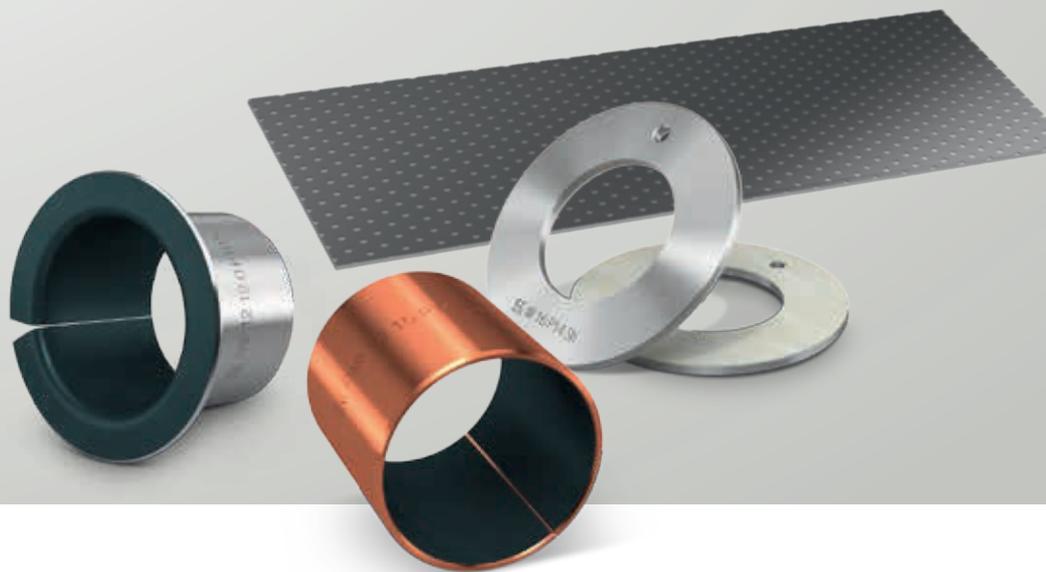




PERMAGLIDE GLEITLAGER

PERMAGLIDE PALIERS LISSES

Inhalt	Seite
1 Werkstoffübersicht	4
2 Bezeichnungen und Einheiten	8
3 KS PERMAGLIDE® Gleitlager	9
3.1 Einleitung Werkstoff P1	10
3.2 Einleitung Werkstoff P2	15
4 Werkstoffwahl, Werkstoffinformationen	19
4.1 P1-Gleitlager	20
4.2 P2-Gleitlager	27
5 Berechnung der nominellen Lebensdauer	31
6 Typische Gleitlagerschäden	39
7 Konstruktive Auslegung der Lagerstelle	42
8 Gleitlagermontage	51
9 Bauformen und Maßtabellen	55
9.1 KS PERMAGLIDE® Buchsen, wartungsfrei	57
9.2 KS PERMAGLIDE® Bundbuchsen, wartungsfrei	63
9.3 KS PERMAGLIDE® Anlaufscheiben, wartungsfrei	65
9.4 KS PERMAGLIDE® Streifen, wartungsfrei	66
9.5 KS PERMAGLIDE® Buchsen, wartungsarm	67
9.6 KS PERMAGLIDE® Anlaufscheiben, wartungsarm	69
9.7 KS PERMAGLIDE® Streifen, wartungsarm	70
9.8 KS PERMAGLIDE® Sonderanfertigungen	71
10 Prüfmethoden	72



KS PERMAGLIDE® P1-Gleitlager

- wartungsfrei
- geeignet für Trockenlauf

Kennwerte Eigenschaften	Einheit	P10, P11	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 bei $v \leq 0,032$ m/s	56 bei $v \leq 0,029$ m/s	56 bei $v = 0,025$ m/s
$v_{max.}$	m/s	2 bei $p \leq 0,90$ MPa	1 bei $p \leq 1,60$ MPa	0,8 bei $p \leq 1,75$ MPa
T	°C	–200 bis +280	–200 bis +280	–200 bis +280

Werkstoffe KS PERMAGLIDE® P1



Standardwerkstoff P10

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



Standardwerkstoff P11

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



Standardwerkstoff P14

- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- sehr geringe Stick-Slip-Neigung
- geringer Verschleiß
- niedriger Reibwert
- keine Verschweißneigung zu Metall
- weitgehend quellbeständig

Sonderwerkstoff P147*

- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- sehr gute Korrosionsbeständigkeit
- alle anderen Eigenschaften ähnlich wie P14

* Auf Anfrage

Bauformen KS PERMAGLIDE® P1

Buchsen PAP



PAP P10

Bundbuchsen PAF



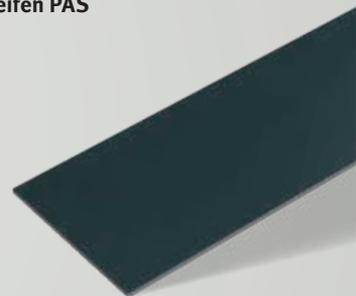
PAF P10

Anlaufscheiben PAW



PAW P10

Streifen PAS



PAS P10



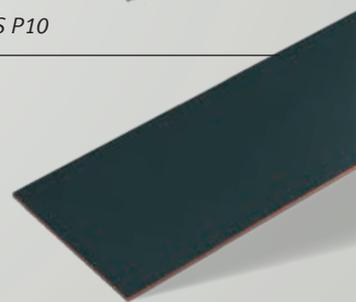
PAP P11



PAF P11



PAW P11



PAS P11



*PAP P14, PAP P147**



*PAF P14, PAF P147**



*PAW P14, PAW P147**



*PAS P14, PAS P147**

KS 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
$p_{max,stat.}$	MPa	250	250
$p_{max,dyn.}$	MPa	70 bei $v \leq 0,042$ m/s	70 bei $v \leq 0,047$ m/s
$v_{max.}$	m/s	3 bei $p \leq 1,00$ MPa	3,3 bei $p \leq 1,00$ MPa
T	°C	-40 bis +110	-40 bis +110

Werkstoffe KS PERMAGLIDE® P2



Standardwerkstoff P20

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

Sonderwerkstoff P22*

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

Sonderwerkstoff P23*

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

Standardwerkstoff P200

- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- mit Schmiertaschen, einbaufertig
- Lebensdauerschmierung
- niedriger Verschleiß
- sehr gute Notlaufeigenschaften
- unempfindlich gegen Kanten- und Stoßbelastung
- gutes Dämpfungsverhalten
- gute chemische Beständigkeit

Sonderwerkstoff P202*

- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- glatte Lauffläche, mit Bearbeitungszugabe
- alle anderen Eigenschaften ähnlich wie P20

Sonderwerkstoff P203*

- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- glatte Lauffläche, einbaufertig
- alle anderen Eigenschaften ähnlich wie P20

* Auf Anfrage

Bauformen KS PERMAGLIDE® P2

Buchsen PAP



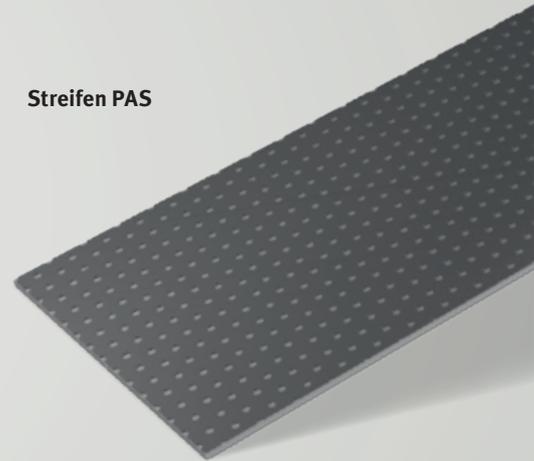
PAP P20, PAP P22, PAP P23*, PAP P200,
PAP P202*, PAP P203**

Anlaufscheiben PAW



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

Streifen PAS



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

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_1	mm	nutzbare Streifenbreite
C_i	mm	Buchseninnenfase (Kantenbruch)
C_o	mm	Buchsenaußenfase
D_{FL}	mm	Bunddurchmesser
D_i	mm	Innendurchmesser der Buchse Innendurchmesser der Anlaufscheibe
D_{iE}	mm	Buchseninnendurchmesser im eingepressten Zustand
D_o	mm	Außendurchmesser der Buchse Außendurchmesser der Anlaufscheibe
d_{ch}	mm	Durchmesser der Prüfaufnahme (Einstellhorn)
d_G	mm	Durchmesser der Gehäusebohrung
d_H	mm	Hilfsring – Innendurchmesser
d_K	mm	Kalibrierdorndurchmesser
d_L	mm	Schmierlochdurchmesser
d_W	mm	Wellendurchmesser
d_1	mm	Durchmesser der Befestigungsbohrung in der Anlaufscheibe
d_{6a}	mm	Durchmesser der Gehäuseausnehmung für die Anlaufscheibe
F	N	Lagerbelastung, Einpresskraft
F_{ch}	N	Prüfkraft
F_E	N	Einpresskraft pro mm Buchsenbreite
F_{Ges}	N	Gesamteinpresskraft
f_G	mm	Fasenbreite am Gehäuse
f_A	–	Korrekturfaktor Belastungsfall
f_L	–	Korrekturfaktor Linearbewegung
f_P	–	Korrekturfaktor Last
f_R	–	Korrekturfaktor Rautiefe
f_T	–	Korrekturfaktor Temperatur
f_v	–	Korrekturfaktor Gleitgeschwindigkeit
f_W	–	Korrekturfaktor Werkstoff

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
H	mm	Hub bei Linearbewegung
J	mm	Teilkreisdurchmesser der Anlaufscheibe
L	mm	Streifenlänge
L_N	h	nominelle Lebensdauer
m	g	Masse
n	min ⁻¹	Drehzahl
n_{osz}	min ⁻¹	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_z, R_a	µm	Rautiefe
s_1	mm	Dicke des Stahl- oder Bronzerückens
s_3	mm	Wanddicke der Buchse
s_{FL}	mm	Bunddicke
T	°C	Temperatur
t_a	mm	Tiefe der Gehäuseausnehmung
v	m/s	Gleitgeschwindigkeit
x	mm	Messlinienabstand
z	mm	Abstand Prüfaufnahmehälften
α_{Bz}	K ⁻¹	Wärmeausdehnungskoeffizient Bronze
α_{St}	K ⁻¹	Wärmeausdehnungskoeffizient Stahl
Δs	mm	Theoretisches Lagerspiel
Δz	mm	Messwert in der Prüfaufnahme
λ_{Bz}	W(mK) ⁻¹	Wärmeleitfähigkeit Bronze
λ_{St}	W(mK) ⁻¹	Wärmeleitfähigkeit Stahl
μ	–	Reibungszahl
τ_S	N/mm ²	Scherfestigkeit
ϕ	°	Schwenkwinkel

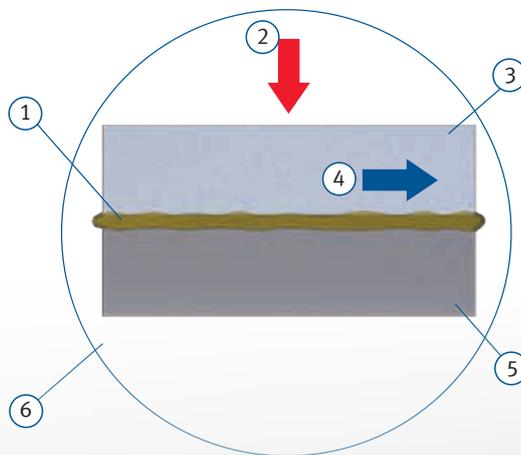
Gleitlager dienen der Aufnahme und Weiterleitung von Kräften zwischen relativ zueinander bewegten Bauteilen. Dabei wird die Lage der bewegten Bauteile zueinander bestimmt und die Führungsgenauigkeit in der Bewegung sichergestellt.

Gleitlager haben eine Vielzahl von Anforderungen zu erfüllen. Sie sollen möglichst hohe mechanische Lasten aufnehmen und gleichzeitig nur geringen Verschleiß innerhalb der Lebensdauer aufweisen. Gleichzeitig sollen sie hohe Gleitgeschwin-

digkeiten standhalten 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



- 1 Zwischenstoff
- 2 Belastung
- 3 Gegenkörper
- 4 Relativbewegung
- 5 Grundkörper
- 6 Umgebungsbedingungen

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 betriebsicher auszulegen.

Die wartungsarmen Gleitlager sind in der Regel fettgeschmiert. Die bei der Montage

eingebraachte 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 Einleitung Werkstoff P1

3.1.1 Allgemein

Die Werkstoffgruppe P1 umfasst die Werkstoffe P10, P11, P14 und P147. P10 und P11 enthalten Blei in der Bronze-Gleitschicht 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 Bronze-Gleitschicht ist so gesintert, dass ein Porositätsvolumen 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).

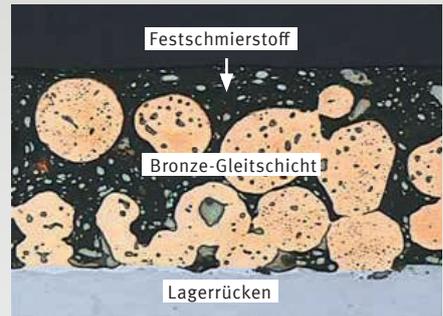
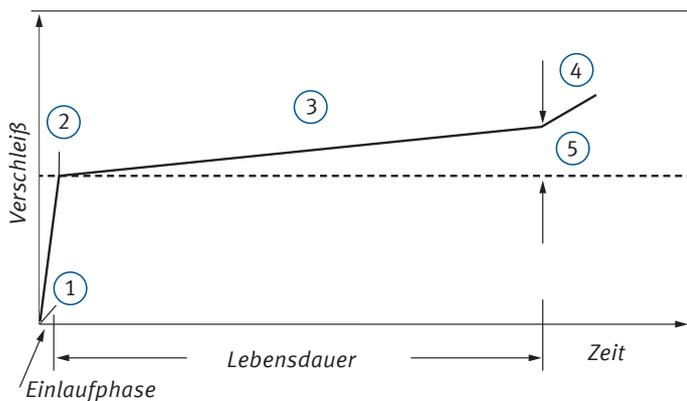


Abb. 2: Schichtsystem P1

3.1.3 Funktionsbeschreibung

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



- | | | |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 Ausgangszustand | 3 innerhalb Lebensdauer | 5 maximal zulässiger Verschleiß |
| 2 Ende Einlaufvorgang | 4 Lebensdauerende | |

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: Beschaffenheit 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.

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 Bronze-Gleitschichtvolumen zu Fest-

schmierstoffvolumen. Während der Betriebsdauer gelangt immer wieder neuer Festschmierstoff in die Kontaktzone und ersetzt die verbrauchten Festschmierstoffteile. Dieser Vorgang wird vor allem ausgelöst durch die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Bronze-Gleitschicht und des Festschmierstoffes (Verhältnis ca. 1:5,5). Erwärmt sich durch die Reibarbeit in der Kontaktzone die Gleitschicht, dehnt sich der Festschmierstoffanteil entsprechend 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. Die Beschaffenheit der Gleitfläche innerhalb der Lebensdauer zeigt Abb. 8.

Abb. 5: Beschaffenheit der Gleitfläche am Ende des Einlaufvorgangs

Abb. 8: Beschaffenheit der Gleitfläche innerhalb der Lebensdauer

Abb. 6: Materialübertrag

Abb. 7: Schwingverhalten von Reibwert und Temperatur

11

3 | KS PERMAGLIDE® 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.

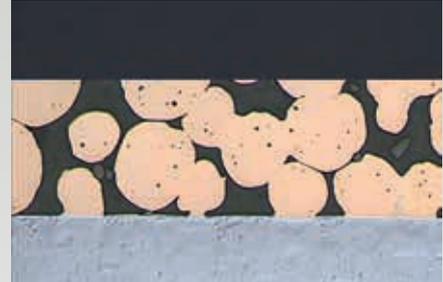


Abb. 9: Beschaffenheit der Gleitfläche am Ende der Lebensdauer

3.1.4 Grenzwerte 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 maxi-

mal 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.

Übliche

Funktionsgrenzen:

P10, P11	
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

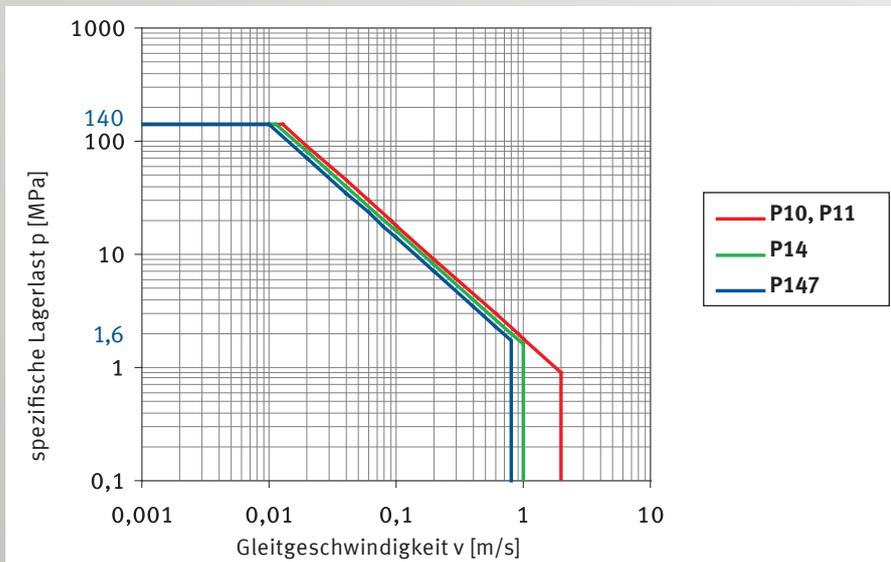


Abb. 10: pv-Wert [MPa · m/s], Grenzkurve (Werte gültig bei Raumtemperatur)

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 Gleitlager kann innerhalb kurzer Zeit ausfallen.

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, P11	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 Wechselwirkung zueinander. Es besteht tendenziell folgender Zusammenhang:

spezifische Lagerbelastung		Gleitgeschwindigkeit		Reibungszahl	
p [MPa]		v [m/s]		μ [1]	
140 bis 250	↑ 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 Vorteil, am Gleitpartner eine gehärtete oder mit

spezieller Beschichtung ausgestattete Laufläche 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 Abrasionsvorgängen mit erhöhter Reibung, Temperaturerhöhung und erhöhtem Verschleiß.

Reibung und Temperatur (Umgebungstemperatur)

Für die Betriebssicherheit und Lebensdauer ist es wichtig, innerhalb welcher Betriebstemperatur ein wartungsfreies Gleitlagersystem 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, kehrt sich dieser Effekt um. Der Reibwert erhöht sich und kann bis zu 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 Gleitgeschwindigkeiten gegenüber drehenden oder schwenkenden Bewegungen möglich.

Hydrodynamischer Betrieb

Grundsätzlich können P1-Gleitlager auch unter hydrodynamischen Bedingungen betrieben werden. Die Berechnung hierzu bietet Motorservice als Service an.

