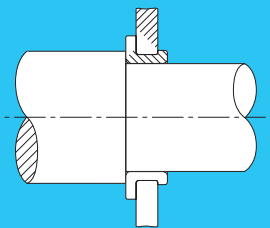
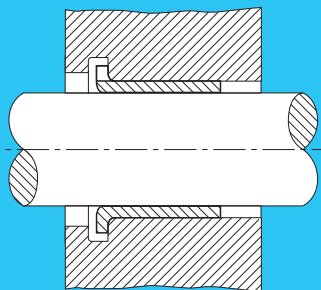
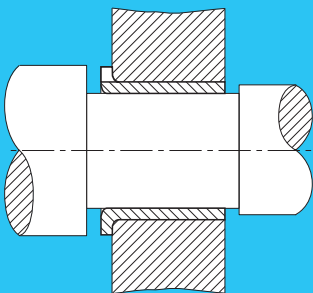
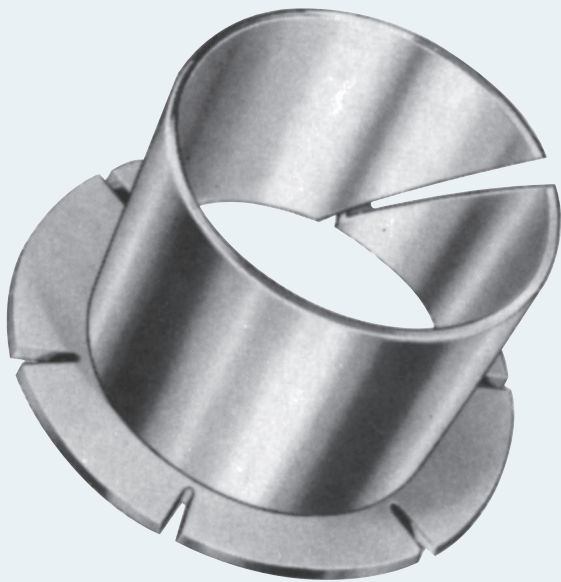


# Kunststoffgleitlager





<b>Inhalt</b>	<b>3</b>
Einleitung	4
Eigenschaften	5
Reibung und Verschleiß	6
Ausführungen und Abmessungen	9
Berechnung der Belastbarkeit, der Lebensdauer und des Lagerspiels	11
Einbau	17
Schmierung	19
Hinweise	19

## **Kunststoffgleitlager mit Ausgleichsspalt**

### **Einleitung**

Die Anforderungen, die an Gleitlagerwerkstoffe in bezug auf Gleiteigenschaften, Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, Druckfestigkeit, Wärmebeständigkeit, Beständigkeit gegen Schmiermittel und Chemikalien gestellt werden, sind sehr hoch.

Polyamide, aus denen Kunststoffgleitlager gefertigt werden, erfüllen in hohem Maße diese Anforderungen. Bei Abnahme größerer Stückzahlen können auf Kundenwunsch auch andere Thermoplaste verarbeitet werden.

### **Eigenschaften von Polyamid 6.6 als Lagerwerkstoff**

Da Kunststoffgleitlager vorwiegend aus Polyamid 6.6 gefertigt werden und über diesen Werkstoff sehr günstige Versuchsergebnisse vorliegen, soll nachstehend kurz auf die Eigenschaften eingegangen werden.

### **Mechanische Eigenschaften**

Die Druckfestigkeit von Polyamid 6.6 liegt bei ca. 6 000 N/cm<sup>2</sup>. Die Erfahrung hat gezeigt, dass mittlere Flächendrücke bis 2 500 N/cm<sup>2</sup> zugelassen werden können, wenn die Gleitgeschwindigkeit nicht zu groß ist. Die Bruchdehnung liegt bei 120-220 %. Sie ist das Maß für die Zähigkeit. Zähle Kunststoffe zeichnen sich durch große Verschleißfestigkeit aus.

Das Verformungsvermögen von Polyamid 6.6 ist im Vergleich zu metallischen Werkstoffen sehr hoch. Diese Eigenschaft wirkt sich bei Kunststoffgleitlagern, die nicht absolut staubfrei abgedichtet werden können, günstig aus.

Eventuell eindringende Schmutzteilchen können sich in den Kunststoff einbetten und werden so zum großen Teil unschädlich gemacht. Die innere mechanische Dämpfung ist bei Polyamid 6.6 ebenfalls sehr hoch. Wellenschwingungen werden daher wirksam gedämpft. Im Bereich von 50 - 80 °C, dem Bereich der am häufigsten vorkommenden Lagertemperaturen, zeigt Polyamid 6.6 ein Dämpfungsmaximum. Aus dieser Tatsache resultiert der weiche und geräuscharme Lauf der Kunststoffgleitlager.

Der Elastizitätsmodul ist bei Polyamiden im Vergleich zu metallischen Werkstoffen klein. Im Hinblick auf die maximale Beanspruchung des Lagermaterials ist dies von Vorteil.

Da sich die Wellen unter Belastung ein wenig in die Lager eindrücken, wird die Schmiegunge verbessert und damit die maximale Flächen- und Kantenpressung verringert

### **Thermische Eigenschaften**

Polyamid 6.6 ist ein Thermoplast, d. h. bei Erwärmung wird dieser Stoff weich und schmilzt bei weiterer Wärmezufuhr. Der Schmelzpunkt liegt bei 250-255 °C. Die Dauertemperatur von Polyamid-Gleitlagern soll nach Möglichkeit 80 °C nicht übersteigen.

Bei längerer Einwirkung höherer Temperaturen versprödet das Material und die Lager verschleifen sehr schnell.

Der Längenausdehnungskoeffizient von Polyamid 6.6 beträgt ein Mehrfaches dessen von metallischen Gleitlagerwerkstoffen.

Diese Tatsache ist bei der Konstruktion besonders zu berücksichtigen. Die Wärmeleitfähigkeit bei Polyamid 6.6 ist wesentlich niedriger als bei Metallen. Für die Belastbarkeit der Kunststoffgleitlager ist dies sehr wichtig, weil sie durch die Reibungswärme mitbestimmt wird, die durch die gegebene Wandstärke noch abgeführt werden kann.

### Feuchtigkeitsaufnahme

Die Geschwindigkeit der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe ist so klein, dass mit Feuchtigkeit gesättigte Teile bei den verhältnismäßig raschen Änderungen des normalen Klimas ihren Feuchtigkeitsgehalt nur wenig ändern. Eventuell auftretende Quellungen werden durch die besondere Konstruktion der Kunststoffgleitlager ohne weiteres kompensiert.

Eigenschaften von Polyamid 6.6		Einheit	
Dichte	DIN 53 479	g/cm <sup>3</sup>	1,12-1,15
Zugfestigkeit <sup>1)</sup>	DIN 53 455	N/cm <sup>2</sup>	5 500-6 000
Bruchdehnung <sup>1)</sup>	DIN 53 455	%	120-220
Elastizitätsmodul <sup>1)</sup>		N/cm <sup>2</sup>	170 000
Kerbschlagzähigkeit <sup>1)</sup>	DIN 53 453	Ncm/cm <sup>2</sup>	150-200
Kugeldruckhärte 60 <sup>1), 4)</sup>		Ncm/cm <sup>2</sup>	9 000-10 000
Dehnung infolge statischer Zugbelastung <sup>2)</sup> bei 20 °C und	500 N/cm <sup>2</sup> nach 100h	%	0,3
	500 N/cm <sup>2</sup> nach 1000h	%	0,4
	1000 N/cm <sup>2</sup> nach 100h	%	0,7
	100 N/cm <sup>2</sup> nach 1000h	%	0,9
	2000 N/cm <sup>2</sup> nach 100h	%	1,8
	2000 N/cm <sup>2</sup> nach 1000h	%	2,3
maximales logarithmisches Dämpfungsdekrement im Bereich 20-50	(DIN 53 445) <sup>3</sup>		
	50-80	°C	0,14
		°C	0,44
zul. Gebrauchstemperatur dauernd	Wärme	°C	80-100
	Kälte	°C	-20
Schmelztemperatur		°C	250-255
Längenausdehnungskoeffizient		1/K	7 · 10 <sup>-5</sup>
Wärmeleitzahl		W/K · m	0,23
spezifischer elektrischer Widerstand <sup>1)</sup>		Ω cm	1012
maximale Feuchtigkeitsaufnahme bei 20 °C und 65% rel. Feuchte		%	3,4-3,8

Tabelle 1

- 1) nach 4 Monaten Lagerung im Normalklima 20/65 DIN 50014
- 2) nach Sättigung mit Feuchtigkeit bei 20 °C und 65% rel. Feuchte
- 3) trocken
- 4) nach 10 x bei 250 N Belastung

Werte wurden aus Angaben der Herstellerfirma entnommen.

