



DP4[®] und DP4-B
**WARTUNGSFREIE, BLEIFREIE
METALL-POLYMER GLEITLAGERLÖSUNGEN**



Wer wir sind

GGB trägt dazu bei, eine Welt der Bewegung mit minimalem Reibungsverlust durch Gleitlager und Oberflächentechnologien zu schaffen. Mit Forschung und Entwicklung, Test- und Produktionswerken in den USA, Deutschland, Frankreich, Brasilien, der Slowakei und China arbeitet GGB eng mit Kunden weltweit an kundenspezifischen tribologischen Design-Lösungen, welche effizient und umweltverträglich sind. Die Ingenieure von GGB teilen ihr Fachwissen und ihre Leidenschaft für Tribologie mit einer Vielzahl von Industrien, die Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt sowie die industrielle Fertigung eingeschlossen. Für weitergehende Informationen zu Tribologie für Oberflächen von GGB besuchen Sie www.ggbearings.com.

Unsere Produkte werden jeden Tag in unzähligen anspruchsvollen Anwendungen auf unserem Planeten eingesetzt. Es ist immer unser Ziel, überlegene Lösungen von hoher Qualität für die Anforderungen unserer Kunden zu bieten – ganz gleich, wohin diese Anforderungen unsere Produkte führen. Von Raumfahrzeugen bis hin zu Golfwagen und praktisch allem dazwischen ... wir stellen das branchenweit größte Angebot an leistungsstarken, wartungsfreien Gleitlagerlösungen für eine Vielzahl von Anwendungen zur Verfügung:



Allgemeine Industrie



Automobil



Bauwesen



Bergbau



E-Mobilität



Energie



Exoskelette



Fluidtechnik



Freizeitbranche



Landwirtschaftliche Geräte



Luft- und Raumfahrt



Medizintechnik



Öl & Gas



Primärmetalle



**Robotik &
Automatisierung**



Schienenfahrzeuge

Die Vorteile von GGB



WARTUNGSFREI

Gleitlager von GGB sind selbstschmierend und eignen sich daher ideal für Anwendungen, die eine lange Lebensdauer der Gleitlager ohne kontinuierliche Wartung erfordern.



GERINGE REIBUNG, HOHE VERSCHLEISSFESTIGKEIT

Durch niedrige Reibungskoeffizienten erübrigt sich das erforderliche Schmieren. Ein reibungsloser Betrieb wird gewährt, während der Verschleiß verringert und die Lebensdauer verlängert wird.



NVH (LÄRM, VIBRATION, RAUHEIT)

Gleitlager ermöglichen eine reibungslose Bewegung zwischen Oberflächen. Ihre Materialeigenschaften und ihr einfacher Aufbau reduzieren Geräusche und Vibration.



GERINGERE SYSTEMKOSTEN

Das einteilige Design ermöglicht Raum- und Gewichtseinsparungen und aufgrund der Materialzusammensetzung sowie der selbstschmierenden Eigenschaften reduziert sich der Wartungsaufwand.



REDUZIERTER CO₂-FUSSABDRUCK

Die flexiblen und lokalen Produktionsstätten von GGB sorgen für pünktliche Lieferungen und einen reduzierten CO₂-Fußabdruck.



KUNDENSUPPORT

GGB bietet Unterstützung in den Bereichen Tribologie, Anwendung und Konstruktion. Wir arbeiten eng mit unseren Kunden zusammen, um die effizienteste Lösung zu erzielen.



Höchste Fertigungsstandards

Unsere erstklassigen Fertigungswerke in den USA, Brasilien, China, Deutschland, Frankreich und der Slowakei sind nach ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001 und ISO 45001 zertifiziert. Damit haben wir Zugang zu den Best Practices der Industrie und können unser Qualitätsmanagementsystem nach den globalen Standards ausrichten.

Eine vollständige Liste unserer Zertifizierungen finden Sie auf unserer Website:

www.ggbearings.com/de/zertifikate



Was ist Tribologie

TRIBOLOGIE IST DIE WISSENSCHAFT VON VERSCHLEISS, REIBUNG UND SCHMIERUNG

Tribologie ist die Wissenschaft von Verschleiß, Reibung und Schmierung und umfasst das Verhalten interagierender Oberflächen und anderer tribologischer Elemente bei Relativbewegungen in natürlichen und künstlichen Systemen. Dazu gehören auch Gleitlagerdesign und Schmierung.

TRIBOLOGIE UMGIBT UNS

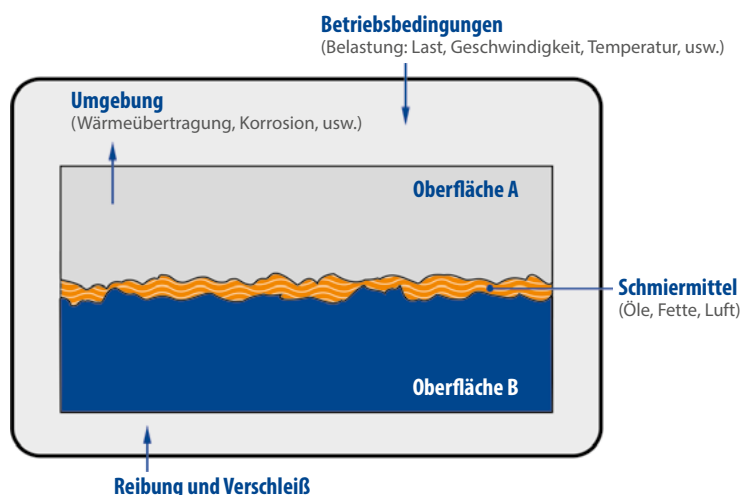
Tribologie ist überall dort, wo sich Kontaktflächen in einer relativen Bewegung zueinander befinden.



Die Tribologie ist keine isolierte Wissenschaft, sondern vielmehr ein komplexes, fachübergreifendes Vorhaben, bei dem Fortschritte durch gemeinsame Anstrengungen von Forschern erzielt werden, die aus Bereichen zusammenkommen wie: Maschinenbau, Fertigung, Werkstoffkunde, Chemie, Chemieingenieurwesen, Physik, Mathematik, Biomedizin, Biomedizintechnik, Computerwissenschaften und viele mehr.

DAS TRIBOLOGISCHE SYSTEM

Die Tribologie ist eine komplexe Wissenschaft, bei der es um 2 sich relativ zueinander bewegende Oberflächen geht, die ständigen mechanischen, thermischen und chemischen Wechselwirkungen ausgesetzt sind.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7	5	Schmierung	25
1.1	Eigenschaften und Vorteile	7	5.1	Schmiermittel	25
1.2	Anwendungen	8	5.2	Tribologische Betriebszustände	25
2	Aufbau	9		Hydrodynamische Schmierung	25
2.1	Lieferbare Produkte	9		Mischreibung	26
	Standardteile	9		Trockenlauf (Festkörperreibung)	26
	Sonderformen	9	5.3	Gleit- und Reibungsverhalten unter Schmierung	27
3	Eigenschaften	10	5.4	Konstruktionshinweise	28
3.1	Physikalische und mechanische Kenngrößen	10	5.5	Betriebsspiel	29
3.2	Chemische Beständigkeit	10	5.6	Schmiernuten	29
3.3	Gleiteigenschaften	11	5.7	Rauheit der Gegenlauffläche	29
	Gleiteigenschaften im Trockenlauf	11	5.8	Fettschmierung	29
4	Lebensdauer	12	6	Lagereinbau	30
4.1	Anwendung in Federbeinen	12		Abmessungen und Toleranzen	30
	Verschleiß und Gleireibung	12	6.1	Wärmeausdehnung	30
	Testaufbau für Federbeine	12	6.2	Toleranzen für Kleinstspiele	30
	Beständigkeit gegen Kavitationserosion	14		Kalibrieren	31
	Beständigkeit gegen Flusserosion	15	6.3	Gestaltung der Gegenfläche	31
4.2	Anwendungen in der Hydraulik	16	6.4	Lagereinbau	32
	GGB Jupiter-Testaufbau	16		Einpressen von zylindrischen Buchsen	32
4.3	Lebensdauer bei Trockenlauf	17		Einpressen von Bundbuchsen	32
	Konstruktionsbestimmende Faktoren	17		Einpresskräfte	32
	Spezifische Lagerbelastung P	17		Fluchtung	33
	Gleitgeschwindigkeit U	18		Abdichten von Lagerstellen	33
	Drehbewegung	18	6.5	Axialführung	33
	Schwenkbewegung	18		Einbau von Anlaufscheiben	33
	PU Faktor	19		Gleitstreifen	34
	Korrekturfaktoren	19	7	Bearbeitung	35
	Temperatur-Einflussfaktor a_T	19	7.1	Spanende/nicht-spanende Bearbeitung	35
	Gegenwerkstoff	20		Bohren von Ölzufuhrstellen	35
	Lagergröße	20		Streifen schneiden	35
	Nachbearbeiten der Lagerlauffläche	21	7.2	Galvanische Oberflächenbehandlung	35
	Belastungsart	21		DP4® Bauteile	35
4.4	Berechnung der Lager-Lebensdauer	22			
	Spezifische Lagerbelastung P	22			
	Hochlastfaktor a_E	22			
	Korrigierter PU-Faktor	22			
	Lebensdauer L_H	23			
	Einfluss durch Nachbearbeiten	23			
	Gleitstreifen	23			
4.5	Berechnungsbeispiele	24			

Inhaltsverzeichnis

8	Standardteile	36
8.1	DP4® Zylindrische Buchsen	36
8.2	DP4® Bundbuchsen	42
8.3	DP4® Anlaufscheiben	44
8.4	DP4® Bundscheiben	45
8.5	DP4® Gleitstreifen	46
8.6	DP4-B Zylindrische Buchsen	47
8.7	DP4-B Bundbuchsen	50
8.8	DP4-B Gleitstreifen	51
9	Prüfmethoden	52
9.1	Prüfung von gerollten Buchsen	52
	Prüfung A nach ISO 3547 Teil 2	52
	Prüfung C nach ISO 3547 Teil 1	52
	Prüfung der Wanddicke	52
	Prüfung D nach ISO 3547 Teil 2	52
10	Datenblatt zur Lagerauslegung	53
	Formelzeichen und Einheiten	54
	Produktinformation	55

1 Einleitung

Dieses Handbuch enthält umfassende Informationen über die Eigenschaften, das Verhalten und die Einsatzmöglichkeiten von GGB DP4® und DP4-B Gleitlagern. Konstrukteure erhalten somit die Möglichkeit, Lagerabmessungen, Betriebslebensdauerwerte und Leistungsdaten zu ermitteln.

Ergänzend dazu steht Ihnen für die Lösung ungewöhnlicher Gleitlageranwendungen Ihr lokaler Vertriebsbeauftragter zur Verfügung.

In diesem Handbuch finden Sie Informationen über das gesamte, ab Lager lieferbare DP4® Standardprogramm. Außerdem gibt es Hinweise zu Daten von anderen DP4® Produkten und der Möglichkeit, Sonderteile anwendungsbezogen herzustellen.

GGB arbeitet ständig an der Lösung anwenderbezogener Probleme und der Entwicklung neuer Gleitlagerwerkstoffe, sowie an der Verbesserung und Erweiterung der Versuchs- und Anwendertheorien. Daher ist es immer sinnvoll, mit uns in Verbindung zu treten wenn zusätzliche Informationen erwünscht sind.

Da es unmöglich ist, alle in der Praxis vorkommenden Betriebsbedingungen und Einsatzmöglichkeiten im voraus theoretisch zu ermitteln, empfehlen wir ganz besonders die Vorserien- und Prototypenerprobung.

1.1 EIGENSCHAFTEN UND VORTEILE

DP4® und DP4-B Werkstoffe zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- gute Reibungseigenschaften mit vernachlässigbarem Ruckgleiten
- hohe statische und dynamische Lastaufnahmekapazität
- geeignet für rotierende, oszillierende, hin- und hergehende und Gleitbewegungen
- kompakte Bauform und geringes Gewicht
- Endbearbeitet und erfordert somit keine Nachbearbeitung nach dem Einbau
- Kalibrieren zur Verringerung des Betriebsspiels ist möglich
- keine Wasseraufnahme und somit maßbeständig
- geeignet für einen breiten Betriebstemperaturbereich von -200 bis +280 °C
- DP4-B mit Bronzerücken für verbesserte Korrosionsbeständigkeit
- Bleifrei in Übereinstimmung mit den Europäischen RoHS 2002/95/EC, 2002/96/EC und EVL 2000/53/EC Richtlinien, siehe Seite 59.

Je nach den entsprechenden Laufbedingungen bieten DP4® und DP4-B Werkstoffe insbesondere folgende Vorteile:

TROCKENE EINSATZBEDINGUNGEN

- gute Reibungs- und Verschleißeigenschaften unter Leichtlastbedingungen
- besonders geeignet für Aussetzbetrieb
- mit oszillierenden und hin- und hergehenden Bewegungen
- wartungsfrei, da keine externe Schmierung erforderlich
- keine Fressneigung

GESCHMIERTE EINSATZBEDINGUNGEN

- gute Verschleiß- und Reibungseigenschaften über einen breiten Bereich an Belastungs-, Geschwindigkeits- und Temperaturbedingungen
- hohe Verschleißbeständigkeit unter Bedingungen mit Festkörperreibung
- hohe Beständigkeit der Lagerlaufläche unter Bedingungen mit Kavitations- oder Flusserosion
- geeignet für den Betrieb in zahlreichen Flüssigkeiten (Öl, Benzin, Lösungsmittel, Kühlmittel, Wasser)

1 Einleitung

1.2 ANWENDUNGEN

Dank der besonderen Leistungsmerkmale sowohl bei ungeschmierten, als auch bei geschmierten Anwendungen, werden DP4® und DP4-B Gleitlager in den vielfältigsten Industriebereichen eingesetzt. Dazu zählen beispielsweise:

AUTOMOBIL

Bremssysteme, Kupplungen, Getriebe und Kraftübertragungen, Tür-, Motorhauben und Laderaumscharniere, Cabriovertische, Pedalsysteme, Axial-, Radial-, Getriebe und Flügelradpumpen, Sitzmechanismen, Lenkungssysteme, Federbeine und Stoßdämpfer, Wischersysteme.