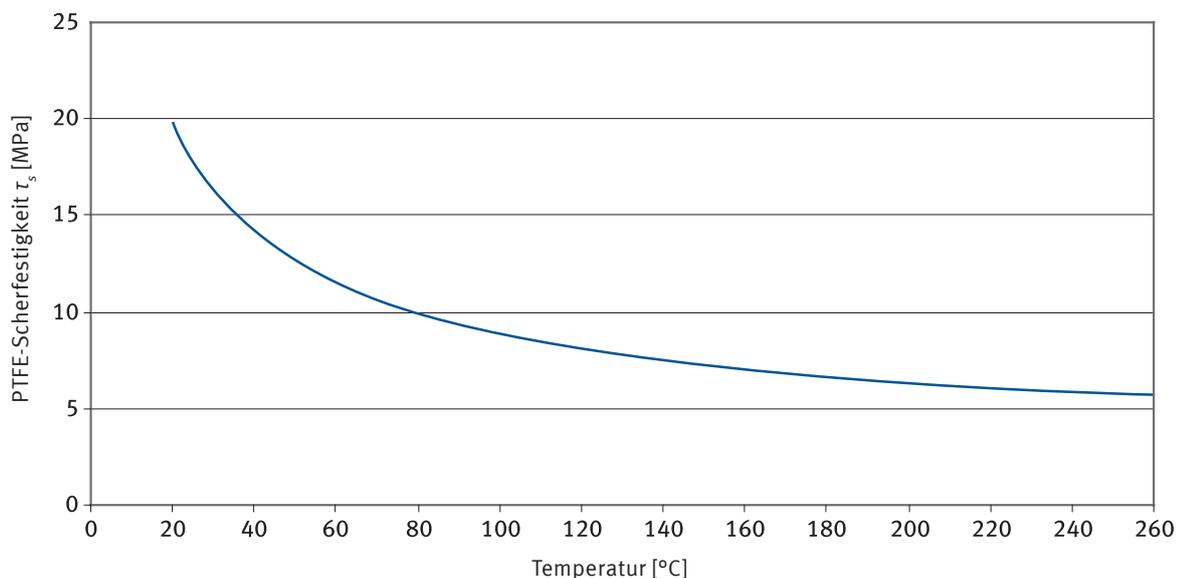


Abb. 11: PTFE-Scherfestigkeit τ_s über der Temperatur

3.2 Einleitung Werkstoff P2

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.

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 Betriebssicherheit und die Lebensdauer.

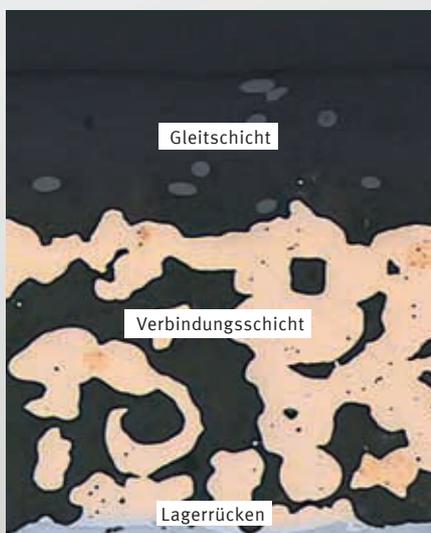


Abb. 12: Schichtsystem P2

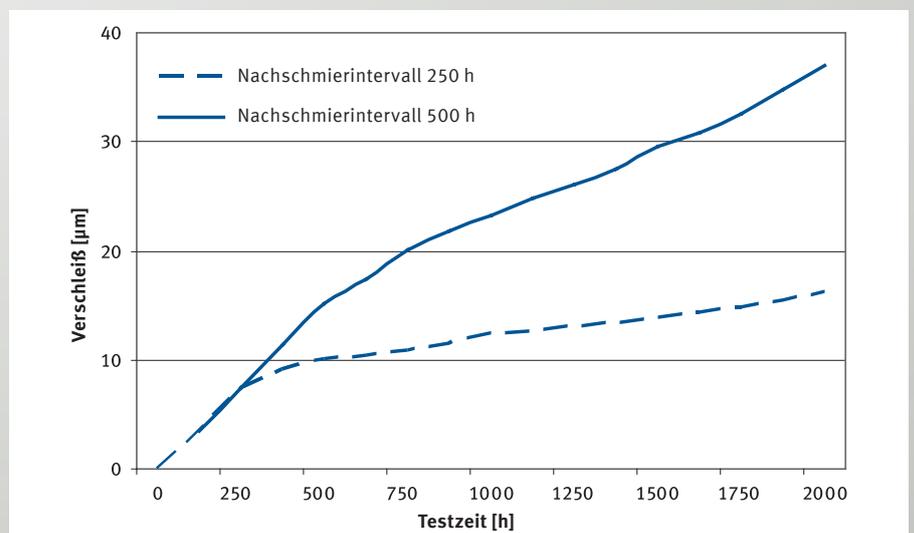


Abb. 13: Verschleißkurve P2-Gleitlager (schematisch)

Lebensdauerende

Nach längerer Betriebsdauer und entsprechender Verschleißtiefe ist bei Gleitlageranwendungen mit Lebensdauerschmierung (Einmalschmierung) das Schmierstoffvolumen verbraucht. Auch ist je nach Schmierfetttyp und Umgebungsbedingung 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 Aufnahmevolumen der Schmiertaschen stark reduziert. Es wird

nicht mehr genug Schmierstoff deponiert. Hinzu kommt der Materialabrieb, der sich in die Schmiertaschen 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	$\langle v \leq 3 \text{ m/s}$
0,1 MPa	$\langle p \leq 70 \text{ MPa}$
P200	
0,04 m/s	$\langle v \leq 3,3 \text{ m/s}$
0,1 MPa	$\langle p \leq 70 \text{ MPa}$

Die Grenzkurve ist so zu verstehen, dass bei der jeweiligen spezifischen Lagerlast p [MPa] und der zugehörigen Gleitgeschwin-

digkeit v [m/s] sich im Betrieb 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.

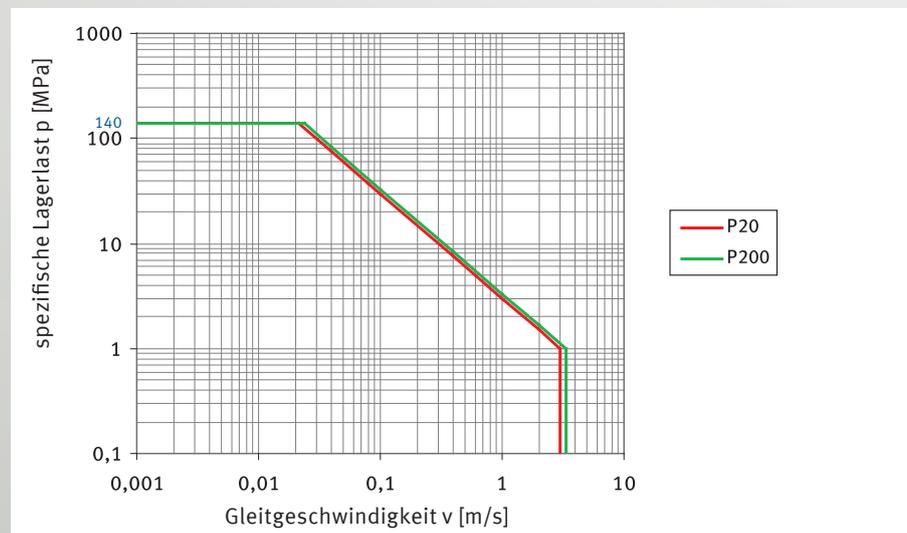


Abb. 14: pv-Werte, Grenzkurven P20, P200 fettgeschmiert bei 20 °C

Spezifische Lagerlast

Bei der maximal zulässigen, spezifischen Lagerlast und der jeweils maximal zulässigen Gleitgeschwindigkeit gelten für ein wartungsarmes 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. 24). 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

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

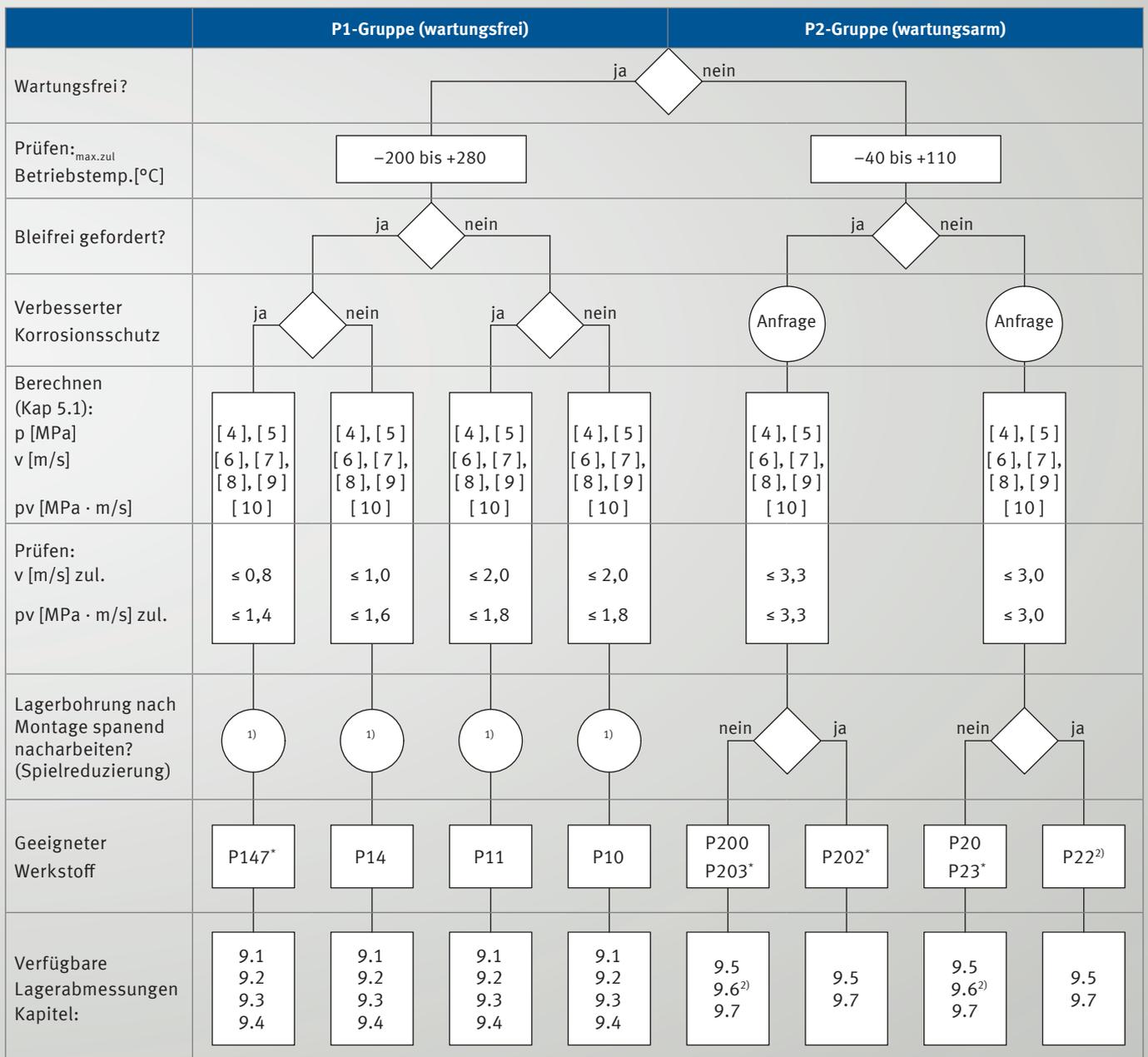
In Verbindung mit drehender oder schwenkender Bewegung ist der Belastungsfall Punktlast bzw. Umfangslast von Bedeutung. Punktlast bedeutet bewegte Welle und stehendes Gehäuse mit Lagerbuchse. Bei Umfangslast bewegt sich das Gehäuse mit Lagerbuchse um die stehende Welle. Drehende oder schwenkende Bewegungen 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 höhere 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 Motorservice die Berechnung hydrodynamisch betriebener Gleitlager als Service an.

Schema zur Werkstoffwahl. Gültig für trockenlaufende bzw. fettgeschmierte Gleitlager. Für hydrodynamischen Betrieb bietet Motorservice 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"> Lagerlast Wellendurchmesser Drehzahl Schwenkwinkel Schwenkfrequenz Lagerbreite 	[MPa] [mm] [min ⁻¹] [°] [min ⁻¹] [mm]



¹⁾ Buchsen der P1-Gruppe können nicht spanend nachbearbeitet werden. Spanlos kalibrieren ist möglich, reduziert jedoch die Lebensdauer (Tab. 37)

²⁾ Gilt nur für Werkstoff P20/P200

* Auf Anfrage

4.1 P1-Gleitlager

4.1.1 P10, P11 ... wartungsfrei und robust

Kurzbeschreibung

P10 und 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, P11 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, P11 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 „Zink, transparent passiviert“ geliefert werden.

P11 benötigt keinen zusätzlichen Korrosionsschutz.

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

Eigenschaften von P11

Bei erhöhten Anforderungen hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit oder bei Einsatz in aggressiven Medien wird der Werkstoff P11 empfohlen. Er besitzt gegenüber P10 noch einige Vorzüge:

- sehr gute Wärmeleitfähigkeit und damit erhöhte Betriebssicherheit
- antimagnetisch

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.

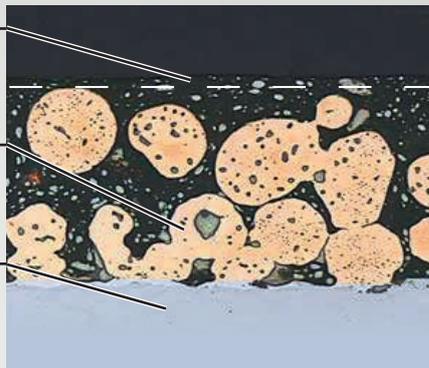
Die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände wird von Motorservice als Serviceleistung angeboten

Die Werkstoffe P10 und P11 enthalten Blei und dürfen deshalb nicht im Lebensmittelbereich eingesetzt werden.



Werkstoffaufbau P10

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



Tab. 4: Systemaufbau P10

Abb. 15: Schichtsystem P10

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

Tab. 5: Chemische Zusammensetzung P10

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 bei $p \leq 0,90$ MPa	$v_{zul.}$	m/s	2
• hydrodynamischer Betrieb	$v_{zul.}$	m/s	3
Zulässige Temperatur	$T_{zul.}$	°C	–200 bis +280
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	α_{St}	K ⁻¹	$11 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitfähigkeit			
• Stahlrücken	λ_{St}	W(mK) ⁻¹	40

Tab. 6: Werkstoffkennwerte P10

¹⁾ Mit dieser Schmierstoffmasse sind auch die Poren der Gleitschicht gefüllt.



Werkstoffaufbau P11

1	Einlaufschicht	
	PTFE-Matrix mit Füllstoff ¹⁾ Schichtdicke [mm]:	max. 0,03
2	Gleitschicht	
	Zinn-Bronze Schichtdicke [mm]: Porenvolumen [%]:	0,20–0,35 ca. 30
3	Lagerrücken	
	Bronze Bronzedicke [mm]: Bronzehärte [HB]:	Variabel 80–160

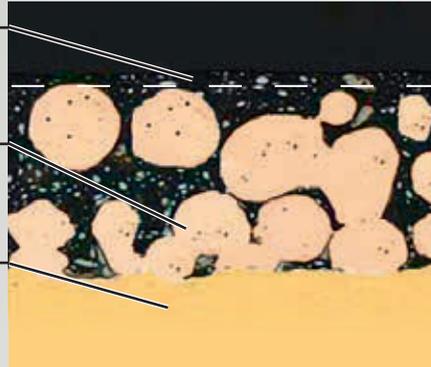


Abb. 16: Schichtsystem P11

Tab. 7: Systemaufbau P11

Einlaufschicht	
Komponenten	Gewichts-%
PTFE	44
Pb	56
Gleitschicht	
Komponenten	Gewichts-%
Sn	9 bis 11
Cu	Rest
Lagerrücken	
Material	Materialinformation
Bronze	CuSn 6
	DIN 17662

Tab. 8: Chemische Zusammensetzung P11

Kennwerte, Grenzbelastung	Zeichen	Einheit	Wert
Zulässiger pv-Wert	$p_{zul.}$	MPa · m/s	1,8
Zulässige spezifische Lagerlast			
• statisch	$p_{zul.}$	MPa	250
• dynamisch	$p_{zul.}$	MPa	140
• 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 Geschwindigkeit			
• Trockenlauf bei $p \leq 0,90$ MPa	$v_{zul.}$	m/s	2
• hydrodynamischer Betrieb	$v_{zul.}$	m/s	3
Zulässige Temperatur	$T_{zul.}$	°C	–200 bis +280
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Bronzerücken	α_{Bz}	K ⁻¹	$17 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitfähigkeit			
• Bronzerücken	λ_{Bz}	W(mK) ⁻¹	≤ 70

Tab. 9: Werkstoffkennwerte P11

¹⁾ Mit dieser Schmierstoffmasse sind auch die Poren der Gleitschicht gefüllt.



4.1.2 P14 ... wartungsfrei und umweltfreundlich

Kurzbeschreibung

P14 ist ein bleifreier Standardgleitwerkstoff mit hoher tribologischer Performance. Er ist für wartungsfreie, trockenlaufende Anwendungen konzipiert. 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 Dickengenauigkeit 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
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- 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 Motorservice als Serviceleistung angeboten.



Hinweis:

Zinn dient als Kurzzeitkorrosionsschutz und als Montagehilfe.

P14 im Wasser nicht einsetzbar
(Alternativ: P10, P11, P147)

4 | Werkstoffwahl, Werkstoffinformationen

Werkstoffaufbau P14

1 Einlaufschicht	
PTFE-Matrix mit Füllstoff ¹⁾	
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

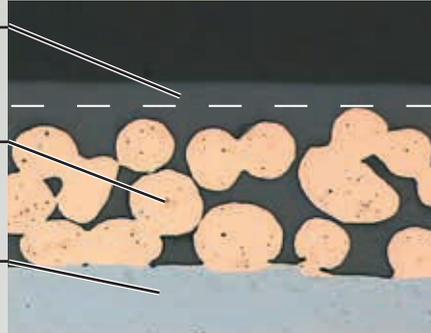


Abb. 17: Schichtsystem

Tab. 10: Systemaufbau

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. 11: Chemische Zusammensetzung

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 bei $p \leq 1,60$ MPa	$v_{zul.}$	m/s	1
• hydrodynamischer Betrieb	$v_{zul.}$	m/s	3
Zulässige Temperatur	$T_{zul.}$	°C	–200 bis +280
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	α_{St}	K ⁻¹	$11 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitzahl			
• Stahlrücken	λ_{St}	W(mK) ⁻¹	40

Tab. 12: Werkstoffkennwerte P14

¹⁾ Mit dieser Schmierstoffmasse sind auch die Poren der Gleitschicht gefüllt.



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 auf Anfrage eine besondere Korrosionsschutzbehandlung für den Lagerrücken, die Stirnflächen und die Stoßflächen.

- Standard-Ausführung: Zinn
Schichtdicke: ca. 0,002 mm
- Höhere Korrosionsschutzanforderungen (auf Anfrage)
Ausführung: Zink, transparent passiviert
Schichtdicke: 0,008 mm bis 0,012 mm
Höhere Schichtdicke auf Anfrage.

Eigenschaften von P147

- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- 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 Medien¹⁾
- im Außenbereich von Maschinen und Anlagen¹⁾
- 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 Motorservice als Serviceleistung angeboten.

Hinweis:

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

Hinweis:

Der Werkstoff P147 ist auf Anfrage lieferbar.

¹⁾ P147 erfüllt die Anforderungen an den Salzsprühnebeltest nach DIN 50021

4 | Werkstoffwahl, Werkstoffinformationen

Werkstoffaufbau P147

1	Einlaufschicht	
	PTFE-Matrix mit Füllstoff ¹⁾	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

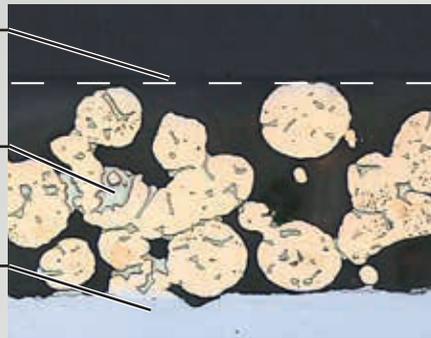


Abb. 18: Schichtsystem

Tab. 13: Systemaufbau

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

Tab. 14: Chemische Zusammensetzung

Kennwerte, Grenzbelastung	Zeichen	Einheit	Wert
Zulässiger pv-Wert	$p_{v_{zul}}$	MPa · m/s	1,4
Zulässige spezifische Lagerlast			
• statisch	p_{zul}	MPa	250
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,010$ m/s	p_{zul}	MPa	140
• Punktlast, Umfangslast bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,025$ m/s	p_{zul}	MPa	56
• Punktlast, Umfangslast, schwelend bei Gleitgeschwindigkeit $\leq 0,050$ m/s	p_{zul}	MPa	28
Zulässige Gleitgeschwindigkeit			
• Trockenlauf bei $p \leq 1,75$ MPa	v_{zul}	m/s	0,8
Zulässige Temperatur	T_{zul}	°C	–200 bis +280
Wärmeausdehnungskoeffizient			
• Stahlrücken	α_{St}	K ⁻¹	$11 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitzahl			
• Stahlrücken	λ_{St}	W(mK) ⁻¹	40

Tab. 15: Werkstoffkennwerte P147

¹⁾ Mit dieser Schmierstoffmasse sind auch die Poren der Gleitschicht gefüllt.



