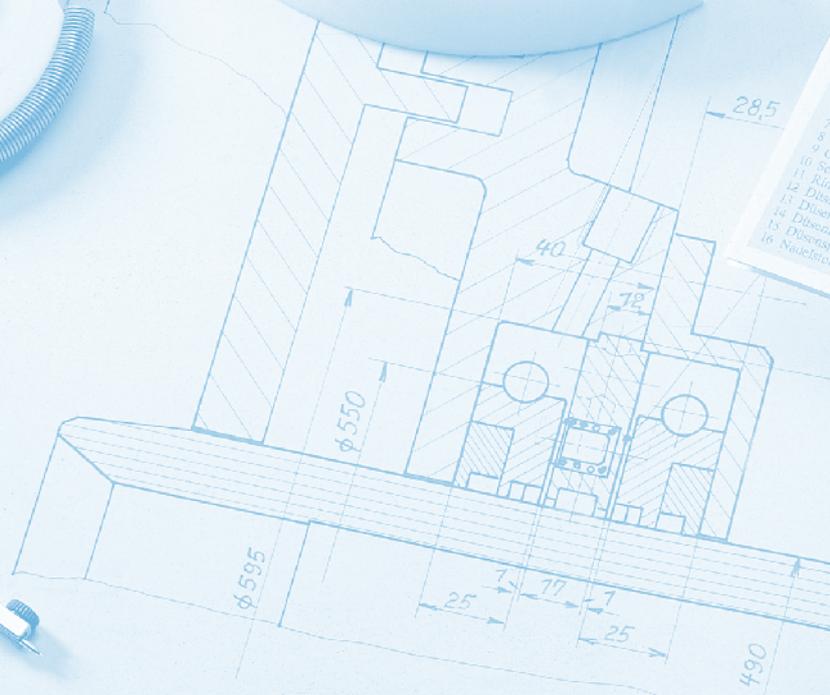
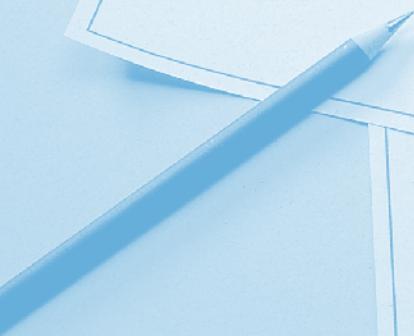
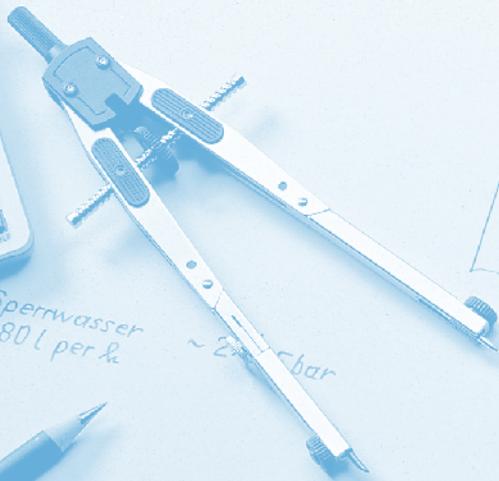

KONSTRUIEREN
MIT GLEITELEMENTEN

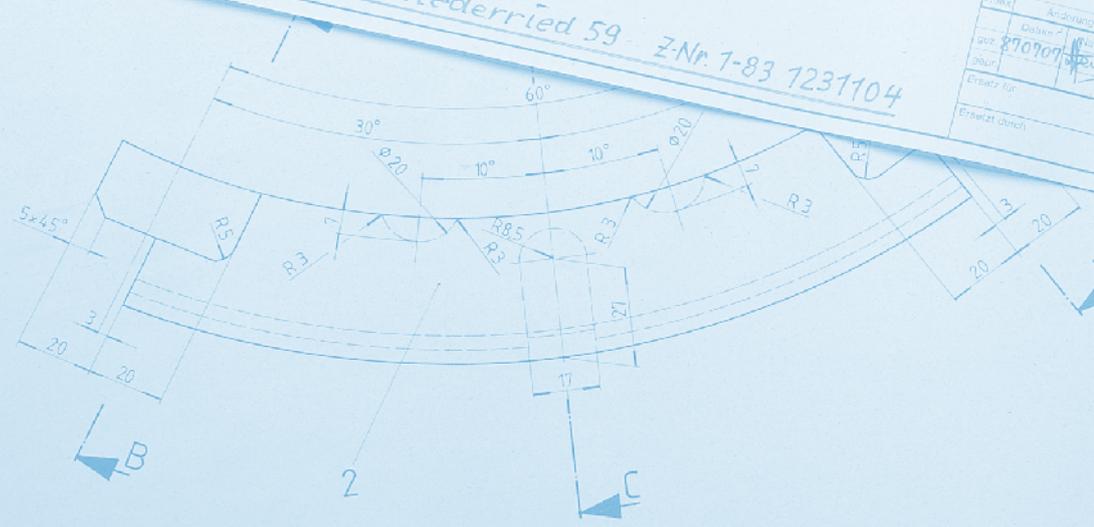


Sperwasser
380 l per h
~ 2 bar



Kaplanturbine $\phi D_1 = 3800$
 $N = 9800 \text{ PS}$; $n = 125 \text{ 1/min.}$
 $H \sim 10 \text{ m}$; $Q = 828 \text{ m}^3/\text{s}$

KW Niederried 59 Z-Nr. 1-83 1231104



Stück	
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

(SEWZ N

GLEITELEMENTE

INHALT

TRIBOLOGIE

Definition	4
------------------	---

GRÜNDE FÜR DEN EINSATZ VON GLEITELEMENTEN AUS PAS® POLYMEREN

Merkmale	5
----------------	---

EINFLUSSPARAMETER

Bewegungsart	6
Drehbewegung	6
Pendelbewegung	6
Hubbewegung	6
Überlagerungsbewegungen	6
Sonderbewegungen	6
Temperatur	7
Umgebung	7
Verschmutzung	7
Chemikalien	7
Feuchte und Wasser	7
Der Gesamtkomplex "Umgebung"	7
Mechanische Einflüsse	8
Gleitgeschwindigkeit	8
Druckbelastung	8
pv-Wert	8
Zulässige pv-Werte von PAS®-Polymeren	9
Weitere pv-Werte von PAS®-Polymeren	10
Schmierung	11
Schmierungsarten	11
Schmierstoffauswahl	11
Schmiernuten/Schmierbohrungen	11

WAHL DES WERKSTOFFES

Werkstoffeigenschaften	12
Übersicht	12
Modifikation/Verstärkung	13
Reibungszahl	14
Verschleißverhalten	14
Gleitpaarung	15
Werkstoff	15
Oberflächen/Gegenflächen	15
KK-Paarung	15

KONSTRUKTIVE AUSLEGUNG

Lagerbuchsen	16
Wärme, Wärmeleitung, Wärmedehnung	16
Wandstärke/Breite	16
Lagerspiel	16
Montage	16
Kleben/Einpresse	16
Bestimmung der Maße der Lagerbuchse vor dem Einpressen	17
Spezielle Ausführungsformen	18
Geschlitzte Buchsen	18
Folienlager	18
Gleitplatten/Gleitleisten	18