**Chemische Beständigkeit von Polyamid 6.6**

Polyamid 6.6 ist gegen viele Medien chemisch beständig.

In normalen organischen Lösungen sind Kunststoffgleitlager unlöslich, von Alkalien und den meisten schwachen organischen und anorganischen Säuren werden sie nicht angegriffen.

Kunststoffgleitlager sind gegen die meisten heute verwendeten Schmieröle und Schmierfette beständig.

Medium	Konzentration %	Beständigkeit
Aluminiumchlorid wässrig	10	((1)) bis +
Ameisensäure wässrig	85	O
Ameisensäure wässrig	10	-
Ammoniak wässrig	10	+8
Benzin		+
Buttersäure		+
Calciumchlorid wässrig	10	+9
Chlorgas	100	-
Chlorwasser		-
Dieselöl		+
Essigsäure konz.		-
Essigsäure wässrig	5	+7
Milch		+
Milchsäure wässrig	10	+
Mineralöl		+0

Medium	Konzentration %	Beständigkeit
Natriumchlorid	10	+
Natronlauge wässrig	10	+
Petroleum		+2
Salzsäure wässrig		-
Schwefel	2	+
Schwefelsäure wässrig		-
Seifenlösung wässrig	2	+
Siliconöl		+
Speisefett		+
Speiseöle		+
Talg		+
Wasser (See-, Fluss-, Trink- u. Kondenswasser)		+7,5
Wasser heiß		((1)) bis ((2))
Wein		+

Tabelle 2

+ = beständig; keine oder nur geringe Gewichts- und Maßveränderungen

((1)) = bedingt beständig; nach einiger Zeit nennenswerte Gewichts- und Maßveränderungen, möglicherweise Verfärbung, Verminderung der Festigkeit, evtl. geringe Versprödung

((2)) = unbeständig; unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. vorübergehende Einwirkung) teilweise noch brauchbar

- = unbeständig; innerhalb kurzer Zeit starker Angriff

O = löslich

Zahlen bei den Symbolen geben die maximale Gewichts- und Längenzunahme in % an.

Beispiel: + 11/3 = beständig; 11 % max. Gewichtszunahme, 3 % Längenausdehnung.

**Reibung und Verschleiß**

Die Gleiteigenschaften und die Verschleißfestigkeit von Polyamid 6.6 in der Paarung mit Stahl oder mit Polyamiden sind sehr gut. Das gilt vor allem auch dann, wenn trockene Reibung oder Mischreibung vorliegt.

Dabei gilt für trockene Reibung oder Mischreibung im Sinne der üblichen Definitionen:

**Trockene Reibung**

Schmiermittel werden höchstens einmal beim Einbau zur Verbesserung der Einlaufbedingungen zugeführt.

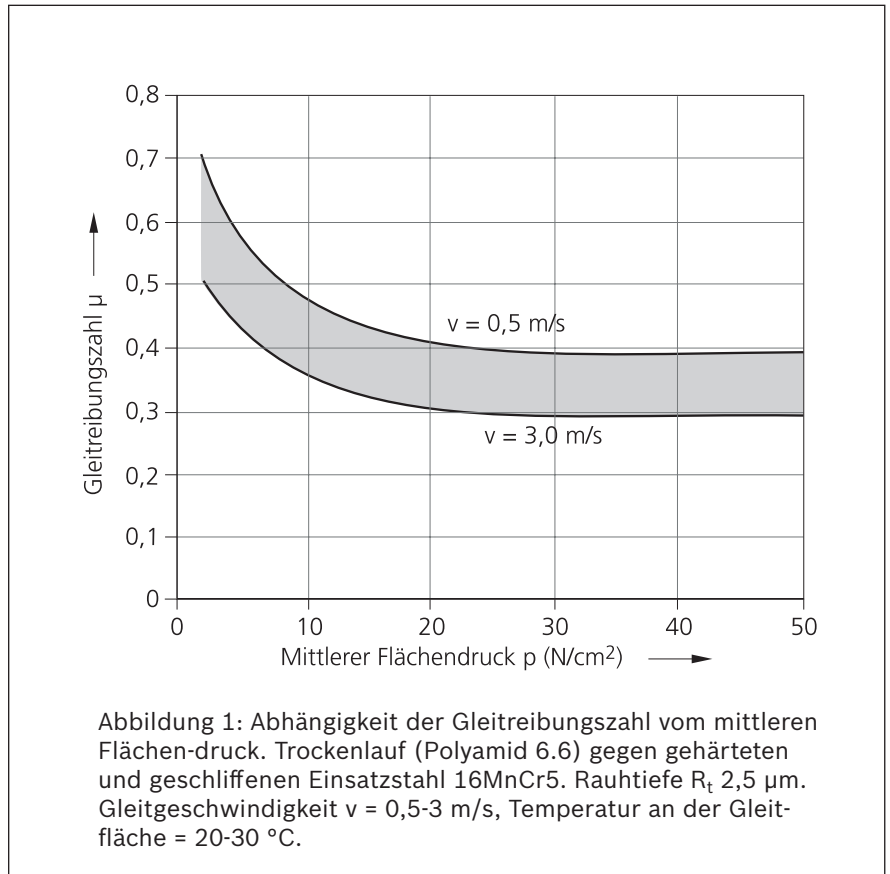
**Mischreibung**

Ölschmierung, aber der dynamische Schmierdruck reicht nicht aus, der Schmierfilm wird unterbrochen.

Die Gleitreibungszahl (Reibungskoeffizient) ist von vielen Einflüssen abhängig. Mittlerer Flächendruck, Gleitgeschwindigkeit, Temperatur, Lagerspiel, Laufzeit, Eigenschaften des Gegenlaufwerkstoffes, die Oberflächenqualität der aufeinander gleitenden Flächen, Qualität und Menge der verwendeten Schmiermittel und die Wandstärke der Kunststoffgleitlager spielen eine Rolle.

**Einfluss des Flächendruckes und der Gleitgeschwindigkeit**

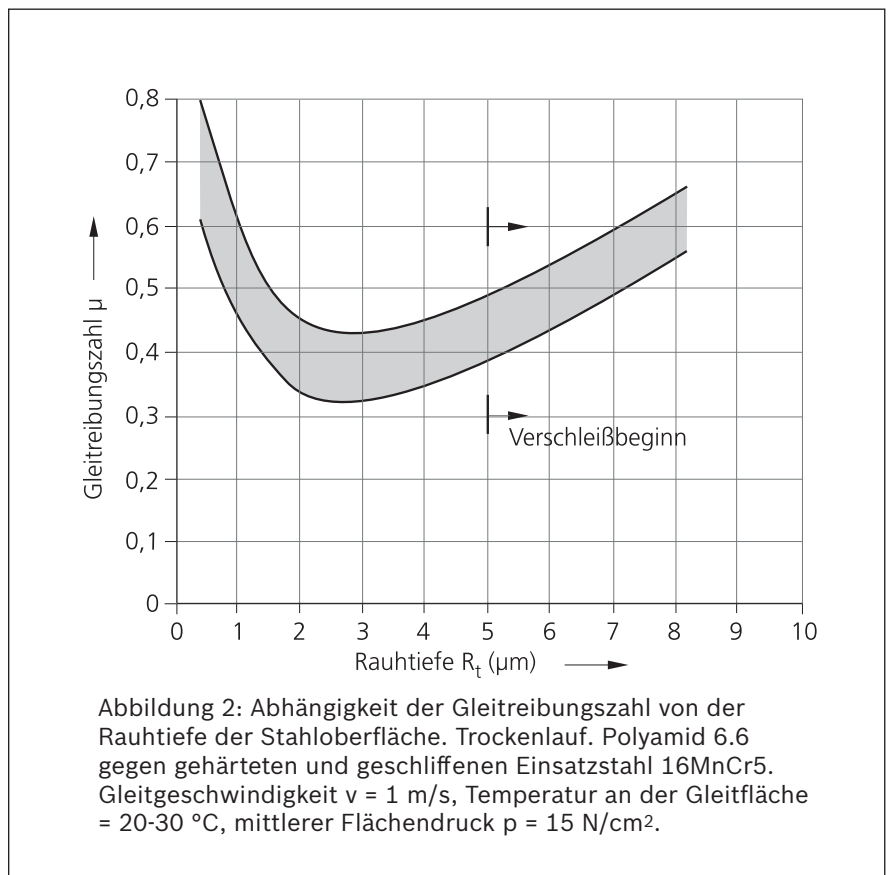
Abbildung 1 zeigt, dass die Gleitreibungszahl mit zunehmender Lagerlast stark abnimmt. Weniger deutlich ausgeprägt ist die Abhängigkeit von der Gleitgeschwindigkeit. Die Gleitreibungszahl geht mit zunehmender Gleitgeschwindigkeit nur wenig zurück.