4.2 P2-Gleitlager

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 eine Korrosionsschutzbehandlung für den Lagerrücken, die Stirnflächen und die Stoßflächen.

Standardausführung: Zinn
Schichtdicke [mm]: ca. 0,002

Hinweis:

Zinn dient als Kurzzeitkorrosionsschutz und als Montagehilfe.

Eigenschaften

- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)
- 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. 19: P20-Gleitlager mit Schmiertaschen und Schmierloch

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

Motorservice bietet die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände als Service an.

Hinweis:

Die Werkstoffe P22 und P23 sind auf Anfrage lieferbar.

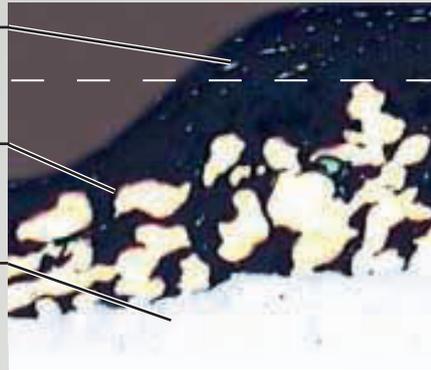
Werkstoff	Ausführungen		
	Einbaufertig	Schmiertaschen	Bearbeitungszugabe
P20	•	•	
P22			•
P23	•		

Tab. 16: Werkstoffausführung P22 und P23 auf Anfrage lieferbar

4 | Werkstoffwahl, Werkstoffinformationen

Werkstoffaufbau P20, P22, P23

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



Tab. 17: Systemaufbau

Abb. 20: Schichtsystem

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. 18: Chemische Zusammensetzung

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	α_{St}	K ⁻¹	$11 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitzahl			
• Stahlrücken	λ_{St}	W(mK) ⁻¹	40

Tab. 19: Werkstoffkennwerte P20, P22, P23

¹⁾ Mit dieser Masse sind auch die Hohlräume der Zwischenschicht gefüllt.



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.

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

Tab. 20: Werkstoffausführung P202 und P203 auf Anfrage lieferbar

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 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.

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
- bleifrei
- konform zur Richtlinie 2002/95/EG (RoHS)

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. 21: P200 – Gleitlager mit Schmier- tasche und Schmierloch

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

Motorservice bietet die Berechnung hydrodynamischer Betriebszustände als Service an.

Hinweis:

Die Werkstoffe P202 und P203 sind auf Anfrage lieferbar.

4 | Werkstoffwahl, Werkstoffinformationen

Werkstoffaufbau P200, P202, P203

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

Tab. 21: Systemaufbau

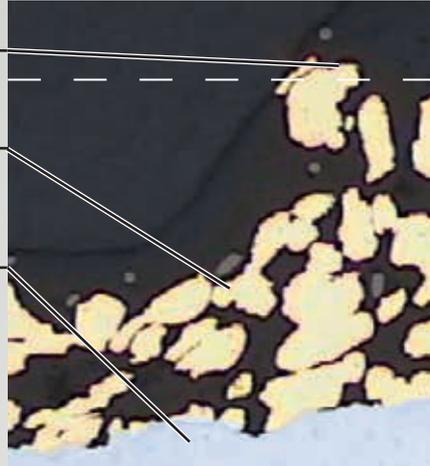


Abb. 22: Schichtsystem

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. 22: Chemische Zusammensetzung

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, schwelend 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	α_{St}	K ⁻¹	$11 \cdot 10^{-6}$
Wärmeleitzahl			
• Stahlrücken	λ_{St}	W(mK) ⁻¹	40

Tab. 23: Werkstoffkennwerte P200, P202, P203

¹⁾ 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 KS 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 Fettschmierung ist wegen der nicht exakt erfassbaren Einflüsse (z. B. Schmutz, Schmierstoffalterung u. a.) wenig sinnvoll. Motorservice bietet, gestützt auf praktische Erfahrung, dazu 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
$$v = \frac{D_o \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \quad [m/s]$$

5 | Berechnung der nominellen Lebensdauer

[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

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

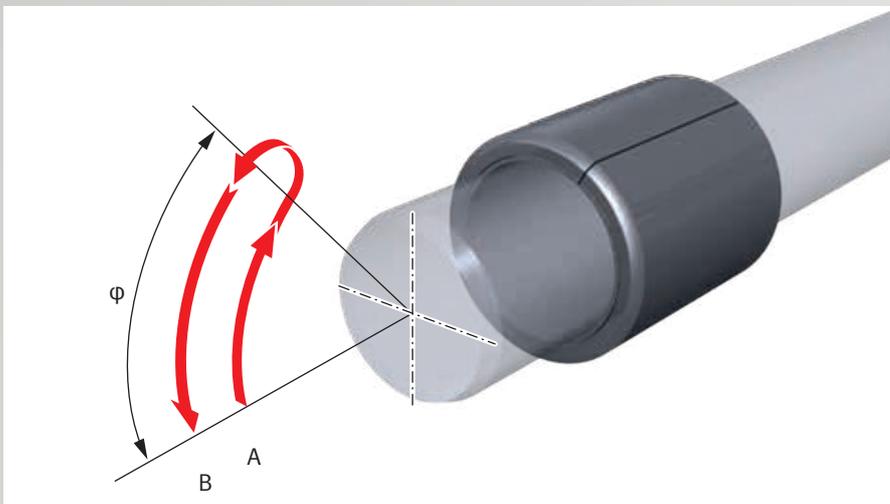


Abb. 23: Schwenkwinkel φ

Die Schwenkfrequenz n_{osz} ist die Anzahl der Bewegungen von A nach B pro Minute.

[10] Berechnung pv-Wert

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

$pv_{zul.}$ für	P10, P11 $\leq 1,8 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P14 $\leq 1,6 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P147 $\leq 1,4 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P20 $\leq 3,0 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$
	P200 $\leq 3,3 \text{ MPa} \cdot \text{m/s}$

Korrekturfaktoren	P1	P2
f_p = Spezifische Lagerlast	Abb. 24	Abb. 28
f_t = Temperatur	Abb. 25	Abb. 29
f_v = Gleitgeschwindigkeit	Abb. 26	Abb. 30
f_r = Rautiefe	Abb. 27	Abb. 31
f_A = Belastungsfall	Abb. 32	Abb. 32
f_w = Werkstoff	Tab. 24	Tab. 24
f_l = Linearbewegung, [11]	Abb. 33	---