NACHBEHANDLUNG

Tempern	19
Konditionieren	19
Ölbad	19

GLEITELEMENTE

TRIBOLOGIE

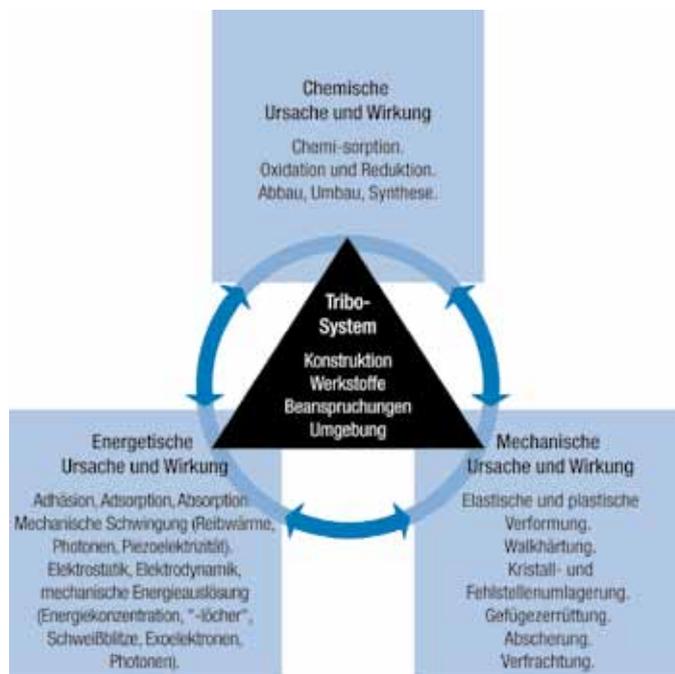
DEFINITION

Die Tribologie ist die Lehre von der Erforschung und der technischen Anwendung und Beeinflussung von Erscheinungen und Vorgängen zwischen aufeinander einwirkenden, relativ zueinander bewegten Oberflächen.

Diese Definition zeigt, dass bei der Anwendung von Tribo-Polymeren nicht allein von der reinen mechanistischen und hydraulischen Betrachtungsweise des Gleitens, Reibens und Verschleißens ausgegangen werden darf, sondern eine Vielparameter-Wertung durchgeführt werden muss. Darunter versteht man den Einbezug und die Beeinflussbarkeit von Mikromorphologie, Chemie, Energetik und Umgebungswirkungen in die und aus der Reibstelle, unter der Gegebenheit oder Wandelbarkeit des mechanischen Anteils durch konstruktive Gestaltung. Hierbei ist es wesentlich zu erkennen, dass diese vielfältigen Parameter nicht nebeneinander existieren, sondern alle gegenseitig durch Aktion und Reaktion miteinander verbunden sind, aufeinander einwirken und sich dabei teilweise wandeln.

Eindeutig erkennbar ist das Ineinandergreifen der wechselseitigen mechanischen, chemischen und energetischen Einwirkungen und Auswirkungen.

Der tribotechnische Vorgang ist demnach gekennzeichnet durch die innere Gleichzeitigkeit oder unmittelbare Folgenbewirkung im Zwang eines Vielparameter-Systems.



GLEITELEMENTE AUS PAS[®]-POLYMEREN

GRÜNDE FÜR DEN EINSATZ



Die bedeutendsten von außen bestimmbaren oder vorgegebenen Komponenten sind hierbei:

- _ die Ausrichtung des Systems (Gleiten, Rollen, Abwälzen, Bremsen, Prallen, Strömen etc.)
- _ die konstruktionsgemäßen Vorgaben (Beanspruchungsgrößen und -arten, Aufnahmedimensionen wie beispielsweise Größe und Qualität der Kontaktflächen, Häufigkeit und jeweilige Dauer der Beanspruchung)
- _ der Umgebungsfluss (Temperaturintervalle, Feuchte, Chemikalien, Vibrationen, Stöße, Strahlung, Verschmutzung etc.)
- _ die tribologisch anzustrebende technische Harmonie im Einwirken der Berührungsflächen und Zwischenschichten aufeinander.

Zur Problemlösungen in diesen Punkten, speziell zum letztgenannten, werden PAS[®]; im speziellen PAS[®]-X und IGOPAS[®]-Polymere herangezogen.

Merkmale für den Einsatz von PAS[®]-Polymeren sind einzelne oder Kombinationen aus folgenden Merkmalen:

- _ Verschleißfestigkeit
- _ niedrige Reibungszahl
- _ Trockenlauffähigkeit
- _ beliebige Schmierung (Öl, Wasser usw.)
- _ Notlaufeigenschaften
- _ geringes Gewicht
- _ Korrosionsbeständigkeit
- _ Chemikalienbeständigkeit (je nach Typ verschieden)
- _ gute Dämpfung
- _ Wartungsfreiheit (z.B. nur Einlaufschmierung)
- _ keine Umgebungsverschmutzung
- _ physiologische Unbedenklichkeit
- _ preiswerte Herstellung

GLEITELEMENTE

EINFLUSSPARAMETER

BEWEGUNGSART

Polymer-Gleitlager werden für umlaufende, pendelnde und hubartige Bewegungen verwendet. Überlagernde Bewegungen, wie Schwingungen (Vibrationen) und Stöße, sind nicht selten.

DREHBEWEGUNG

Beim Umlauf verbleiben das Schmiermittel oder die vom Lagermaterial abgeriebenen Partikel (bzw. die sich aus Schmierstoff und/oder Abrieb bildende Zwischenschicht) als zusätzlicher, meist vorteilhafter Gleitpartner in der Lagerstelle.

Für solche Anwendungsfälle können alle PAS®-Gleitlagertypen zur weiteren Beurteilung in Betracht gezogen werden. Glasfasern oder Glaskugeln enthaltende Werkstoffe (z.B. PAS®-LG oder PAS®-LGX) sollten aber nur für Bewegungsabläufe mit geringeren Gleitwinkeln oder Gleitlängen verwendet werden.

PENDELBEWEGUNG

Bei Pendelbewegungen verbleibt die Zwischenschicht zwar in der Lagerstelle, wird jedoch aus der Kontaktzone abgedrängt und nur geringfügig wieder eingebracht. Die Verwendung eines Lagermaterials mit guter Trockenlauffähigkeit ist daher ratsam (PAS®-80X, PAS®-LX, PAS®-PE10, PAS®-L, PAS®-POT/E).

Glasfasern in Lagerwerkstoffen (PAS®-LG, PAS®-LGX) - eine Anzahl von ihnen ragen wegen der Zufälligkeit in der Orientierung in die Gleitfläche hinein - können dem Gleitpartner weniger schaden, weil die Angriffslinie auf den Winkelweg des Pendels beschränkt bleibt. Bei niedriger Geschwindigkeit und geringem Pendelausschlag können daher auch PAS®-LG und PAS®-LGX eingesetzt werden.

HUBBEWEGUNG

Hubartige Bewegungen neigen zum Austragen und Abstreifen des Schmiermittels bzw. der Zwischenschicht. Hier gilt das oben zu Pendelbewegungen inklusive Materialempfehlung Gesagte in vermehrtem Ausmaß.

ÜBERLAGERUNGSBEWEGUNGEN

In Gleitlagern treten häufig auch überlagernde Bewegungen auf, die zu der grundlegenden Bewegungsart hinzukommen. Diese können eigenverursacht sein, wie stick-slip (Ruckgleiten), spürbar und hörbar durch Rattern oder Knarren und Quietschen. Sie können auch fremdverursacht sein, zumeist durch von außen kommende Stöße und Vibrationen, beispielsweise beim Fahrzeuggebrauch.