**Einfluss des Rauhtiefe des Gegenlafwerkstoffes**

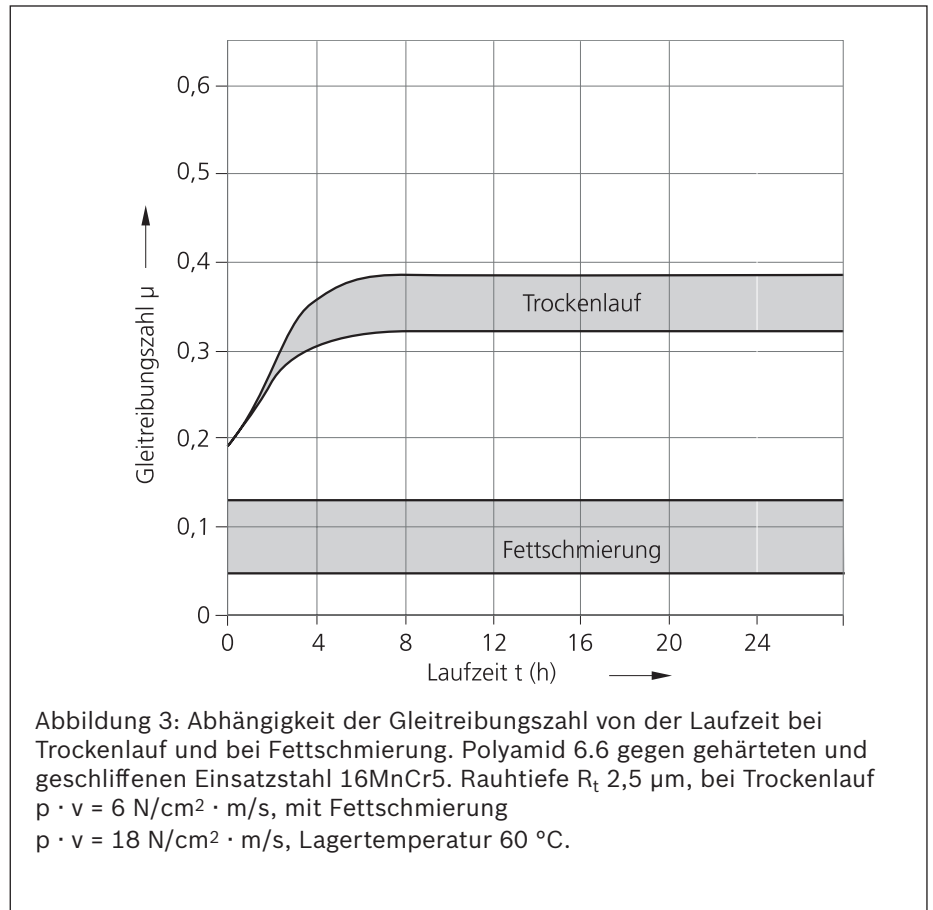
Abbildung 2 zeigt, dass die Gleitreibungszahl stark von der Rauhtiefe der Wellenoberfläche beeinflusst wird.

Ganz deutlich zeigt sich, dass sehr glatte und raue Oberflächen eine hohe Gleitreibung hervorrufen. Im Bereich von 2 bis 3  $\mu\text{m}$  Rauhtiefe ist ein ausgeprägtes Minimum vorhanden.



**Einfluss der Zeit**

Abbildung 3 zeigt, dass bei Trockenlauf nach einer Einlaufzeit von etwa 5 Stunden der Endwert erreicht wird. Fettschmierung erfordert keine Einlaufzeit.

**Werte für die Gleitreibungszahl**

Für die Tragfähigkeitsberechnungen (siehe Seite 11) sind mittlere Verhältnisse zugrunde zu legen. Es werden folgende Werte empfohlen:

Schmierungsart	Gleitreibungszahl $\mu$
Trockenlauf	0,35
Einmalige Fettschmierung	0,12
Schmierfettdepo	0,09
Önebel	0,09
Wasserschmierung (Mischreibung)	0,04
Ölschmierung (Mischreibung)	0,04

Tabelle 3

**Verschleiß**

Der Verschleiß der Kunststoffgleitlager ist kaum messbar, wenn die Wandstärke richtig dimensioniert ist, die Lagertemperatur 80 °C nicht überschreitet, die Welle eine Rauhtiefe von 2 bis 4  $\mu\text{m}$  und eine Oberflächenhärte HRC 45 hat. Weichere Wellen, glattere oder rauhere Oberflächen (Abbildung 2) oder Lagertemperaturen über 80 °C führen zu großem Verschleiß.

Sollten Kunststoffgleitlager unter korrodierenden Bedingungen laufen, ist rostfreier Stahl als Wellenwerkstoff geeigneter als Messing oder Bronze, da diese Materialien zu schnell verschleifen.

**Einfluss der Temperatur auf den Verschleiß**

Abbildung 4 zeigt, dass der Lagerverschleiß bis zu einer Temperatur von 80 °C äußerst gering ist. Bei Temperaturen über 80 °C verschleiben die Kunststoffgleitlager sehr rasch, da durch die hohen Temperaturen die Lageroberfläche versprödet und sehr schnell abgetragen wird.

**Einfluss der Wandstärke auf den Verschleiß**

Da Polyamid 6.6 ein schlechter Wärmeleiter ist, würde bei zunehmender Wanddicke die entstehende Wärme gestaut werden, die Temperatur der Lageroberfläche würde stark ansteigen; ein frühzeitiger Verschleiß der Lager wäre die Folge.

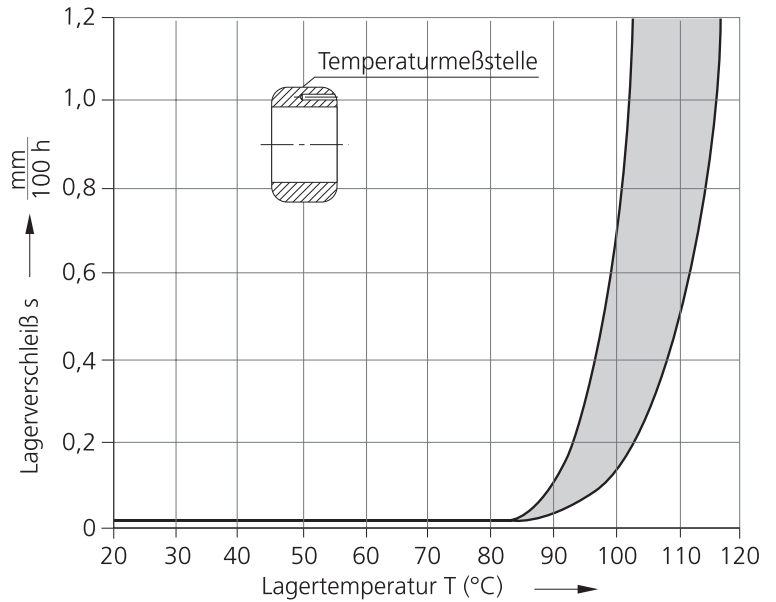


Abbildung 4: Abhängigkeit des Lagerverschleißes von der Lagertemperatur. Polyamid 6.6 gegen gehärteten und geschliffenen Stahl.

**Ausführungen und Abmessungen**

Kunststoffgleitlager werden in zwei Typen hergestellt. Typ R1320-5 .. und Typ R1320-7..