Korrekturfaktoren für P10, P11, P14 und P147*

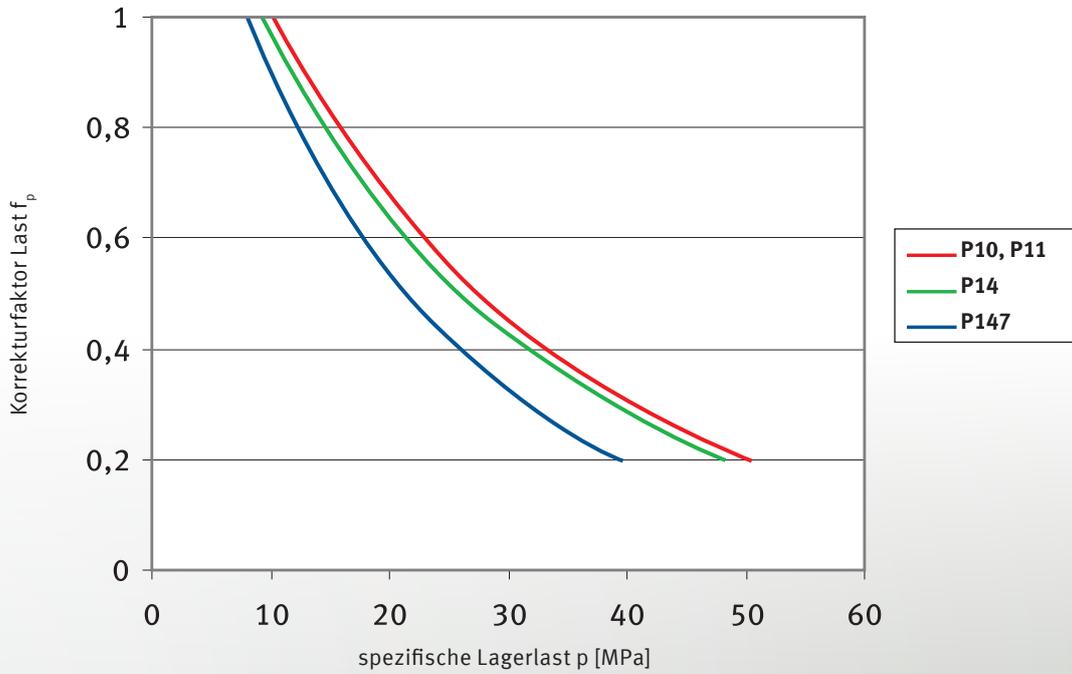


Abb. 24: Korrekturfaktor Last f_p

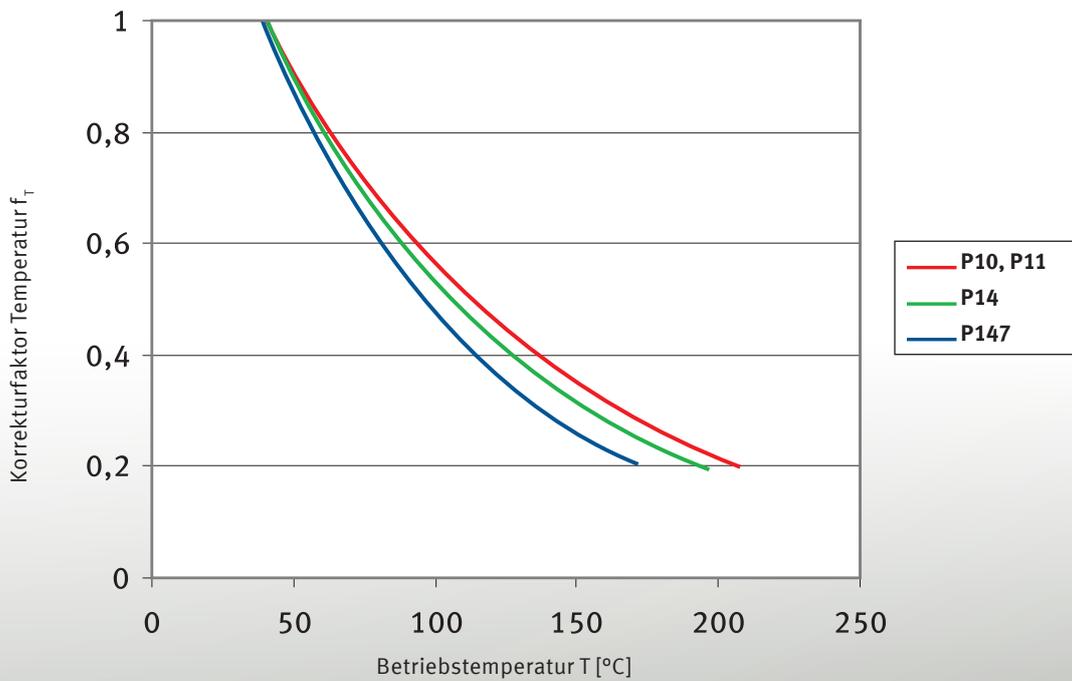


Abb. 25: Korrekturfaktor Temperatur f_T

* Auf Anfrage

5 | Berechnung der nominellen Lebensdauer

Korrekturfaktoren für P10, P11, P14 und P147*

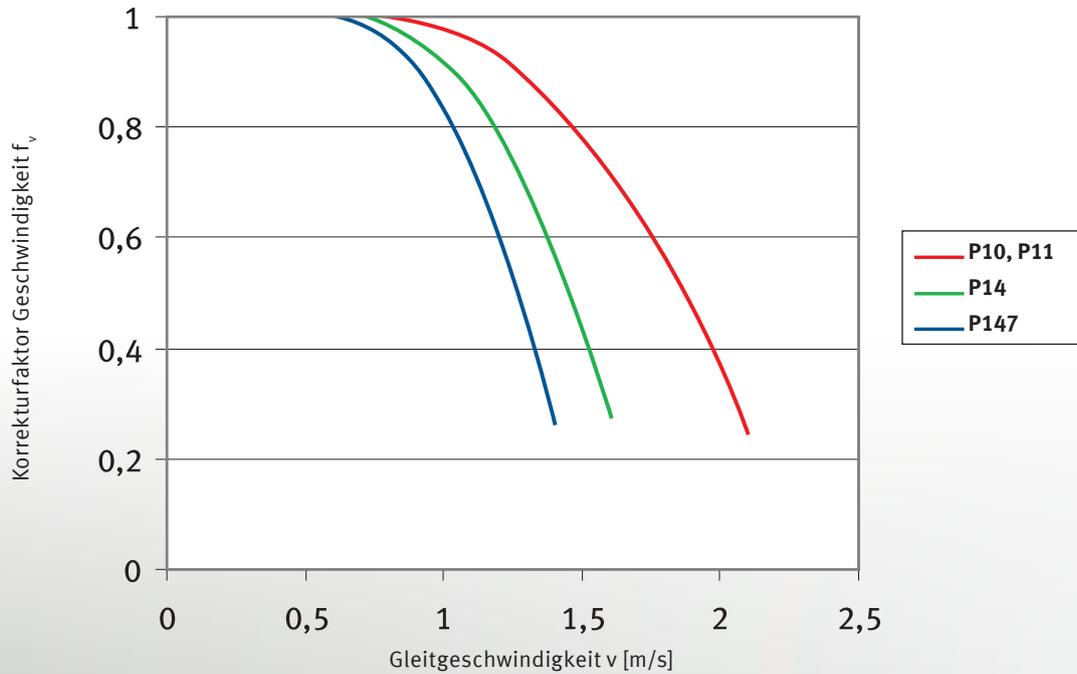


Abb. 26: Korrekturfaktor Gleitgeschwindigkeit f_v

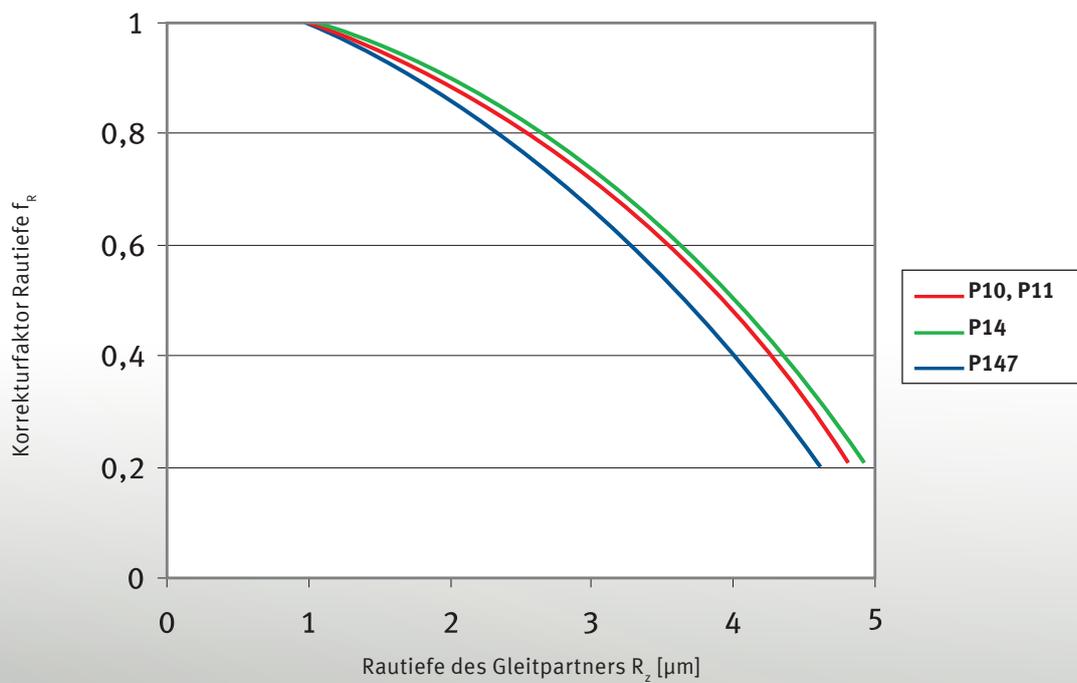


Abb. 27: Korrekturfaktor Rautiefe f_R

* Auf Anfrage

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

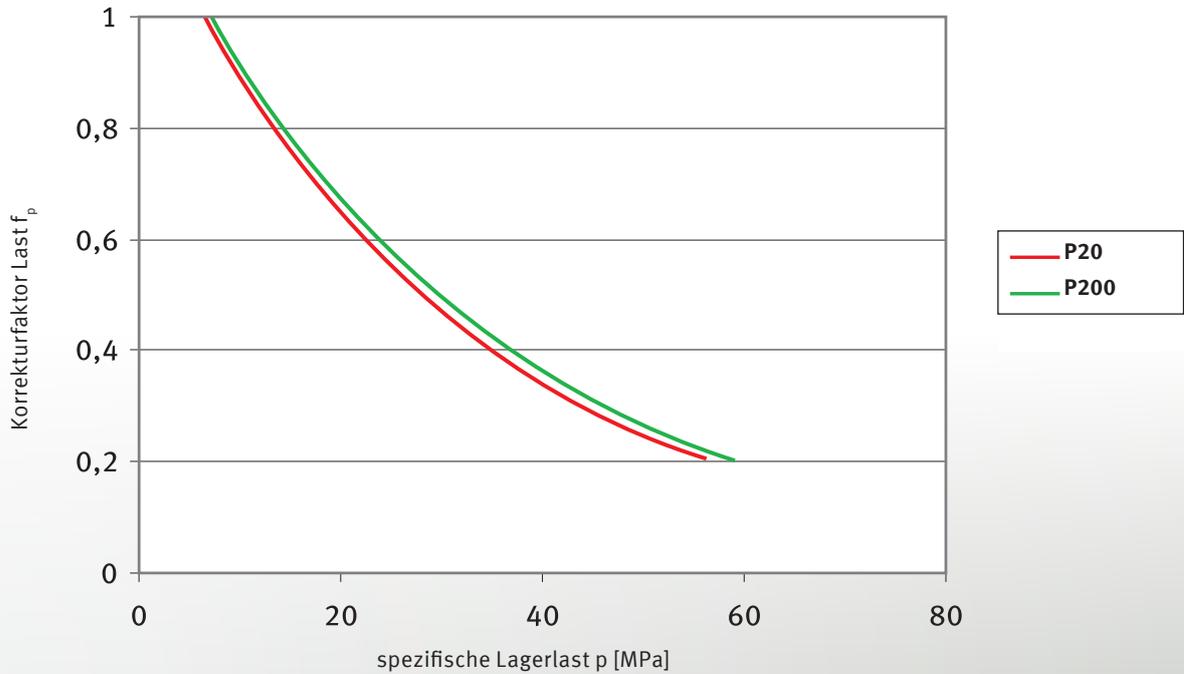


Abb. 28: Korrekturfaktor Last f_p

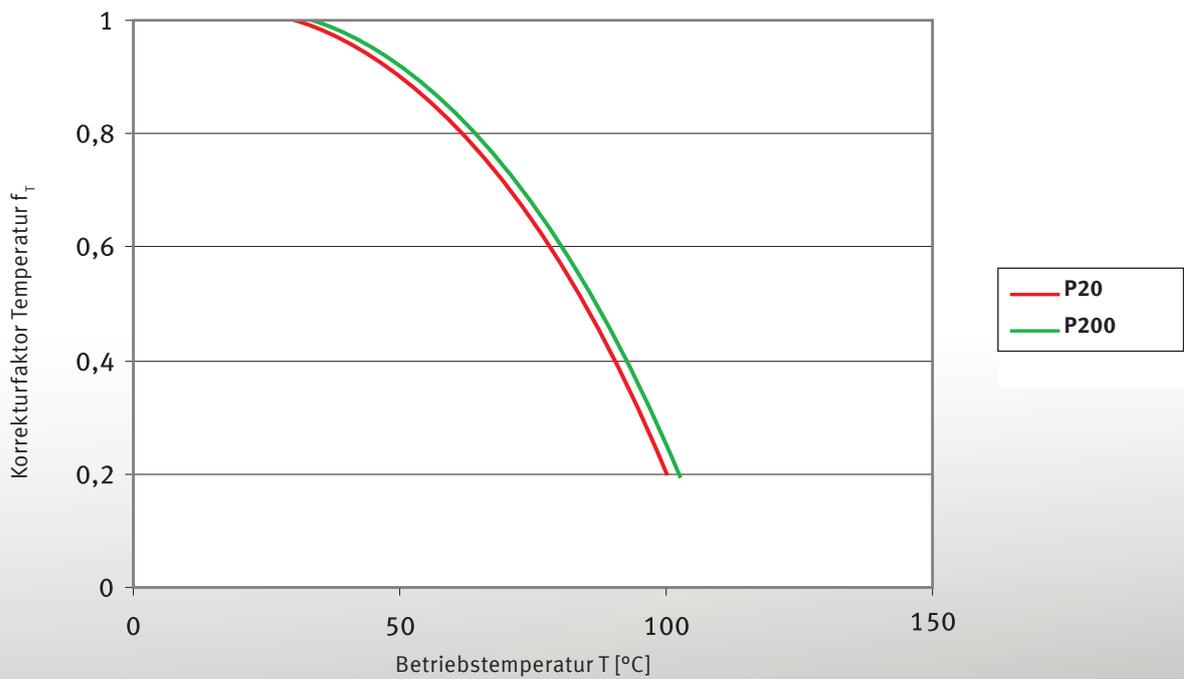


Abb. 29: Korrekturfaktor Temperatur f_T

* Auf Anfrage

5 | Berechnung der nominellen Lebensdauer

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

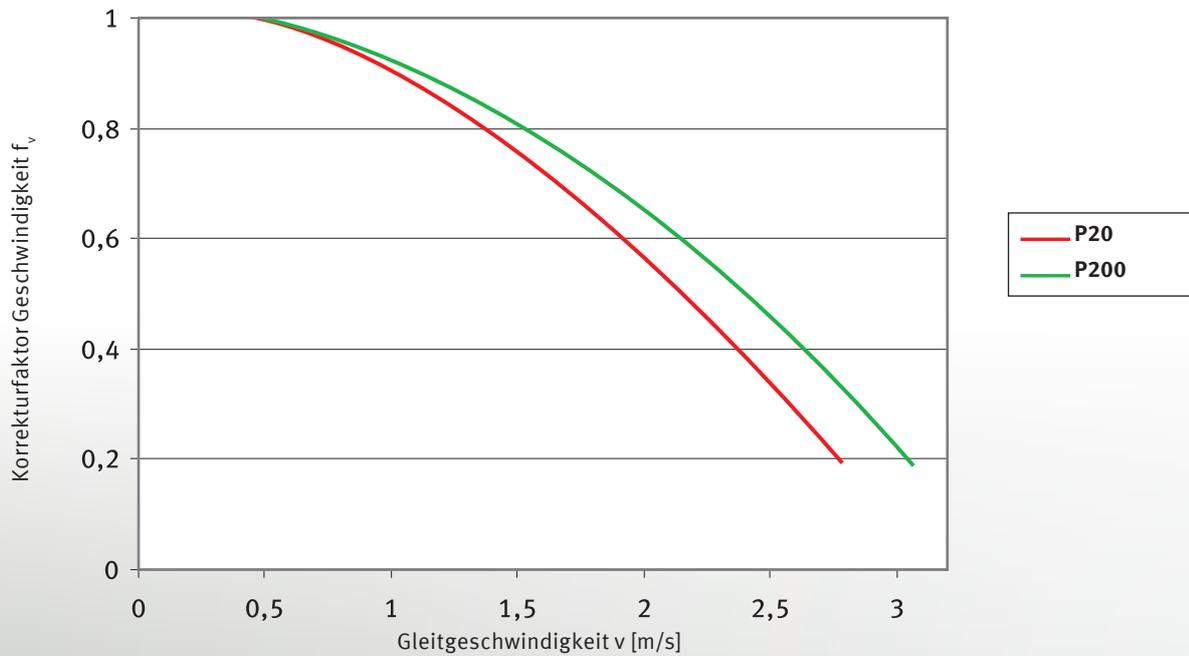


Abb. 30: Korrekturfaktor Gleitgeschwindigkeit f_v

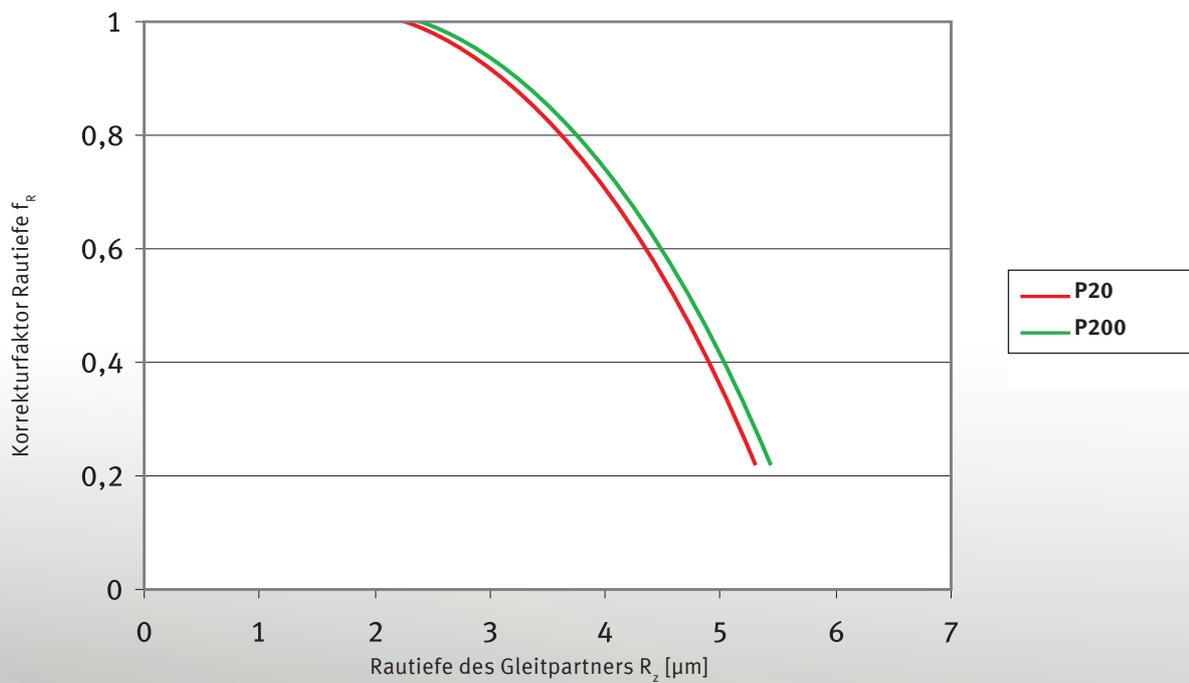


Abb. 31: Korrekturfaktor Rautiefe f_R

* Auf Anfrage

Korrekturfaktor Belastungsfall

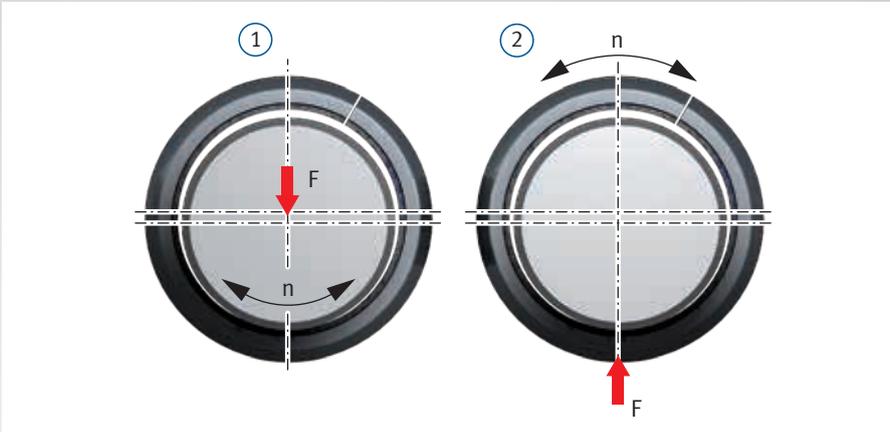
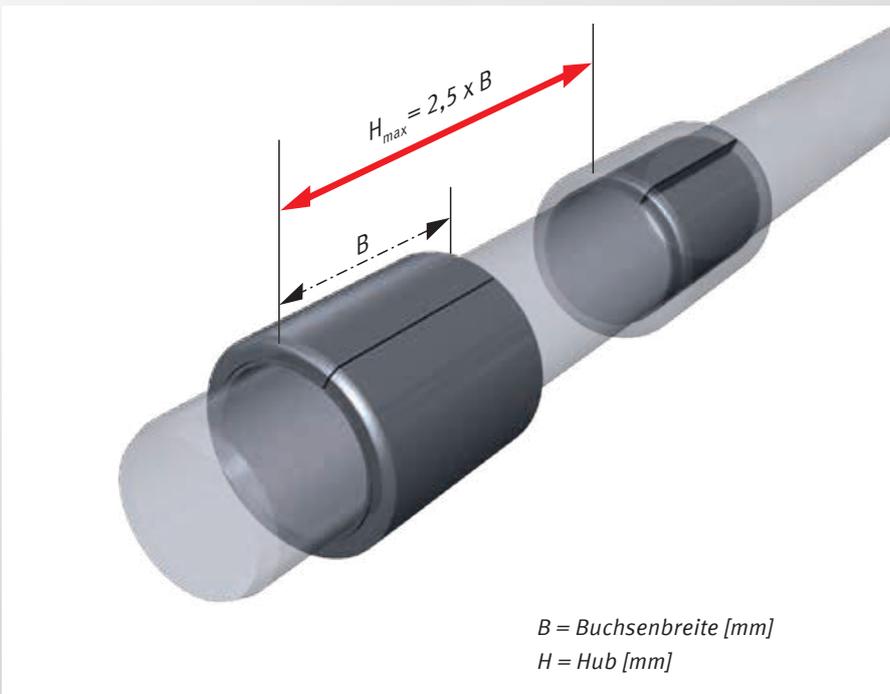


Abb. 32: Korrekturfaktor Belastung f_A

Nr. (s. Abb. 32)	Belastungsart	f_A
1	Punktlast	1
2	Umfangslast	2
-	Axiallast	1
-	Linearbewegung	1

Korrekturfaktor Linearbewegung



$B = \text{Buchsenbreite [mm]}$
 $H = \text{Hub [mm]}$

Abb. 33: Linearbewegung, Hub H_{max}

Korrekturfaktor Gleitpartner-Werkstoff

Werkstoff der Gegenauflfläche	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 _z 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. 24: Korrekturfaktor Werkstoff f_w
 (bei Rautiefe R_z 0,8 bis R_z 1,5)

[11] Korrekturfaktor Linearbewegung f_L
 berechnen:

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

5 | Berechnung der nominellen Lebensdauer

Besondere Betriebsbedingungen

Besondere Betriebsbedingungen können die berechnete Lebensdauer sowohl verlängern als auch verkürzen. Oft lassen sich solche Einflüsse nicht exakt erfassen. Tab. 25 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.



Hinweis:

Die errechnete Lebensdauer kann deshalb nur ein Richtwert sein. Es ist empfehlenswert, den Einsatz von KS 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 trocken- laufend, im Wasser laufend	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 lebensdau- erlängernd	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 (Werkstoffe KS PERMAGLIDE® P1)	wirkt lebensdauer- reduzierend oder -verlängernd	Feststoffzusätze wie MoS ₂ 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 (Kapitel 6, „Schmierung“).

Tab. 25: Besondere Betriebsbedingungen

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

KS PERMAGLIDE® Gleitlager sind grundsätzlich beständig gegen Wasser (außer P14), Alkohole, Glykole und viele Mineralöle. Einige Medien greifen jedoch den Werkstoffverbund, insbesondere die Bronze- teile merklich an. Die Gefährdung beginnt meistens oberhalb von 100 °C Betriebs- temperatur. Dies kann zur Funktionsein- schränkung führen.

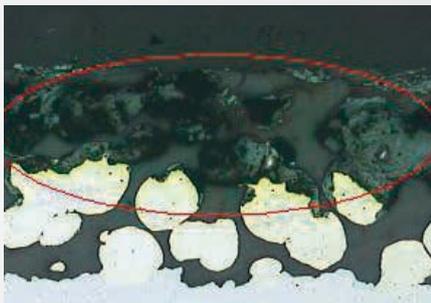


Abb. 34: Schädigung durch chemische Einwirkung

Die P1-Werkstoffgruppe ist gegen saure Medien (PH < 3) und alkalische Medien (pH > 12) nicht beständig. Oxidierende Säuren und Gase wie freie Halogenide, Ammoniak oder Schwefelwas- serstoff schädigen den Bronzerücken von P11.

Gefährdet Korrosion die Lauffläche des Gleitpartners (Welle), sind folgende Werk- stoffe sinnvoll:

- korrosionsarme Stähle
- hartverchromte Stähle
- harteloxiertes Aluminium

Diese korrosionsbeständigen Werkstoffe senken auch noch die Verschleißrate.

Quellneigung

Bei Anwesenheit bestimmter Medien und bei Betriebstemperaturen > 100 °C kann bei der P1-Werkstoffgruppe die Einlauf- schicht (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 auswäh- len.

Mikro-Gleitbewegungen

Treten bei Schwenkbewegungen bzw. Line- arbewegungen 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 Fres- sens der Welle.

Abhilfe:

Lagerstelle schmieren.
Bitte nachstehenden Abschnitt „Schmie- rung“ beachten.

Schmierung

In bestimmten Anwendungsfällen kann es erforderlich sein, die Kontaktfläche zwi- schen dem P1-Gleitlager und dem Gleit- partner 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. 25: Besondere Betriebsbedingungen). Lebensdauerverkürzend wirkt einerseits die Behinderung der Festschmierstoff- übertragung während des Einlaufvor- gangs. Andererseits fördert die Anwesen- heit von Fett oder Öl die so genannte Pas- tenbildung. Unter Pastenbildung versteht man das Vermengen von Fett oder klei- neren 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 Kontak- zone eingeschleppt und wirken verschleiß- fördernd. Fettschmierstoffe mit Zusätzen von Zinksulfid oder Molybdänsulfid ver- stärken die Neigung zur Pastenbildung. Ist Fettschmierung bei P1-Gleitlagern nicht zu vermeiden, so kann man mit folgenden Maßnahmen der Pastenbildung entgegen- wirken:

- regelmäßig nachschmieren (z. B. mit Lithiumseifenfett)
- Einbringen von Bohrungen oder Nuten in der Auslaufzone, damit die Paste sich ablagnen 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 KS PERMAGLIDE® P2-Gleit- lager“, „Fettschmierung“.

6 | Typische Gleitlagerschäden

Kavitation, Erosion

KS 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 Schmierspalt, hervorgerufen z. B. durch Ölnuten, Ölbohrungen, Öltaschen u. a.).

Motorservice bietet das Berechnen von hydrodynamisch betriebenen KS 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. 35: 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. 36: Schaden durch Erosion in der Einlaufschicht P1-Gleitlager

Schäden durch Verschmutzung

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

Abhilfe:

- Lager abdichten
- bei Flüssigkeitsschmierung Filter vorschalten

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: P2-Gleitlager, Riefen in der Lauffläche

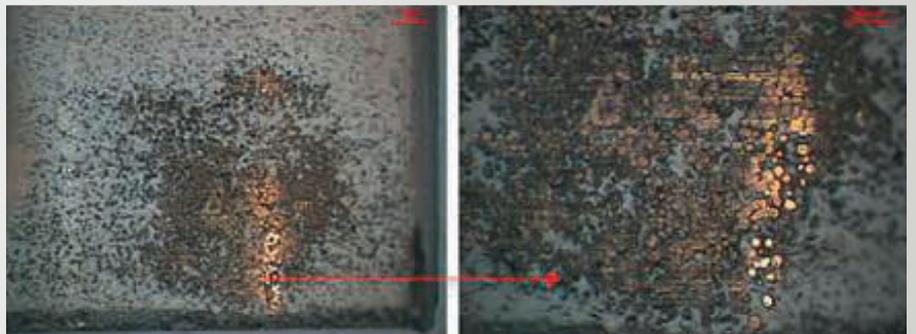


Abb. 38: Örtlich starker Verschleiß durch Montagefehler

7.1 Gehäuse

Buchsen

KS 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. 26: Fasenbreite f_G an der Gehäusebohrung für Buchsen (Abb. 38)

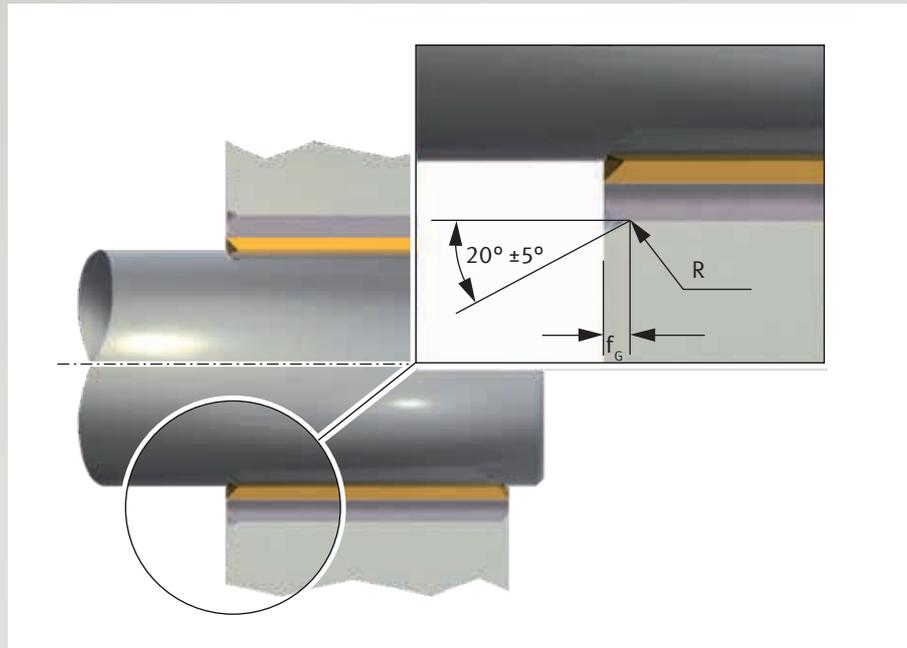


Abb. 39: Fase am Gehäuse für Buchse PAP

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. 27: Fasenbreite f_G an der Gehäusebohrung für Bundbuchsen (Abb. 40)

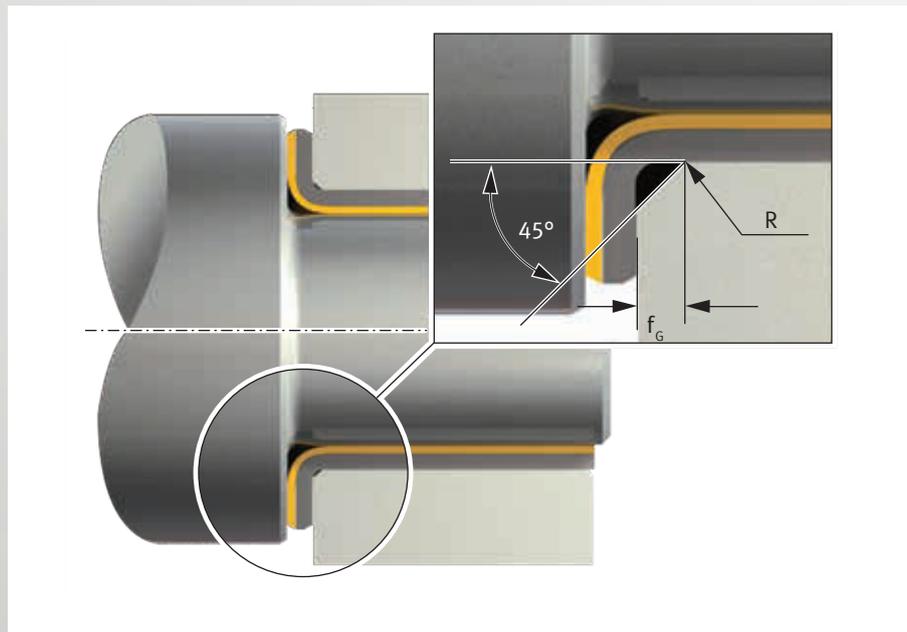


Abb. 40: Fase am Gehäuse für Buchse PAF

Anlaufscheiben befestigen

Empfehlung:

- konzentrischer Sitz wird durch Ausnehmung im Gehäuse gesichert (Abb. 41)
 - Durchmesser und Tiefen der Freischnitte, siehe Maßtabellen (Kapitel 9)
- unerwünschtes Mitdrehen wird mittels Passtift oder Senkschraube verhindert (Abb. 41 und 42)

- Schraubenkopf oder Passstift muss gegenüber der Laufläche um min. 0,25 mm zurückgesetzt sein (Abb. 41 und 42).
- Größe und Anordnung der Bohrungen, siehe Maßtabellen (Kapitel 9).
- Ist keine Ausnehmung im Gehäuse möglich,
 - mit mehreren Passstiften oder Schrauben sichern (Abb. 42).
 - andere Techniken für die Verbindung einsetzen.