SONDERBEWEGUNGEN

Die vorstehend genannten Überlagerungsbewegungen können auch als Einzelbewegungen auftreten und müssen von gleitlagerähnlichen Elementen aufgenommen werden. Außer Vibrationen und definierbare Einzelstöße sind auch hauptsächlich das Anprallen von Stoffen und deren weiteres Wandgleiten zu nennen und die elektrostatischen Aufladungen, die insbesondere unpolare Flüssigkeiten beim Strömen entlang der Rohrwandungen verursachen. Bunkerauskleidungen aus PAS®-PE10 nehmen Anprallen und Wandgleiten besonders gut auf. Die elektrostatische Aufladung in Flüssigkeiten und angeströmten Behältern muss durch Erdung abgeleitet werden, ansonsten besteht bei reaktionsfähigen Substanzen Explosionsgefahr

GLEITELEMENTE EINFLUSSPARAMETER

TEMPERATUR

PAS®-Polymere eignen sich am besten bis zu folgenden Lagertemperaturen:

	dauernd	kurzzeitig
PAS®-PE10	bis 70°C	100°C
PAS®-POT/E	bis 70°C	150°C
PAS®-60, PAS®-80MO, PAS®-80X	bis 80°C	120-150°C
PAS®-LX, PAS®-LG, PAS®-LGX	bis 80°C	120-140°C
PAS®-PTFE, PAS®-PI, PAS®-PEEK mod	200-250°C	teils 250-300°C

Details auf Anfrage (siehe auch Tabelle auf Seite 12)

Prinzipiell:

PAS®-Gleitlager können unter (Luft-) Sauerstoffeinfluss bis zu den in der Tabelle "PAS®-Polymere in der Gleitlageranwendung" (siehe Seite 12) genannten Dauergebrauchstemperaturen eingesetzt werden; bei Trockenlauf bzw. Mangelschmierungen tritt ab den vorgenannten Temperaturen erhöhter Verschleiß auf. Die Addition von Lagererwärmung und Umgebungseinwirkung ist zu beachten.

Die angegebenen höheren Temperaturen können auch langfristig gehalten werden, wenn Sauerstoff- oder Feuchte-Einfluss ausgeschaltet ist, beispielsweise in Vakuumgeräten oder in schmierstoffvollen oder nach außen abgedichteten Lagern.

UMGEBUNG

VERSCHMUTZUNG

Für den Fall, dass Fremdkörper in die Lagerstelle eindringen können (z.B. Sand, Staub), zeigen Lagerbuchsen aus den hier genannten Polymeren weniger Verschleiß als solche aus Metallen. Sie sind in hohem Grad einbettungsfähig.

CHEMIKALIEN

Das Vorhandensein von Chemikalien ist oftmals ein Grund, PAS®-Polymere als Lagerwerkstoff einzusetzen, kann aber ebenso den Einsatz verhindern. Die Beständigkeit des Materials gegenüber dem Umgebungsmedium bei den gegebenen Bedingungen ist hier der ausschlaggebende Faktor. Rückfrage wird empfohlen.

FEUCHTE UND WASSER

Viele Polymerlager, insbesondere aus PAS®-LX und PAS®-80X, werden ohne Schmierung verwendet. Wenn es sich dabei um Anwendungsfälle handelt, die der Witterung oder gelegentlichem Wassereinfluss ausgesetzt sind, muss beachtet werden, dass dies zwar nicht dem Polymerlager schadet, aber die Welle gegen Korrosion geschützt werden muss!

GEGENMASSNAHMEN:

Dennoch Fett einpressen; wenigstens bei Montage schmieren. Oberfläche der Stahlwelle verchromen, vernickeln oder rostfreie Schicht auftragen. Hülse aus rostfreiem Stahl; eventuell (Rückfrage) Buntmetall. Hülse aus anderem Polymer (siehe Gleitpaarung etc.). Rostfreie Wellen verwenden.

DER GESAMTKOMPLEX "UMGEBUNG"

muss so verstanden werden, dass zwar primär zwei Werkstoffe gleitpaarend aufeinander und miteinander wirken, dass aber äußere Einflüsse das Gleit-, Reibungs- und Verschleißverhalten wesentlich mitbewirken können. Es wird daher insbesondere auf die nachfolgenden Abschnitte "Schmierung", aber auch auf "Montage" und "Nachbehandlungshinweise" Bezug genommen, denn auch die dort genannten Maßnahmen können ursprünglich negativ Wirkendes in Positives wandeln.

Achtung: PAS®-80X, PAS®-LX, PAS®-LGX und PAS®-PE10 sind als Lagerbuchsen in heißem Öl (ca. 65°C oder mehr) nicht geeignet. Bei beabsichtigtem Einsatz von Polymer-Gleitlagern in Chemikalien (Säuren, Laugen, Lösungsmittel) wird um Anfrage gebeten.

GLEITELEMENTE

EINFLUSSPARAMETER

MECHANISCHE EINFLÜSSE

GLEITGESCHWINDIGKEIT

Die Gleitgeschwindigkeit ist wegen der Reibwärmeeentwicklung (Polymere sind schlechte Wärmeleiter) bedeutungsvoll. Für hohe Geschwindigkeiten eignen sich am besten (in der Reihenfolge der Aufzählung): PAS® PEEK mod., PAS®-80X, PAS®-LX, PAS®-POT/E, PAS®-L, wenn die Beanspruchung im Trockenlauf bzw. bei Mangelschmierung erfolgen soll. (Bei Vollschrnerung hydraulischer Lagerung - ist der Schmierstoff, nicht der Gleitlagerwerkstoff, das primäre Kriterium).

DRUCKBELASTUNG

Die Dauerdruckfestigkeit der Polymere liegt niedriger als die in Kurzzeit-Untersuchungen gemessenen Werte. Dies ist bedingt durch das Kriechverhalten der Materialien. Um die bei dauernder Belastung auftretende Deformation zu reduzieren, wird die zulässige Druckbelastung begrenzt. Umgekehrt vermögen manche Materialien sehr hohe Schwell- und Wechsellasten aufzunehmen. In diesen Fällen kann sich der Werkstoff jeweils "erholen" und setzt die Beanspruchung nicht in Kriechen um.

PV-WERT

Absolute pv-Werte gibt es für keinen Werkstoff. Relativ sind sie immer abhängig von Gleitgeschwindigkeit, Druck, Temperatur, Schmierungsart, Umgebungseinfluss und Gleitpartner. Die zulässigen pv-Werte der verschiedenen PAS®-Polymere ergeben sich somit aus der Multiplikation von Druck (pro mm² der projizierten Lagerfläche) mal Geschwindigkeit (in m/sek.) und werden primär beeinflusst von Umgebungstemperatur, Schmierung und Wellenwerkstoff.

Auch die Struktur der Polymeroberfläche hat auf die pv-Werte großen Einfluss. (Spritzgussoberflächen sind meist um ca. 20 bis 30% geringer pv-belastbar als gespannte, z.B. nachgedrehte Lager). Nachgespannte und dadurch von der "Oberflächenhaut" befreite PAS®-Gleitreibungspartner sind daher für Hochbeanspruchung zu empfehlen.

Die folgenden Abbildungen (siehe Seite 9) zeigen Richtwerte der pv-Belastbarkeit von PAS®-Polymeren. Die Messung erfolgte an Querlagern (Radiallagern) bei Umlauf der Wellen. In der Praxis können diese Werte oft überschritten werden. Die zusätzlichen, in diesem Abschnitt "Einflußparameter" besprochenen Gesichtspunkte, sind mit zu berücksichtigen

GLEITELEMENTE

EINFLUSSPARAMETER

ZULÄSSIGE PV-WERTE VON PAS®-POLYMEREN

Lagerbreite = 1.5 x d.

Die pv-Kurvenschar für PAS®-80X und PAS®-LX zeigt den Einfluss der Schmierungsart auf die Beanspruchbarkeit von Gleitlagern.