INDUSTRIE

Luftfahrt, Landwirtschaft, Bauausrüstungen, Lebensmittel- und Getränkeindustrie, Marine, Materialhandling, Büroeinrichtungen, Verpackungseinrichtungen, Pneumatik- und Hydraulikzylinder, Eisen- und Straßenbahnen, Textilmaschinen, Ventile.



2 Aufbau

DP4® / DP4-B

DP4® ist ein Gleitlager-Verbundmaterial. Es besteht aus einem tragenden Stahlrücken bei DP4®, bzw. einem Bronzerücken bei DP4-B und einer porösen Sinterbronze-Zwischenschicht, die mit einer modifizierten PTFE-Laubschicht ausgefüllt und überdeckt ist. Die Laubschicht ist mit anorganischen Gleitmittelzusätzen modifiziert und mit speziellen Polymerfasern verstärkt. Der Trägerrücken aus Stahl (DP4®), bzw. Bronze (DP4-B) gewährleistet die mechanische Festigkeit und die Sinterbronze-Zwischenschicht bietet der darin eingebetteten Laubschicht des Lagers die erforderliche Bindung.

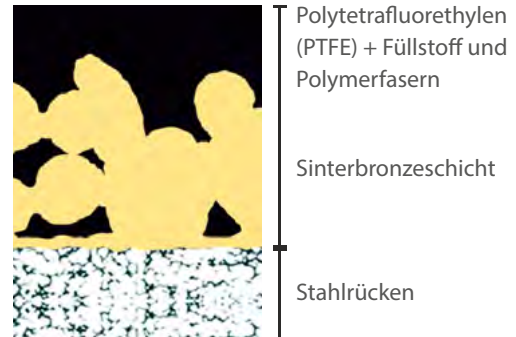


Abb.1: DP4 Mikroschliffbild

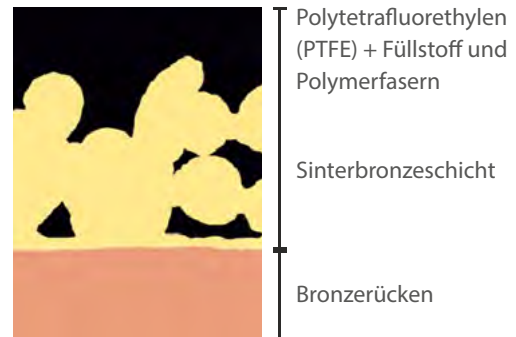


Abb. 2: DP4-B Mikroschliffbild

2.1 LIEFERBARE PRODUKTE

STANDARDTEILE

Diese Produkte werden nach internationalen, nationalen und GGB Werksnormen hergestellt. Die folgenden Produkte sind ab Lager lieferbar:

- zylindrische Buchsen
- Bundbuchsen
- Anlaufscheiben
- Bundscheiben
- Streifen



Abb.3: Standardteile

SONDERFORMEN

Diese Produkte werden nach den Anforderungen des Kunden hergestellt, dazu gehören z.B.:

- geänderte Standardteile
- Lagerschalen
- Gleitstreifen
- Tiefziehteile
- Pressteile
- Stanzteile



Abb.4: Sonderformen

3 Eigenschaften

3.1 PHYSIKALISCHE UND MECHANISCHE KENNGRÖßEN

LAGEREIGENSCHAFTEN		SYMBOL	EINHEIT	WERT DP4® DP4-B		BEMERKUNG
PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN						
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	parallel zur Oberfläche senkrecht zur Oberfläche	α_1 α_2	10 ⁻⁶ /K	11 30	18 36	
Temperatur		T _{max} T _{min}	°C	+280 - 200	+280 - 200	
MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN						
Druckfestigkeit		σ_C	MPa	350	300	gemessen an Scheibe Ø 25 mm x 2,45 mm dick
Maximale zulässige Flächenpressung	statisch	P _{sta.max}	MPa	250	140	
	dynamisch	P _{dyn.max}		140	140	

Tabelle 1: Physikalische und mechanische Eigenschaften von DP4 und DP4-B

3.2 CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht über die chemische Beständigkeit von DP4® und DP4-B gegenüber verschiedenen Chemikalien. Wir empfehlen, die chemische Beständigkeit soweit möglich durch Versuche zu bestätigen.

MEDIUM	%	°C	DP4®	DP4-B	MEDIUM	°C	DP4®	DP4-B
STARKE SÄUREN					LÖSUNGSMITTEL			
Salzsäure	5	20	-	-	Aceton	20	+	+
Salpetersäure	5	20	-	-	Tetrachlorkohlenstoff	20	+	+
Schwefelsäure	5	20	-	-	SCHMIERMITTEL UND KRAFTSTOFFE			
SCHWACHE SÄUREN					Paraffin	20	+	+
Essigsäure	5	20	-	o	Benzin	20	+	+
Ameisensäure	5	20	-	o	Petroleum	20	+	+
BASEN					Dieselmotorenöl	20	+	+
Ammoniak	10	20	o	-	Mineralöl	70	+	+
Ätznatron	5	20	o	o	HFA-ISO46 wasserhaltig	70	+	+
					HFC-Wasser-Glycol	70	+	+
					HFD-Phosphat-Ester	70	+	+
					Wasser	20	o	+
					Seewasser	20	-	o

Tabelle 2: Chemische Beständigkeit von DP4 und DP4-B

- + Empfehlenswert: Korrosionsschäden werden nicht erwartet.
- o Akzeptabel: Korrosionsschäden können auftreten, ohne Beeinträchtigung der Materialstruktur oder des tribologischen Verhaltens.
- Nicht empfehlenswert: Korrosionsschäden greifen Materialstruktur an und/oder haben Einfluß auf das tribologische Verhalten.

ELEKTROCHEMISCHE KORROSION

DP4-B im Alugehäuse wird nicht empfohlen wegen möglicher elektrochemischer Korrosion bei Anwesenheit von Flüssigkeiten (Spannungsreihe).

3.3 GLEITEIGENSCHAFTEN

DP4® Gleitlager zeigen eine vernachlässigbar geringe Neigung zum 'Ruck-Gleiten' und ermöglichen fließende Gleitbewegungen zwischen den Kontaktflächen. Die Gleitreibungszahl von DP4® hängt ab von:

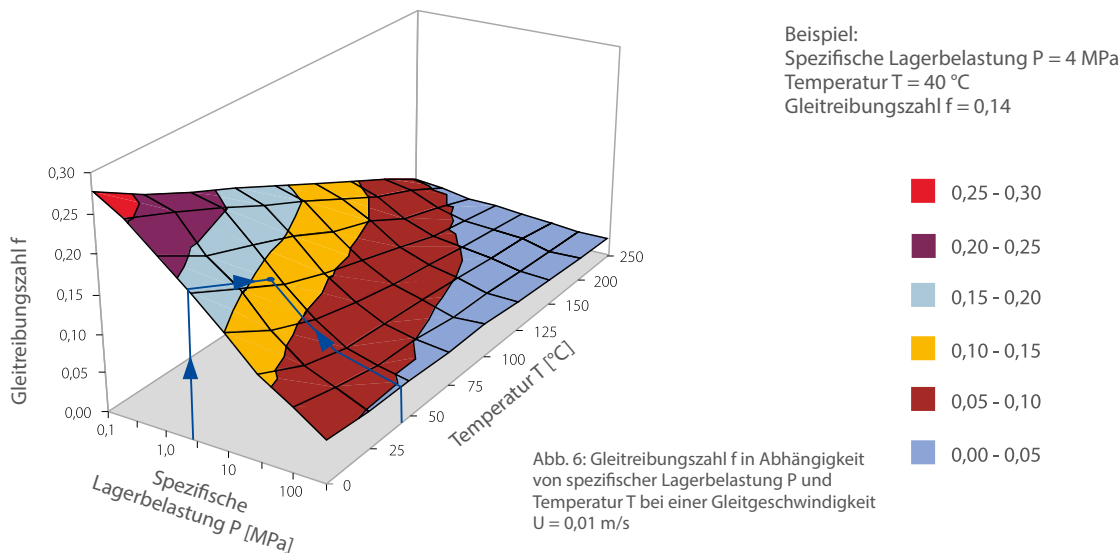
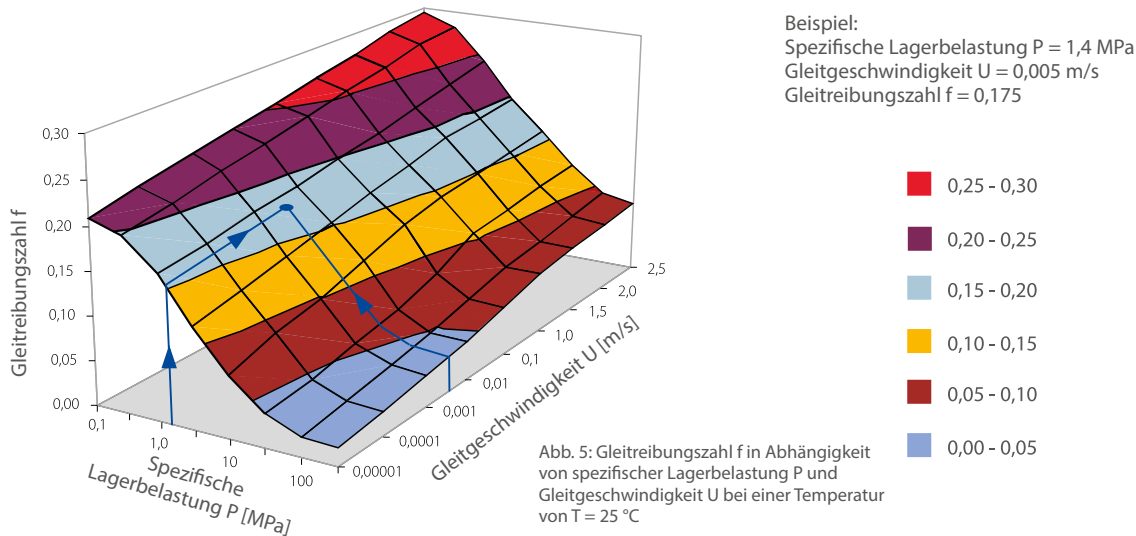
- der spezifische Lagerbelastung P [MPa]
- der Gleitgeschwindigkeit U [m/s]
- der Lagertemperatur T [°C]
- dem Mittenrauhwert der Gegenlauffläche R_a [μm].

Der typische Zusammenhang ist in Abb. 5 dargestellt. Diese kann zur Ermittlung der tatsächlichen Gleitreibung unter sauberen, trockenen Bedingungen nach der Einlaufperiode herangezogen werden.

Abhängig von den Betriebsbedingungen, können die tatsächlichen Werte um $\pm 20\%$ abweichen. Vor Abschluss der Einlaufperiode kann die Gleitreibung um bis zu 50 % höher sein. Nach längeren Stillstandszeiten mit Lasteinwirkung (Stunden oder Tage) kann die statische Gleitreibungszahl für die erste Bewegung 1,5 bis 3 mal so groß sein - besonders vor Ende der Einlaufperiode.

GLEITEIGENSCHAFTEN IM TROCKENLAUF

Die Gleitreibungszahl von DP4® verändert sich mit der Temperatur. Typische Werte für Temperaturen bis zu 250 °C sind in Abb. 6 wiedergegeben. Die Gleitreibung erhöht sich bei Lagertemperaturen unter 0 °C. Bei Anwendungen, in denen die Reibung ein kritischer Faktor ist, empfehlen wir Versuche an einem Prototypen.



4 Lebensdauer

4.1 ANWENDUNG IN FEDERBEINEN

DP4® wurde ursprünglich für die Lagerung von Kolbenstangen in Federbeinen entwickelt, die extremsten Betriebsbedingungen ausgesetzt sind. Die Verschleißeigenschaften und die Erosionsbeständigkeit sollte verbessert und die Gleitreibung verringert werden. In den folgenden Abschnitten wird das Verhalten von DP4® mit Werkstoffen verglichen, die bisher in den meisten Anwendungen dieser Art eingesetzt werden.

VERSCHLEISS UND GLEITREIBUNG

Der Verschleiß und die Gleitreibung von DP4® wurden an der Kolbenstangenlagerung eines Stoßdämpfers mit Hilfe des in Abb. 7 dargestellten Testaufbaus untersucht. Der Testaufbau sollte die realen Betriebsbedingungen, unter denen der Dämpfer arbeitet, simulieren und musste im Detail den Anforderungen der einzelnen Dämpferhersteller angepasst werden. Die verwendeten Testbedingungen sind in den Tabellen 3 und 4 wiedergegeben.