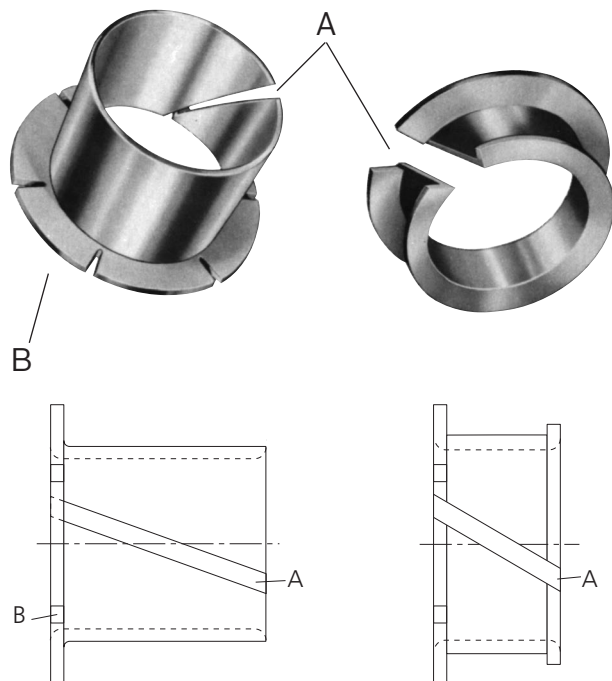


Abbildung 5

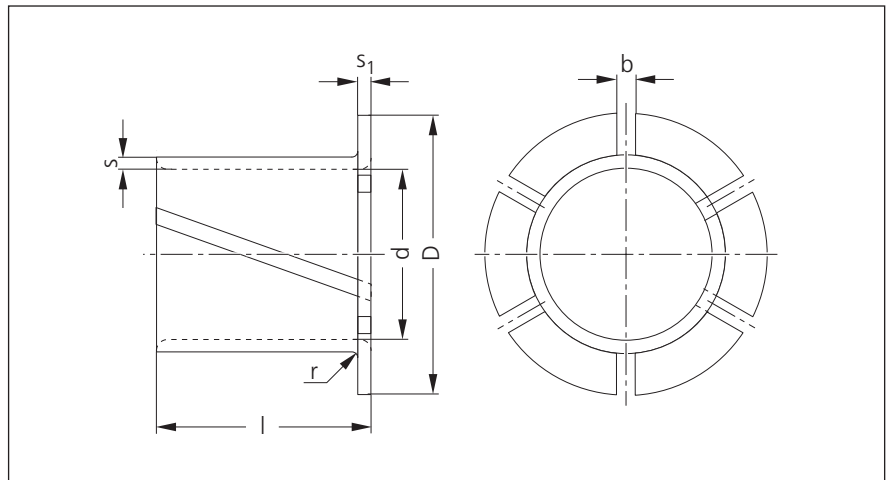
Beide Typen sind in Längsrichtung mit einem sogenannten Ausgleichsspalt „A“ versehen (siehe Abbildung 5). Dieser Ausgleichsspalt gleicht Maßabweichungen, die durch Feuchtigkeitsaufnahme oder Temperaturveränderungen auftreten, fast völlig aus, speichert bei geschmierten Lagern Schmierstoff und trägt zu dessen Verteilung im Lager bei.

Bei der Type R1320-5.. handelt es sich um ein Kunststoffgleitlager mit Flansch. Dieser Flansch ist als einfache Haltevorrichtung gegen axiales Verschieben gedacht. Gleichzeitig kann er aber auch axial auftretende Kräfte aufnehmen. Die radialen Schlitz „B“ (Abbildung 5) im Flansch haben die gleiche Aufgabe wie der Ausgleichsspalt „A“.

Die Type R1320-7.. ist mit zwei im Durchmesser verschieden großen Flanschen versehen. Diese Type ist speziell für den Einbau in Blechlagerschilde bis zu einer maximalen Stärke von 2 mm gewährleistet den sicheren Sitz der Kunststoffgleitlager in den Lagerschilden. Bei der Montage dieser Type ist darauf zu achten, dass der große Flansch auf die Seite kommt, auf die die auftretenden axialen Kräfte einwirken. Der Ausgleichsspalt „A“ gestattet es, die Kunststoffgleitlager soweit zusammenzudrücken, dass der kleine Flansch leicht durch die Aufnahmebohrung im Lagerschild gedreht werden kann. Dabei ist zu beachten, dass der Spalt bei der Montage nach oben zeigt und das linke Ende zuerst in die Aufnahmebohrung eingeführt wird. Durch eine Rechtsdrehung zieht sich das Kunststoffgleitlager von alleine in die Bohrung. Wurde die Montage sachgemäß durchgeführt, federn Kunststoffgleitlager wieder auf und haben ihren gewünschten Sitz.

## Abmessungen

Typ R1320-5..-00

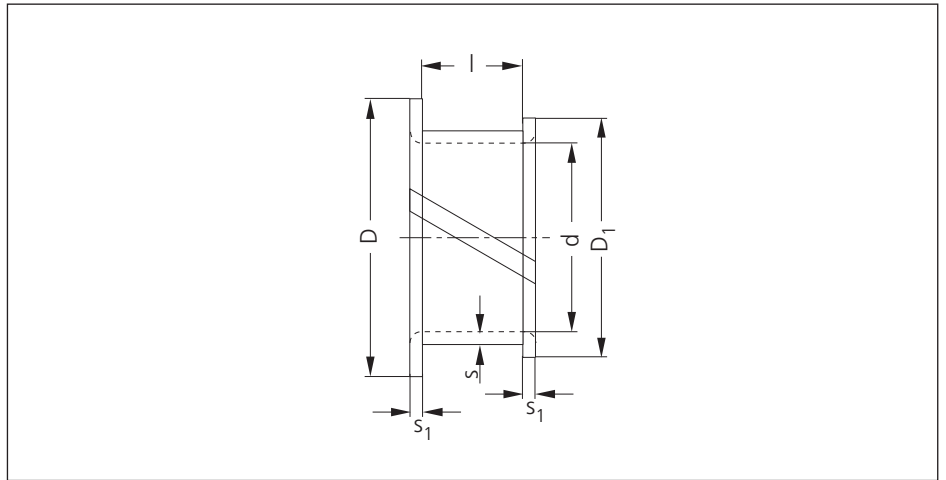


Teilenummer	Maße (mm)		l 1)	s	zulässige Abweichung	s <sub>1</sub>	zulässige Abweichung	b	r
	d	D							
R132050400	4	7	4,6	0,6	-0,06	0,6	-0,06	0,9	0,25
R132050500	5	8	5,6	0,6	-0,06	0,6	-0,06	0,9	0,25
R132050600	6	9,5	6,6	0,6	-0,06	0,6	-0,06	0,9	0,25
R132050800	8	12	8,8	0,8	-0,06	0,8	-0,06	1,3	0,4
R132051000	10	15	10,8	0,8	-0,06	0,8	-0,06	1,3	0,4
R132051200	12	18	12,8	0,8	-0,07	0,8	-0,06	1,3	0,4
R132051400	14	21	14,8	0,8	-0,07	0,8	-0,06	1,3	0,4
R132051600	16	24	16,8	0,8	-0,07	0,8	-0,06	1,3	0,4
R132052000	20	30	20,8	0,8	-0,08	0,8	-0,06	1,3	0,4
R132052500	25	37,5	26,2	1,2	-0,08	1,2	-0,06	1,8	0,5

Tabelle 4

1) Für Berechnungen ist die Länge  $l-s_1$  einzusetzen

Typ R1320-7...-00



Teilenummer	Maße (mm)								
	d	D	D <sub>1</sub>	l	s	Abweichung	s <sub>1</sub>	Abweichung	
R132070300	3	6	4,8	2	0,6	-0,06	0,6	-0,06	
R132070400	4	7	5,9	2	0,6	-0,06	0,6	-0,06	
R132070500	5	8	6,8	2	0,6	-0,06	0,6	-0,06	
R132070600	6	11	7,8	2	0,6	-0,06	0,6	-0,06	
R132070800	8	13	10,4	2	0,8	-0,06	0,8	-0,06	
R132071000	10	15	12,4	2	0,8	-0,06	0,8	-0,06	
R132071200	12	17	14,4	2	0,8	-0,07	0,8	-0,06	

Tabelle 5

### Berechnung der Belastbarkeit, der Lebensdauer und des Lagerspiels

Bei der Berechnung der Belastbarkeit und der Lebensdauer der Kunststoffgleitlager sind u. a. folgende Faktoren zu berücksichtigen:

Gleitgeschwindigkeit  
mittlerer Flächendruck  
Reibungswärme  
Verschleiß und Lagerspiel

Der mittlere Flächendruck errechnet sich aus der Formel

$$p = \frac{F}{l \cdot d} \quad [\text{N/cm}^2] \quad (1)$$

F = Lagerbelastung (N)

l = Breite des Kunststoffgleitlagers (cm) bei der Type 1320-5..l = (l-s<sub>1</sub>) einsetzen

d = Lagerdurchmesser (cm)

Der mittlere Flächendruck beträgt bei kleineren Gleitgeschwindigkeiten 2 500 N/cm<sup>2</sup>. Dieser Wert wird bei der Berechnung der Belastbarkeit als  $p_{zul.}$  eingesetzt.

$$P_{zul.} = 2\,500 \text{ N/cm}^2 \quad (2)$$

Bei Lagern mit höheren Gleitgeschwindigkeiten muss  $P_{zul.}$  entsprechend Gleichung (5) bzw. (6) begrenzt werden.