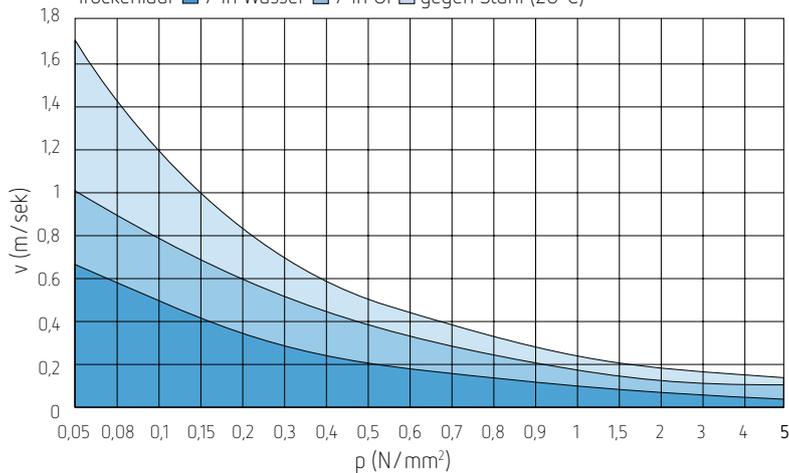
Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei PAS®-PE10, PAS®-PEEK mod., und PAS®-PTFE vor. Etwas höhere Steigerungen der Belastbarkeit mittels Schmierung ergeben sich bei PAS®-60, PAS®-L, PAS®-POT/E und PAS®-PI. Rücksprache und Beratungsanfrage wird in diesem Fall - wenn noch keine eigene Erfahrung vorliegt - empfohlen.

TEMPERATUREINFLUSS

Bei Temperaturen über 50°C vermindern sich die Werte. Bei einer Lagertemperatur von 80°C reduzieren sich nebenstehende pv-Werte auf ca. 40%.

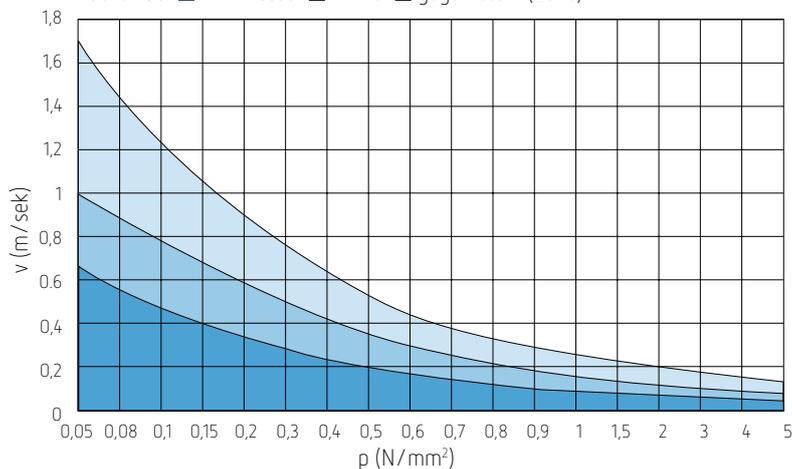
GLEITLAGERBELASTUNGEN PAS®-80X

Trockenlauf ■ / in Wasser ■ / in Öl ■ gegen Stahl (20°C)



GLEITLAGERBELASTUNGEN PAS®-LX

Trockenlauf ■ / in Wasser ■ / in Öl ■ gegen Stahl (20°C)



GLEITELEMENTE EINFLUSSPARAMETER

WEITERE PV-WERTE VON PAS®-POLYMEREN

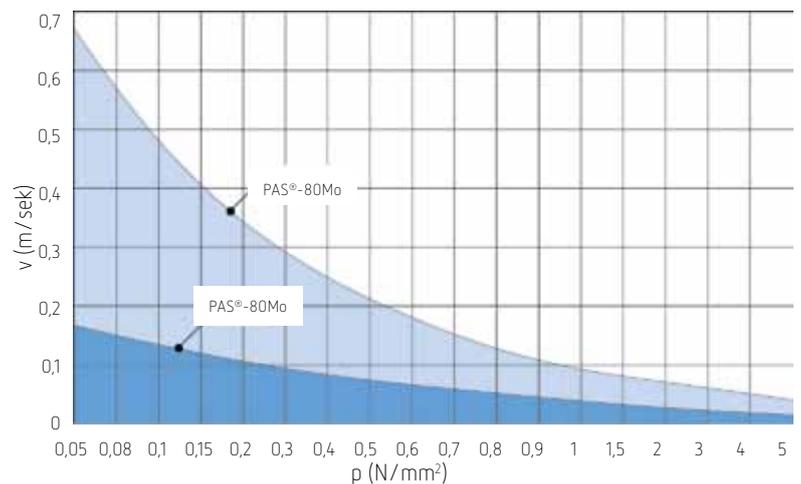
Trockenlauf.

Nebenstehende pv-Wert-Kurven verdeutlichen die Überlegenheit der PAS®-X Polymere im Trockenlauf. Auch bei Mangelschmierung auf Lauf unter Wasser erbringen PAS®-X Polymere bessere Eigenschaften als die Basismaterialien.

Zum Relativ-Vergleich der Verwendungsbereiche verschiedener PAS®-Polymere sind zusätzliche Gesichtspunkte mit zu berücksichtigen, insbesondere Bewegungsart, Gleitgeschwindigkeit, Wärmestandfestigkeit, Reibwerte, Trockenlauf, Schmierungsart etc.

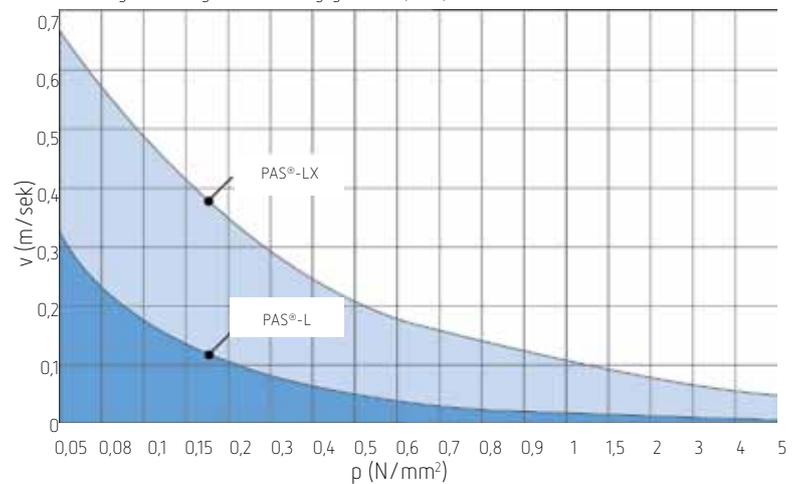
VERGLEICH PAS®-80X / PAS®-80MO

Gleitlagerbelastungen Trockenlauf gegen Stahl (20°C)



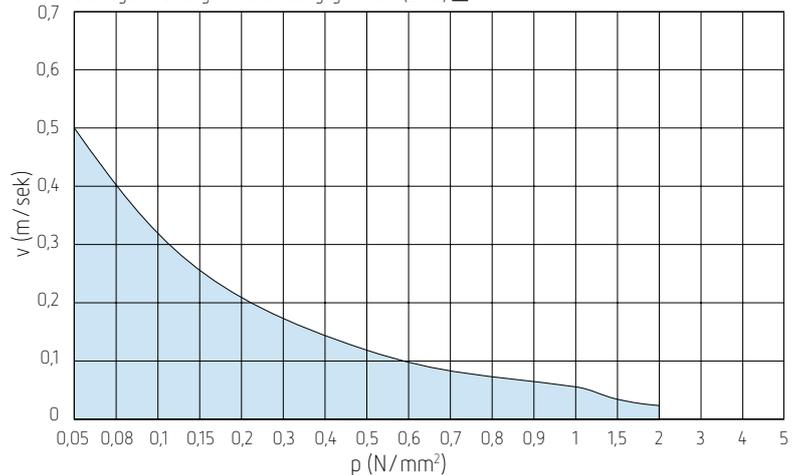
VERGLEICH PAS®-LX / PAS®-L

Gleitlagerbelastungen Trockenlauf gegen Stahl (20°C)



PAS®-PE10

Gleitlagerbelastungen Trockenlauf gegen Stahl (20°C)



GLEITELEMENTE

EINFLUSSPARAMETER

SCHMIERUNG

SCHMIERUNGSARTEN

Gleitlager aus den meisten PAS®-Polymeren können sowohl trocken laufen als auch mit Öl oder Fett, aber auch mit Wasser und manchen anderen Flüssigkeiten geschmiert werden. Als Faustregel gilt, dass mit Wasserschmierung doppelt und mit Ölschmierung dreifach höhere pv-Werte aufgenommen werden können als ohne Schmierung. Achtung: Bei Korrosionsgefahr für die Welle, z.B. wegen Wasser oder Säuren, muss diese geschützt werden.