TESTAUFBAU FÜR FEDERBEINE

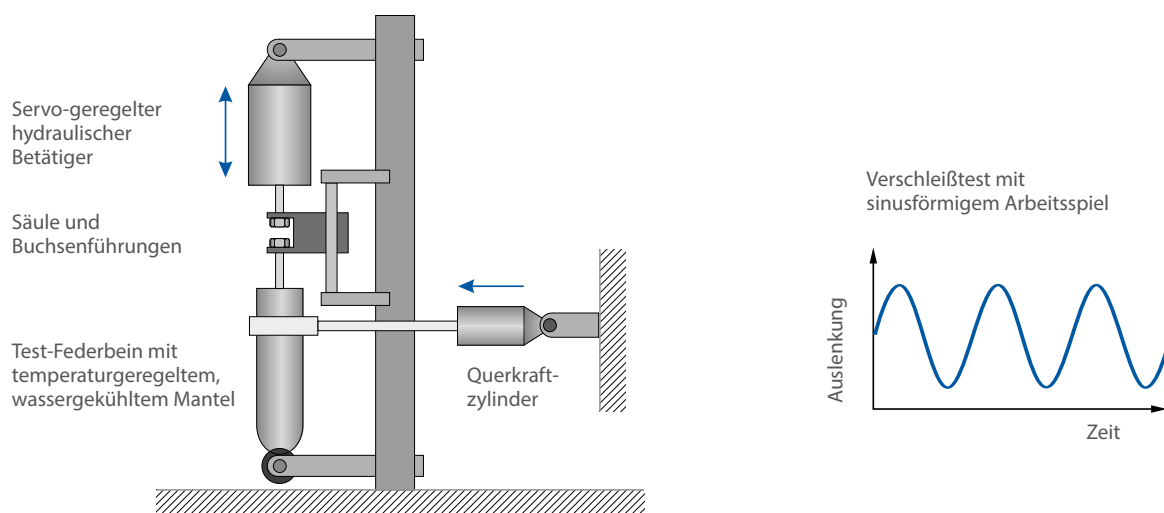


Abb. 7: Prinzipskizze des Testaufbaus

TESTBEDINGUNGEN

Schwingungsform	Sinus
Frequenz	2,5 Hz
Querkraft	890 N
Testdauer	100 Stunden
Hub	100 mm
Durchschnittliches Lagerspiel	0,06 mm
Schmiermittel	TEX 0358
Temperatur des Bodenventils	70 °C

Tabelle 3: Verschleißtest für Federbeine

TESTBEDINGUNGEN

Schwingungsform	Sinus
Frequenz	0,1 Hz
Querkraft	600 N
Hub	70 mm
Durchschnittliches Lagerspiel	0,06 mm
Schmiermittel	TEX 0358
Temperatur des Bodenventils	Umgebungstemperatur

Tabelle 4: Reibungstest für Federbeine

Der relative Verschleiß und die Gleitreibungszahl von DP4® unter diesen Testbedingungen sind in den Abbildungen 8 bis 10 dargestellt. Die tatsächlichen Ergebnisse für Verschleißrate und Gleitreibung sind nicht angegeben, da sie stark von den Testbedingungen und der Konstruktion des getesteten Federbeins abhängen. Die Vergleichsdiagramme zeigen jedoch die Vorteile von DP4® in der vorliegenden Anwendung.

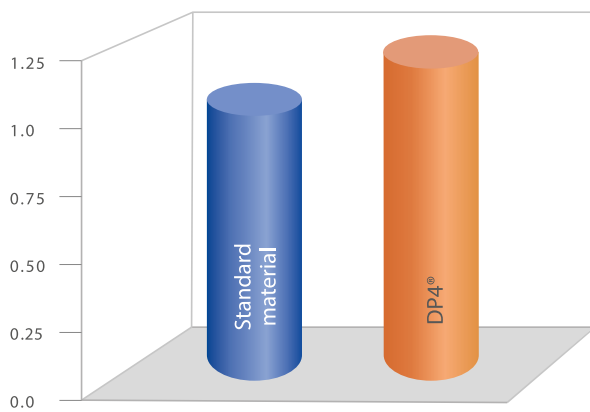


Abb. 8: Relative Verschleißbeständigkeit

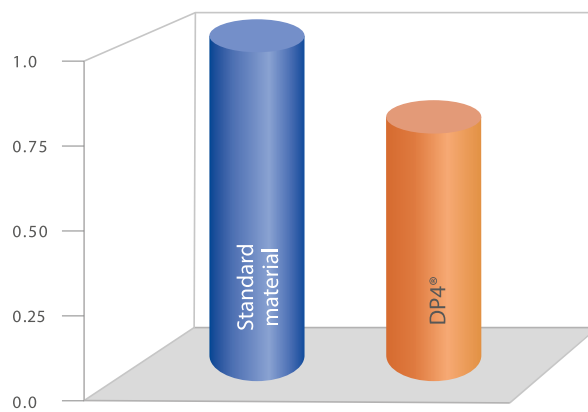


Abb. 9: Relative statische Gleitreibungszahl

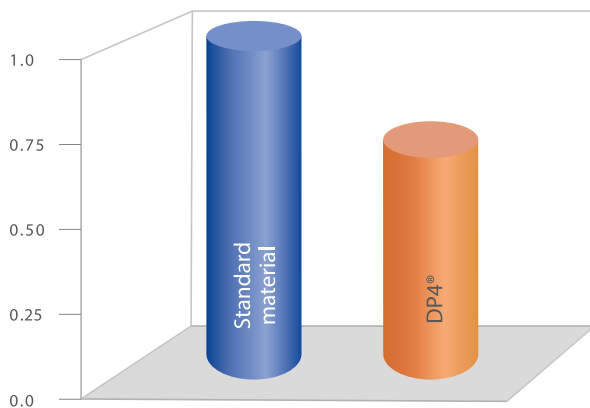


Abb. 10: Relative dynamische Gleitreibungszahl

4 Lebensdauer

BESTÄNDIGKEIT GEGEN KAVITATIONSEROSION

Unter bestimmten Betriebsbedingungen kann die PTFE-Laubschicht der Kolbenführungsbuchse des Federbeins durch Erosion beschädigt werden. Solche Schäden entstehen durch Kavitation und Flußerosionseffekte. Mit dem in Abb. 11 dargestellten Prüfstand werden solche Verschleißzustände in der Laubschicht des Gleitlagers nachvollzogen. Die Testbedingungen sind in Tabelle 5 angegeben.

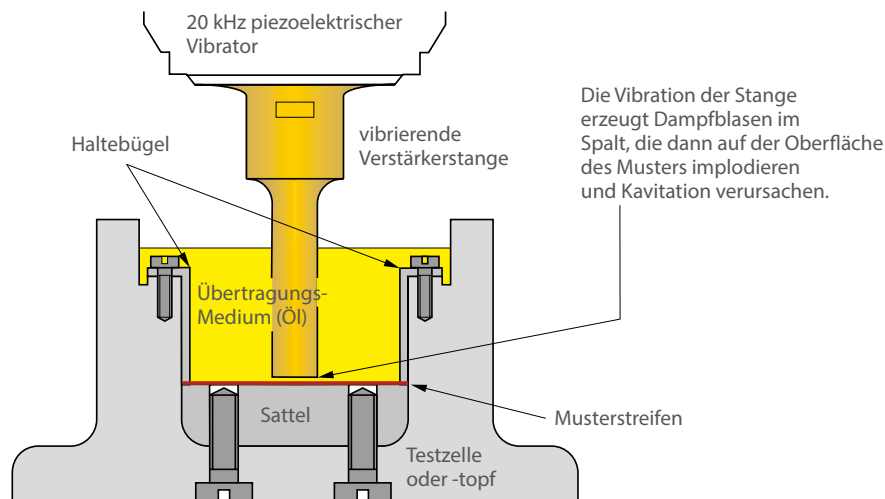


Abb. 11: Prinzipskizze des Prüfstandes

TESTBEDINGUNGEN

Amplitude	0,015 mm
Frequenz	20 kHz
Abstand	1 mm
Testdauer	30 Minuten
Schmiermittel	TEX 0358
Temperatur	Umgebungstemperatur

Tabelle 5: Test der Kavitationserosion

Die mit diesem Prüfaufbau festgestellte relative Verschleißfestigkeit von DP4® gegenüber Kavitationsschäden ist in Abb. 12 dargestellt.

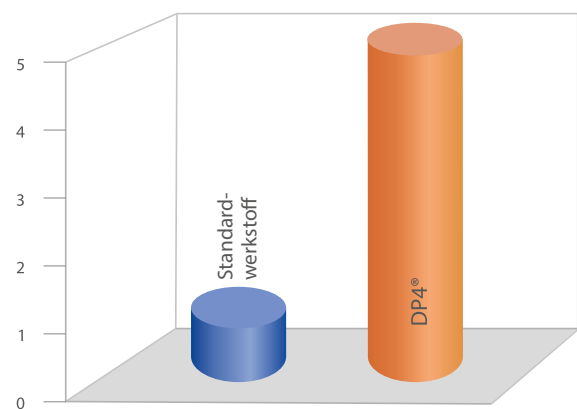


Abb. 12: Relative Verschleißfestigkeit gegenüber Kavitationserosion

BESTÄNDIGKEIT GEGEN FLUSSEROSION

Der in Abb. 13 dargestellte Prüfstand dient dazu, durch Flusserosion verursachte Schäden in der Laufschrift des Lagers zu simulieren.

Die Testbedingungen sind in Tabelle 6 angegeben.

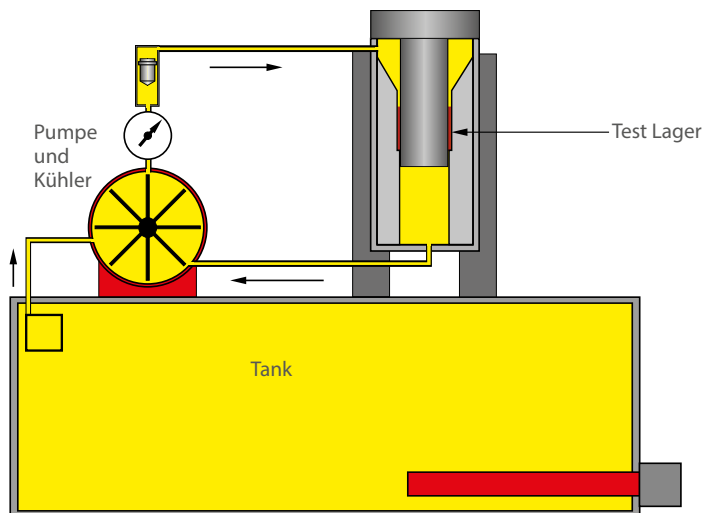


Abb. 13: Prinzipskizze des Prüfstands für Flusserosion

TESTBEDINGUNGEN

Lagerdurchmesser	20 mm
Lagerbreite	15 mm
Lagerspiel	0,11 mm
Druck	13,8 MPa
Flussrate	5 l/min
Testdauer	20 Stunden
Oberflächengüte der Welle	0,15 $\mu\text{m} \pm 0,05$
Temperatur	Umgebungstemperatur

Tabelle 6: Flusserosionstest

Die mit diesem Testaufbau an DP4® ermittelte relative Beständigkeit gegen Flusserosion ist in Abb. 14 wiedergegeben.

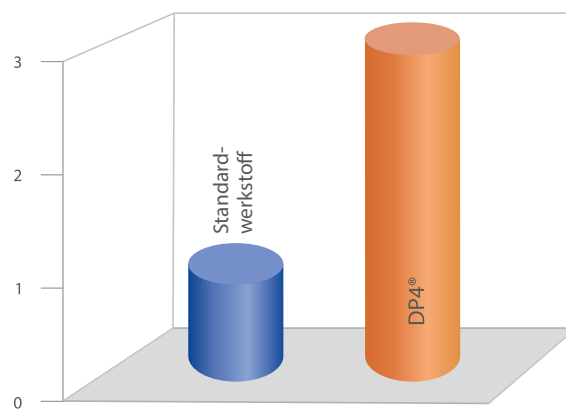


Abb. 14: Relative Beständigkeit gegen Flusserosion

4 Lebensdauer

4.2 ANWENDUNGEN IN DER HYDRAULIK

DP4® zeigt auch in einer Vielzahl ölgeschmierter hydraulischer Anwendungen ausgezeichnete Verschleiß- und Gleitreibungseigenschaften. Die Verschleißbeständigkeit von DP4® im Betriebszustand der Mischreibung unter Dauerlast wurde mit dem in Abb. 15 dargestellten Prüfstand untersucht. Die Testbedingungen sind in Tabelle 7 wiedergegeben.