Die im Lager entstehende Wärme errechnet sich aus der Reibungsarbeit wie folgt:

$$Q_1 = p \cdot l \cdot d \cdot v \cdot \mu \quad (3)$$

$v$  = Gleitgeschwindigkeit (m/s)

$\mu$  = Gleitreibungszahl

Die Werte für die Gleitreibungszahl können aus Tabelle 3 entnommen werden.

Die mit der Temperaturdifferenz aus dem Lager abführbare Wärmemenge wird zum Teil vom Kunststoffgleitlager und zum anderen durch die Stahlwelle abgeführt. Die mit der Temperaturdifferenz aus dem Lager abführbare Wärmemenge wird zum Teil vom Kunststoffgleitlager und zum anderen durch die Stahlwelle abgeführt.

$$Q_2 = K_1 \cdot \frac{\pi \cdot l \cdot d}{4 \cdot d} \cdot \lambda \cdot \Delta\vartheta + K_2 \cdot \frac{2\pi \cdot d^2}{4 \cdot d} \cdot \lambda_s \cdot \Delta\vartheta \quad (4)$$

$K_1$  und  $K_2$  sind dimensionslose Faktoren, die angeben, in welcher Weise die durch die Kunststoffgleitlager und durch die Welle geleiteten Anteile der Lagerwärme von der Lagerkonstruktion beeinflusst werden. Im allgemeinen kann mit folgenden Werten gerechnet werden:

$$K_1 = 1/2$$

$$K_2 = 1/24$$

$\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit für Polyamid = 0,23 W/K · m

$\lambda_s$  = Wärmeleitfähigkeit für Stahl = 46 W/K · m

$s$  = Wanddicke der Kunststoffgleitlager

$\Delta\vartheta$  = Temperaturdifferenz (K bzw. °C).

Aus den Gleichungen (3) und (4) folgt als Bedingung dafür, dass die Reibungswärme mit der Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta$  aus dem Lager abgeführt werden kann:

$$(p \cdot v)_{zul.} = \frac{K_1 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta\vartheta}{\mu \cdot s} + \frac{K_2 \cdot \pi \cdot \lambda_s \cdot \Delta\vartheta}{\mu \cdot 2 \cdot l} \quad (5)$$

Für Lager mit ständiger Wasser- oder Ölschmierung ist diese Rechnung nicht anwendbar. Die Gleichung (5) ist eine Größengleichung. Es ergibt sich folgende Zahlenwertgleichung:

$$(p \cdot v)_{zul.} \leq 37,3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\Delta\vartheta}{\mu} \cdot \left( \frac{1}{s} + \frac{8,33}{l} \right) \quad [\text{N/cm}^2 \cdot \text{m/s}] \quad (6)$$

$\mu$  = Gleitreibungszahl (nach Tabelle 3)

$s$  = Wanddicke der Kunststoffgleitlager in mm (Tabellen 4 und 5)

$l$  = Breite der Kunststoffgleitlager in mm, bei der Type R1320-5..  $l = (l-s_1)$  einsetzen.

Die so errechneten  $p \cdot v$ -Werte für die Kunststoffgleitlager sind für eine Umgebungstemperatur von 20 °C bzw.  $\Delta\vartheta = 60$  °C aus der Tabelle 6 zu ersehen.

Für höhere Umgebungstemperaturen verringert sich  $\Delta\vartheta$  und somit nach Gleichung (6) auch der  $p \cdot v$ -Wert.

Zulässige  $p \cdot v$ -Werte bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C

Teilenummer	$(p \cdot v)_{zul.} \left[ \frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s} \right]$		
	Trockenlauf	einmalige Fettschmierung	Dauer Fettschmierung
R132050400	24	70	93
R132050500	21	62	83
R132050600	20	57	76
R132050800	15	43	57
R132051000	13	39	52
R132051200	12	36	48
R132051400	12	34	46
R132051600	11	33	44
R132052000	11	31	42
R132052500	7	21	29
R132070300	37	110	150
R132070400	37	110	150
R132070500	37	110	150
R132070600	37	110	150
R132070800	35	100	135
R132071000	35	100	135
R132071200	35	100	135

Tabelle 6

Aus dem Diagramm (Abbildung 6) können zu den Umfangsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom zulässigen  $p \cdot v$ -Wert die spezifischen Lagerdrücke  $p$  in  $N/cm^2$  abgelesen werden.

Für die statische Belastbarkeit wurde ein spezifischer Lagerdruck von  $p = 1400 N/cm^2$  gewählt.

### Lagerverschleiß

Steigt die Lagertemperatur nicht über 80 °C und werden gehärtete und geschliffene Stahlwellen verwendet, so ist der Lagerverschleiß kaum messbar.

Da der Verschleiß „S“ mit der 80 °C übersteigenden Temperatur anwächst und außerdem anzunehmen ist, dass er proportional mit der Laufzeit größer wird, kann er wie folgt berechnet werden:

$$S = k \cdot \left( \frac{\vartheta \cdot \vartheta_0}{\vartheta_0} \right)^\chi \cdot t \quad [\text{mm}] \quad (7)$$

$k = 1/6$  (konstant)

$\chi = 3$  (konstant)

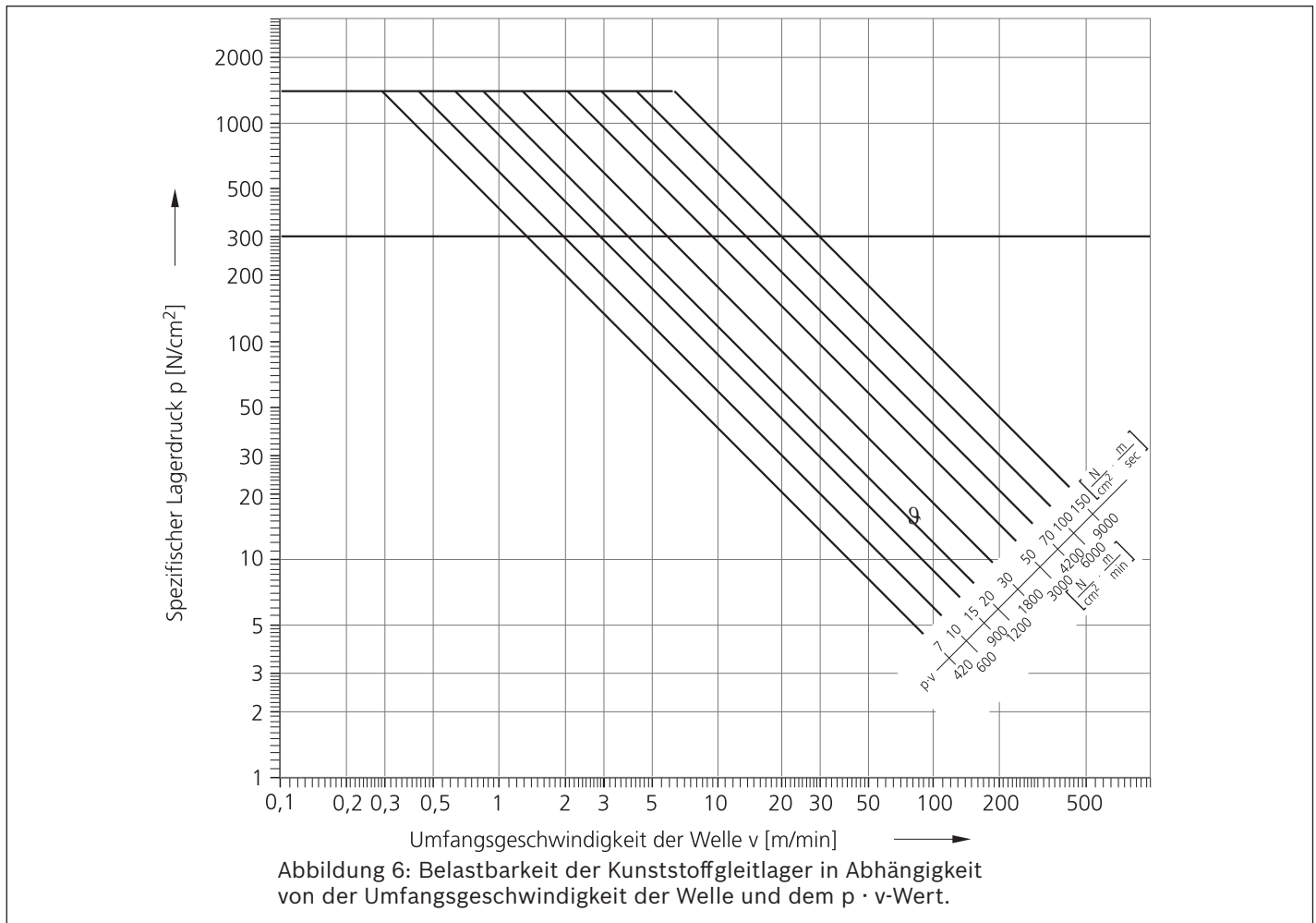
$\vartheta_0 = 80 \text{ °C}$

$t =$  Zeit in Stunden

Als höchstzulässiger Verschleiß kann bei den Kunststoffgleitlagern mit

$$S = 0,2 \text{ mm} \quad (8)$$

gerechnet werden.