Wenn Polymer-Gleitlager für den Trockenlauf vorgesehen sind, ist es dennoch empfehlenswert, bei der Montage bzw. Inbetriebnahme einmalig zu schmieren. Dies wirkt als Einlaufhilfe für die kurze Übergangszeit, bis sich die Gleitflächen angepasst haben bzw. die Zwischenschicht ausgebildet ist. Letztere entsteht aus Abriebpartikeln des reibenden und geriebenen Materials und (eventuellen) Schmierstoffbestandteilen bzw. deren chemischen Umwandlungs- und Abbauprodukten.

SCHMIERSTOFFAUSWAHL

Bei der Auswahl des Schmierstoffes ist unbedingt die Verträglichkeit mit den Gleitpartnern zu prüfen. Dies gilt in verstärktem Umfang für die Polymerwerkstoffe. Verschiedene, für Metallpaarungen sehr gut geeignete Schmierstoffe sind aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung oder durch irgendwelche Additive bei Polymerwerkstoffen nicht einsetzbar, da die Lagermaterialien kurz- oder langfristig geschädigt werden.

Für die Schmierung von Polymer/Metall- oder Polymer/Polymer-Gleitlagerstellen empfehlen wir unsere speziell entwickelten IGOPAS® Schmierstoffe. Bitte fordern Sie hierzu unsere Informationsunterlagen an.

SCHMIERNUTEN/SCHMIERBOHRUNGEN

Nuten oder Bohrungen in der Lauffläche dienen primär als Schmierstoffdepot, haben aber auch den Vorteil, dass Abrieb- oder Schmutzpartikel darin abgelagert werden können und sich nicht auf der Lauffläche absetzen.

Die Wahl der Ausführungsart (Nuten - umlaufend, axial, schraubenförmig - oder Bohrungen - durchgehend, gesenkt) hängt ab von den jeweiligen Betriebsbedingungen und der Herstellungsart des Lagerteiles, und es kann daher keine generelle Empfehlung ausgesprochen werden

GLEITELEMENTE WAHL DES WERKSTOFFES

WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN

ÜBERSICHT

Die Tabelle "PAS®-Polymere in der Gleitlageranwendung" soll einen Überblick geben und die Auswahl des bestgeeigneten Werkstoffes erleichtern. Dabei wird am einfachsten von dem für den jeweiligen Anwendungsfall wichtigsten Kriterium (z.B. "höchste Verschleißfestigkeit" oder "beste Trockenlaufeigenschaft") ausgegangen und in der von dieser Eigenschaft bestimmten Reihenfolge jener PAS®-Werkstoff ermittelt, der auch die benötigten Zusatzeigenschaften besitzt. Sehr oft lohnt sich auch eine kleine Konstruktionsänderung, um den optimalen Werkstoff einsetzen zu können.

PAS®-POLYMERE IN DER GLEITLAGERANWENDUNG

	Hauptanwendung	Verschleißfestigkeit	zulässige Druckbelastung N/mm ²	dyn. Reibwert (1)	Gebrauchstemperatur °C von / bis (kurzzeitig)	chem. Beständigkeit allgemein (2)	Anmerkung
PAS-60	Zahnräder, Rollen	gut	12	0,3	-20/+80 (+140)	mittel	sehr schlagfest
PAS-80 Mo	Lagerbuchsen	(sehr) gut	14	0,31-0,42	-20/+80 (+150)	mittel	-
PAS-80 X	Lagerbuchsen, Gleitplatten	optimal	12	0,18-0,22	-20/+80 (+120)	mittel	sehr gute Trockenlaufeigenschaften
PAS-L	Zahnräder, Rollen, Gleitteile, Formteile	gut	18	0,18-0,30	-40/+80 (+140)	gut	-
PAS-LX	Lagerbuchsen, Gleitplatten	sehr gut	14	1,17-0,21	-40/+80 (+120)	gut	nur für geringe Bewegungen
PAS-LGX	Lagerbuchsen, Gleitsteine	mittel-gut	20	0,3	-40/+80 (+140)	gut	hochschlagfest
PAS-PE 10	Zahnräder, Gleitleisten, chem. Anwendungen	sehr gut	2	0,14-0,25	-200/+70 (+100)	sehr gut	-
PAS-PP	Formteile, chem. Anwendungen	mittel	6	0,4	-20/+100 (+130)	sehr gut	Trockenlauf (3)
PAS-PTFE	chem. Hoch- und Tieftemperatur-Anwendungen	mittel	0,7	0,1	-200/+200 (+260)	optimal	- (4)
PAS-PTFE Grafit	Gleitelemente	gut	5	0,06	-200/+200 (+250)	sehr gut	Lagertemperatur unter 70°C
PAS-POT/E	Zahnräder, Lagerbuchsen, Formteile	sehr gut	18	0,2-0,3	-60/+70 (+150)	mittel	hoher Reibwert beim Anlaufen und geringem pv-Wert
PAS-PI	Hochtemperatur-Anwendungen	(sehr) gut	17-22 (5)	0,25	-200/+250 (+300)	gut	-
PAS-PEEK mod	Hochtemperatur-Anwendungen	sehr gut	25	0,1-0,2	-150/+250 (+300)	sehr gut	6

(1) Paarung: Stahlwelle geschliffen (Rt ≤ 4 µm) mit PAS®-Gleitlagerbuchse

(2) Details siehe Beständigkeitstabelle

(3) Gefüllte Typen haben bessere Verschleiß- und Druckfestigkeit

(4) Bester Gleitpartner ist eine Nickelschicht

(5) Je nach Zusatz zum Basiswerkstoff

GLEITELEMENTE

WAHL DES WERKSTOFFES

MODIFIKATION/VERSTÄRKUNG

Polymere werden oft nicht für sich allein angewendet, sondern gefüllt, in Mischung mit anderen Materialien, in Schichtung oder auf Substraten. Im Maschinenbau interessieren im wesentlichen solche Verbunde, die zur Verbesserung von Wärmeformbeständigkeit, Druckfestigkeit, Gleiteigenschaften, Verschleiß oder einer Kombination dieser Werte beitragen.

Die nachfolgende Auflistung und Gliederung stellt nur eine allgemeine Übersicht dar. Verschiedene Zuschlagsstoffe können je nach Art des Basispolymeres und der jeweils zugegebenen Menge kombinierte Eigenschaften oder Wirkungen aufweisen.

Stabilisatoren und sonstige noch nicht genannte Zuschlagsstoffe bewirken je nach Typ Verbesserungen der

- _ UV-Beständigkeit
- _ Temperaturbeständigkeit
- _ Leitfähigkeit
- _ Hydrolysefestigkeit
- _ Sauerstoffbeständigkeit
- _ Flammwidrigkeit

Wegen der engen Zusammenhänge unter diesen Einflüssen sind oft mit einem Stabilisator mehrere der genannten Verbesserungen gleichzeitig erzielbar und mit einem weiteren Zuschlagsstoff auf Ergänzendes erweiterbar.