GGB JUPITER-TESTAUFBAU

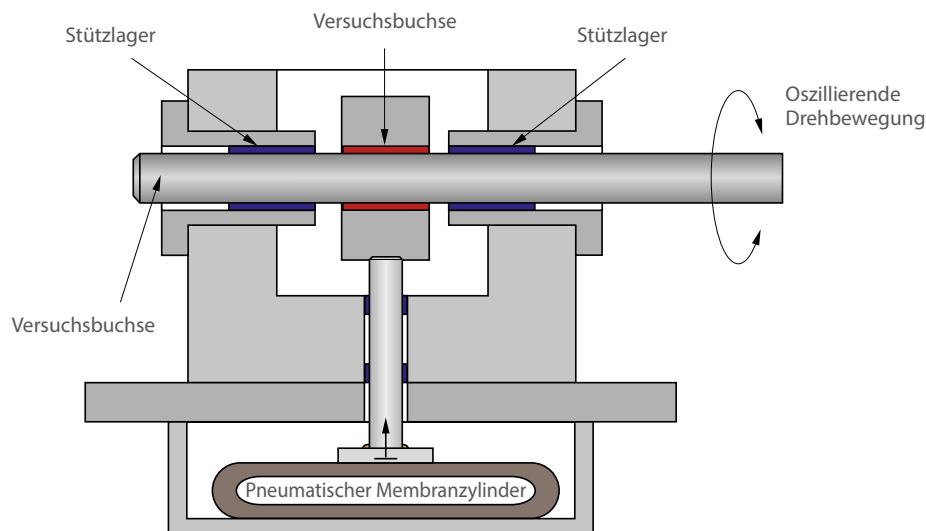


Abb. 15: Prinzipskizze des GGB Jupiter-Testaufbaus

LUBRICATED WEAR - TEST CONDITIONS

Lagerdurchmesser	20 mm
Lagerbreite	15 mm
Durchschnittliches Lagerspiel	0,10 mm
Geschwindigkeit	0,11 m/s
Schmiermittel	ISO VG 46 Hydrauliköl

Tabelle 7 : Verschleißtest mit Schmierung

Die im Versuch für DP4® und die in den meisten Hydraulikpumpen eingesetzten Werkstoffe ermittelten relativen PU-Grenzwerte im Mischreibungsgebiet sind in Abb. 16 dargestellt. Der PU-Grenzwert hängt von den tatsächlichen Betriebsbedingungen ab. Daher kann das hier angegebene relative Verhalten lediglich als Anhaltspunkt dienen.

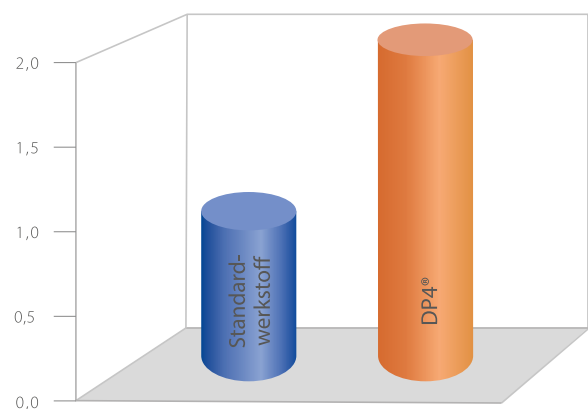


Abb. 16: Relative PU-Grenzwerte

4.3 LEBENSDAUER BEI TROCKENLAUF

KONSTRUKTIONSBESTIMMENDE FAKTOREN

Die entscheidenden Faktoren zur Ermittlung der Dimensionen oder zur Berechnung der Lebensdauer von DP4®-Lagern sind:

- maximal zulässige spezifische Lagerbelastung P_{lim}
- Material der Gegenauflfläche
- PU-Faktor
- Temperatur T
- Oberflächengüte der Gegenauflfläche R_a
- weitere Umgebungseinflüsse z.B. Gehäuseausführung, Schmutz, Schmierung

Die nachfolgend beschriebene Berechnungsmethode kann zur Abschätzung der Lebensdauer eines DP4®-Lagers unter Trockenlaufbedingungen verwendet werden.

SPEZIFISCHE LAGERBELASTUNG P

Zum Abschätzen der Lebensdauer eines Lagers wird die spezifische Lagerbelastung P als Quotient aus Betriebslast und projizierter Lagerfläche ermittelt. Sie wird in MPa angegeben.

ZYLINDRISCHE BUCHSE

$$(4.3.1) \quad P = \frac{F}{D_i \cdot B} \quad [\text{MPa}]$$

ANLAUFSCHEIBE

$$(4.3.2) \quad P = \frac{4F}{\pi \cdot (D_o^2 - D_i^2)} \quad [\text{MPa}]$$

BUNDBUCHSE (AXIALE BELASTUNG)

$$(4.3.3) \quad P = \frac{F}{0,04 \cdot (D_n^2 - D_i^2)} \quad [\text{MPa}]$$

GLEITSTREIFEN

$$(4.3.4) \quad P = \frac{F}{L \cdot W} \quad [\text{MPa}]$$

MAXIMAL ZULÄSSIGE SPEZIFISCHE LAGERBELASTUNG P_{lim}

Die Grenze der Belastung, die ein DP4®-Lager aufnehmen kann, wird durch die max. zul. spezifische Lagerbelastung ausgedrückt und hängt von der Belastungsart ab. Bei statischer Belastung werden die größten Werte erzielt. Dynamische Belastungen oder oszillierende Bewegungen, die zu einer Ermüdungsbeanspruchung des Lagers führen, reduzieren die zulässige spezifische Lagerbelastung.

Im Allgemeinen sollte die Belastung eines DP4®-Lagers die in Tabelle 8 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Für die in Tabelle 8 angegebenen maximalen Lagerbelastungen wird davon ausgegangen, dass keine Verkantungen vorliegen (Abb. 35, Seite 33).

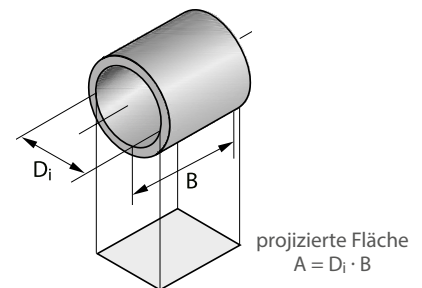


Abb. 17: Projizierte Fläche

4 Lebensdauer

MAXIMAL ZULÄSSIGE SPEZIFISCHE LAGERBELASTUNG P_{lim}

BELASTUNGSARTEN / P _{lim} [MPa]										
Statische Last, rotierende Bewegung P _{lim}	140									
Statische Last, oszillierende Bewegung										
P _{lim}	140	140	115	95	85	80	60	44	30	20
Zulässige Anzahl der Schwenkbewegungen Q	1000	2000	4000	6000	8000	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
Dynamische Last, rotierende oder oszillierende Bewegung										
P _{lim}	60	60	50	46	42	40	30	22	15	10
Anzahl der Belastungsspiele Q	1000	2000	4000	6000	8000	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸

Tabelle 8: Maximal zulässige Lagerbelastung P_{lim}

Übersteigt die spezifische Lagerbelastung den Wert von 140 MPa, kann dies zu einer bleibenden Deformation der Laufschrift führen - es sei denn, das Lager wird im Aussetzbetrieb bei niedrigen Geschwindigkeiten betrieben. Unter diesen Bedingungen wird eine Absprache mit GGB empfohlen.

Die zulässige maximale Belastung von Anlaufscheiben ist höher als die des Bundes einer Bundbuchse. Deshalb sollten bei hohen Axialkräften vorzugsweise Anlaufscheiben eingesetzt werden.

GLEITGESCHWINDIGKEIT U

Gleitgeschwindigkeiten über 2,5 m/s können zu einer Überhitzung des Lagers führen. In diesem Fall bieten Einlaufzyklen Abhilfe. Dabei könnten nach einem ersten Lauf von wenigen Sekunden mehrere kurze Läufe mit stetig steigender Laufzeit ausgeführt werden.

DREHBEWEGUNG

BUCHSEN

$$(4.3.5) \quad U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} \quad [\text{m/s}]$$

ANLAUFSCHLEIBEN

$$(4.3.6) \quad U = \frac{\frac{D_o + D_i}{2} \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} \quad [\text{m/s}]$$

SCHWENKBEWEGUNG

BUCHSEN

$$(4.3.7) \quad U = \frac{D_i \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4\varphi \cdot N_{osz}}{360} \quad [\text{m/s}]$$

ANLAUFSCHLEIBEN

$$(4.3.8) \quad U = \frac{\frac{D_o + D_i}{2} \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4\varphi \cdot N_{osz}}{360} \quad [\text{m/s}]$$

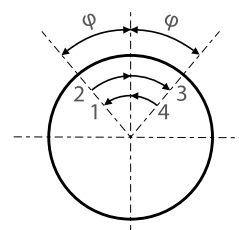


Abb 18: Oszillierende Bewegung

PU FAKTOR

Die Betriebslebensdauer eines DP4®-Lagers hängt vom PU-Faktor ab. Er ist das Produkt aus spezifischer Lagerbelastung P [MPa] und Gleitgeschwindigkeit U [m/s].

Für Anlaufscheiben und die Stirnflächen von Bundbuchsen wird die Gleitgeschwindigkeit aus dem mittleren Durchmesser berechnet.

PU-Faktoren bis zu 1,0 MPa x m/s können für kurze Zeit aufgenommen werden. Im Dauerbetrieb können abhängig von der gewünschten Lebensdauer PU-Faktoren bis zu 0,5 MPa x m/s verwendet werden

	DU	UNIT
P	140	MPa
U	0,5	m/s
PU Dauerbetrieb	2,5	MPa · m/s
PU Aussetzbetrieb	1,0	MPa · m/s

Tabelle 9: Typische Werte für P, U und PU

PU-FAKTOR BERECHNEN

$$(4.3.9) \quad [MPa \cdot m/s]$$

$$PU = P \cdot U$$

KORREKTURFAKTOREN FÜR UNTERSCHIEDLICHE EINFLUSSPARAMETER

Die folgenden Parameter beeinflussen die Lebensdauer von DP4® und müssen bei der Berechnung der erforderlichen Abmessungen oder beim Abschätzen der Lagerlebensdauer in einer bestimmten Anwendung durch entsprechende Korrekturfaktoren berücksichtigt werden.

TEMPERATUR-EINFLUSSFAKTOR a_T

Die Lebensdauer von DP4®-Lagern hängt von der Betriebstemperatur ab.

Unter Trockenlaufbedingungen entsteht an der Laufschrift des Lagers Reibungswärme, die im Verhältnis zu PU steht. Bei einem bestimmten PU-Faktor hängt die Betriebstemperatur des Lagers von der Umgebungstemperatur, der Wärmeabfuhr über das Gehäuse und dem Gegenlaufkörper ab. Aussetzbetrieb beeinflusst die Wärmezufuhr und somit die sich einstellende Betriebstemperatur des Lagers.

Der Einfluss der Temperatur auf die Lebensdauer von DP4®-Lagern wird durch den Temperatur-Korrekturfaktor a_T in Tabelle 10 angegeben.

BETRIEBSBEDINGUNGEN	ART DES GEHÄUSES	UMGEBUNGSTEMPERATUR DES LAGERS T_{amb} [°C] UND TEMPERATUR EINFLUSSFAKTOR a_T					
		25	60	100	150	200	280
Dauerbetrieb, trocken	Normale Wärmeabfuhr	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Dauerbetrieb, trocken	Leichte Preßteile oder isolierte Gehäuse mit schlechter Wärmeabfuhr	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	-
Dauerbetrieb, trocken	Nichtmetallische Gehäuse mit sehr schlechter Wärmeabfuhr	0,3	0,3	0,2	0,1	-	-
Dauerbetrieb, trocken (Laufzeit weniger als 2 min., gefolgt von längeren Stillstandszeiten)	Normale Wärmeabfuhr	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,2

Tabelle 10: Temperatur Einflußfaktor a_T

4 Lebensdauer

GEGENWERKSTOFF

Der Einfluss des Gegenwerkstoffs auf die Lebensdauer von DP4®-Lagern wird durch den Korrekturfaktor für den Gegenwerkstoff a_M und die Lebensdauer-Korrekturkonstante a_L in Tabelle 11 bestimmt.

WERKSTOFF	a_M	a_L
STAHL UND GRAUGUSS		
Unlegierter Stahl	1	400
Kohlenstoff-Mangan-Stahl	1	400
Legierter Stahl	1	400
Einsatzgehärteter Stahl	1	400
Nitrierter Stahl	1	400
Badnitrierter Stahl	1	400
Rostfreier Stahl (7-10% Ni, 17-20% Cr)	2	400
Grauguss ($0,3 \pm 0,1 \mu\text{m } R_a$)	1	400

Tabelle 11: Korrekturfaktor für den Gegenwerkstoff a_M und Lebensdauer-Korrekturkonstante a_L

HINWEIS:

Für die angegebenen Faktoren wird von einer Oberflächengüte der Gegenfläche von $R_a = 0,4 \pm 0,1 \mu\text{m}$ ausgegangen.

- geschliffen ist besser als feingedreht
- abrasive Partikel nach der Bearbeitung entfernen
- Grauguss-Oberflächen schleifen auf $R_a = 0,3 \pm 0,1 \mu\text{m}$
- Schleifrichtung = Laufrichtung

LAGERGRÖSSE

Das Lagerspiel von DP4®-Lagern wird mit zunehmendem Lagerdurchmesser immer größer. Dadurch wird die Kontaktfläche zwischen Lager und Welle im Verhältnis zum Durchmesser kleiner. Die Verkleinerung der Berührungsfläche erhöht die spezifische Belastung und damit den PU-Faktor. Dies wird bei der Auslegung des Lagers durch den Korrekturfaktor für die Lagergröße a_B (Abb. 20) berücksichtigt.