### Lebensdauer

Die Lebensdauer der Kunststoffgleitlager errechnet sich aus der Gleichung (7) wie folgt:

$$t = \frac{S_{zul}}{k \cdot \left( \frac{\vartheta - \vartheta_0}{\vartheta_0} \right)^z} \quad [\text{Stunden}] \quad (9)$$

Diese Gleichung gilt für  $\vartheta > 80 \text{ °C}$ .

Bei  $\vartheta < 80 \text{ °C}$  ist die Lebensdauerberechnung nicht sinnvoll, da der Lagerverschleiß kaum messbar und infolgedessen nicht reproduzierbar ist.

### Lagerspiel

Das Lagerspiel muss so bemessen sein, dass bei extremer Vergrößerung des Volumens der Kunststoffgleitlager infolge Temperatursteigerungen oder Änderung des Feuchtigkeitsgehaltes das Lager nicht klemmt. Das Lagerspiel darf aber nicht unnötig groß bemessen werden, da sonst ein unruhiger Lauf hervorgerufen wird.

Im ungünstigsten Fall sollte erfahrungsgemäß noch ein Kleinstspiel von

$$h_0 = 0,004 \cdot d \quad [\text{mm}] \quad (10)$$

vorhanden sein.

Bei Erhöhung der Temperatur um  $\Delta\vartheta$ , und relativer Änderung der linearen Abmessungen durch Vergrößerung des Feuchtigkeitsgehaltes um  $\epsilon_f$  vergrößert sich das Volumen der Kunststoffgleitlager um

$$\Delta V = 3 (\epsilon_f + \alpha \cdot \Delta\vartheta_1) \cdot V \quad (11)$$

$\epsilon_f$  = linearer Ausdehnungsfaktor für den Feuchtigkeitsgehalt:

für nicht wassergeschmierte Lager = 0,003

für wassergeschmierte Lager = 0,020

$\alpha$  = Längenausdehnungskoeffizient nach Tabelle 1 =  $7 \cdot 10^{-5} \frac{1}{K}$

$$\Delta\vartheta_1 = \vartheta_{\max} - 20 \text{ °C}$$

$\vartheta_{\max}$  ist die an der Lagerstelle maximal auftretende Temperatur. Sie ergibt sich durch Addition von  $\Delta\vartheta$  nach Gleichung (6) und der Umgebungstemperatur.  $\vartheta_{\max}$  soll 80 °C nicht überschreiten.

Beträgt die Umgebungstemperatur 20 °C, so ist  $\Delta\vartheta_1 = \Delta\vartheta$ .

Die Gleichung (11) gilt, wenn die Dehnungen nach keiner Richtung behindert sind. Rechnet man dennoch damit, dass die volle Volumenänderung auftritt und die Ausdehnung allein auf Kosten des Lagerspiels erfolgt, so erhält die Rechnung eine zusätzliche Sicherheit. Der Spalt verringert sich dann um

$$3 \cdot s \cdot (\epsilon_f + \alpha \cdot \Delta\vartheta_1)$$

Unter Berücksichtigung des Kleinstspiels und der Tatsache, dass ein großer Teil der Volumenänderung bei den Kunststoffgleitlagern von dem vorhandenen Ausgleichsspalt aufgenommen wird, errechnet sich das Kleinstspiel wie folgt:

$$h = 0,004 \cdot d + 3s (\epsilon_f + \alpha \cdot \Delta\vartheta_1) \text{ [mm]} \quad (12)$$

## Belastbarkeit

### Type 1320-5..-00 Radiale Belastbarkeit [N]

Teilenummer	Stat. Belastbarkeit (N)	50 min <sup>-1</sup>			100 min <sup>-1</sup>			250 min <sup>-1</sup>		
		Trockenlauf	Fettschmierung		Trockenlauf	Fettschmierung		Trockenlauf	Fettschmierung	
			einmalig	Dauer		einmalig	Dauer		einmalig	Dauer
R132050400	220	220	220	220	180	220	220	70	210	220
R132059599	359	350	350	350	200	350	350	80	235	315
R132050600	500	450	500	500	225	500	500	90	260	350
R132050800	900	450	900	900	225	655	870	90	260	350
R132051000	1400	520	1400	1400	255	745	990	100	300	395
R132051200	2000	565	1650	2000	285	825	1100	115	330	440
R132051400	2750	630	1820	2470	315	910	1230	125	365	495
R132051600	3600	690	2020	2690	345	1010	1340	140	405	540
R132052000	5600	815	2370	3210	410	1180	1600	160	475	640
R132052500	8750	705	2060	2770	350	1030	1380	140	410	550

Tabelle 7

Die axiale Belastung, die vom Bund aufgenommen werden kann, darf maximal 25 % der radialen Belastbarkeit betragen; dabei muss der Wellenbund- $\varnothing$  dem Maß „D“ aus Tabelle 4 entsprechen.

Die angegebenen Werte gelten bei einer Lagertemperatur  $\leq 80$  °C und einer Umgebungstemperatur von 20 °C.

**Typ R1320-7..-00 Radiale Belastbarkeit [N]**

Teilenummer	Stat. Belastbarkeit (N)	50 min <sup>-1</sup>			100 min <sup>-1</sup>			250 min <sup>-1</sup>		
		Trockenlauf	Fettschmierung		Trockenlauf	Fettschmierung		Trockenlauf	Fettschmierung	
			einmalig	Dauer		einmalig	Dauer		einmalig	Dauer
R132070300	85	85	85	85	85	85	85	57	85	85
R132070499	112	112	112	112	112	112	112	57	112	112
R132070500	140	140	140	140	140	140	140	57	140	140
R132070600	168	168	168	168	143	168	168	57	166	168
R132070800	225	225	225	225	133	225	225	53	154	205
R132071000	280	265	280	280	133	280	280	53	154	205
R132071200	335	265	335	335	133	335	335	53	154	205

Tabelle 8

Die axiale Belastung, die vom Bund aufgenommen werden kann, darf maximal 25 % der radialen Belastbarkeit betragen; dabei muss der Wellenbund- $\varnothing$  dem Maß „D“ aus Tabelle 5 entsprechen. Die angegebenen Werte gelten bei einer Lagertemperatur  $\leq 80$  °C und einer Umgebungstemperatur von 20 °C.

**Berechnungsbeispiel**

Die Antriebswelle eines Getriebes soll in Kunststoffgleitlager gelagert werden. Wellendurchmesser 20 mm, Antriebsdrehzahl 100 min<sup>-1</sup>. Es sind zwei Kunststoffgleitlager 1320-520-00 vorgesehen. Die Belastung je Lager beträgt 1000 N. Die Lager sollen beim Einbau einmalig mit Fett geschmiert werden. Der zulässige Lagerverschleiß wird mit 0,2 mm angenommen. Um eine lange Lebensdauer zu erreichen, soll die Lagertemperatur 80 °C (bei 20 °C Umgebungstemperatur) nicht überschreiten. Es ist zu prüfen, ob das vorgesehene Lager ausreicht, welche Lebensdauer zu erwarten ist und wie groß das Lagerspiel gewählt werden muss.

**Mittlerer Flächendruck**

Nach Formel (1) beträgt der mittlere Flächendruck:

$$p = \frac{F}{l \cdot d} = \frac{1000}{2,0 \cdot 2,0} = 250 \text{ N/cm}^2$$

**Zulässiger  $p \cdot v$ -Wert**

Nach Tabelle 6 beträgt der zul.  $p \cdot v$ -Wert bei einmaliger Fettschmierung für das Kunststoffgleitlager 1320-520-00.

$$31 \left[ \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Aus dem Diagramm (Abbildung 6) kann für  $p = 250 \text{ N/cm}^2$  und  $m$  zul eine Umfangsgeschwindigkeit von 7,5 [m/min] abgelesen werden.

$$p \cdot v\text{-Wert } 31 \left[ \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Die Umfangsgeschwindigkeit der Antriebswelle beträgt:

$$v = d \cdot \pi \cdot n = 0,02 \cdot 3,14 \cdot 100 = 6,28 \text{ m/min}$$

Der errechnete Wert ist kleiner als der aus dem Diagramm abgelesene Wert 7,5 m/min, d. h. die vorgesehene Schmierungsart ist ausreichend. Der tatsächliche  $p \cdot v$ -Wert beträgt:

$$p \cdot v = 250 \cdot \frac{6,28}{60} = 26,2 \left[ \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

**Berechnung der tatsächlich auftretenden Lagertemperatur  $\Delta\vartheta$ .**

Nach Umstellung der Gleichung (6) errechnet sich die auftretende Lagertemperatur wie folgt:

$$\Delta\vartheta = \frac{p \cdot v \cdot \mu}{37,3 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{s} + \frac{8,33}{l}\right)}$$

Nach Tabelle 3 ist  $\mu$  mit 0,12 einzusetzen

$$\Delta\vartheta = \frac{26,2 \cdot 0,12}{37,3 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{0,8} + \frac{8,33}{20}\right)} = 51\text{K bzw. } \text{C}^\circ$$

**Berechnung der Lebensdauer**

Eine Berechnung der Lebensdauer ist im vorliegenden Fall nicht sinnvoll, da die auftretende Lagertemperatur nicht über 80 °C ansteigt.