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, bitte Hinweis unten beachten.

Achtung:

Die Temperatur der Einlauf- oder Gleitschicht darf nicht höher sein als +280 °C bei KS PERMAGLIDE® P1 und +140 °C bei KS 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.

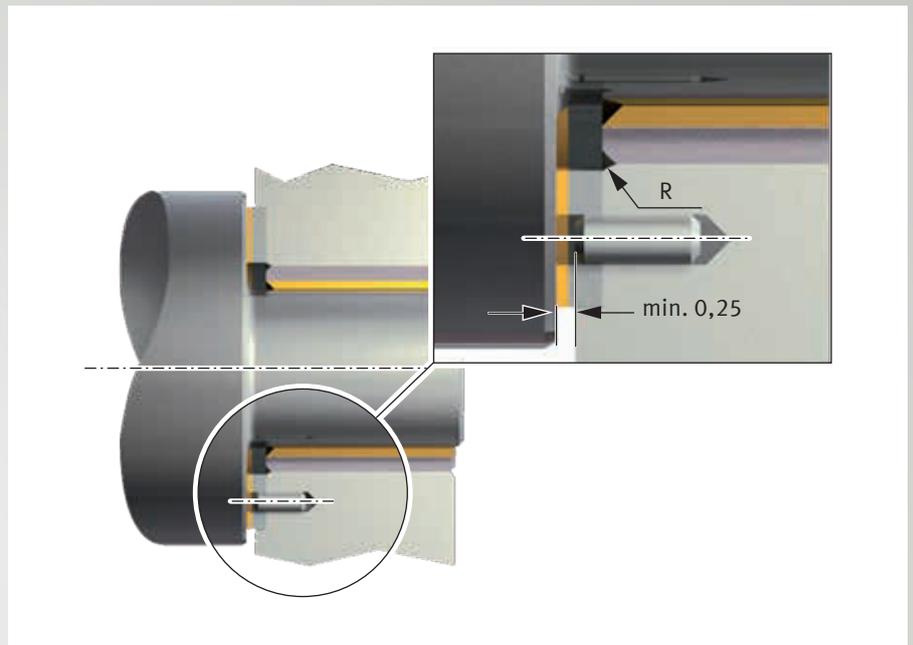


Abb. 41: Befestigen einer Anlaufscheibe PAW in einer Ausnehmung im Gehäuse

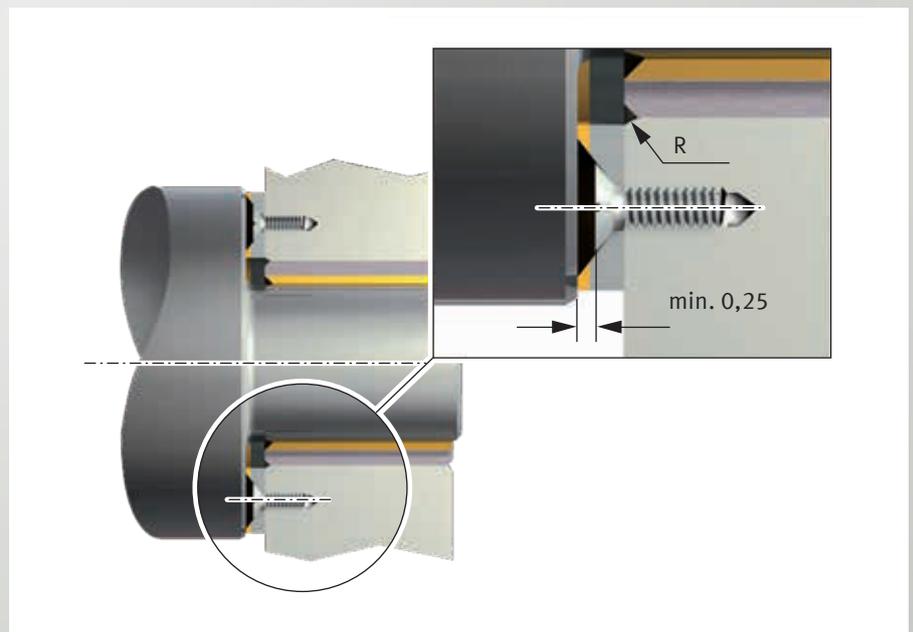


Abb. 42: Befestigen einer Anlaufscheibe PAW ohne Ausnehmung im Gehäuse

7.2 Gestaltung des Gleitpartners

Allgemein gilt:

In einem tribologischen System sollte bei einem Radiallager die Welle, bei einem Axiallager die Druckschulter über die Gleitfläche hinausragen, um den maximalen Traganteil zu erzielen und das Einlaufen mit Absätzen 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 KS PERMAGLIDE® P1
 - bei Schmierung von KS PERMAGLIDE® P2.

Achtung:

Kleinere Rautiefen erhöhen die Gebrauchsdauer nicht und können sogar zum Adhäsionsverschleiß führen. Größere Rautiefen werden deutlich reduziert.

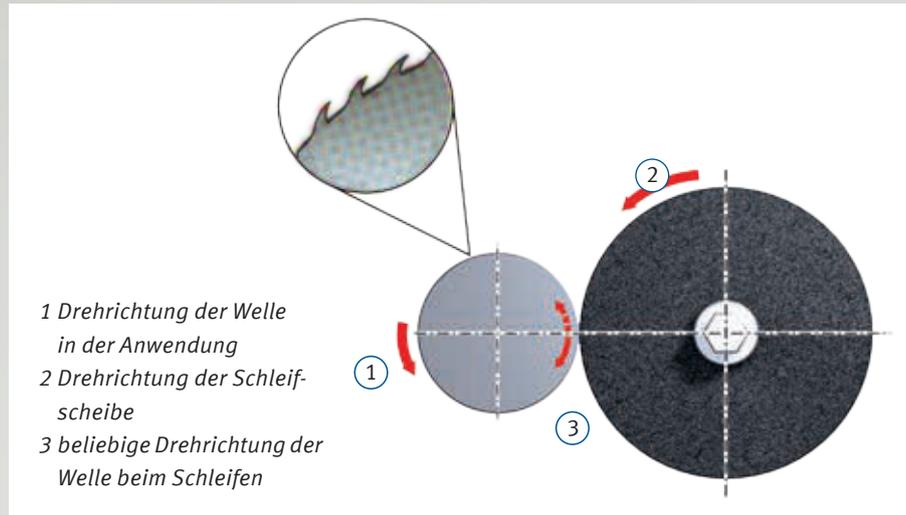


Abb. 43: Schleifen einer Gusswelle

- Korrosion der Gegenlauffläche wird bei KS PERMAGLIDE® P1 und P2 verhindert, durch:
 - Abdichtung,
 - Verwendung von korrosionsbeständigem Stahl,
 - geeignete Oberflächenbehandlung.Bei KS PERMAGLIDE® P2 wirkt zusätzlich der Schmierstoff gegen Korrosion.

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 wendelförmige Rillen).

- Sphäroguss (GGG) hat ein offenes Oberflächengefüge und ist darum auf $R_z 2$ oder besser zu schleifen. Abb. 43 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. Motorservice bietet die hydrodynamische Berechnung als Service an.

Dichtungen

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

Abb. 44 zeigt empfohlene Arten von Dichtungen:

- die Umgebungsstruktur (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.

Bearbeiten der Lagerelemente

- KS PERMAGLIDE® Gleitlager lassen sich sowohl spanend als auch spanlos bearbeiten (z. B. kürzen, biegen oder bohren).
- KS 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 Schutzschichten
 Bei höheren Stromdichten oder längeren Beschichtungszeiten sind die Gleitschichten abzudecken, um Ablagerungen zu verhindern.

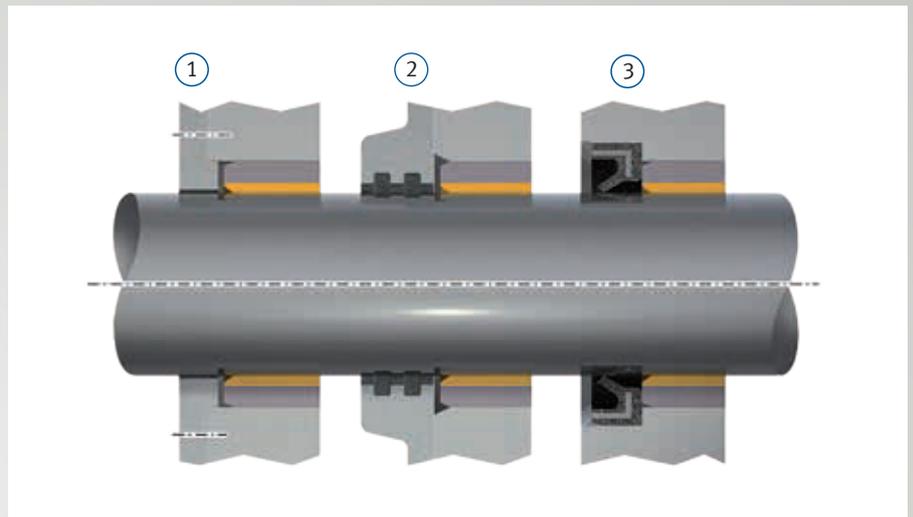


Abb. 44: Dichtungen



Achtung:

Bearbeitungstemperaturen, die folgende Grenzwerte überschreiten, gefährden die Gesundheit:

+280 °C bei KS PERMAGLIDE® P1

+140 °C bei KS PERMAGLIDE® P2

In Spänen kann Blei enthalten sein.

7 | Konstruktive Auslegung der Lagerstelle

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 (Abb. 45). 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.

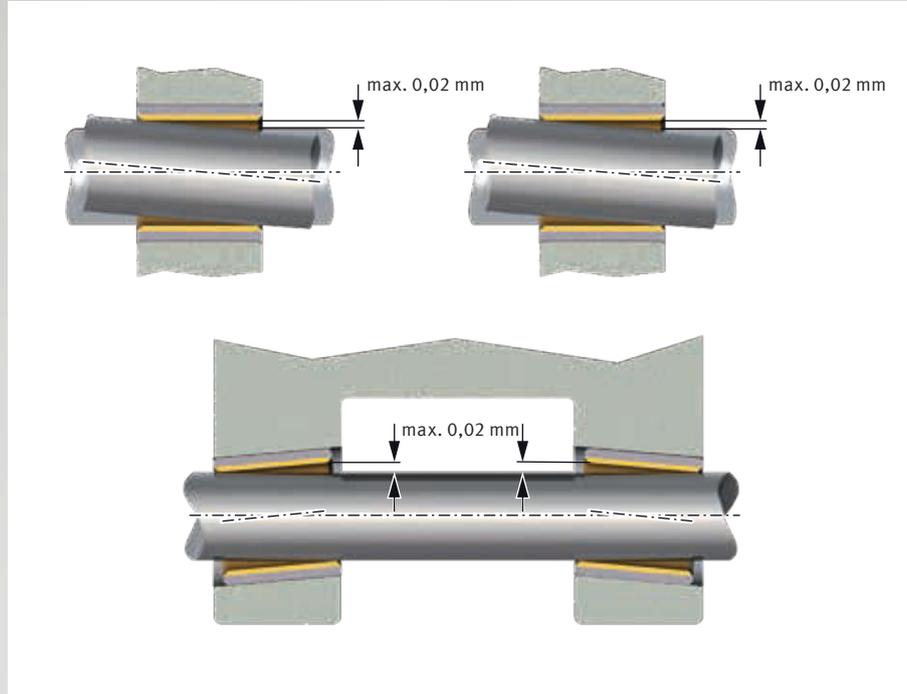


Abb. 45: Zulässige Fluchtungsfehler

Kantenbelastung am montierten Gleitlager

Durch geometrische Ungenauigkeiten oder bei besonderen Betriebsbedingungen kann es zu unzulässig hohen Belastungen im Bereich der Randzonen eines Gleitlagers kommen. Derartige „Kantenpressung“ kann zu einem Klemmen der Lagerung führen. Durch konstruktive Maßnahmen lassen sich diese Belastungen reduzieren (Abb. 46).

- 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.

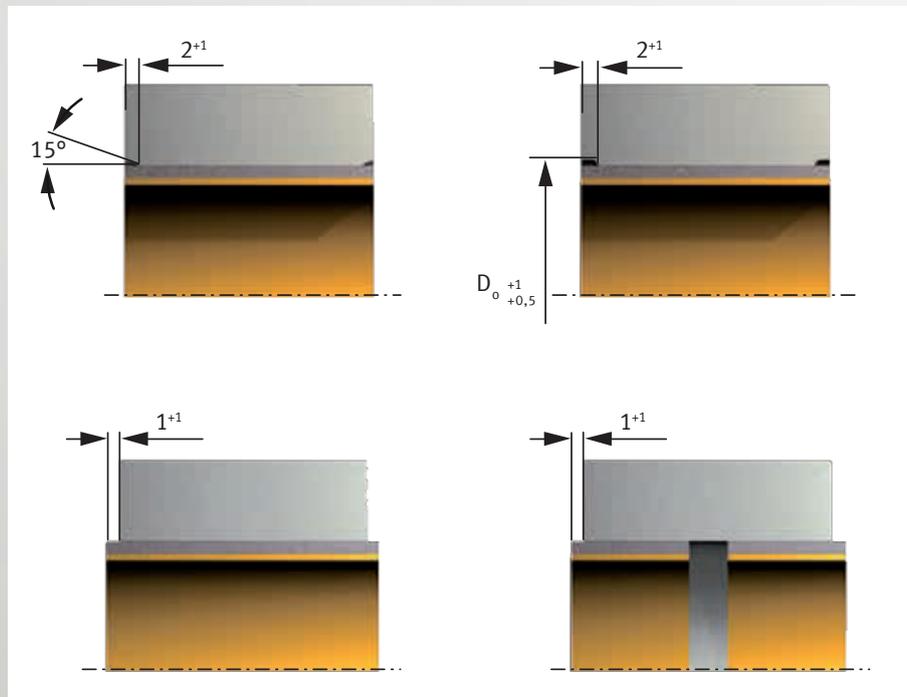


Abb. 46: Reduzieren von Spannungsspitzen an Kanten

7.3 Lagerspiel, Presssitz

Theoretisches Lagerspiel

Buchsen aus KS 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 Tab. 28 ergeben sich für starre Gehäuse und Wellen:

- der Presssitz
- das Lagerspiel gemäß Tab. 33

Das theoretische Lagerspiel berechnet sich wie folgt:

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

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

Δs_{\max}	[mm]	maximales Lagerspiel
Δs_{\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 (Tab. 32)

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

Zum Berechnen der Überdeckung U sind die Toleranzen der Gehäusebohrung in Tab. 28 und die Abmaße des Buchsenaußendurchmessers D_o in Tab. 29 angegeben.

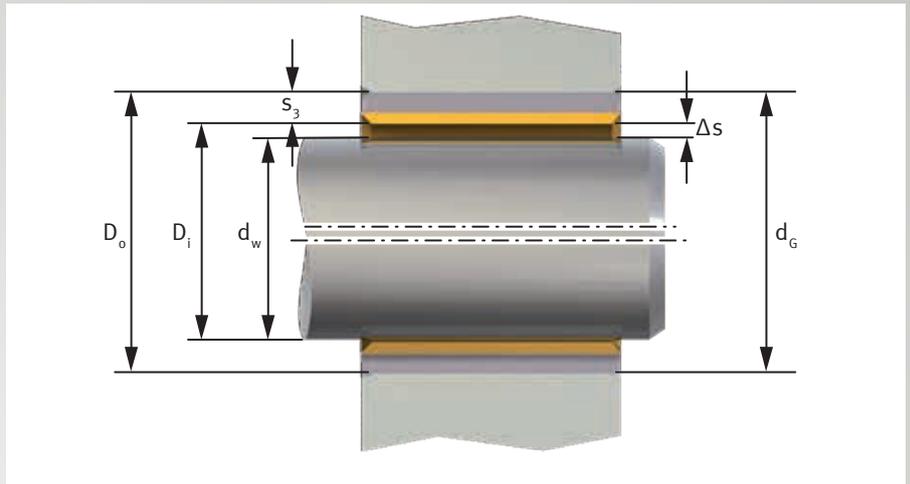


Abb. 47: Theoretisches Lagerspiel Δs

Presssitz und Lagerspiel

Lagerspiel und Presssitz können mit den in Tab. 35 gezeigten Maßnahmen beeinflusst werden:

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

Kleinere Spieltoleranzen setzen für Welle und Bohrung engere Toleranzen voraus.

Achtung: Bei Verwendung von Wellen mit Toleranzfeldlage h ist das Lagerspiel für $5 \leq d_w < 80$ (P10, P14, P147) und $d_w < 80$ (P11) gemäß den Gleichungen [12] für Δs_{\max} und [13] für Δs_{\min} zu prüfen.

Durchmesserbereich	KS PERMAGLIDE®		
	P10, P14, P147*	P11	P20, P200
Welle			
$d_w < 5$	h6	f7	h8
$5 \leq d_w < 80$	f7	f7	h8
$80 \leq d_w$	h8	h8	h8
Gehäusebohrung			
$d_G \leq 5,5$	H6	–	–
$5,5 < d_G$	H7	H7	H7

Tab. 28: Empfohlene Einbautoleranzen

* Auf Anfrage

7 | Konstruktive Auslegung der Lagerstelle

Außendurchmesser der Buchse D_o			Abmaße (Prüfung A nach DIN ISO 3547-2)			
			P10, P14, P147*, P20, P200		P11	
			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. 29: Abmaße für den Außendurchmesser D_o .