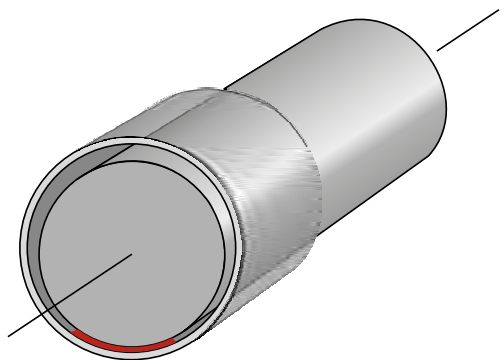


Abb. 19: Berührungsflächen zwischen Lager und Welle

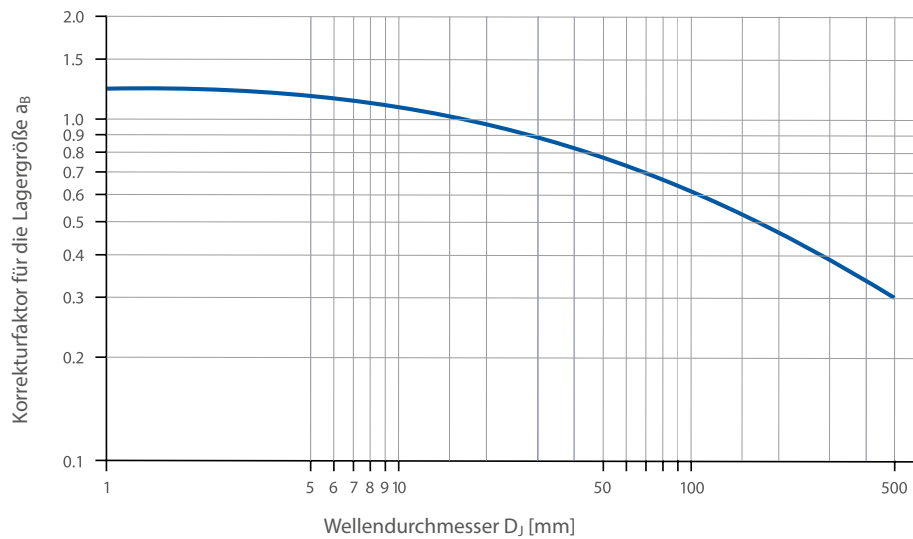


Abb. 20: Korrekturfaktor für die Lagergröße a_B

NACHBEARBEITEN DER LAGERLAUFLÄCHE

Das Nachbearbeiten von DP4®-Lagern führt in der Regel zu einer Reduzierung der Lebensdauer. Es wird daher nicht empfohlen, DP4®-Lager nachzuarbeiten. Der in Tabelle 12 angegebene Korrekturfaktor a_C gibt die relative Verkürzung der Lebensdauer an.

UMFANG DER NACHARBEIT		KORREKTURFAKTOR a_C
KALIBRIEREN:	0,025 mm	0,8
Aufmaß des Kalibrierdorns über	0,038 mm	0,6
mittleren Buchsen-Innendurchmesser	0,050 mm	0,3

Tabelle 12: Korrekturfaktor für die Nachbearbeitung der Lagerlauffläche a_C

BELASTUNGSART

Die Art der Belastung ist in den Gleichungen (4.4.9) und (4.4.10) Seite 23, berücksichtigt.

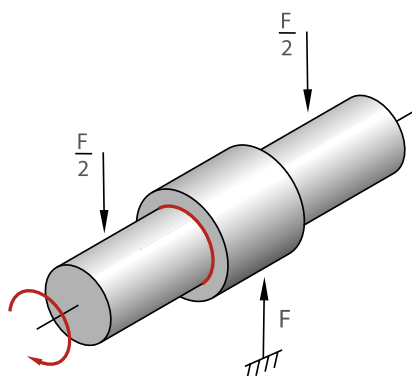


Abb. 21: Punktlast

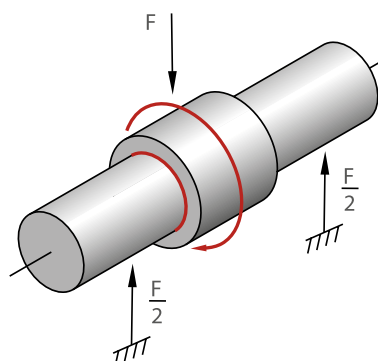


Abb. 22: Umfangslast

4 Lebensdauer

4.4 BERECHNUNG DER LAGER-LEBENSDAUER

Bestimmt der vorhandene Bauraum die Lagergröße, kann mit der nachfolgenden Berechnungsmethode die Lebensdauer abgeschätzt werden. Ist die Lebensdauer unbefriedigend, müssen konstruktive Maßnahmen eingeleitet und das Lager anders dimensioniert werden.

SPEZIFISCHE LAGERBELASTUNG P

BUCHSEN

$$(4.4.1) \quad P = \frac{F}{D_i \cdot B} \quad [\text{MPa}]$$

BUNDBUCHSEN

$$(4.4.2) \quad P = \frac{F}{0,04 \cdot (D_{fl}^2 - D_i^2)} \quad [\text{MPa}]$$

ANLAUFSCHNEIBEN

$$(4.4.3) \quad P = \frac{4F}{P \cdot (D_o^2 - D_i^2)} \quad [\text{MPa}]$$

HOCHLASTFAKTOR a_E

$$(4.4.4) \quad a_E = \frac{P_{lim} - P}{P_{lim}} \quad [-]$$

Wird a_E negativ, ist das Lager überbelastet. Durchmesser und/oder Breite erhöhen.

KORRIGIERTER PU-FAKTOR

BUCHSEN

$$(4.4.5) \quad PU = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} F \cdot N}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m/s}]$$

BUNDBUCHSEN

$$(4.4.6) \quad PU = \frac{6,5 \cdot 10^{-4} F \cdot N}{a_E \cdot (D_{fl} - D_i) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m/s}]$$

ANLAUFSCHNEIBEN

$$(4.4.7) \quad PU = \frac{3,34 \cdot 10^{-5} F \cdot N}{a_E \cdot (D_o - D_i) \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} \quad [\text{MPa} \cdot \text{m/s}]$$

Bei oszillierenden Bewegungen ergibt sich die mittlere Drehzahl mit:

$$(4.4.8) \quad N = \frac{4\phi \cdot N_{osz}}{360} \quad [1/\text{min}]$$

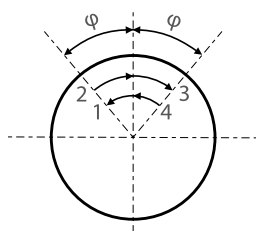


Figure 23: Oszillierungswinkel ϕ



LEBENSDAUER L_H BERECHNEN

BUCHSEN, PUNKTLAST

$$(4.4.9) \quad L_H = \frac{265}{p_U} \cdot a_L \quad [h]$$

BUCHSEN, UMFANGSLAST

$$(4.4.10) \quad L_H = \frac{530}{p_U} \cdot a_L \quad [h]$$

BUNDBUCHSEN (AXIALLAST)

$$(4.4.11) \quad L_H = \frac{175}{p_U} \cdot a_L \quad [h]$$

ANLAUFSCHEIBEN

$$(4.4.12) \quad L_H = \frac{175}{p_U} \cdot a_L \quad [h]$$

EINFLUSS DURCH NACHBEARBEITEN

Wenn DP4®-Buchsen nachbearbeitet werden, muss dies bei der Berechnung der Lebensdauer mit Hilfe des Korrekturfaktors a_C berücksichtigt werden (Tabelle 12, Seite 21).

RECHNERISCHE LEBENSDAUER

$$(4.4.13) \quad L_H = L_H \cdot a_C \quad [h]$$

FÜR SCHWENKBEWEGUNGEN ODER DYNAMISCHE BELASTUNGEN

$$(4.4.14) \quad Z_T = L_H \cdot N_{OSC} \cdot 60 \quad [\text{Zyklen}]$$

für Schwenkbewegungen

Ist die geforderte Lebensdauer L_H bekannt, kann die Gesamtanzahl der Schwenkbewegungen Z_T berechnet werden. Mit dem ermittelten Z_T -Wert können dann die Werte aus Tabelle 8 überprüft werden.

$Z_T < Q$, Die Lebensdauer wird durch den Verschleiß auf Z_T -Zyklen begrenzt

$Z_T > Q$, Lebensdauer wird durch eine Materialermüdung auf Z_T -Zyklen begrenzt.

$$(4.4.15) \quad Z_T = L_H \cdot C \cdot 60 \quad [\text{Zyklen}]$$

für dynamische Belastungen

GLEITSTREIFEN

FAKTOR FÜR DEN EINFLUSS DER SPEZIFISCHEN LAGERBELASTUNG

$$(4.4.16) \quad a_{E1} = A - \frac{F}{P_{lim}} \quad [-]$$

Ist dieser Wert negativ, ist das Lager überbelastet. Die Lager-Oberfläche muss vergrößert werden.

FAKTOREN FÜR GESCHWINDIGKEIT, TEMPERATUR UND MATERIAL

$$(4.4.17) \quad a_{E2} = \frac{280 \cdot a_T \cdot a_M}{F \cdot U} \quad [-]$$

FAKTOR FÜR DEN EINFLUSS DER RELATIVEN GEGENLAUFLÄCHE

$$(4.4.18) \quad a_{E3} = \frac{A}{A_M} \quad [-]$$

RECHNERISCHE LEBENSDAUER

$$(4.4.19) \quad L_H = a_{E1} \cdot a_{E2} \cdot a_{E3} \cdot a_L \quad [-]$$

HINWEIS:

Bei einer rechnerischen Lebensdauer von mehr als 4000 Stunden können aufgrund von Ungenauigkeiten bei der Hochrechnung der Testdaten die tatsächlichen Werte von den rechnerischen abweichen.

4 Lebensdauer

4.5 BERECHNUNGSBEISPIELE

ZYLINDRISCHE BUCHSE

Gegeben:			
Belastungsart	Statische Belastung Rotierende Bewegung	Innendurchmesser D_i	40 mm
		Buchsenbreite B	30 mm
Welle	Stahl Trockenlauf bei 25°C	Lagerkraft F	5.000 N
		Drehzahl N	25 · 1/min

Berechnungs- und Korrekturfaktoren		
Grenzwert P_{lim}	140 MPa	(Tabelle 8, Seite 18)
Temperatur-Korrekturfaktor a_T	1,0	(Tabelle 10, Seite 19)
Werkstoff-Korrekturfaktor a_M	1,0	(Tabelle 11, Seite 20)
Lagergrößen-Korrekturfaktor a_B	0,85	(Abb. 20, Seite 21)
Lebensdauer-Korrekturkonstante a_L	400	(Tabelle 11, Seite 20)

Berechnung	Gleichung	Ergebnis
Spezifische Belastung P [MPa]	(4.4.1) Seite 22	$P = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{5.000}{40 \cdot 30} = 4,17$
Gleitgeschwindigkeit U [m/s]	(4.3.5) Seite 18	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 25}{60 \cdot 10^3} = 0,052$
Hochlastfaktor a_E [-] muss >0 sein	(4.4.4) Seite 22	$a_E = \frac{P_{lim} - P}{P_{lim}} = \frac{140 - 4,17}{140} = 0,97$
Korrigierter PU Faktor [MPa · m/s]	(4.4.5) Seite 22	$PU = \frac{5,25 \cdot 10^{-5} \cdot F \cdot N}{a_E \cdot B \cdot a_T \cdot a_M \cdot a_B} = 0,27$
Lebensdauer L_H [h]	(4.4.9) Seite 23	$L_H = \frac{265}{PU} - a_L = \frac{265}{0,27} - 400 = 581$

BUNDBUCHSE

Gegeben:			
Belastungsart	Axialkraft Rotierende Bewegung	Bundaußen-Ø D_{fi}	23 mm
		Innendurchmesser D_i	15 mm
Welle	Stahl Trockenlauf bei 25°C	Lagerkraft F	250 N
		Drehzahl N	5 · 1/min

Berechnungs- und Korrekturfaktoren		
Grenzwert P_{lim}	140 MPa	(Tabelle 8, Seite 18)
Temperatur-Korrekturfaktor a_T	1,0	(Tabelle 10, Seite 19)
Werkstoff-Korrekturfaktor a_M	1,0	(Tabelle 11, Seite 20)
Lagergrößen-Korrekturfaktor a_B	1,0	(Abb. 20, Seite 21)
Lebensdauer-Korrekturkonstante a_L	400	(Tabelle 11, Seite 20)

Berechnung	Gleichung	Ergebnis
Spezifische Belastung P [MPa]	(4.4.2) Seite 22	$P = \frac{250}{0,04 \cdot (23^2 - 15^2)} = 20,55$
Gleitgeschwindigkeit U [m/s]	(4.3.6) Seite 18	$U = \frac{\frac{23 + 15}{2} \cdot 3,14 \cdot 5}{60 \cdot 10^3} = 0,005$
Hochlastfaktor a_E [-] muss >0 sein	(4.4.4) Seite 22	$a_E = \frac{P_{lim} - P}{P_{lim}} = \frac{140 - 20,55}{140} = 0,835$
Korrigierter PU Faktor [MPa · m/s]	(4.4.6) Seite 22	$PU = \frac{6,5 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 5}{0,835 \cdot (23 - 15) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 0,119$
Lebensdauer L_H [h]	(3.8.11) Seite 21	$L_H = \frac{175}{PU} - a_L = \frac{175}{0,119} - 400 = 1071$

ANLAUFSCHLEIBE

Gegeben:			
Belastungsart	Axialkraft Rotierende Bewegung	Außendurchmesser D_o	62 mm
		Innendurchmesser D_i	38 mm
Welle	Stahl Trockenlauf bei 25°C	Lagerkraft F	6.500 N
		Drehzahl N	10 · 1/min