Der tatsächliche  $p \cdot v$ -Wert von

$$26,2 \left[ \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

liegt unter dem zul.  $p \cdot v$ -Wert von

$$31 \left[ \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

**Berechnung des erforderlichen Lagerspiels**

Nach Gleichung (12) errechnet sich das erforderliche Lagerspiel wie folgt:

$$h = 0,004 \cdot d + 3 \cdot s \cdot (\epsilon_f + \alpha \cdot \Delta\vartheta)$$

$\epsilon_f$  wird mit 0,003 eingesetzt

$$\alpha = 7 \cdot 10^{-5}$$

$$h = 0,004 \cdot 20 + 3 \cdot 0,8 \cdot (0,003 + 7 \cdot 10^{-5} \cdot 51^\circ) = 0,096 \text{ mm}$$

Für den Einbau ist ein Lagerspiel von 0,096 mm vorzusehen oder die Gehäusebohrung muss wie folgt bemessen werden:

$$\text{Gehäusebohrung} = (d + 2 \cdot s + h)^{H7} = (20 + 2 \cdot 0,8 + 0,096)^{H7} = 21,7^{H7}$$

**Einbau der Kunststoffgleitlager**

Für den Einbau der Kunststoffgleitlager wird empfohlen, die Welle im Nennmaß gleich der Lagerbohrung „d“ zu wählen. Als Toleranz empfehlen wir „h7“.

Die Gehäusebohrung errechnet sich dann aus  $d + 2s$  und dem erforderlichen Lager-spiel. Als Toleranz wird H7 empfohlen. Es kann auch der umgekehrte Weg beschritten werden; die Gehäusebohrung ist dann mit  $d + 2s$  zu wählen und der Welledurchmesser ist dem erforderlichen Lagerspiel entsprechend zu berechnen.

Beim Einbau der Lager ist darauf zu achten, dass sie nicht verspannt werden, da sonst eventuell auftretende Volumenänderungen nicht voll ausgeglichen werden können.

Auf keinen Fall dürfen Kunststoffgleitlager auf die Wellen oder in die Gehäuse eingeklebt werden.

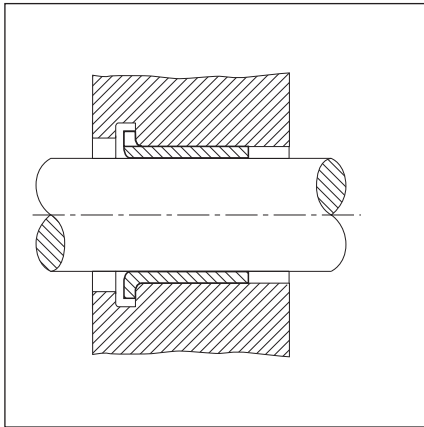
**Montagebeispiele**

Abbildung 7: Glatte Welle. Gehäuse ist mit einer Rille versehen, in die der Bund des Kunststoffgleitlagers einschnappt. Nute muss breiter sein als das Maß  $s_1$  nach Tabelle 4.

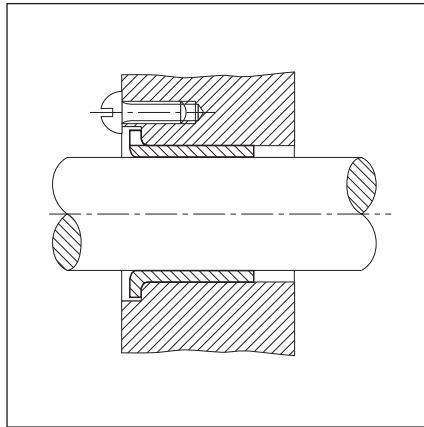


Abbildung 9: Glatte Welle. Axiale Fixierung mittels Schraube. Ausdehnung im Gehäuse muss tiefer sein als Maß  $s_1$  nach Tabelle 4.

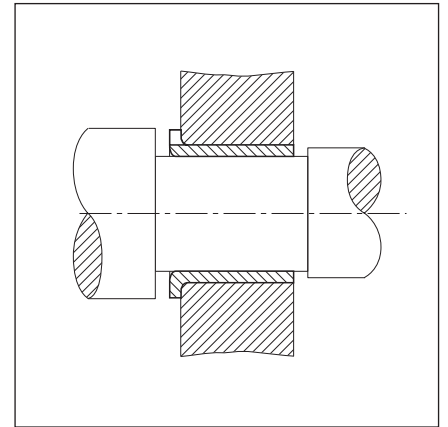


Abbildung 11: Glatte Gehäusebohrung. Axiale Fixierung geschieht durch eingestochene Welle mit einseitig großem Bund. Aufnahme von axialen Kräften möglich.

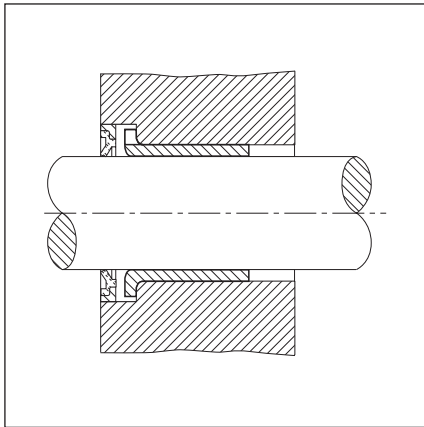


Abbildung 8: Glatte Welle. Axiale Fixierung erfolgt durch die vorge-setzte Dichtung. Ausdehnung im Gehäuse muss so tief sein, dass das Kunststoffgleitlager am Bund nicht geklemmt wird.

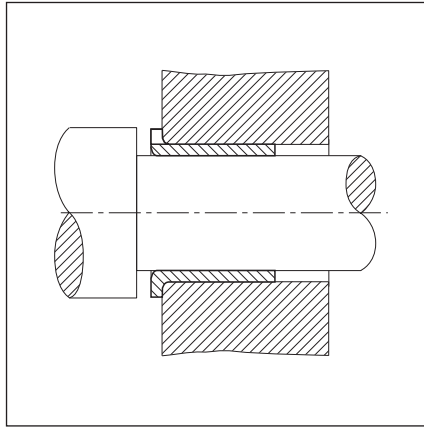


Abbildung 10: Glatte Gehäusebohrung. Axiale Fixierung geschieht durch den Bund der abgesetzten Welle. Aufnahme von axialen Kräften möglich.

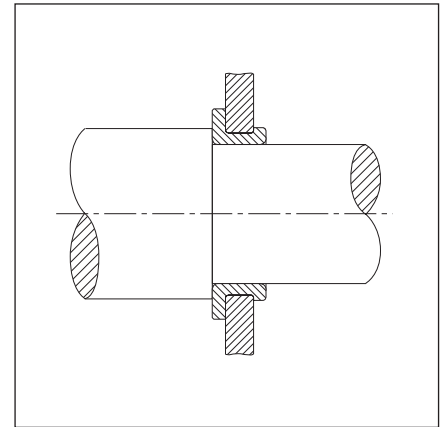


Abbildung 12: Typ R1320-7.. mit abgesetzter Welle. Der größere Welledurchmesser ist auf der Seite des größeren Bunddurchmessers des Kunststoffgleitlagers. Aufnahme von axialen Kräften möglich.