Innendurchmesser der Buchse D_i			Wanddicke s_3	Abmaße nach DIN ISO 3547-1, Tabelle 3, Reihe B			
				P10, P14, P147*		P11	
				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. 30: Wanddicke s_3 für Buchsen und Bundbuchsen P1

Oberflächenrauheit	Ra (μm)	Rz (μm)
Lagerbohrung D_i	6,3	25,0
Lagerrücken D_o	1,6	6,3
sonstige Oberflächen	25,0	100,0

Tab. 31: Oberflächenrauheit, Rautiefe R_o und R_z

Innendurchmesser		Wanddicke s_3	Abmaße nach DIN ISO 3547-1, Tabelle 3, Reihe D, P20, P200		
D_i	$\leq D_i <$		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. 32: Wanddicke s_3 für Buchsen aus KS 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	0,6
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. 33: Außenfase C_o und Kantenbruch innen C_i (Abb. 48) für Buchsen mit metrischen Abmessungen, nach DIN ISO 3547-1, Tabelle 2

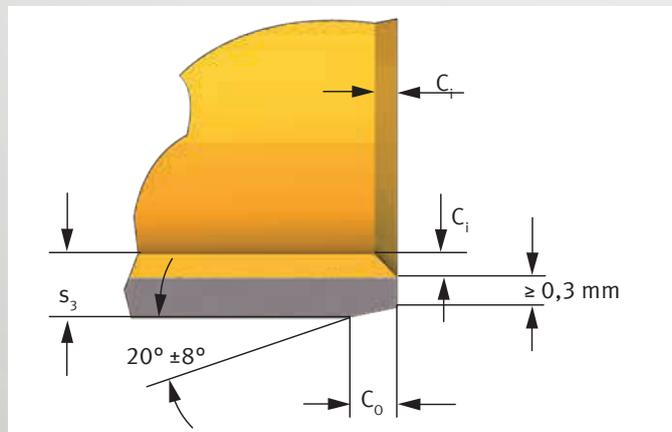


Abb. 48: Außenfase C_o und Kantenbruch innen C_i bei metrischen Abmessungen

* Auf Anfrage

Theoretisches Lagerspiel

Buchsendurchmesser		Lagerspiel Δs			
		P10, P11, P14, P147*		P20, P200	
D_i (mm)	D_o (mm)	Δs_{min} (mm)	Δs_{max} (mm)	Δs_{min} (mm)	Δs_{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	–	–

Buchsendurchmesser		Lagerspiel Δs			
		P10, P11, P14, P147*		P20, P200	
D_i (mm)	D_o (mm)	Δs_{min} (mm)	Δs_{max} (mm)	Δs_{min} (mm)	Δs_{max} (mm)
110	115	0,020	0,209	–	–
115	120	0,020	0,209	–	–
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. 34: Theoretisches Lagerspiel nach dem Einpressen der Buchsen oder Bundbuchsen mit metrischen Abmessungen, ohne Rücksicht auf mögliche Aufweitung der Bohrung

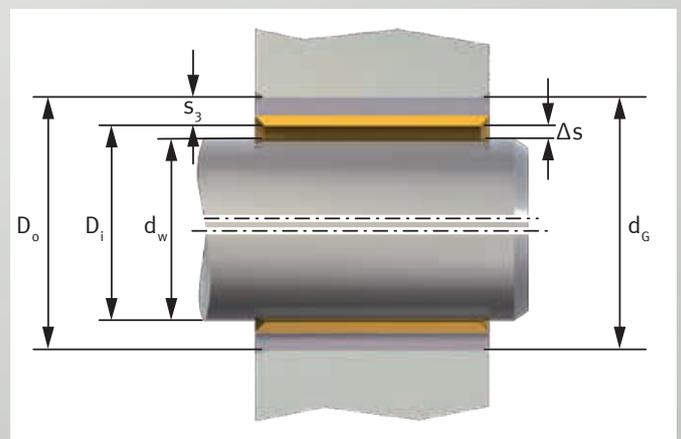


Abb. 49: Theoretisches Lagerspiel Δs

* Auf Anfrage

7 | Konstruktive Auslegung der Lagerstelle

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 Raumtemperatur: $d_g - 0,05\%$	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 Raumtemperatur: $d_g - 0,1\%$	Wellendurchmesser d_w um den gleichen Wert reduzieren, damit das Lagerspiel erhalten bleibt. Bei Temperaturen unter 0 °C wird das Gehäuse stärker beansprucht; die zulässige Gehäusespannung 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 stärker beansprucht.

Tab. 35: Fehler, Folgen und Maßnahmen für Presssitz und Lagerspiel bei hohen Umgebungstemperaturen, besonderen Gehäusewerkstoffen oder Gehäusewanddicken

KS 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. 51
- versenktes Einpressen mit Dorn ohne Hilfsring gemäß Abb. 52.

Für Außendurchmesser D_o ab etwa 55 mm:

- Einpressen mit Dorn und mit Hilfsring gemäß Abb. 53.



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

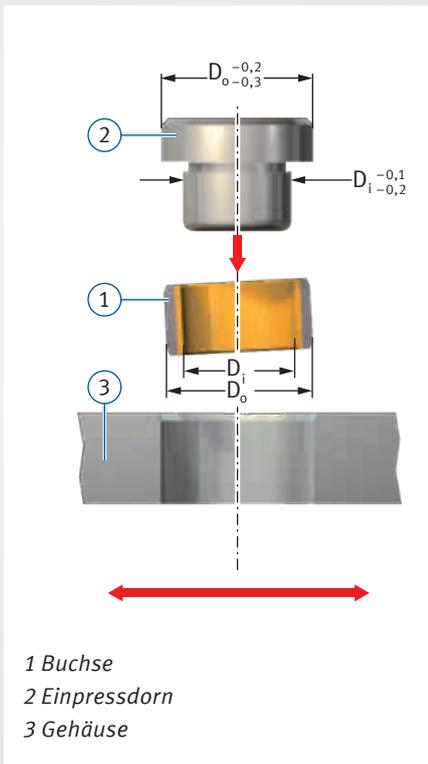


Abb. 50: Einpressen mit beweglichem Gehäuse

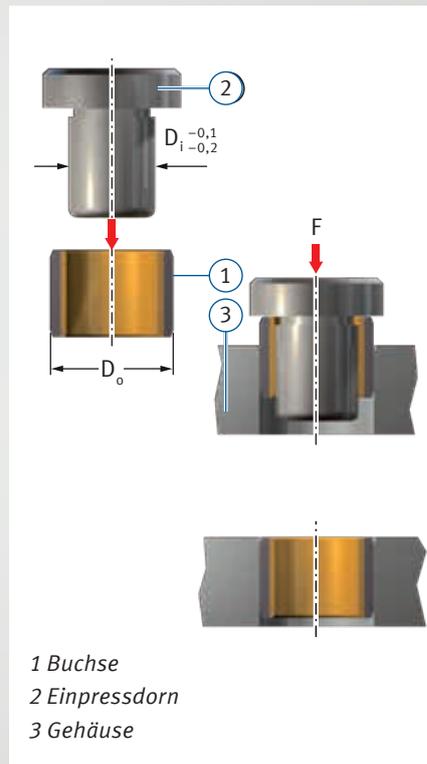


Abb. 51: Bündig einpressen $D_o \leq 55$ mm

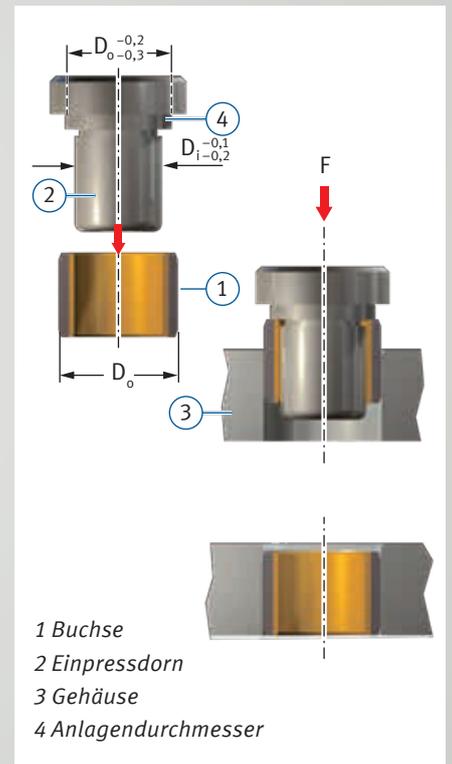


Abb. 52: Versenkt einpressen $D_o \geq 55$ mm

8 | Gleitlagermontage

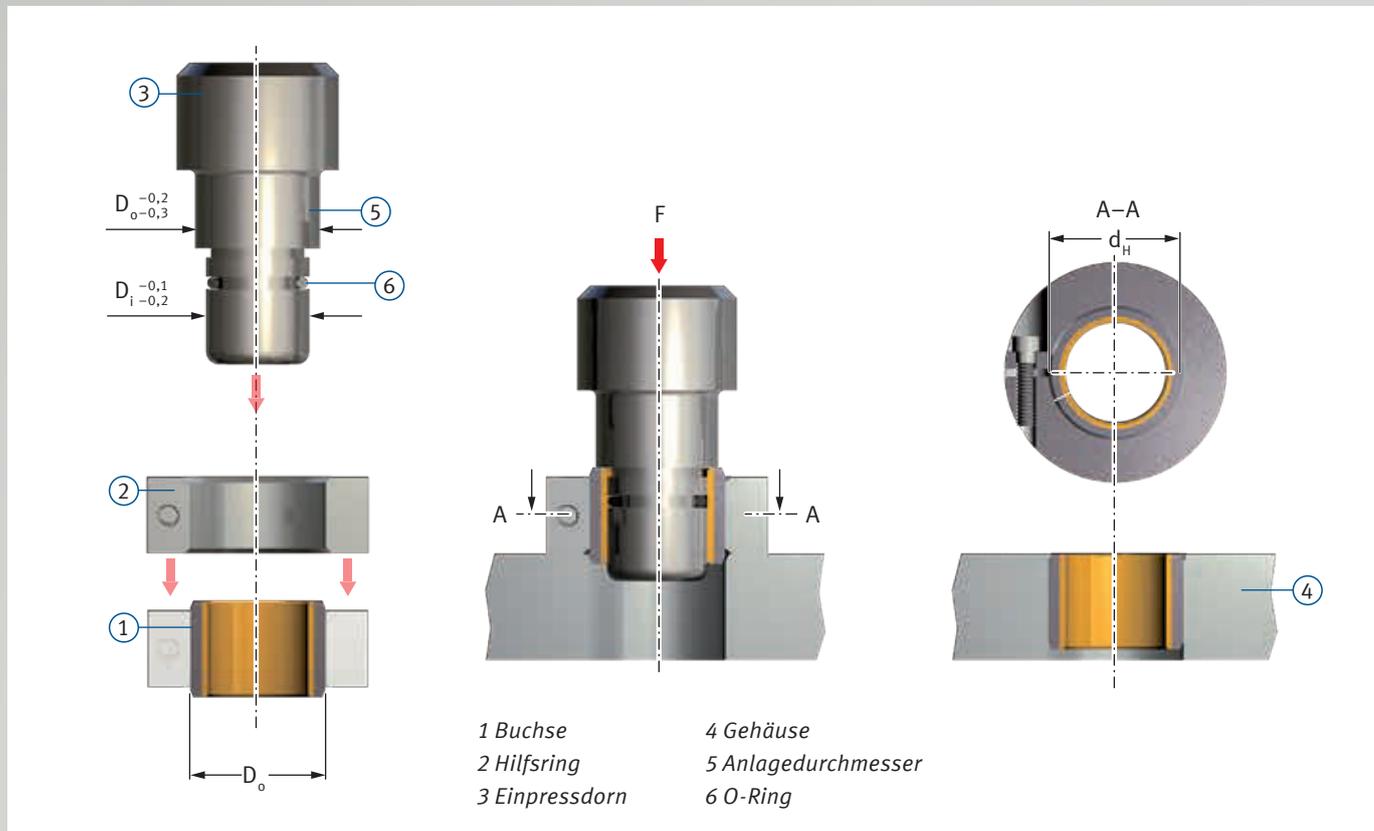


Abb. 53: Einpressen von Buchsen, $D_0 \geq 55$ mm, mit Hilfsring

Tab. 35 dient der Ermittlung des erforderlichen Innendurchmessers d_H des Hilfsrings aus dem gegebenen Außendurchmesser D_0 der Buchse.

D_0 (mm)	d_H (mm)	
$55 \leq D_0 \leq 100$	D_0	+0,28
		+0,25
$100 < D_0 \leq 200$	D_0	+0,40
		+0,36
$200 < D_0 \leq 305$	D_0	+0,50
		+0,46

Tab. 36: Innendurchmesser d_H des Hilfsringes

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

Kalibrieren

KS 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 KS PERMAGLIDE® Buchsen P1 deutlich (Tab. 37).

Abb. 53 zeigt das Kalibrieren mittels eines Dorns.

Tab. 36 enthält Richtwerte für den Durchmesser des Kalibrierdorns d_K .
Genauere 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.

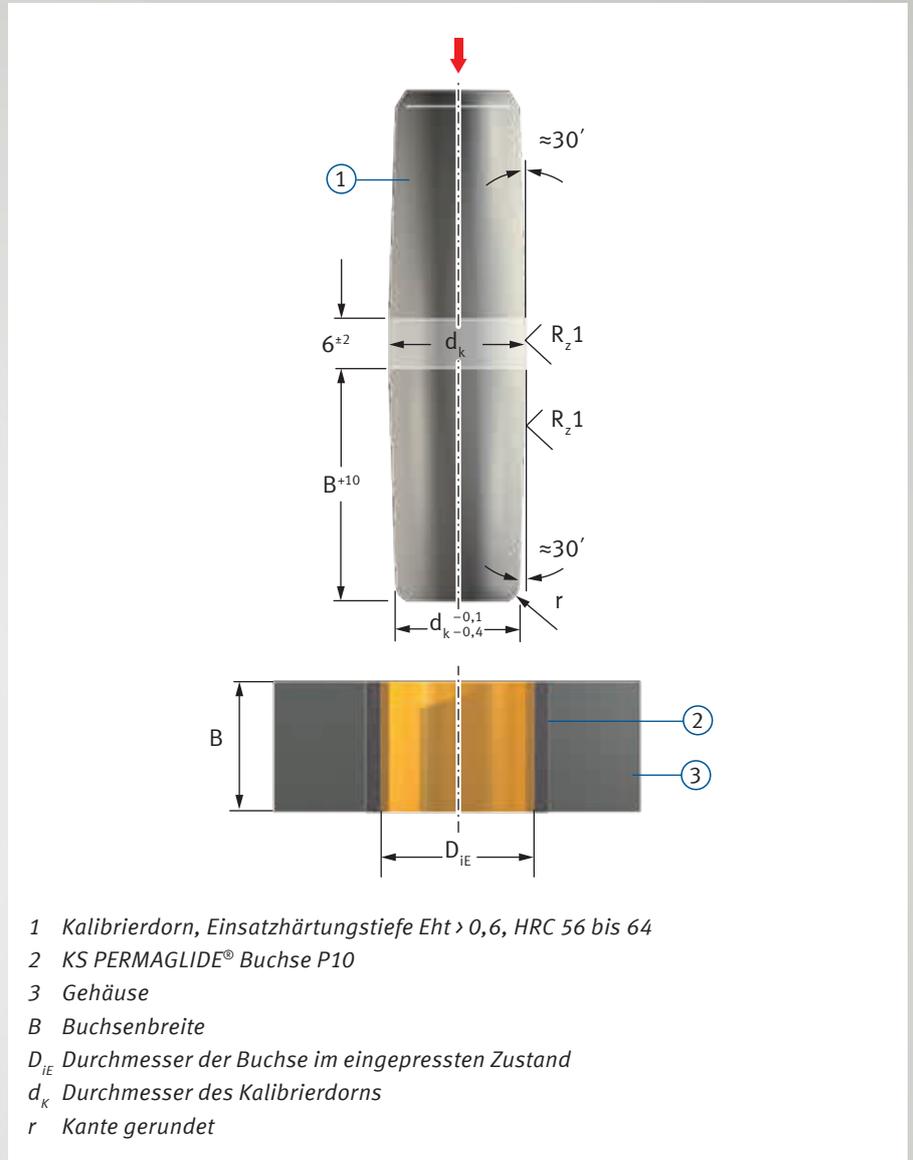


Abb. 54: Kalibrieren

gewünschter Innendurchmesser der Buchse	Durchmesser des Kalibrierdorns ¹⁾ d_K	Lebensdauer ²⁾
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. 37: Richtwerte für den Durchmesser des Kalibrierdorns und Reduzierung der Lebensdauer

D_{IE} Innendurchmesser der Buchse im eingepressten Zustand.

¹⁾ Richtwert, bezogen auf Stahlgehäuse.

²⁾ 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, z. B.:

- tatsächliche Überdeckung
- Reibungszahl
- Riefenbildung
- Einpressgeschwindigkeit

Die Berechnung der Einpresskraft bietet Motorservice als Serviceleistung an. In den meisten Fällen ausreichend ist die überschlägige Ermittlung der Einpresskraft nach Abb. 55.

Ermittlung der Buchsen-Einpresskraft

Nachstehende Abb. 55 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 $D_G : D_0 \approx 1,5 \dots 2$.