Berechnungs- und Korrekturfaktoren		
Grenzwert P_{lim}	140 MPa	(Tabelle 8, Seite 18)
Temperatur-Korrekturfaktor a_T	1,0	(Tabelle 10, Seite 19)
Werkstoff-Korrekturfaktor a_M	1,0	(Tabelle 11, Seite 20)
Lagergrößen-Korrekturfaktor a_B	0,85	(Abb. 20, Seite 21)
Lebensdauer-Korrekturkonstante a_L	400	(Tabelle 11, Seite 20)

Berechnung	Gleichung	Ergebnis
Spezifische Belastung P [MPa]	(4.4.3) Seite 22	$P = \frac{4 \cdot 6500}{3,14 \cdot (62^2 - 38^2)} = 3,45$
Gleitgeschwindigkeit U [m/s]	(4.3.6) Seite 18	$U = \frac{\frac{62 + 38}{2} \cdot 3,14 \cdot 10}{60 \cdot 10^3} = 0,026$
Hochlastfaktor a_E [-] muss >0 sein	(4.4.4) Seite 22	$a_E = \frac{P_{lim} - P}{P_{lim}} = \frac{140 - 3,45}{140} = 0,975$
Korrigierter PU Faktor [MPa · m/s]	(4.4.7) Seite 22	$PU = \frac{3,34 \cdot 10^{-5} \cdot 6500 \cdot 10}{0,975 \cdot (62 - 38) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85} = 0,11$
Lebensdauer L_H [h]	(4.4.12) Seite 23	$L_H = \frac{175}{PU} - a_L = \frac{175}{0,11} - 400 = 1191$

5 Schmierung

DP4®-Lager besitzen beim Einsatz von Schmiermitteln ein ausgezeichnetes Betriebsverhalten. Nachfolgend werden die Grundlagen der Schmierung erläutert und Hinweise für den Einsatz von DP4® in Verbindung mit Schmierstoffen gegeben.

5.1 SCHMIERMITTEL

DP4®-Lager können mit den meisten Flüssigkeiten geschmiert werden. Als Schmierstoff kommt jede Flüssigkeit in Frage, die die PTFE gefüllte Lauffläche oder die poröse Bronzeschicht nicht chemisch angreift.

- Wasser
- Schmieröl
- Motorenöl
- Turbinenöl
- Hydraulikflüssigkeit
- Lösungsmittel
- Kühlmittel

Ist die Eignung eines Mediums als Schmierstoff zweifelhaft, legen sie ein DP4®-Muster für zwei bis drei Wochen in dieses Medium. Die Temperatur sollte 15 bis 20 °C über der voraussichtlichen Betriebstemperatur liegen.

Die Flüssigkeit ist nicht für den Einsatz in Verbindung mit DP4® geeignet, wenn:

- sich die Wanddicke des DP4®-Musters wesentlich verändert
- sichtbare Farbänderungen an der Lauffläche auftreten (außer leichte Verfärbung oder einige Flecken)
- sichtbare Veränderungen der Mikrostruktur der Bronze-Zwischenschicht auftreten

5.2 TRIBOLOGISCHE BETRIEBSZUSTÄNDE

Bezüglich der Schmierung kann zwischen drei verschiedenen Betriebszuständen unterschieden werden. Diese sind:

- Hydrodynamische Schmierung,
- Mischreibung und
- Trockenlauf

Die drei Betriebszustände sind abhängig von:

- Lagerabmessungen
- Lagerspiel
- Belastung
- Gleitgeschwindigkeit
- Viskosität des Schmierstoffes
- Schmierstoff-Durchsatzmenge

HYDRODYNAMISCHE SCHMIERUNG

MERKMALE:

- vollständige Trennung von Lager und Welle durch den Schmierfilm
- sehr geringe Reibung und Verschleiß
- Gleitreibungszahl zwischen 0,001 und 0,01

Hydrodynamische Schmierung entsteht wenn:

$$(5.2.1) \quad p \leq \frac{U \cdot \eta}{7,5} \cdot \frac{B}{D_i} \quad [\text{MPa}]$$

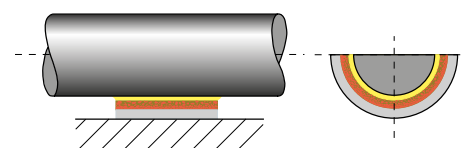


Abb. 24: Hydrodynamische Schmierung

5 Schmierung

MISCHREIBUNG

MERKMALE:

- Hydrodynamische Schmierung und Festkörperreibung treten in Kombination auf
- Lastübertragung teilweise durch komprimierte Schmiermittel, aber auch Festkörper-Kontakt
- Reibwert und Verschleiß sind abhängig vom hydrodynamischen Traganteil
- DP4®-Lager besitzen unter solchen Betriebsbedingungen eine hohe Verschleißbeständigkeit.

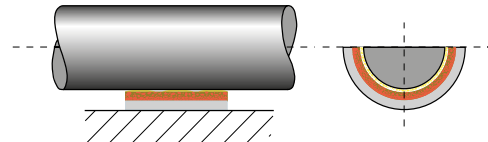


Fig. 25: Mixed film lubrication

TROCKENLAUF (FESTKÖRPERREIBUNG)

MERKMALE:

- Die Welle gleitet ohne zusätzliches Schmiermittel auf der Gleitfläche des Lagers
- Die Auswahl des Gleitlagermaterials entscheidet über die Lebensdauer des Lagers
- Es kann an der Welle zu Verschleiß kommen, da sie sich mit dem Lager in Kontakt befindet.
- Die guten Eigenschaften von DP4® minimieren den Verschleiß auch unter diesen Bedingungen
- Die dynamische Gleitreibungszahl von DP4® liegt hier zwischen 0,02 und 0,3
- Die statische Gleitreibungszahl von DP4® liegt geringfügig darüber.

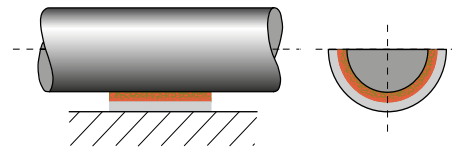


Fig. 26: Boundary lubrication

5.3 GLEIT- UND REIBUNGSVERHALTEN UNTER SCHMIERUNG

DP4® ist besonders für hohe Anforderungen geeignet, bei denen eine hydrodynamische Schmierung nicht aufrechterhalten werden kann, z.B.:

– hohe spezifische Belastung

Bei Festkörper- und Mischreibung zeigt DP4® unter hoher Belastung eine ausgezeichnete Verschleißbeständigkeit und geringe Reibung.

– Start/Stop unter Last

Ist die Anlaufgeschwindigkeit zu gering um einen hydrodynamischen Film aufzubauen, arbeiten die Lager im Bereich der Mischreibung. DP4® minimiert dabei den Verschleiß. DP4® benötigt ein geringeres Anlaufdrehmoment als konventionelle metallische Lager.

– Mangelschmierung

In vielen Anwendungen muss das Lager mit einer geringeren als der optimalen Schmiermittelzufuhr betrieben werden, z. B. bei Spritzöl- oder Ölnebelschmierung. DP4® benötigt auch hier deutlich weniger Schmiermittel als konventionelle metallische Lager.

– gering-schmierende Flüssigkeiten

DP4® lässt sich zufriedenstellend in Verbindung mit Flüssigkeiten geringer Viskosität wie Wasser und verschiedenen Prozessmedien einsetzen.

BEACHTEN SIE JEDOCH FOLGENDES:

Wenn ein DP4®-Lager im Betrieb mit Wasserschmierung ohne hydrodynamische Tragwirkung betrieben wird, verringert sich die Verschleißbeständigkeit durch erhöhtes Einschaben des Lagers wesentlich. Abb. 27, Seite 28 zeigt die drei Reibungszustände in einem Diagramm.

Dargestellt werden Umfangsgeschwindigkeit, spezifische Lagerbelastung und Schmiermittel-Viskosität.

Berechnen Sie mit den Formeln in Abschnitt 4:

- die spezifische Lagerbelastung P ,
- die Gleitgeschwindigkeit der Welle U .

Berechnen Sie anhand des in Tabelle 13 dargestellten Verhältnisses von Temperatur und Viskosität:

- die Viskosität des Schmiermittels in Zentipoise.

Hinweis:

Die Viskosität ist abhängig von der Betriebstemperatur. Wenn die Betriebstemperatur der Flüssigkeit unbekannt ist, kann näherungsweise eine Temperatur angenommen werden, die 25 °C oberhalb der Umgebungstemperatur liegt.

DYNAMISCHE VISKOSITÄT η [cP]															
TEMPERATUR [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Schmiermittel															
ISO VG 32	310	146	77	44	27	18	13	9,3	7,0	5,5	4,4	3,6	3,0	2,5	2,2
ISO VG 46	570	247	121	67	40	25	17	12	9,0	6,9	5,4	4,4	3,6	3,0	2,6
ISO VG 68	940	395	190	102	59	37	24	17	12	9,3	7,2	5,8	4,7	3,9	3,3
ISO VG 100	2110	780	335	164	89	52	33	22	15	11,3	8,6	6,7	5,3	4,3	3,6
ISO VG 150	3600	1290	540	255	134	77	48	31	21	15	11	8,8	7,0	5,6	4,6
Dieselmkraftstoff	4,6	4,0	3,4	3,0	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	0,95				
Benzin	0,6	0,56	0,52	0,48	0,44	0,40	0,36	0,33	0,31						
Petroleum	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,55				
Wasser	1,79	1,30	1,0	0,84	0,69	0,55	0,48	0,41	0,34	0,32	0,28				

Tabelle 13: Dynamische Viskosität

5 Schmierung

5.4 KONSTRUKTIONSHINWEISE

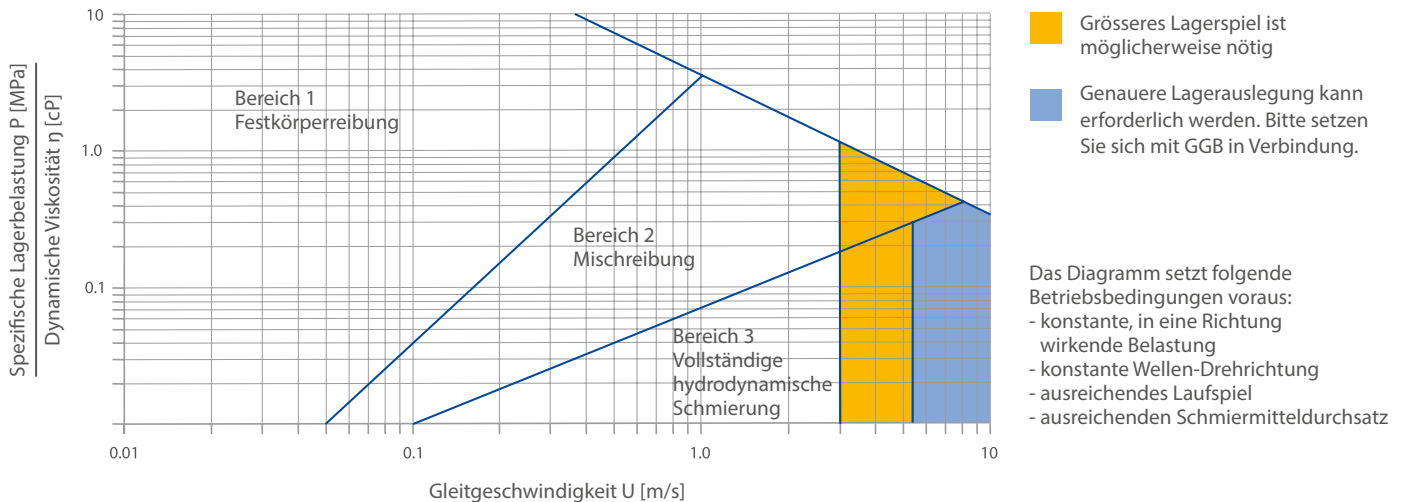


Abb. 27: Konstruktionshinweise für Anwendung unter Schmierung

ERLÄUTERUNGEN ZU ABBILDUNG 27

BEREICH 1

Das Lager läuft mit Festkörperreibung. Der PU-Faktor bestimmt die Lebensdauer. Die Lebensdauer von DP4®-Lagern kann mit der in Kapitel 5 angegebenen Methode berechnet werden.

BEREICH 2

Das Lager arbeitet im Mischreibungsgebiet. Der PU-Faktor entscheidet nicht allein über die Lebensdauer. Die Lebensdauer des DP4®-Lagers hängt von der Art der Flüssigkeit und den Betriebsbedingungen ab.

BEREICH 3

Das Lager arbeitet mit hydrodynamischer Schmierung. Der Lagerverschleiß wird allein von der Reinheit des Schmiermittels und der Häufigkeit der An- und Auslaufvorgänge bestimmt.

BEREICH 4

Dieser Bereich beschreibt die höchste Belastung. Das Lager wird entweder mit im Verhältnis zur Viskosität hoher Geschwindigkeit oder hoher Nennbelastung, bzw. einer Kombination aus beiden, betrieben.

Diese Bedingungen können folgendes auslösen:

- überhöhte Betriebstemperaturen und/oder
- hohen Verschleiß.