GLASFASERN

verbessern die Maßhaltigkeit, Steifigkeit, Härte, Druckfestigkeit und die Formbeständigkeit in der Wärme; vermindern die Wärmedehnung um ca. 70%, die Kriechneigung um ca. 50 bis 80% und bei Polyamiden die Wasseraufnahme um ca. 30%; verschlechtern den Reibwert, die Schlagfestigkeit und die Verschleißfestigkeit (tribologisch: Angriff der gegenlaufenden Oberflächen).

GLASKUGELN

wirken ähnlich wie die vorerwähnten Glasfasern, jedoch mit dem Unterschied, dass die Zugfestigkeit nicht verbessert wird und die Verschleißeinflüsse geringer sind.

KOHLENSTOFF-FASERN

werden bei Maschinenelementen für Spezialanwendungen eingesetzt. Sie wirken ähnlich den Glasfasern versteifend; ihre Gleit- und Verschleißigenschaften sind jedoch tribotechnisch vorteilhafter.

ARAMID-FASERN

sind Polyimid-gleich oder -ähnlich und stehen auch den Polyamiden nahe. Dies ist tribotechnisch wichtig und legt deren Mitverwendung nahe, wenn sich im gegebenen Anwendungsfall auch die genannten Matrixwerkstoffe PI und PA allein oder in Kombination oder Paarung eignen würden. Aramidfasern haben eine außerordentlich hohe Zugfestigkeit und eine wesentlich höhere Temperaturbeständigkeit als PA.

POLYALKENE UND PTFE

Insbesondere spezielle Polyethylene, als Partikel oder Fasern eingelagert, verbessern, je nach Basis-Alken, den Reibwert (z.B. bei Polyamiden), den pv-Wert um ca. das Dreifache, die Abreibfestigkeit, die Trocken- und Wasserlauf-Gleitung. Sie verhindern das Ruckgleiten (stick-slip), kompensieren in einem gewissen Grade den negativen Abriebeeinfluss ebenfalls beigemischter Glasfasern, verschlechtern aber die Druckfestigkeit um ca. 1/4 und auf PE-Basis die Heißölbeständigkeit ab ca. 65°C.

MOLYBDÄNDISULFID

verbessert die Härte, die Kristallinität und (im wesentlichen dadurch) den Gleitverschleiß; verschlechtert ein wenig die Schlagfestigkeit.

GLEITELEMENTE

WAHL DES WERKSTOFFES

REIBUNGSZAHL

Bei verschiedenen Gleitlagermaterialien muss bei Trockenlauf und Mangelschmierung bzw. bei langsamen, pendelnden oder hubartigen Bewegungen (die eine hydraulische Schmierwirkung ausschließen) mit Ruckgleiten (stick-slip) gerechnet werden.

Ruckgleiten tritt um so mehr in Erscheinung, je weiter die statische und die dynamische Reibungszahl eines Werkstoffes auseinander liegen, und äußert sich in Rattern, Knarren, Quietschen und Pfeifen eines Lagers. In solchen Anwendungsfällen ist es daher (innerhalb vernünftiger Grenzen) richtig, einen Gleitwerkstoff zu wählen, bei dem statische und dynamische Reibungszahl so eng wie möglich beieinander liegen.

Solche "stick-slip-freie" Materialien sind (in der Reihenfolge geringster Neigung zum Ruckgleiten): PAS®-PTFE, PAS®-LX, PAS®-80X, und PAS®-PE10.

Richtwerte für die Gleitreibungszahl (bei absolutem Trockenlauf) sind aus der Tabelle "PAS®-Polymere in der Gleitlageranwendung" ersichtlich (siehe Seite 12).

Bei einer Schmierung bei Montage (Einlaufschmierung) vermindern sich die Werte auf ca. $\mu = 0.15$ für mehrere hundert Laufstunden und steigen auch später nicht mehr voll auf die Werte laut obigem Hinweis, weil diese anfängliche Schmierhilfe die Anpassung der Gleitflächen bzw. die Bildung einer Gleitschicht fördert.

VERSCHLEISSVERHALTEN

Der Gleitverschleiß ist von Materialart und Oberflächenstruktur beider Gleitpartner und der Zwischenschicht abhängig (Näheres dazu unter "Schmierung", Seite 11).

Bei niedrigen Lagertemperaturen, Trockenlauf bzw. Mangelschmierung und Paarung mit Stahlwellen günstiger Härte und Oberfläche gilt die Verschleiß-Proportionalitäts-Skala laut Übersichtstabelle "PAS®-Polymere in der Gleitlageranwendung" (Seite 12).

Wie zu ersehen ist, verringert die X-Komponente bei PAS®-L und PAS®-80 den Verschleiß (im Langzeitlauf) um ca. die Hälfte. Bei Vollschmierung - das heißt, wenn die Welle z.B. hydraulisch getragen wird - ist obiger Vergleich nur für die Anlauf- und Auslaufzeiten (also deren Anteil an der Gesamtlaufzeit) interessant.

Auch die Oberflächenstruktur des Polymeres hat Einfluss auf den Verschleiß. Die beim Spritzguss entstehenden Originaloberflächen verschleißen mehr als die durch spanende Bearbeitung (z.B. Nachdrehen gespritzter Buchsen) hergestellten Oberflächen.

GLEITELEMENTE

WAHL DES WERKSTOFFES



STAHLWELLEN

eignen sich zur Paarung mit PAS®-Gleitlagern am besten

GLEITPAARUNG

WERKSTOFF

Zur Paarung mit PAS®-Gleitlagern eignen sich Stahlwellen (auch rostfreie) am besten. Je härter das Wellenmaterial, desto weniger Verschleiß auf Welle und Lagerbüchse. Minderhärte entsprechend St. 42; besser St. 51 bis 60 oder härter. PAS®-PE10 zeigt auch beim Lauf gegen Messing oder Kupfer und Glas nur geringen Verschleiß.

OBERFLÄCHEN/GEGENFLÄCHEN

Prüfergebnisse zeigen, dass beispielsweise für Polyamidbuchsen (PAS®-60, PAS®-80) eine Wellen Rauhtiefe von 4-2 μ und für Buchsen aus Polyestern (PAS®-POT/E) bzw. Polyacetalen (PAS®-L) von 3-1 μ insbesondere den Gleitverschleiß günstig beeinflusst.

Diese Oberflächengüte wäre an sich nur durch Schleifen erzielbar, was in der Anwendungspraxis oft aus Kostengründen oder wegen der Vereinfachung der Fertigung abgelehnt wird. Diese Forderung erzwang eigene Untersuchungen, die ergaben, dass nicht so sehr die Rauhtiefe, sondern eher das Glättungsbild wesentlich ist. Das heißt: Weil Polymere gut spanbar sind, ist es wichtig, dass die Gegengleitflächen möglichst keine Schärpen (Schneidkanten) aufweisen. (Herstellungshinweis: Blankgezogene Wellen verwenden oder feingeschliffene Wellen durch Abziehen mit feinem Schleifleinen glätten)

KK-PAARUNG

Unter einer KK-Paarung versteht man eine Lagerstelle, bei der beide Gleitpartner aus Polymerwerkstoffen bestehen. Unter diesen nichtmetallischen Paarungen sind jene von PAS®-80X mit PAS®-L, oder PAS®-60 mit PAS®-LX sehr günstig, jedoch nur für mäßige, aber noch sinnvolle Gleitgeschwindigkeiten (Wärmeabfuhr!). Bei solchen Anwendungen wird um Rücksprache gebeten, da das Verhalten der Werkstoffpaarung davon abhängt, welches Polymer feststeht und welches sich bewegt

GLEITELEMENTE

KONSTRUKTIVE AUSLEGUNG

LAGERBUCHSEN

WÄRME, WÄRMELEITUNG, WÄRMEDEHNUNG

Polymere sind schlechte Wärmeleiter. Es empfiehlt sich daher (insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten):

- a) Lagerbuchsen dünnwandig auszuführen, um die Wärmeabfuhr zu erleichtern (Faustregel: Wandstärke = ca. 10 % des Durchmessers).
- b) die Lagerbreite mit nur 1 bis 1,5 des Durchmessers abzuführen, um die Wärmeableitung auch über die Welle zu begünstigen (und außerdem, um die Kantenpressung bzw. Kantenbereichsdeformation klein genug zu halten).