## Einbaubeispiele

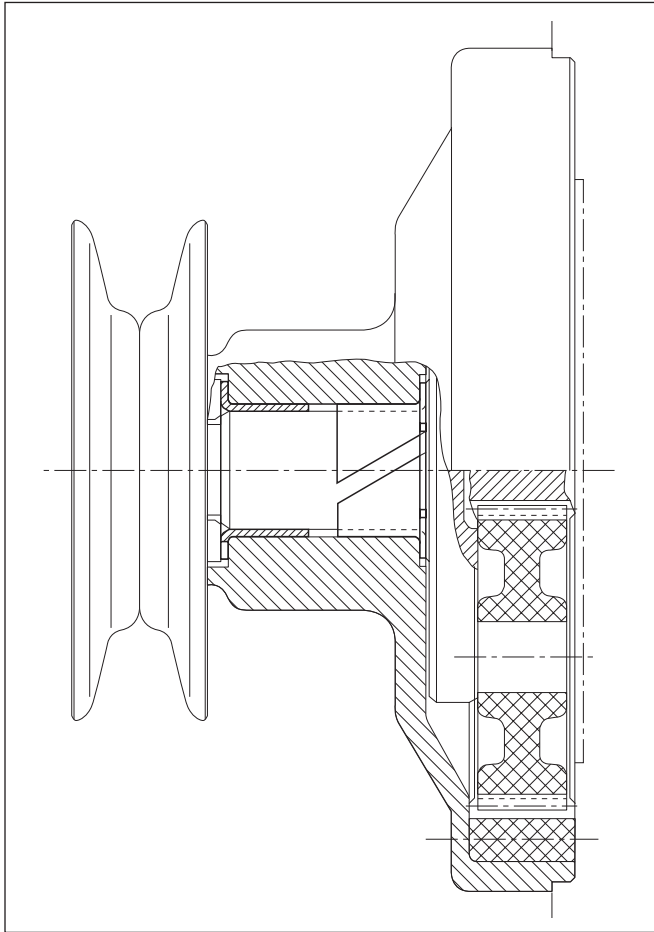


Abbildung 13: Getriebe für Waschmaschine mit Kunststoffgleitlager Typ R1320-5..

Antriebsdrehzahl	1330 min <sup>-1</sup>
Abtriebsdrehzahl	130 min <sup>-1</sup>
Abtriebsdrehmoment	520 Ncm
Riemenzug auf Riemenscheibe	400 N
$p \cdot v_{\max}$	$= 64 \text{ N/cm}^2 \cdot \text{m/s}$

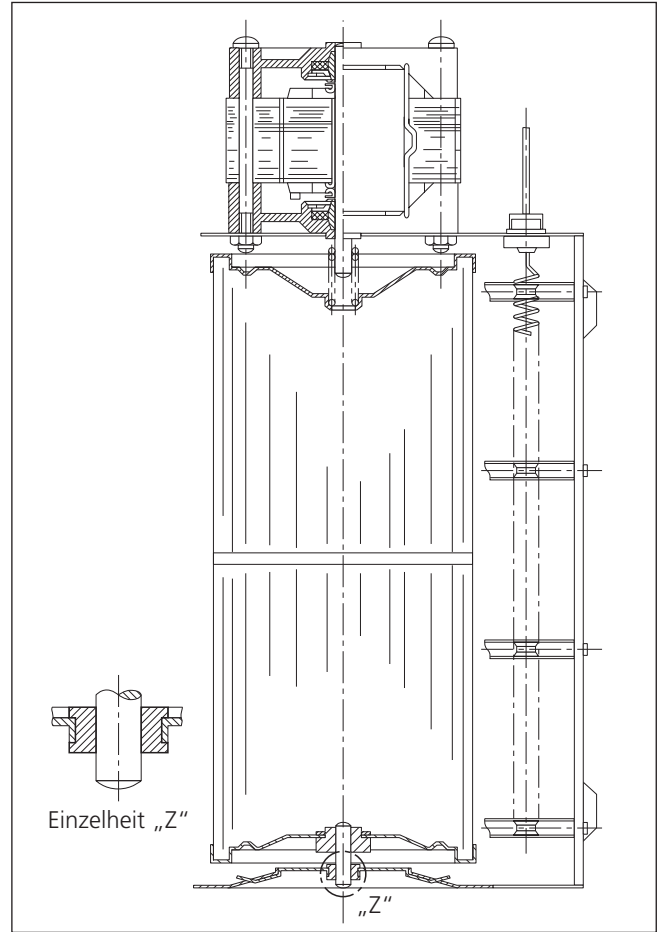


Abbildung 15: Querstromgebläse mit Kunststoffgleitlager Typ R1320-7..

Drehzahl	ca. 1600 min <sup>-1</sup>
Belastung	sehr gering
Temperatur	max. 85 °C

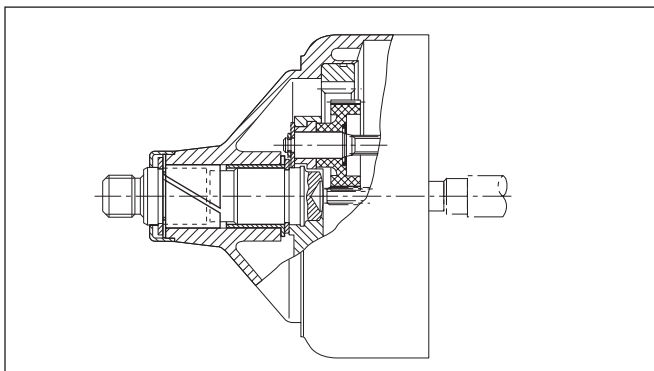


Abbildung 14: Getriebe für Bügelautomat mit Kunststoffgleitlager Typ R1320-5..

Antriebsdrehzahl	1400 min <sup>-1</sup>
Abtriebsdrehzahl	5,83 min <sup>-1</sup>
Abtriebsdrehmoment	20 Nm
$p \cdot v_{\max}$	$= 2,8 \text{ N/cm}^2 \cdot \text{m/s}$

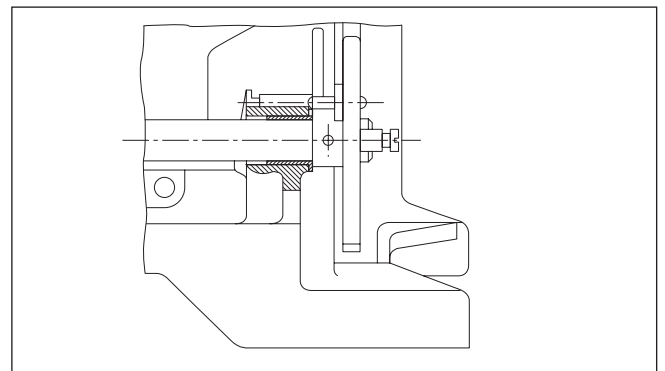


Abbildung 16: Lagerung der Umschaltwelle einer Schreibmaschine mit Kunststoffgleitlager Typ R1320-5..

### **Schmierung der Kunststoffgleitlager**

Die Verwendung der Kunststoffgleitlager ist besonders vorteilhaft, wenn es sich um Lagerungen handelt, bei denen die Lager ohne oder mit geringer Schmiermittelmenge eingebaut werden sollen oder später nicht mehr nachgeschmiert werden können.

Besteht die Möglichkeit, die Kunststoffgleitlager beim Einbau einmalig zu fetten oder zu ölen, sollte man dies tun; dadurch erhöht sich die Lebensdauer wesentlich.

Als Schmiermittel werden empfohlen:

**Fett:** Lithium verseift, Tropfpunkt ca. 185 °C, Walkpenetration ca. 265-295 mm · 10<sup>-1</sup>, mit Konservierungs- und Alterungsschutzzusätzen.

**Öl:** Motorenöl SAE 10  
SAE 30

Bei trockenlaufenden Lagern hat sich eine Behandlung der Metallteile mit Molybändisulfid als sehr gut erwiesen.

### **Hinweise**

Mit diesem Katalog soll allen interessierten Konstrukteuren die Möglichkeit gegeben werden zu prüfen, wo anstatt teurer Metallgleitlager und dadurch auch oft aufwendiger Konstruktionen, billigere Kunststoffgleitlager verwendet werden können. Unser technischer Beratungsdienst hilft ihnen dabei gern.

[1] Bei der Berechnung der Belastbarkeit, der Lebensdauer und des Lagerspiels wurde die Veröffentlichung „Polyamide als Gleitlagerwerkstoffe“ von Dr.-Ing. H. Hachmann und Ing. E. Strickle von der Firma BASF zugrundegelegt. Nach diesen Formeln haben wir die Berechnungen für unsere Versuche durchgeführt.



**Bosch Rexroth AG**

Ernst-Sachs-Straße 100  
97424 Schweinfurt, Deutschland  
Tel. +49 9721 937-0  
Fax +49 9721 937-275  
[www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com)

**Ihre lokalen Ansprechpartner finden Sie unter:**

[www.boschrexroth.com/contact](http://www.boschrexroth.com/contact)

