3	1	44
PAW 28 ....	13,3	28	48	1,5	38	4	1	48
PAW 32 ....	16,5	32	54	1,5	43	4	1	54
PAW 38 ....	21	38	62	1,5	50	4	1	62
PAW 42 ....	22,5	42	66	1,5	54	4	1	66
PAW 48 ....	37,5	48	74	2	61	4	1,5	74
PAW 52 ....	40	52	78	2	65	4	1,5	78

<sup>1)</sup> maximal 4 Freischnitte am Außendurchmesser, Lage beliebig

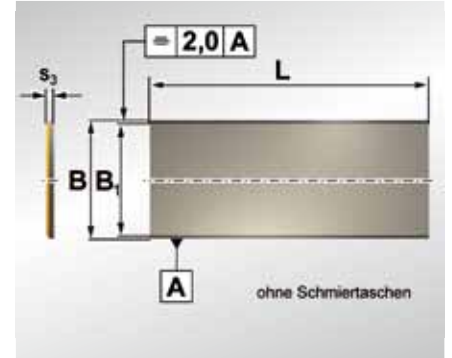
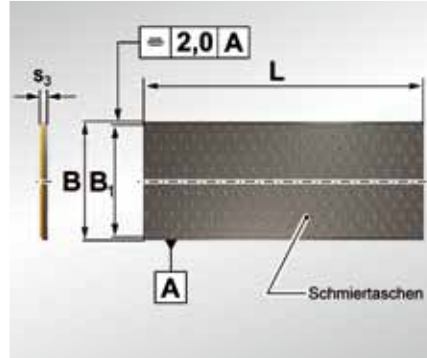
## 9.7

### Baureihe P20, P200

- P20 mit Schmier Tasche, einbaufertig
- P22 ohne Schmier Tasche,  
mit Bearbeitungszugabe
- P23 ohne Schmier Tasche,  
einbaufertig
- P200 mit Schmier Tasche, einbaufertig
- P202 ohne Schmier Tasche,  
mit Bearbeitungszugabe
- P203 ohne Schmier Tasche,  
einbaufertig

Streifen P22, P23, P202 und P203 auf Anfrage.

Streifen in Sonderabmessungen auf Anfrage.



Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Bestellbezeichnung ... .. P20, P200	Masse g	Abmessungen			
		$s_3$ -0,04	B +1,5	$B_1$	L +3
PAS 10250 ....	889	0,99	250	238	500
PAS 15250 ....	1321	1,48	250	238	500
PAS 20250 ....	1779	1,97	250	238	500
PAS 25250 ....	2225	2,46	250	168	500

$B$  = Gesamtbreite

$B_1$  = Nutzbreite

Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Bestellbezeichnung ... .. P22, P202	Masse g	Abmessungen			
		$s_3^{1)}$ -0,04	B +1,5	$B_1$	L +3
PAS 10250 .....	988	1,11	250	238	500
PAS 15250 ....	1375	1,61	250	238	500
PAS 20250 ....	1833	2,11	250	238	500
PAS 25250 ....	2279	2,63	250	238	500

Lieferung auf Anfrage.

<sup>1)</sup> Bearbeitungszugabe: 0,15 mm.

## 10.1 Prüfung von gerollten Buchsen

Im Gegensatz zu einem zylindrischen Rohrabschnitt wird eine gerollte Buchse aus einem ebenen Materialabschnitt durch Umformen hergestellt. Sie besitzt deshalb eine Stoßfuge, die im freien Zustand geöffnet sein kann. Eine geschlossene Stoßfuge sowie die erforderliche Maß- und Formgenauigkeit erreicht die gerollte Buchse erst nach dem Einpressen in das Lagergehäuse. Vor der Montage können der Außendurchmesser  $D_o$  und der Innendurchmesser  $D_i$  an gerollten Buchsen nur mit speziellen Prüfmethoden und Prüfeinrichtungen bestimmt werden.

### Buchsenaußendurchmesser $D_o$

Prüfung A, DIN ISO 3547 Teil 2

Hier wird in eine zweiteilige Prüfaufnahme mit definiertem Messdurchmesser  $d_{ch}$  die gerollte Buchse mit der Stoßfuge nach oben eingelegt. Die Prüfaufnahme wird durch eine Prüfkraft  $F_{ch}$  belastet. Der Abstand  $z$  zwischen den Gesenkhälften verändert sich unter der Prüfkraft. Aus dem Messwert  $\Delta z$  wird dann der Buchsen-  
durchmesser  $D_o$  errechnet.