Wenn Polymerbuchsen in einem breiten Temperaturbereich verwendet werden sollen (oder geringstmögliches Spiel haben müssen), ist Schlitzn ratsam (die Wärmedehnung wird durch den Schlitz neutralisiert). Siehe auch Abschnitt "Temperatur", Seite 7.

WANDSTÄRKE / BREITE

Empfohlene Wandstärken der Buchsen: Ca. 10% des Wellendurchmessers.

Empfohlene Buchsenlänge: 0,5 bis 1,5 d.

LAGERSPIEL

Überschlägig wählt man im Durchmesserbereich von 20 bis 60 mm folgende Lagerspiele:

0,8% des Wellen-Ø bei PAS®-60, PAS®-80Mo und PAS®-80X, falls diese Materialien spritzfrisch sind.

0,5% des Wellen- Ø bei PAS®-60, PAS®-80Mo und PAS®-80X, wenn diese Materialien konditioniert sind (= im Gleichgewicht mit der durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit).

0,5% des Wellen-Ø bei PAS®-L, PAS®-LX, PAS®-POT/E, PAS®-PE10 und PAS®-PP.

0,3% des Wellen-Ø bei PAS®-LG, PAS®-LGX und PAS®PEEK mod.

MONTAGE

KLEBEN/EINPRESSEN

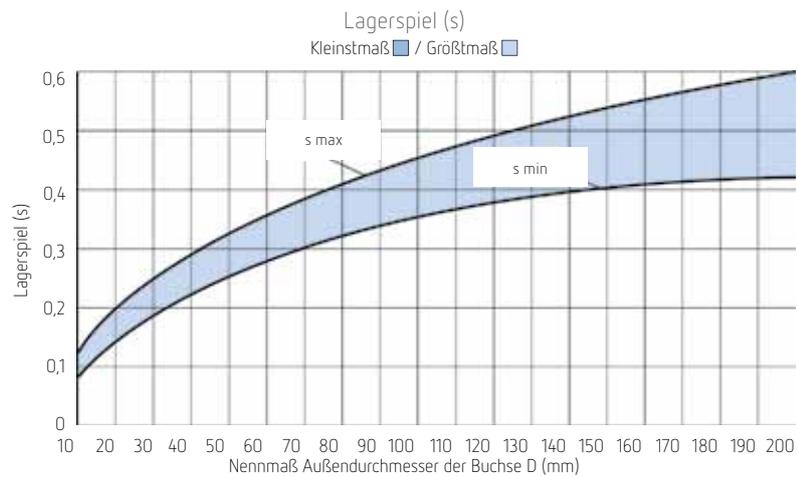
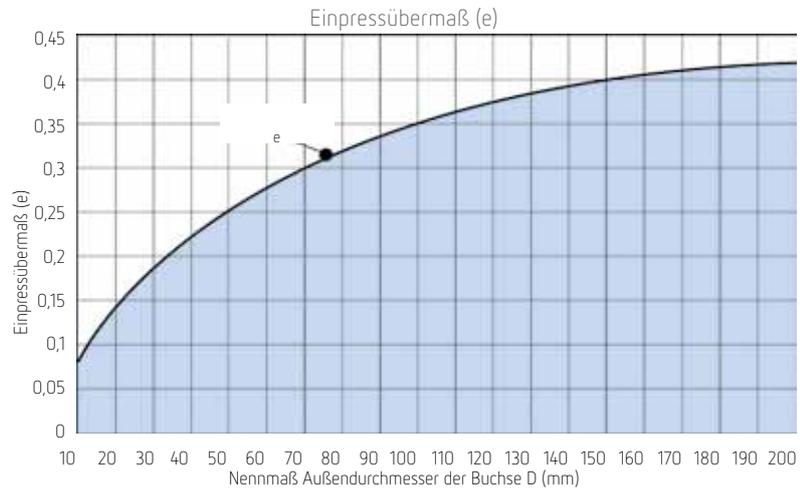
1. Spanend anfertigen oder gespritzte Buchsen nachspanen, um nachstehende Maßbereiche zu erzielen.
2. Als Passungen (Toleranzbereiche) sind vorzusehen: Bohrung (in welche die Buchse eingeschoben wird) H7, Außendurchmesser der Welle h9

t

GLEITELEMENTE KONSTRUKTIVE AUSLEGUNG

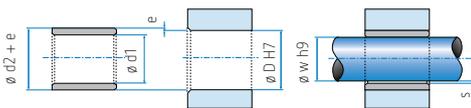
BESTIMMUNG DER MASSE DER LAGERBUCHSE VOR DEM EINPRESSEN

1. Begriffsbestimmung (siehe nebenstehende Zeichnung)
2. Ermittlung des Einpressübermaßes (e) laut nebenstehendem Diagramm.
Material:
PAS®-60, PAS®-80Mo, PAS®-80X, PAS®-L, PAS®-LX, PAS®-POT/E
3. Nebenstehend angegebene Werte sind untere Nennmaße. Die Arbeitstoleranz von jeweils 0,05 mm wird dem Nennmaß nach oben zugegeben (siehe Rechenbeispiel.)
4. Ermittlung des Lagerspieles (s), siehe Diagramm.
Werkstoff:
PAS®-60, PAS®-80Mo, PAS®-80X, PAS®-L, PAS®LX, PAS®- POT/E
5. Kleinmaß s minimal für niedere Drehzahl.
6. Größtmaß s maximal für erhöhte Drehzahlen, bei denen mit leichter Reibungswärme zu rechnen ist.
7. Rechenvorgang Beispiel Lagerbuchse für niedrige Drehzahl:
Wellen $\varnothing = w = 42 \text{ h9}$;
Bohrungs $\varnothing = D = 50 \text{ H7}$



A/ ERMITTLUNG DES AUSSEN- $\varnothing D$

$d_2 = \varnothing D$ (Nennmaß Bohrung)	+ e (Einpressübermaß)
= 50	+ 0,25
Arbeitstoleranz	+ 0,05
	+ 0,30 oberes Abmaß
$d_2 + e = 50$	+ 0,25 unteres Abmaß



d_2 = Außendurchmesser der Buchse (Nennmaß Bohrung)
 d_1 = Innendurchmesser, Bohrung der Buchse vor dem Einpressen
 e = Einpress-Übermaß
 $D \text{ H7}$ = Durchmesser, Bohrung, die in die Buchse eingepresst wird
 $w \text{ h9}$ = Wellendurchmesser
 s = Lagerspiel nach dem Einpressen der Lagerbuchse

B/ ERMITTLUNG DES INNEN- $\varnothing = \varnothing D_1$

Oberes Abmaß (aus A)	= 0,30	Unteres Abmaß (aus A)	= 0,25
+ s min. (aus 4)	= 0,23		= 0,23
	= 0,5_		= 0,4L
	+ 0,53		
$d_1 = 42$	+ 0,48		

GLEITELEMENTE KONSTRUKTIVE AUSLEGUNG

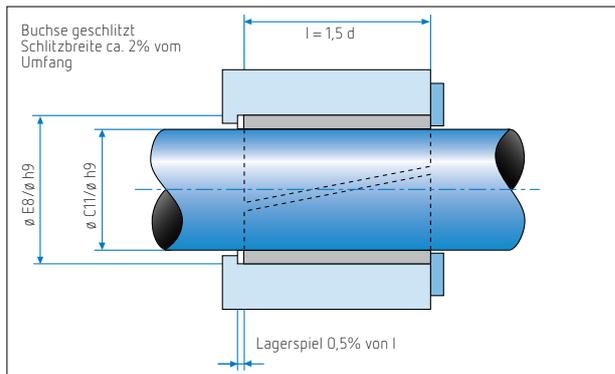
SPEZIELLE AUSFÜHRUNGSFORMEN

GESCHLITZTE BUCHSEN

Sind besonders zu empfehlen, wenn Temperatur und Feuchtigkeit stark schwanken. Eine Sicherung gegen Verdrehung ist nicht nötig (schwimmende Buchsen), sondern nur gegen seitliches Verschieben.