Durch die Anordnung einer oder mehrerer Schmiernuten im Lager und durch eine höhere Oberflächengüte der Welle von $R_a < 0,05 \mu\text{m}$ kann das Betriebsverhalten des Lagers verbessert werden.

5.5 BETRIEBSSPIEL

Die für normale Standard-DP4®-Buchsen empfohlenen Wellen- und Gehäusedurchmesser ergeben für Anwendungen mit Festkörper-Reibung ein ausreichendes Betriebsspiel.

Für Lager, die im Bereich der Mischreibung oder hydrodynamisch betrieben werden, kann es notwendig sein, den Schmiermitteldurchsatz im Lager zu verbessern, indem man den empfohlenen Wellendurchmesser um ca. 0,1 % verringert. Dies gilt besonders, wenn die Gleitgeschwindigkeit 2,5 m/s überschreitet.

5.6 SCHMIERNUTEN

Bei stark belasteten Lagern verbessern axiale Schmiernuten das Betriebsverhalten von DP4®. Die untenstehende Abbildung zeigt eine empfohlene Ausführung der Nuten. Radien oder Fasen an den Ein- und Auslaufkanten der Nuten unterstützen den Aufbau des Schmierfilms. Für die meisten Einsatzfälle sind einfache Ölzufuhrbohrungen ausreichend. Durch Schmiernuten oder -taschen kann die Verteilung des Schmierstoffes im Lager und damit der Schmierstoffdurchsatz erhöht werden. Für einen einwandfreien hydrodynamischen Betrieb muss für die Stoßfuge und die Ölzufuhrstelle eine Einbaulage vorgegeben werden. Dabei sind Last- und Drehrichtung zu berücksichtigen. Die möglichen Positionen sind aus Abb. 28 ersichtlich.

5.7 RAUHEIT DER GEGENLAUFFLÄCHE

- $R_a \leq 0,4 \pm 0,1 \mu\text{m}$ bei Festkörperreibung
- $R_a = 0,1 - 0,2 \mu\text{m}$ bei Mischreibung oder hydrodynamischer Schmierung
- $R_a \leq 0,05 \mu\text{m}$ für Höchstbelastung

5.8 FETTSCHMIERUNG

Normalerweise wird eine Fettschmierung von DP4®-Lagern nicht empfohlen. Folgendes muss hierbei beachtet werden:

- dynamische Belastung - verursacht Erosionsverschleiß in der Laufschiene
- Fette mit EP-Zusätzen oder Füllstoffen wie Graphit oder MoS_2 haben einen erhöhten Verschleiß zur Folge.

Bei Fettschmierung kann durch den Einsatz anderer GGB Metall-Polymer Lagerwerkstoffe wie z.B. DX®, DX®10, DS, HI-EX® eine erhöhte Leistungsfähigkeit erzielt werden. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Vertriebspartner oder an www.ggbearings.com/de.

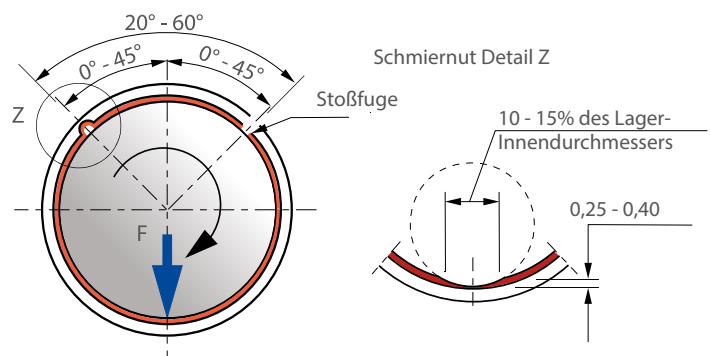


Abb. 28: Anordnung der Ölzufuhrstellen

6 Lagereinbau

ABMESSUNGEN UND TOLERANZEN

DP4®-Buchsen sind endbearbeitet und müssen abgesehen von seltenen Ausnahmefällen nicht kalibriert, geräumt oder die Bohrung anderweitig verändert werden. Entscheidend ist, das korrekte Lagerspiel einzuhalten. Deshalb müssen die in den Maßstabellen angegebenen Toleranzklassen für Gehäuse und Wellen berücksichtigt werden. Beim Trockenlauf führt jede Vergrößerung des Spiels zu einer entsprechenden Verringerung der Lebensdauer.

Wenn sich das Lagergehäuse elastisch aufweitet, verändert sich das Lagerspiel. Unter diesen Umständen sollte der Gehäusedurchmesser verringert oder der Wellendurchmesser vergrößert werden. Die korrekten Maße müssen ggf. durch Versuche ermittelt werden.

Wird Leichtlauf verlangt oder ist die Last klein (weniger als 0,1 MPa) und das zur Verfügung stehende Drehmoment gering, muss das Spiel vergrößert werden. Der in den Maßstabellen angegebene Wellendurchmesser sollte um 0,025 mm verringert werden.

6.1 WÄRMEAUSSDEHNUNG

Für den Betrieb bei hohen Temperaturen sollte das Lagerspiel um die in Abb. 29 angegebenen Werte vergrößert werden, da sich das Lagerspiel bei Erwärmung reduziert.

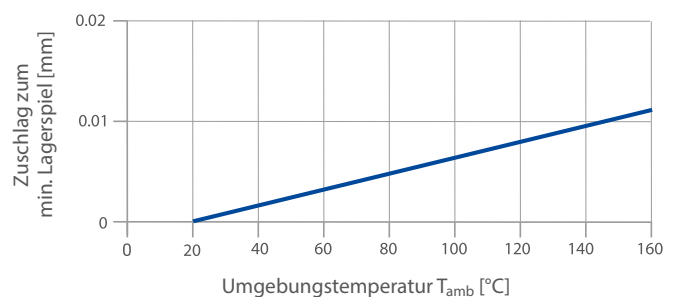


Fig. 29: Increase in diametral clearance

Wenn das Gehäuse aus Nichteisen-Metall besteht, sollte die Bohrung um die in Tabelle 14 angegebenen Werte verkleinert werden, um festen Lagersitz zu erreichen. Zusätzlich sollte der Wellendurchmesser um das in Abb. 29 angegebene Maß verringert werden.

GEHÄUSEMATERIAL	VERKLEINERUNG DER GEHÄUSEBOHRUNG PRO 100°C	VERKLEINERUNG DES WELLENDURCHMESSERS PRO 100 °C
Aluminiumlegierungen	0,1 %	0,1 % + Werte aus Abb. 29
Legierungen auf Kupferbasis	0,05 %	0,05 % + Werte aus Abb. 29
Stahl und Grauguss	–	Werte aus Abb. 29
Legierungen auf Zinkbasis	0,15 %	0,15 % + Werte aus Abb. 29

Tabelle 14: Wärmeausdehnung

6.2 TOLERANZEN FÜR KLEINSTSPIELE

Wenn ein minimales Betriebsspiel erzielt werden soll, können engere Toleranzen für die Welle und das Gehäuse festgelegt werden. Wenn z.B. der Gehäusedurchmesser mit H6 gefertigt ist, sollten die Wellendurchmesser mit den Toleranzen aus Tabelle 15 hergestellt werden. Aus Tabelle 16 sind die jeweiligen Nenneinbauspiele zu entnehmen.

D_i	D_j
> 5 mm < 25 mm	-0,019 bis -0,029
> 25 mm < 50 mm	-0,021 bis -0,035

Tabelle 15: Toleranzen für Wellen in H6 Gehäusen

D_i	D_j
10 mm	0,009 bis 0,080
50 mm	0,011 bis 0,134

Tabelle 16: Nenneinbauspiele

KALIBRIEREN

Durch das Kalibrieren der Bohrung eines eingebauten DP4®-Lagers kann ein geringeres Betriebsspiel erzielt werden. Abb. 30 zeigt einen empfohlenen Kalibrierdorn zum Kalibrieren von DP4®-Buchsen.

Die Kalibrierfläche des Kalibrierdorns muss einsatzgehärtet (Einsatztiefe 0,6 - 1,2 mm, HRC 60±2) und mit Diamantpaste poliert sein ($RZ \approx 1 \mu m$). Eine Oberflächenbehandlung mit TiN verbessert die Verschleißfestigkeit des Kalibrierdorns und macht, wenn sie fehlt, den Verschleiß des Kalibrierdorns sichtbar.

Hinweis: Kalibrierung mit kugelförmigen Werkzeugen oder Feinbohren von DP4®-Buchsen ist nicht zu empfehlen. Die in Tabelle 17 angegebenen Kalibrierdorn-Maße sind erforderlich, um den Lager-Innendurchmesser auf den angestrebten Innendurchmesser zu weiten.

Die genauen Kalibrierdorndurchmesser müssen durch Versuche ermittelt werden.

Die Verringerung der Lagerlebensdauer durch das Kalibrieren wird bei der Berechnung der Lebensdauer durch den Korrekturfaktor a_C berücksichtigt (Tab. 12, Seite 21). Der Kalibrierdruck, der auf Lager und Baugruppe ausgeübt werden kann, sollte durch Versuche ermittelt werden.

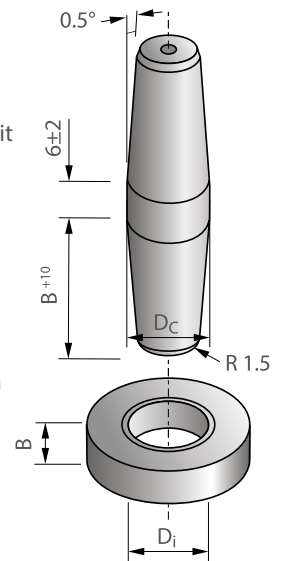


Abb. 30: Kalibrierdorn

INNEN-Ø DER BUCHSE NACH DEM EINPRESSEN	ANGESTRBTER INNEN-Ø	ERFORDERLICHER KALIBRIERDORN-Ø D_C
$D_{i,a}$	$D_{i,a} + 0,025$	$D_{i,a} + 0,06$
$D_{i,a}$	$D_{i,a} + 0,038$	$D_{i,a} + 0,08$
$D_{i,a}$	$D_{i,a} + 0,050$	$D_{i,a} + 0,1$

Tabelle 17: Maße für Kalibrierdorn

6.3 GESTALTUNG DER GEGENFLÄCHE

Die Eignung der Gegenwerkstoffe und Empfehlungen zur Oberflächengüte der Gegenfläche wurde detailliert auf Seite 20 behandelt.

DP4® wird normalerweise in Verbindung mit Wellen und Druckflächen aus Eisenmetallen eingesetzt. Doch in feuchter oder korrosiver Umgebung, und besonders beim Einsatz ohne Öl oder Fett, kommen rostfreier Stahl, hartverchromter Stahl, oder harteloxiertes Aluminium zum Einsatz. Wenn beschichtete Gegenflächen eingesetzt werden, muss die Beschichtung ausreichend fest und sicher mit dem Trägermaterial verbunden sein. Dies gilt besonders, wenn das Lager hohe wechselnde Lasten aufnehmen soll.

Die Welle oder Druckfläche, die als Gegenfläche für die DP4®-Buchse oder -Anlaufscheibe auftritt, muss über den Lagerwerkstoff hinausragen, so dass sie nicht hineinschneiden kann. Ebenfalls sollte sie keine Nuten oder Einstiche aufweisen. Das Wellenende sollte mit einer Einführfase versehen werden. Alle scharfen Kanten oder Erhebungen, die die weiche Laufschiene des DP4®-Lagers verletzen könnten, müssen entfernt werden.