### Prüfung D, DIN ISO 3547 Teil 2

Gerollte Buchsen mit einem Außendurchmesser  $D_o > 180$  mm werden mit einem Präzisionsmessband geprüft. Hierbei wird das Messband um die Buchsenmitte gelegt und so viel Zug aufgebracht, dass die Stoßfuge geschlossen ist. Der Umfangsmesswert  $\Delta z$  zeigt die Differenz zwischen dem Einstellhorn und der Buchse. Hieraus wird der Buchsenaußendurchmesser  $D_o$  errechnet.

### Buchseninnendurchmesser $D_i$

Prüfung C lehrend, DIN ISO 3547 Teil 2

Die gerollte Buchse wird in einen Lehring eingepresst, dessen Prüfdurchmesser nach DIN ISO 3547 Teil 1, Tab. 5 festgelegt ist. Der Buchseninnendurchmesser  $D_i$  wird mittels Gut-Ausschusslehrdorn oder 3-Punkt-Meßtaster geprüft.

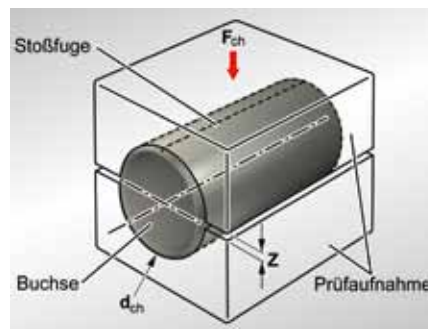


Abb. 62: Prüfung Buchsenaußendurchmesser  $D_o$

### Wanddickenprüfung an der gerollten Buchse (nach Vereinbarung)

Die Wanddickenprüfung ist in DIN ISO 12036 festgelegt.

Die Buchsenwanddicke  $s_3$  wird, abhängig von der Buchsenbreite  $B$ , auf einer, zwei oder drei Messlinien geprüft.

Nach Vereinbarung kann die Prüfung gemäß vorstehender Norm durchgeführt werden:



### Achtung:

Wanddicke  $s_3$  und Buchseninnendurchmesser dürfen nicht gleichzeitig als Prüfmaß angegeben werden.

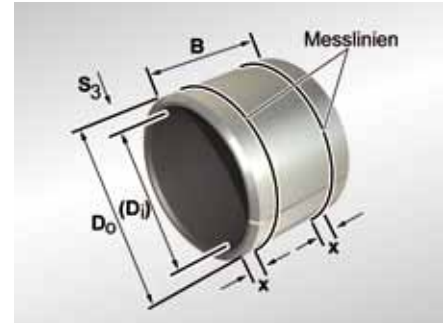


Abb. 63: Messlinien zur Wanddickenprüfung (Beispiel)



### Wichtiger Hinweis:

Die Angaben zur Prüfung von gerollten Buchsen beschreiben in allgemeiner Form die wichtigsten Vorgänge. Sie dienen nur zur Information. Das exakte Vorgehen ist in den jeweiligen aktuellen Normen festgelegt. Diese Normen sind ausschließlich anzuwenden zur Bestimmung der maßlichen und funktionellen Qualität von gerollten Buchsen.



## 10.2

### Bearbeiten der Gleitschicht

Die Gleitschicht von Permaglide® P22 und P202 haben eine Bearbeitungszugabe von etwa 0,15 mm. Diese lässt sich durch Drehen, Bohren oder Reiben bearbeiten, um:

- kleinere Spieltoleranzen zu erreichen
- Fluchtungsfehler auszugleichen.

Bewährt sind Drehen und Bohren mit:

- trockenem Schnitt
- Schnittgeschwindigkeiten zwischen 100 und 150 m/min
- Vorschub von 0,05 mm/U
- Spantiefe maximal 0,1 mm
- Hartmetallwerkzeuge (Abb. 64)