FOLIENLAGER

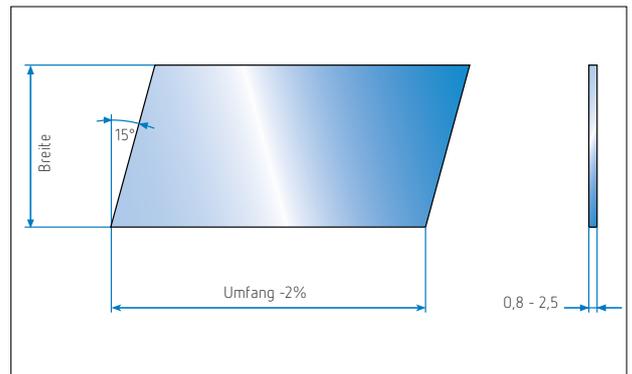
Für spezielle Zwecke, wie z.B. Scharniere, kleine Seil- oder Laufrollen, Gelenklager usw., sind Folienlager angebracht. Das sind sehr dünnwandige Lagerbuchsen, deren Ausgangsmaterial nicht ein Hohlstab, sondern eine Flachfolie ist. Diese kann mit einer Schere oder einem Stanzwerkzeug ausgeschnitten werden. Nach dem Einrollen stellt das Folienlager ebenfalls eine geschlitzte Buchse dar.



GLEITPLATTEN / GLEITLEISTEN

Bei der Konstruktion von Gleitplatten und Gleitleisten gelten im allgemeinen die gleichen Grundlagen wie für Gleitlagerbuchsen. Da jedoch oft hubartige Bewegungen vorliegen, ist der Bereich der Schmierung und Abdichtung (Eindringen von Verschmutzung) besonders zu beachten. Bei Anwendungen mit großen Bewegungen kann oftmals der Grenzwert der pv-Lastungen ausgenutzt oder sogar überschritten werden, da im Gegensatz zu stehenden Lagerbuchsen immer ein anderer Bereich des Polymerwerkstoffes belastet wird und sich die anderen Bereiche "erholen" können.

Bei der Festlegung der Befestigungsart von Gleitplatten und Gleitleisten ist der Temperatureinsatzbereich und die damit verbundene Ausdehnung der Lagermaterialien zu beachten, um unzulässige Verformungen oder Spannungen zu vermeiden.



NACHBEHANDLUNG

TEMPERN

Bei der Verarbeitung von Polymeren können innere Spannungen entstehen. In Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen führen diese eventuell zu Verzug oder Maßänderungen.

Bei wesentlichen Querschnittsveränderungen (z.B. Buchsen aus Rundstab gedreht oder dickwandige Buchse aus dünnwandigem Rohr) können Restspannungen frei werden, die zu Maßveränderungen führen. Diese Restspannungen können durch eine nochmalige Wärmebehandlung verringert werden.

Bei Formteilen, die enge Maßtoleranzen erfüllen sollen, ist es daher ratsam zu tempern. Durch diese Wärmebehandlung unter der Umformtemperatur werden Spannungen abgebaut und gegebenenfalls Nachkristallisationen bewirkt.

KONDITIONIEREN

Bei Bauteilen aus Polyamid (PAS®-60, PAS®-80, PAS®-80X, etc.) und anderen Werkstoffen, die Feuchte aufnehmen und bei denen eine große Maßgenauigkeit gefordert ist, bzw. die einer hohen Schlagbeanspruchung ausgesetzt sind, ist nach der Verarbeitung ein Konditioniervorgang durchzuführen. Dadurch wird die Feuchteaufnahme beschleunigt, wobei man das Gleichgewicht anstrebt, das sich auch bei den Einsatzbedingungen im Laufe der Zeit einstellen wird.

Bei Einbau der Buchsen für Lauf unter Wasser bzw. oftmaligem Wasser-einfluß (z.B. Spritzwasser) oder in feuchter Atmosphäre empfiehlt sich (speziell für Feuchtigkeit aufnehmende Materialien also PAS®-60, PAS®-80Mo, PAS®-80X und - bei genauesten Maßanforderungen - auch bei PAS®-L, PAS®-LG, PAS®-LX und PAS®-LGX) folgender Arbeitsgang:

1. Buchsen-Rohmaterial (dickwandiger Hohlstab oder Stab) vor schrumpfen mit Bearbeitungszugabe von 2 bis 3 mm
2. Diesen vorgearbeiteten Hohlstab in kochendem Wasser sättigen bis zur maximalen Feuchtigkeitsaufnahme:

Windstärke bis (mm)	2	4	6	8	10	12	15	20
Kochzeit (h)	12	31	60	84	132	156	200	240

3. Abkühlen lassen (in Luft), bis Raumtemperatur erreicht ist.
4. Fertig bearbeiten

ÖLBAD

Bei beabsichtigtem Lauf im warmen Ölbad mit dem vorgesehenem Öltyp bei ca. 90°C sättigen, mit Kochzeiten laut obiger Tabelle. Auch hier kann bei größeren Serien die Quellzugabe rechnerisch oder durch Versuch ermittelt werden. Achtung: PAS®-80X, PAS®-LX, PAS®-LGX und PAS®-PE10 sind als Lagerbuchsen in heißem Öl (ca. 65°C oder mehr) nicht geeignet.

GLEITELEMENTE

ANMERKUNG

Die in dieser Broschüre genannten Informationen und Eigenschaften beruhen auf unserer bisherigen Erfahrung, die aber auch besagt, dass aufgrund der vielfältigen und in jedem Fall unterschiedlichen Parameter die Überprüfung bzw. Erprobung der Eignung vom Anwender vorzunehmen ist, und sie stellen daher keine Zusicherung von Eigenschaften dar. Druckfehler vorbehalten.

faigle Kunststoffe GmbH

Landstrasse 31
A-6971 Hard · Austria
T + 43 (0) 5574/6811-0
F + 43 (0) 5574/6811-1809
kunststoffe@faigle.com
www.faigle.com

faigle Industrieplast GmbH

Grafenweg 31
A-6971 Hard · Austria
T + 43 (0) 5574/6 13 10
F + 43 (0) 5574/6 13 10-2003
industrieplast@faigle.com
www.faigle.com/industrieplast

faigle Igoplast AG

Werkstrasse 11
CH-9434 Au/SG · Switzerland
T + 41 (0) 71 747 41 41
F + 41 (0) 71 747 41 42
igoplast@faigle.com
www.faigle.com/igoplast

Suzhou faigle Engineering Plastics Co., Ltd.

No. 32–369 Tayuan Road Suzhou New Distric
215129 Suzhou · China
T +86 (0) 512/6536 5886
F +86 (0) 512/6536 5882
office.suzhou@faigle.com
www.faigle.com/suzhou