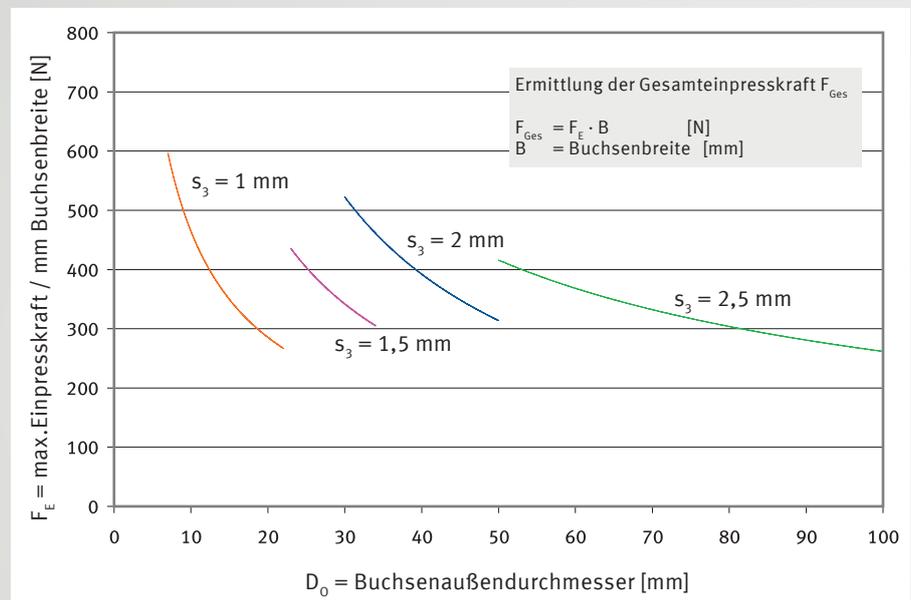


Abb. 55: Einpresskraft F_E

Beispiel zur überschlägigen Ermittlung der Einpresskraft F_{Ges}

Gegeben: Buchse PAP 4030 P14
 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. 55, $D_0 = 44$ mm, $s_3 = 2$ mm)

Buchsen



Abb. 56: Buchsen

P10, P14, P147*

- für Wellen von 2 mm bis 300 mm

P11

- für Wellen von 4 mm bis 100 mm

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

- für Wellen von 8 mm bis 100 mm

Wartungsfreie KS PERMAGLIDE® Gleitlager P10, P11, P14, P147*

Technische Daten		P10, P11	P14	P147*
Zeichen	Einheit			
$p_{v_{max}}$	[MPa · m/s]	1,8	1,6	1,4
$p_{stat.}$	[MPa]	250	250	250
$p_{dyn.}$	[MPa]	56	56	56
$v_{max.}$	[m/s]	2	1	0,8
T	[°C]	-200 bis +280	-200 bis +280	-200 bis +280

KS PERMAGLIDE® P10 mit Stahlrücken, KS PERMAGLIDE® P11 mit Bronzerücken

Wartungsarme KS 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
$p_{stat.}$	[MPa]	250	250
$p_{dyn.}$	[MPa]	70	70
$v_{max.}$	[m/s]	3	3,3
T	[°C]	-40 bis +110	-40 bis +110

Bundbuchsen

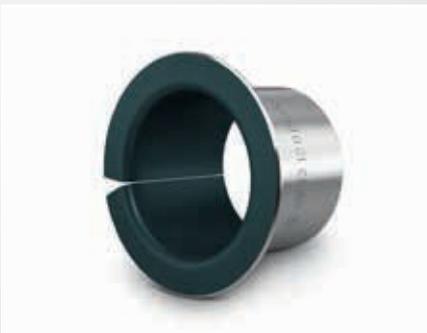


Abb. 57: Bundbuchsen

P10, P11, P14, P147*

- für Wellen von 6 mm bis 40 mm

Anlaufscheiben



Abb. 58: Anlaufscheiben

P10, P11, P14, P147*

- mit Innendurchmesser von 10 mm bis 62 mm

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

- mit Innendurchmesser von 12 mm bis 52 mm

Streifen

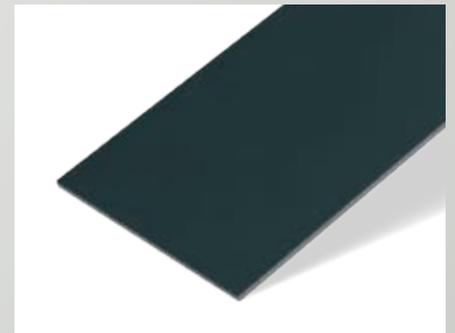


Abb. 59: Streifen

P10, P11, P14, P147*

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

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

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

* Auf Anfrage

9 | Bauformen und Maßtabellen

Bestellbeispiel und Bestellbezeichnung

Buchse aus KS PERMAGLIDE® P10 mit Stahlrücken:

Innendurchmesser (D_i) 16 mm
 Breite (B) 25 mm
 Bestellbezeichnung: PAF 1625 P10



Abb. 60: Bestellbeispiel, Buchse P10

Streifen aus KS PERMAGLIDE® P20:

Breite (B) 180 mm
 Wanddicke (s₃) 1 mm
 (Bestellangabe: s₃ · 10)
 Bestellbezeichnung: PAS 10180 P20

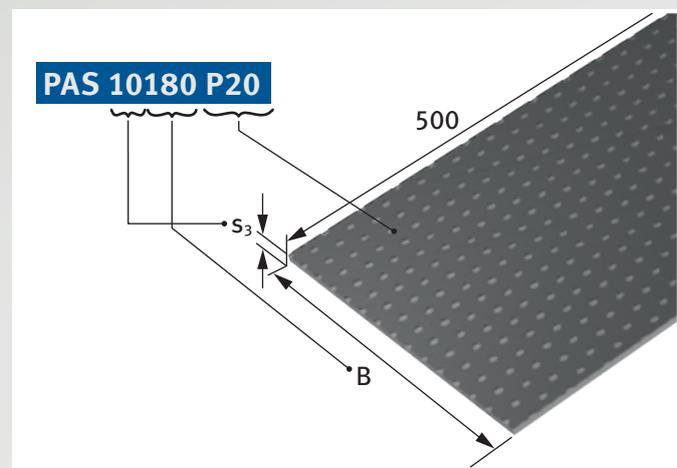


Abb. 61: Bestellbeispiel, Streifen P20

Bundbuchse aus KS PERMAGLIDE® P10:

Innendurchmesser (D_i) 25 mm
 Breite (B) 21,5 mm
 Bestellbezeichnung: PAF 25215 P10

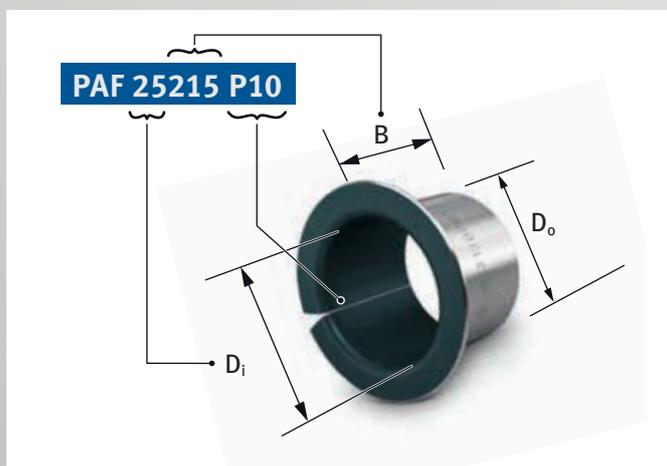


Abb. 62: Bestellbeispiel, Bundbuchse P10

Anlaufscheiben aus KS PERMAGLIDE® P20:

Innendurchmesser (D_i) 12 mm
 Bestellbezeichnung: PAW 12 P20

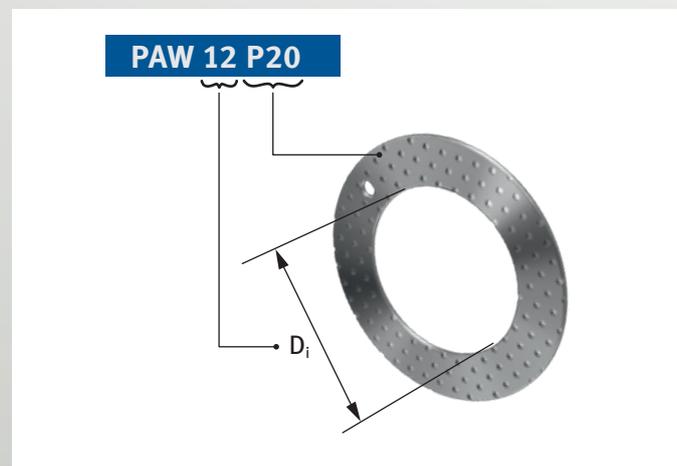


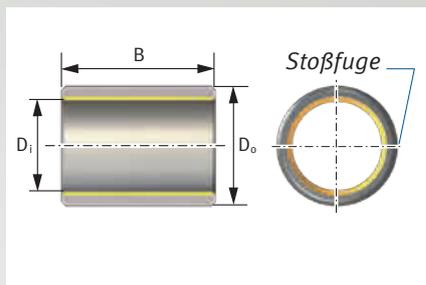
Abb. 63: Bestellbeispiel, Anlaufscheibe P20

9.1 KS 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		

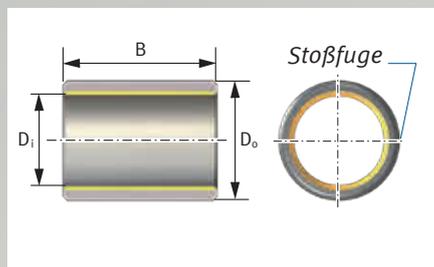


Lagerspiele, Wanddicken und Fasentoleranzen, siehe Kapitel 7 „Konstruktive Auslegung der Lagerstelle“, Abschnitt „Theoretisches Lagerspiel“. Buchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage (Kapitel 9.8).

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

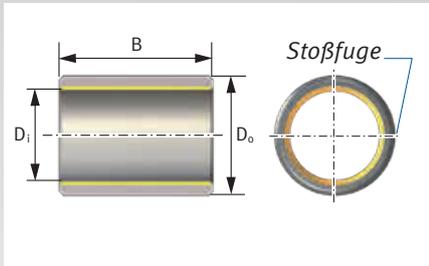
* Auf Anfrage

9 | Bauformen und Maßtabellen



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

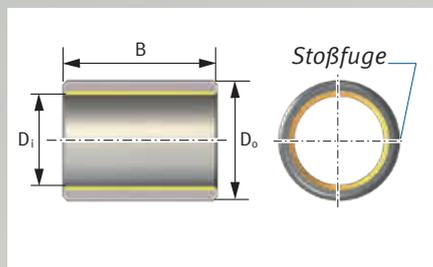
* Auf Anfrage



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

* Auf Anfrage

9 | Bauformen und Maßtabellen



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

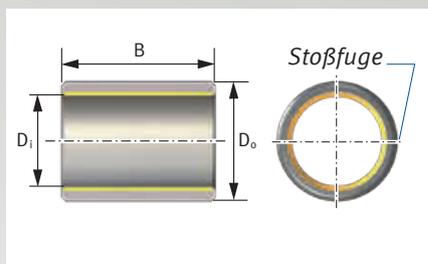
* Auf Anfrage

9.1.2 Baureihe P11 mit Bronzerücken

Empfohlene Einbautoleranz:

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

Gehäusebohrung
H7

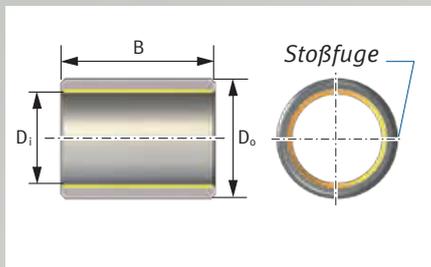


Lagerspiele, Wanddicken und Fasentoleranzen, siehe Kapitel 7 „Konstruktive Auslegung der Lagerstelle“, Abschnitt „Theoretisches Lagerpiel“.

Buchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage (Kapitel 9.8).

Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung P11	Masse g	Abmessungen		
			Di	Do	B ±0,25
4	PAP 0406 P11	0,8	4	6	6
5	PAP 0505 P11	0,8	5	7	5
6	PAP 0606 P11	1,1	6	8	6
	PAP 0610 P11	1,8	6	8	10
8	PAP 0808 P11	1,9	8	10	8
	PAP 0810 P11	2,3	8	10	10
	PAP 0812 P11	2,8	8	10	12
10	PAP 1005 P11	1,4	10	12	5
	PAP 1010 P11	2,8	10	12	10
	PAP 1015 P11	4,2	10	12	15
	PAP 1020 P11	5,7	10	12	20
12	PAP 1210 P11	3,3	12	14	10
	PAP 1212 P11	4	12	14	12
	PAP 1215 P11	5,1	12	14	15
	PAP 1220 P11	6,7	12	14	20
	PAP 1225 P11	8,4	12	14	25
14	PAP 1415 P11	5,8	14	16	15
15	PAP 1515 P11	6,2	15	17	15
	PAP 1525 P11	10,3	15	17	25
16	PAP 1615 P11	6,6	16	18	15
	PAP 1625 P11	11	16	18	25
18	PAP 1815 P11	7,4	18	20	15
	PAP 1825 P11	12,3	18	20	25
20	PAP 2015 P11	12,8	20	23	15
	PAP 2020 P11	17	20	23	20
	PAP 2025 P11	21,3	20	23	25
	PAP 2030 P11	25,5	20	23	30
22	PAP 2215 P11	14	22	25	15
	PAP 2220 P11	18,6	22	25	20
	PAP 2225 P11	23,3	22	25	25
24	PAP2430 P11	30,3	24	27	30
25	PAP 2525 P11	26,2	25	28	25
	PAP 2530 P11	31,5	25	28	30
28	PAP 2830 P11	47,9	28	32	30

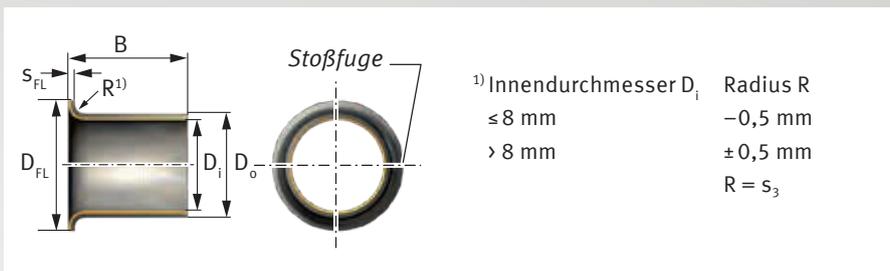
9 | Bauformen und Maßtabellen



Maßtabelle · Fortsetzung (Abmessungen in mm)					
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung P11	Masse g	Abmessungen		
			Di	Do	B ±0,25
30	PAP 3020 P11	34,1	30	34	20
	PAP 3030 P11	51,1	30	34	30
	PAP 3040 P11	68,2	30	34	40
35	PAP 3520 P11	39,4	35	39	20
	PAP 3530 P11	59,1	35	39	30
40	PAP 4050 P11	112	40	44	50
45	PAP 4550 P11	159	45	50	50
50	PAP 5030 P11	105	50	55	30
	PAP 5040 P11	140	50	55	40
	PAP 5060 P11	211	50	55	60
55	PAP 5540 P11	154	55	60	40
60	PAP 6040 P11	167	60	65	40
	PAP 6050 P11	209	60	65	50
	PAP 6060 P11	251	60	65	60
	PAP 6070 P11	293	60	65	70
70	PAP 7050 P11	242	70	75	50
	PAP 7070 P11	339	70	75	70
80	PAP 8060 P11	331	80	85	60
	PAP 80100 P11	552	80	85	100
90	PAP 9060 P11	371	90	95	60
	PAP 90100 P11	619	90	95	100
100	PAP 10060 P11	411	100	105	60
	PAP 100115 P11	788	100	105	115

9.2 KS PERMAGLIDE® Bundbuchsen, wartungsfrei

9.2.1 Baureihe P10, P14, P147* mit Stahlrücken



Bundbuchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage (Kapitel 9.8).

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

* Auf Anfrage

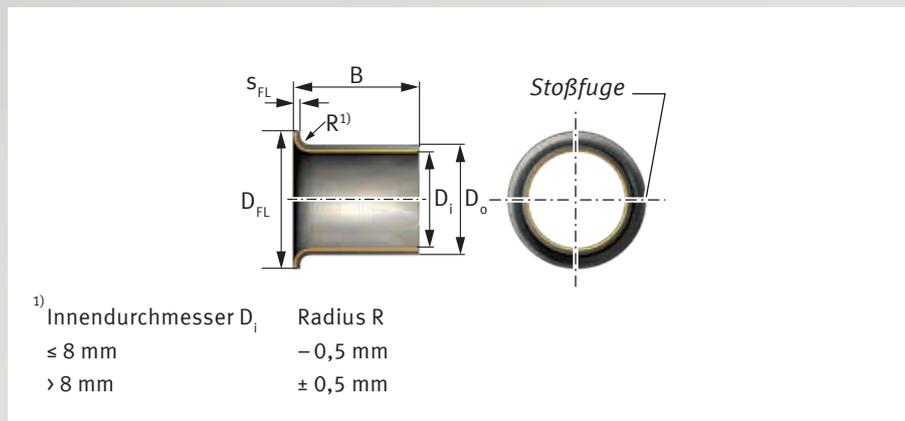
9.2.2 Baureihe P11 mit Bronzerücken

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 (Kapitel 9.8).

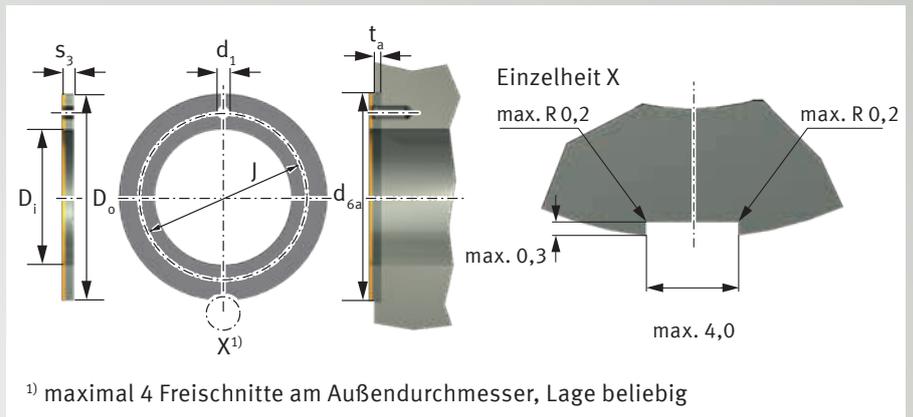


Maßtabelle (Abmessungen in mm)							
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung P11	Masse g	Abmessungen				
			D_i	D_o	$D_{FL} \pm 0,5$	$B \pm 0,25$	$s_{FL} -0,2$
6	PAF 06080 P11	1,8	6	8	12	8	1
8	PAF 08055 P11	1,8	8	10	15	5,5	1
	PAF 08095 P11	2,7	8	10	15	9,5	1
10	PAF 10070 P11	2,7	10	12	18	7	1
	PAF 10120 P11	4,1	10	12	18	12	1
	PAF 10170 P11	5,5	10	12	18	17	1
12	PAF 12070 P11	3,2	12	14	20	7	1
	PAF 12090 P11	3,9	12	14	20	9	1
	PAF 12120 P11	4,9	12	14	20	12	1
15	PAF 15120 P11	6	15	17	23	12	1
	PAF 15170 P11	8	15	17	23	17	1
16	PAF 16120 P11	6,3	16	18	24	12	1
18	PAF 18100 P11	6,1	18	20	26	10	1
	PAF 18220 P11	11,8	18	20	26	22	1
20	PAF 20115 P11	12,4	20	23	30	11,5	1,5
	PAF 20165 P11	16,6	20	23	30	16,5	1,5
25	PAF 25215 P11	25,5	25	28	35	21,5	1,5
30	PAF 30160 P11	33,5	30	34	42	16	2
	PAF 30260 P11	50	30	34	42	26	2
35	PAF 35260 P11	58	35	39	47	26	2
40	PAF 40260 P11	67	40	44	53	26	2

9.3 KS PERMAGLIDE® Anlaufscheiben, wartungsfrei

9.3.1 Baureihe P10, P14, P147* mit Stahlrücken und Baureihe P11 mit Bronzerücken

Anlaufscheiben in Sonderabmessungen auf Anfrage (Kapitel 9.8).



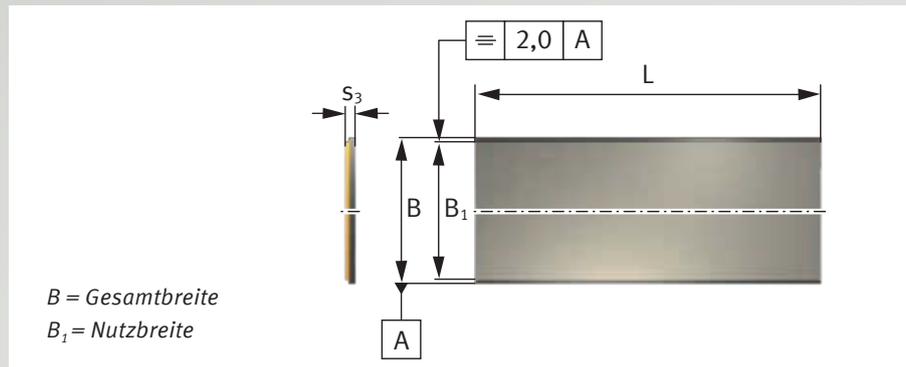
Maßtabelle (Abmessungen in mm)									
Bestellbezeichnung P10, P11, P14, P147*	Masse g	Abmessungen					Anschlussmaße		
		$D_i +0,25$	$D_o -0,25$	$s_3 -0,05$	$J \pm 0,12$	$d_1 +0,4 +0,1$	$t_a \pm 0,2$	$d_{6a} +0,12$	
PAW 10 ... P10/... P11/... P14/... P147*	2,7	10	20	1,5	15	1,5	1	20	
PAW 12 ... P10/... P11/... P14/... P147*	3,9	12	24	1,5	18	1,5	1	24	
PAW 14 ... P10/... P11*/... P14/... P147*	4,3	14	26	1,5	20	2	1	26	
PAW 16 ... P10/... P11/... P14/... P147*	5,8	16	30	1,5	22	2	1	30	
PAW 18 ... P10/... P11/... P14/... P147*	6,3	18	32	1,5	25	2	1	32	
PAW 20 ... P10/... P11/... P14/... P147*	8,1	20	36	1,5	28	3	1	36	
PAW 22 ... P10/... P11/... P14/... P147*	8,7	22	38	1,5	30	3	1	38	
PAW 26 ... P10/... P11/... P14/... P147*	11,4	26	44	1,5	35	3	1	44	
PAW 28 ... P10/... P11/... P14/... P147*	13,7	28	48	1,5	38	4	1	48	
PAW 32 ... P10/... P11/... P14/... P147*	17,1	32	54	1,5	43	4	1	54	
PAW 38 ... P10/... P11/... P14/... P147*	21,5	38	62	1,5	50	4	1	62	
PAW 42 ... P10/... P11/... P14/... P147*	23,5	42	66	1,5	54	4	1	66	
PAW 48 ... P10/... P11/... P14/... P147*	38,5	48	74	2	61	4	1,5	74	
PAW 52 ... P10/... P11/... P14/... P147*	41	52	78	2	65	4	1,5	78	
PAW 62 ... P10/... P11/... P14/... P147*	52	62	90	2	76	4	1,5	90	

* Auf Anfrage

9.4 KS PERMAGLIDE® Streifen, wartungsfrei

9.4.1 Baureihe P10, P14, P147* mit Stahlrücken – Baureihe P11 mit Bronzerücken

Streifen in Sonderabmessungen auf Anfrage (Kapitel 9.8).



Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Bestellbezeichnung P10, P14, P147	Masse g	Abmessungen			
		s_3 -0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 05180 ... P10/... P14/... P147*	330	0,5	180	168	500
PAS 07250 ... P10/... P14/... P147*	703	0,75	250	238	500
PAS 10250 ... P10/... P14/... P147*	948	1	250	238	500
PAS 15250 ... P10/... P14/... P147*	1439	1,5	250	238	500
PAS 20250 ... P10/... P14/... P147*	1930	2	250	238	500
PAS 25250 ... P10/... P14/... P147*	2420	2,5	250	238	500
PAS 30250 ... P10/... P14/... P147*	2970	3,06	250	238	500

Maßtabelle (Abmessungen in mm)					
Bestellbezeichnung P11	Masse g	Abmessungen			
		s_3 -0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 10160 P11	658	1	160	148	500
PAS 15180 P11	1132	1,5	180	168	500
PAS 20180 P11	1523	2	180	168	500
PAS 25180 P11	1915	2,5	180	168	500

* Auf Anfrage

9.5 KS PERMAGLIDE® Buchsen, wartungsarm

9.5.1 Baureihe P20, P200

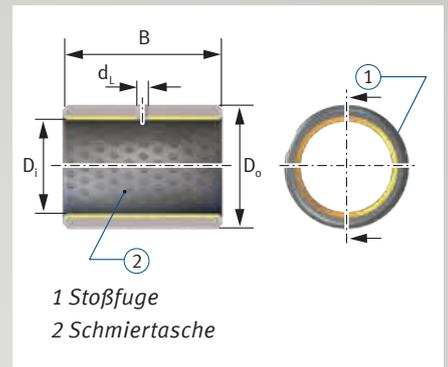
Empfohlene Einbautoleranz:

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.

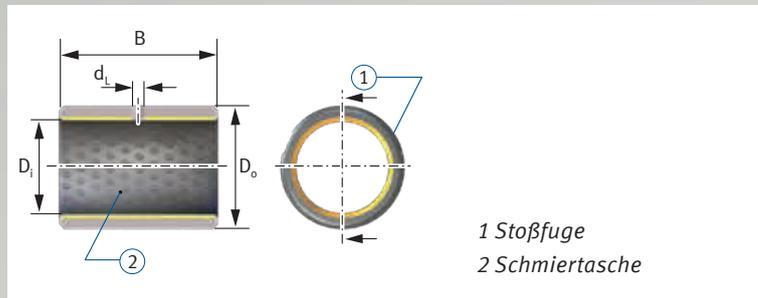
Buchsen P22, P23, P202 und P203 auf Anfrage. Buchsen in Sonderabmessungen auf Anfrage (Kapitel 9.8).



Maßtabelle (Abmessungen in mm)						
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung P20, P200*	Masse g	Abmessungen			
			D _i	D _o	B ±0,25	d _L
8	PAP 0808 ... P20/... P200*	1,6	8	10	8	– ¹⁾
	PAP 0810 ... P20/... P200*	2	8	10	10	– ¹⁾
	PAP 0812 ... P20/... P200*	2,4	8	10	12	– ¹⁾
10	PAP 1008 ... P20/... P200*	2	10	12	8	– ¹⁾
	PAP 1010 ... P20/... P200*	2,4	10	12	10	3
	PAP 1015 ... P20/... P200*	3,7	10	12	15	3
12	PAP 1210 ... P20/... P200*	2,9	12	14	10	3
	PAP 1212 ... P20/... P200*	3,5	12	14	12	3
	PAP 1215 ... P20/... P200*	4,4	12	14	15	3
	PAP 1220 ... P20/... P200*	5,9	12	14	20	3
14	PAP 1420 ... P20/... P200*	6,8	14	16	20	3
15	PAP 1510 ... P20/... P200*	3,6	15	17	10	3
	PAP 1515 ... P20/... P200*	5,4	15	17	15	3
	PAP 1525 ... P20/... P200*	9	15	17	25	3
16	PAP 1612 ... P20/... P200*	4,6	16	18	12	3
	PAP 1615 ... P20/... P200*	5,7	16	18	15	3
	PAP 1620 ... P20/... P200*	7,7	16	18	20	3
18	PAP 1815 ... P20/... P200*	6,4	18	20	15	3
	PAP 1820 ... P20/... P200*	8,6	18	20	20	3
20	PAP 2015 ... P20/... P200*	11,2	20	23	15	3
	PAP 2020 ... P20/... P200*	15	20	23	20	3
	PAP 2025 ... P20/... P200*	18,8	20	23	25	3
	PAP 2030 ... P20/... P200	23,1	20	23	30	3
22	PAP 2220 ... P20/... P200*	16,4	22	25	20	3

¹⁾ kein Schmierloch
* Auf Anfrage

9 | Bauformen und Maßtabellen



Maßtabelle · Fortsetzung (Abmessungen in mm)						
Wellendurchmesser	Bestellbezeichnung P20, P200*	Masse g	Abmessungen			
			D _i	D _o	B ±0,25	d _i
25	PAP 2515 ... P20/... P200*	13,9	25	28	15	4
	PAP 2520 ... P20/... P200*	18,5	25	28	20	4
	PAP 2525 ... P20/... P200*	23,1	25	28	25	4
	PAP 2530 ... P20/... P200*	27,8	25	28	30	4
28	PAP 2830 ... P20/... P200*	42,6	28	32	30	4
30	PAP 3020 ... P20/... P200*	30,3	30	34	20	4
	PAP 3025 ... P20/... P200*	37,8	30	34	25	4
	PAP 3030 ... P20/... P200*	45,4	30	34	30	4
	PAP 3040 ... P20/... P200*	60,6	30	34	40	4
32	PAP 3230 ... P20/... P200*	48,2	32	36	30	4
35	PAP 3520 ... P20/... P200*	35	35	39	20	4
	PAP 3530 ... P20/... P200*	52,5	35	39	30	4
	PAP 3550 ... P20/... P200*	87,5	35	39	50	4
40	PAP 4020 ... P20/... P200*	39,7	40	44	20	4
	PAP 4030 ... P20/... P200*	59,6	40	44	30	4
	PAP 4040 ... P20/... P200*	79,5	40	44	40	4
	PAP 4050 ... P20/... P200*	99,3	40	44	50	4
45	PAP 4540 ... P20/... P200*	113	45	50	40	5
	PAP 4550 ... P20/... P200*	142	45	50	50	5
50	PAP 5025 ... P20/... P200*	78	50	55	25	5
	PAP 5040 ... P20/... P200*	125	50	55	40	5
	PAP 5060 ... P20/... P200*	188	50	55	60	5
55	PAP 5540 ... P20/... P200*	137	55	60	40	5
60	PAP 6030 ... P20/... P200*	112	60	65	30	6
	PAP 6040 ... P20/... P200*	142	60	65	40	6
	PAP 6060 ... P20/... P200	224	60	65	60	6
	PAP 6070 ... P20/... P200*	254	60	65	70	6
70	PAP 7040 ... P20/... P200*	173	70	75	40	6
	PAP 7050 ... P20/... P200*	216	70	75	50	6
	PAP 7070 ... P20/... P200*	303	70	75	70	6
75	PAP 7540 ... P20/... P200*	185	75	80	40	6
	PAP 7580 ... P20/... P200*	370	75	80	80	6
80	PAP 8040 ... P20/... P200*	197	80	85	40	6
	PAP 8055 ... P20/... P200*	271	80	85	55	6
	PAP 8060 ... P20/... P200*	295	80	85	60	6
	PAP 8080 ... P20/... P200*	394	80	85	80	6
90	PAP 9060 ... P20/... P200*	331	90	95	60	6
100	PAP 10050 ... P20/... P200*	305	100	105	50	8
	PAP 10060 ... P20/... P200*	366	100	105	60	8

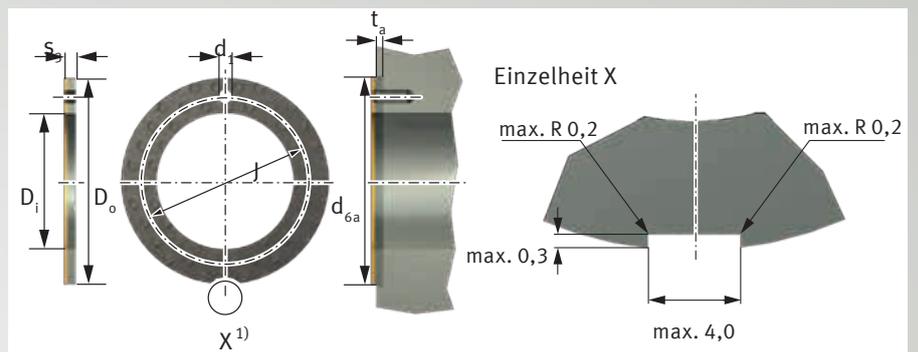
* Auf Anfrage

9.6 KS PERMAGLIDE® Anlaufscheiben, wartungsarm

9.6.1 Baureihe P20, P200

Anlaufscheiben aus P22, P23, P202 und P203 auf Anfrage.

Anlaufscheiben in Sonderabmessungen auf Anfrage (siehe Kapitel 9.8).



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

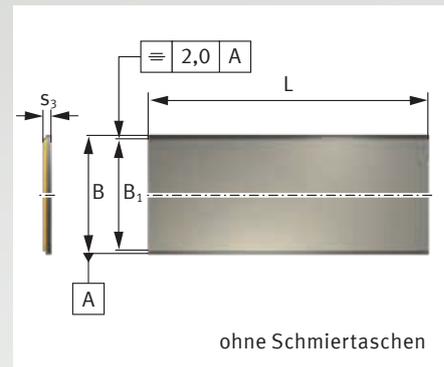
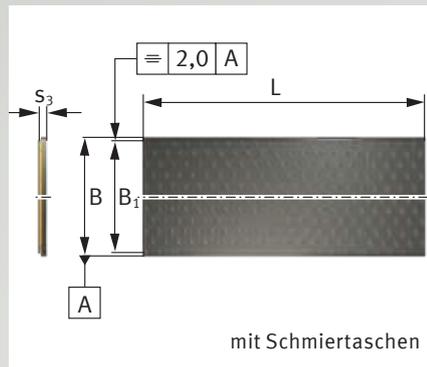
¹⁾ maximal 4 Freischnitte am Außendurchmesser, Lage beliebig

* Auf Anfrage

9.7 KS PERMAGLIDE® Streifen, wartungsarm

9.7.1 Baureihe P20, P200

- P20 mit Schmier Tasche, einbaufertig
- P22 ohne Schmier Tasche, mit Bearbeitungszugabe ¹⁾
- P23 ohne Schmier Tasche, einbaufertig
- P200 mit Schmier Tasche, einbaufertig
- P202 ohne Schmier Tasche, mit Bearbeitungszugabe ¹⁾
- P203 ohne Schmier Tasche, einbaufertig



Streifen P22, P23, P200, P202 und P203 auf Anfrage.

B = Gesamtbreite
 B_1 = Nutzbreite

Streifen in Sonderabmessungen auf Anfrage (Kapitel 9.8).

Maßtabelle (Abmessungen in mm)						
Bestellbezeichnung P20, P200, P23, P203	Masse g	Abmessungen				
		s_3 -0,04	B +1,5	B_1	L +3	
PAS 10180 ... P20/... P200/... P23/... P203	640	0,99	180	168	500	
PAS 15180 ... P20/... P200/... P23/... P203	986	1,48	180	168	500	
PAS 20180 ... P20/... P200/... P23/... P203	1332	1,97	180	168	500	
PAS 25180 ... P20/... P200/... P23/... P203	1678	2,46	180	168	500	

Maßtabelle (Abmessungen in mm)						
Bestellbezeichnung P22, P202	Masse g	Abmessungen				
		s_3 -0,04	B +1,5	B_1	L +3	
PAS 10180 ... P22/... P202	988	1,11	180	168	500	
PAS 15180 ... P22/... P202	1375	1,61	180	168	500	
PAS 20180 ... P22/... P202	1833	2,11	180	168	500	
PAS 25180 ... P22/... P202	2279	2,63	180	168	500	

Lieferung auf Anfrage.

¹⁾ Bearbeitungszugabe: 0,15 mm.

9.8 KS PERMAGLIDE® Gleitlager Sonderanfertigung nach Kundenspezifikation

Motorservice fertigt KS PERMAGLIDE® Gleitlager mit individueller Breite oder Durchmesser, sowie speziellen Anpassungen wie Schmierbohrungen oder Innennuten.

- Sonderanfertigungen sind in allen Standardwerkstoffen erhältlich: P10/P11/P14/P147, P20/P22/P23/P200/P202/P203
- Fertigung erfolgt nach höchsten Qualitätsstandards mit Toleranzen nach DIN ISO 3547.

Unser Vertriebs-Team berät Sie gerne zu Sonderanfertigungen und individuellen Lösungen für Ihre Anwendung.

Mögliche Spezifikationen	Sonderanfertigung Gleitlager	Bearbeitung
	Individuelle Breite, Durchmesser 8 bis 160 mm	Kürzen oder Teilen von Standardgleitlagern
	Individueller Durchmesser, beliebige Zwischengrößen von 80 bis 600 mm Durchmesser	Rollieren von Gleitlagerblechen
	Gleitlager mit Aussparungen, wie z. B. Rundlochbohrungen Langlochbohrungen Schmierbohrungen Innennuten etc.	Fräsen von Standardgleitlagern oder Sonderanfertigungen, Fertigung gemäß Ihrer Zeichnung
		

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 Δz wird dann der Buchsenaußendurchmesser 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 Δz 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 Lehrring 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.

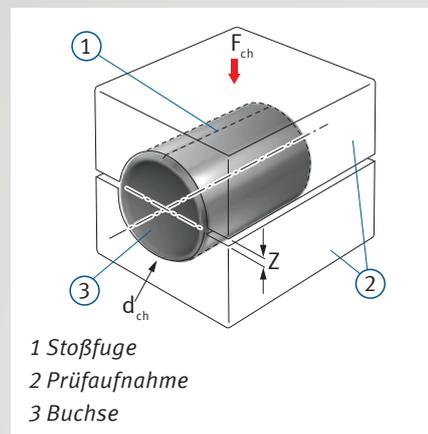


Abb. 64: Prüfung Buchsenaußendurchmesser D_o

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.

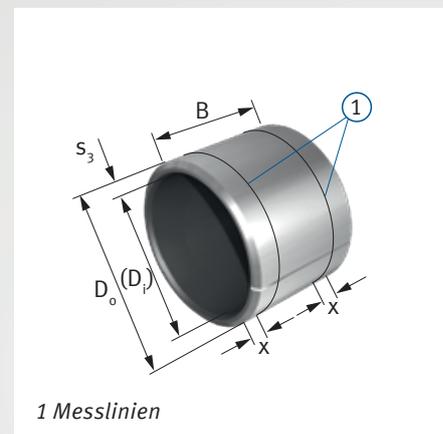


Abb. 65: Messlinien zur Wanddickenprüfung (Beispiel)



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 KS 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. 66)



Achtung:

- Bei Bearbeitungstemperaturen über 140 °C entsteht eine Gefährdung der Gesundheit.
- P22-Späne enthalten Blei. Blei ist gesundheitsschädlich.
- Es können Farbveränderungen der polymeren Gleitschicht durch energiereiche Strahlung z. B. UV-Licht auftreten. Um die Oberflächen zu schützen, sollte eine direkte Sonneneinstrahlung vermieden werden.
- Größerer Abtrag reduziert die Gebrauchsdauer.
- Unsachgemäße Bearbeitung wirkt sich negativ auf die Gebrauchsdauer und die Tragfähigkeit aus.
- Nach dem Bearbeiten sind Teile zu reinigen.

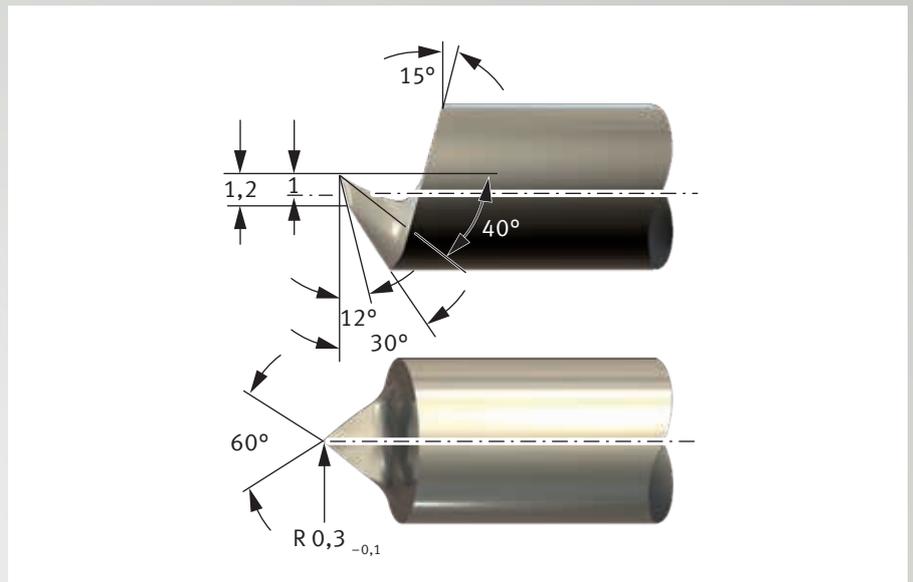


Abb. 66: Schneidwerkzeug für KS PERMAGLIDE® P22 und P202

**FÜR TECHNISCH
OPTIMALE UND
WIRTSCHAFTLICHE
LÖSUNGEN.**

MINIATURLAGER

KUGEL- UND ROLLENLAGER

GEHÄUSELAGER

GELENKLAGER UND GELENKKÖPFE

LINEARTECHNIK

GLEITLAGER

DICHTUNGEN

KUGELN, ROLLEN, NADELN

ZUBEHÖR



HIGH TECHNOLOGY FOR PROFESSIONALS

**HAUPTSITZ
SCHWEIZ
MTO & CO. AG**

Grabenstrasse 9
CH-7324 Vilters
T. +41 81 300 40 00
www.mtoswiss.ch
info@mtoswiss.ch

**NIEDERLASSUNG
ÖSTERREICH
MTO UNION GMBH**

Münkafeld 7b
A-6800 Feldkirch
T. +43 55 223 78 26
www.mtoeurope.com
info@mtoeurope.com