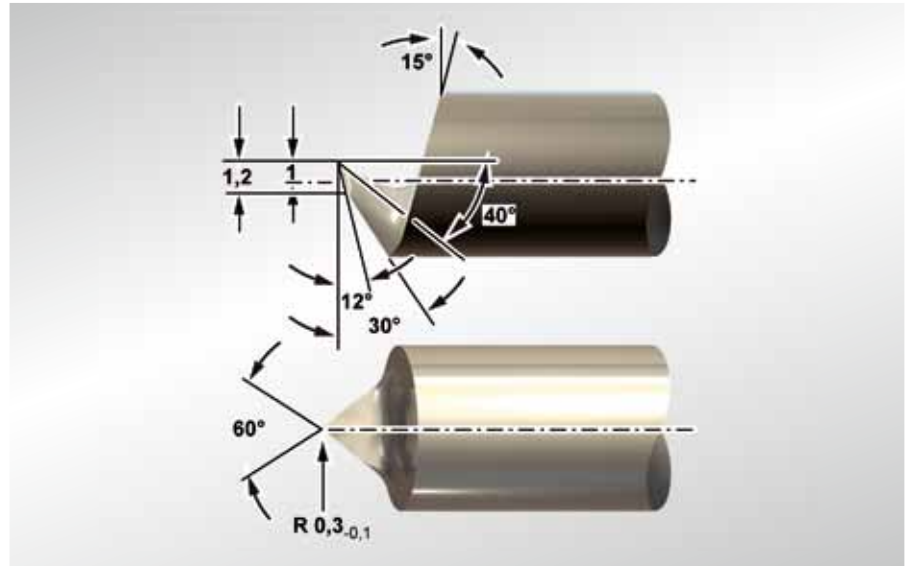


Abb. 64: Schneidwerkzeug für Permaglide® P22 und P202

! Bei Bearbeitungstemperaturen über 140 °C entsteht eine Gefährdung der Gesundheit.

! P22-Späne enthalten Blei. Blei ist gesundheitsschädlich.



**Achtung:**

Größerer Abtrag reduziert die Gebrauchsdauer.



**Achtung:**

Unsachgemäße Bearbeitung wirkt sich negativ auf die Gebrauchsdauer und die Tragfähigkeit aus.



**Achtung:**

Nach dem Bearbeiten sind Teile zu reinigen.



## Lieferzustand – Aufbewahrung

### Lieferzustand

- verpackt im Beutel im Karton oder
- verpackt im Karton.

### Aufbewahrung

Permaglide®-Gleitlager sollten aufbewahrt werden in:

- sauberen, trockenen Räumen
- bei möglichst konstanter Temperatur
- einer relativen Luftfeuchtigkeit von maximal 65%.



### **Achtung:**

Verpackungen möglichst verschlossen halten. Permaglide®-Gleitlager erst unmittelbar vor dem Einbau aus der Originalverpackung nehmen.



## **Umweltfragen, Arbeitssicherheit**

Im eigenen Interesse sollten die geltenden gesetzlichen Bestimmungen und andere Regelungen

- zum Umweltschutz
  - zur Arbeitssicherheit
- und zu ähnlichem beachtet werden.

## **Literaturverzeichnis**

/1/ Damm, Höne, Reinicke, Skiadas:  
*Gleitlager im Automobil.*  
Verlag Moderne Industrie, Band 322,  
2009

/2/ Berger:  
*Untersuchungen an wartungsfreien  
Verbundgleitlagern.*  
Shaker Verlag, Aachen, 2000

## **Weitere Literatur:**

Broichhausen:  
*Schadenskunde, Analyse und Vermeidung  
von Schäden.*  
Hanser Verlag, München, Wien, 1985

Stork:  
*Lebensdauervorhersage wartungsfreier,  
dynamisch belasteter Verbundgleitlager  
mit Hilfe neuronaler Netze*  
Shaker Verlag, Aachen, 2003



ORIGINAL  
PERMAGLIDE®

[www.permaglide.de](http://www.permaglide.de)



BEI UNS BEWEGT  
SICH WAS!

Permaglide® Partner:

Vertrieb International:

**MS Motor Service International GmbH**  
Wilhelm-Maybach-Straße 14-18  
74196 Neuenstadt, Germany  
[www.ms-motor-service.com](http://www.ms-motor-service.com)

Vertrieb Deutschland:

**MS Motor Service Deutschland GmbH**  
Mercedesstraße 18  
71384 Weinstadt, Germany  
Telefon: +49 (0) 7151 / 96 50 0  
Telefax: +49 (0) 7151 / 96 50 400  
[www.ms-motor-service.de](http://www.ms-motor-service.de)

Produktion:

**KS Gleitlager GmbH**  
Am Bahnhof 14  
68789 St. Leon-Rot, Germany  
Telefon: +49 6227 56-0  
Telefax: +49 6227 56-302  
[www.kspg-ag.de](http://www.kspg-ag.de)

Kolbenschmidt Pierburg Group