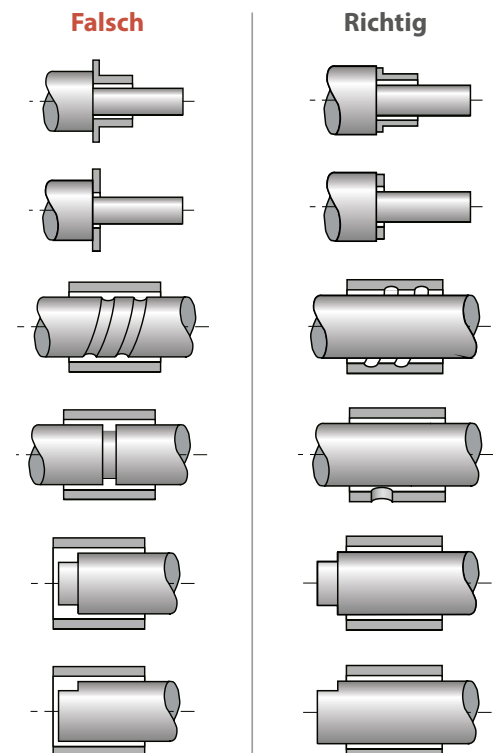


Abb. 31: Gestaltung der Gegenfläche

6 Lagereinbau

6.4 LAGEREINBAU

EINPRESSEN VON ZYLINDRISCHEN BUCHSEN

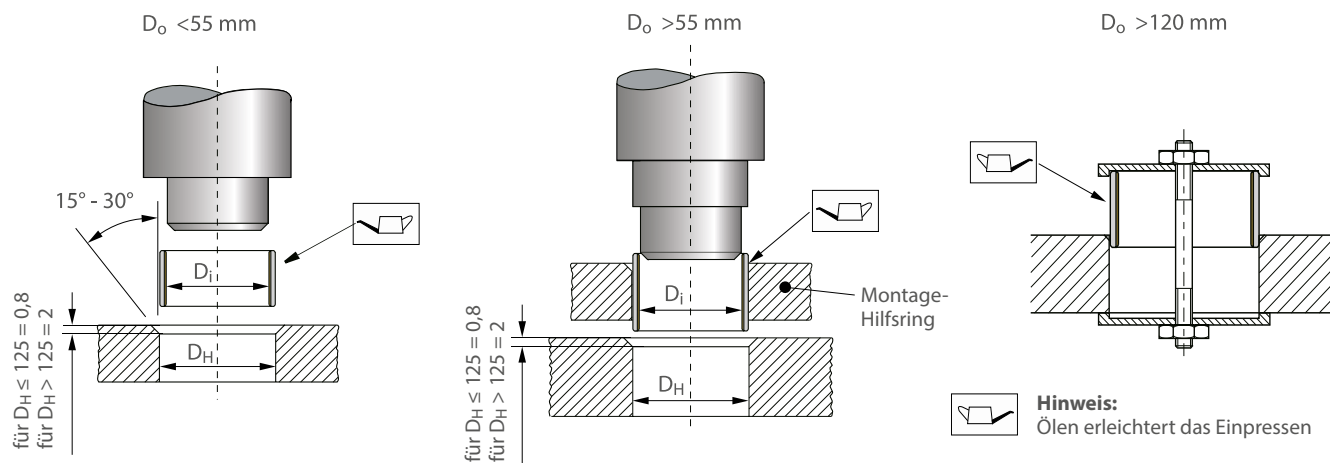


Abb. 32: Einpressen von zylindrischen Buchsen

EINPRESSEN VON BUNDBUCHSEN

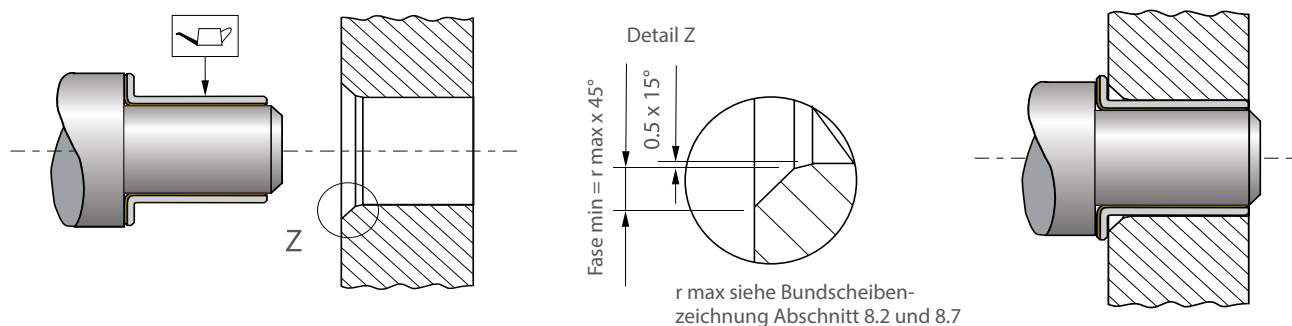


Abb. 33: Einpressen von Bundbuchsen

EINPRESSKRÄFTE

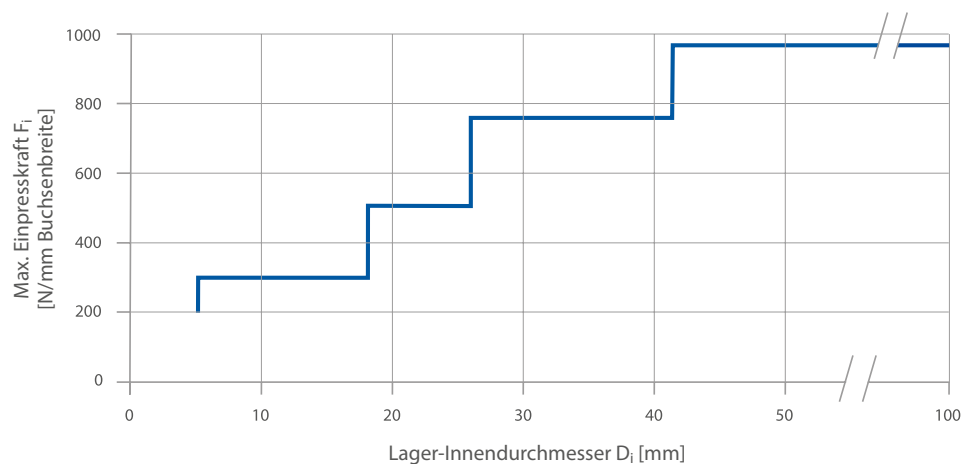


Abb. 34: Maximale Einpresskraft F_1

FLUCHTUNG

Eine genaue Fluchtung ist eine wichtige Voraussetzung für jede Lagerung. Bei DP4®-Radialgleitlagern sollten Fluchtungsfehler über die gesamte Breite einer Buchse (bzw. eines Buchsenpaares), oder bei einer Anlaufscheibe über den gesamten Durchmesser, nicht größer sein als 0,020 mm (siehe Abb. 35).

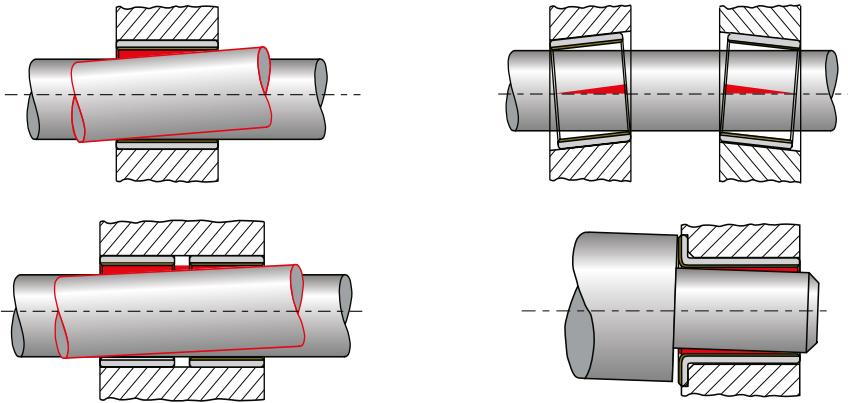


Abb. 35: Fluchtung

ABDICHTEN VON LAGERSTELLEN

DP4®-Lager verkraften das Eindringen verschmutzender Materialien durchaus ohne nennenswerte Verkürzung der Lebensdauer. Wenn jedoch die Möglichkeit besteht, dass hochgradig abrasive Materialien eindringen, sollte eine geeignete Dichtung vorgesehen werden (siehe Abb. 36).

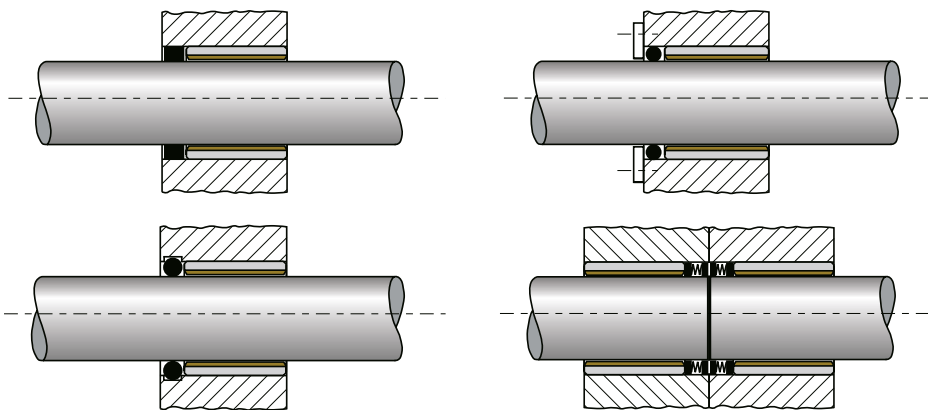


Abb. 36: Abdichten von Lagerstellen

6.5 AXIALFÜHRUNG

Wenn eine Axialführung notwendig ist, sollten DP4®-Anlaufscheiben zusammen mit DP4®-Buchsen eingesetzt werden, auch wenn die axiale Belastung gering ist.

EINBAU VON ANLAUFSCHLEIBEN

DP4®-Anlaufscheiben sollten in eine Eindrehung montiert werden (Abb. 37). Der Durchmesser der Eindrehung sollte 0,1- 0,15 mm größer sein als der Durchmesser der Anlaufscheibe. Die Tiefe sollte sich nach den Angaben in den Produkttabellen richten. Wenn ein Einbau mit Eindrehung nicht möglich ist, kann eine der folgenden Einbaumethoden angewendet werden:

- zwei Haltestifte
- zwei Schrauben
- Verkleben
- Weichlöten (Löttemperatur < 320 °C)

6 Lagereinbau

WICHTIGE HINWEISE

- Sicherstellen, dass der Innendurchmesser der Anlaufscheibe die Welle nach dem Einbau nicht berührt.
- Sicherstellen, dass die Anlaufscheibe mit dem Stahl-/Bronzerücken am Gehäuse anliegt.
- Haltestifte 0,25 mm tiefer als die Laufschriftfläche einbauen.
- Schrauben 0,25 mm tiefer als die Laufschriftfläche versenken.
- DP4® Lager nicht über 320 °C erwärmen.
- Zur Auswahl geeigneter Kleber mit Kleberherstellern in Verbindung setzen.
- Lageroberfläche vor Kontakt mit Kleber schützen.

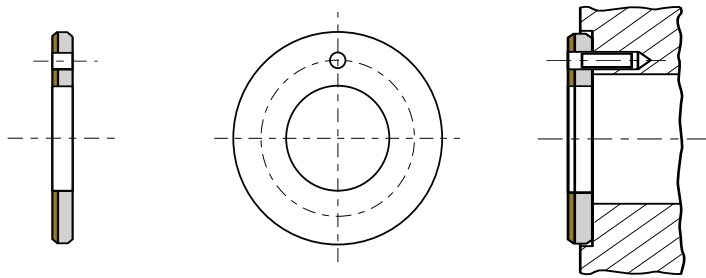


Abb. 37: Einbau von Anlaufscheiben

REINIGUNGSNUTEN

Bei spezifischen Belastungen über 35 MPa bringen Anlaufscheiben mit vier Reinigungsnuten optimale Ergebnisse bei Trockenlauf.

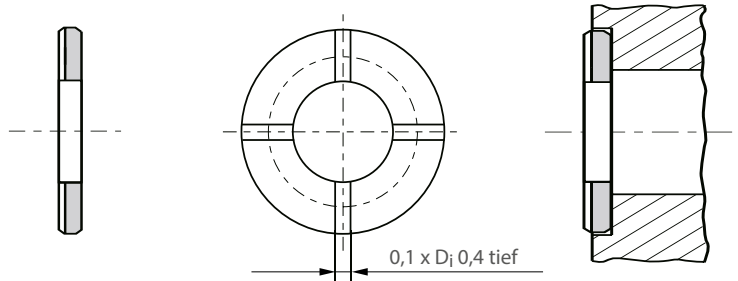


Abb. 38: Reinigungsnuten

GLEITSTREIFEN

DP4® Bandmaterial, das als Gleitstreifen eingesetzt wird, sollte wie folgt befestigt werden:

- mit Senkschrauben
- mit Industrieklebern
- durch Formschluss (siehe Abb. 39)

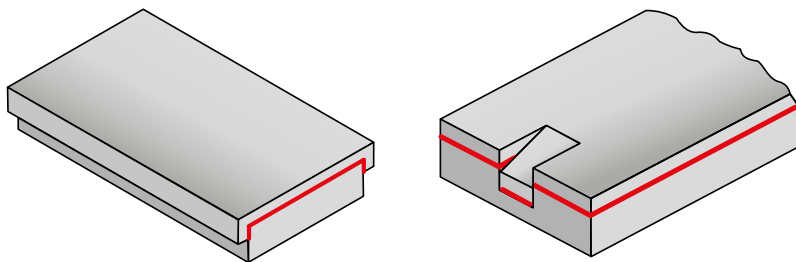


Abb. 39: Formschlüssige Befestigung von DP4-Gleitstreifen

7 Bearbeitung

7.1 SPANENDE/NICHT-SPANENDE BEARBEITUNG

Beim Bearbeiten von DP4®-Lagern müssen keine besonderen Vorschriften eingehalten werden. Um Gratbildung zu vermeiden, wird das Lager von der PTFE Seite aus bearbeitet. Wird es von der Stahlseite aus bearbeitet, sollte der Schnittdruck minimal sein. Stahl- oder Bronzepartikel, die in das verbleibende Lagermaterial ragen, sowie alle Grate müssen entfernt werden.

BOHREN VON ÖLZUFUHRSTELLEN

Buchsen müssen beim Bohren am Innendurchmesser ausreichend abgestützt werden, damit sie sich nicht durch den Bohrdruck verformen.

STREIFEN SCHNEIDEN

DP4®-Streifen können mit jedem der nachfolgenden Verfahren hergestellt werden:

- Fräsen, sofern der Streifen flach und sicher gehalten wird
- Stanzen
- Schneiden mit Tafel- oder Schlagschere
- Wasserstrahlschneiden
- Laserschneiden (siehe Warnung vor Gesundheitsgefährdung)

In allen Fällen muss darauf geachtet werden, dass die Laufschrift nicht beschädigt wird und die Streifen nicht deformiert werden.

7.2 GALVANISCHE OBERFLÄCHENBEHANDLUNG

DP4®-BAUTEILE

Um einen entsprechenden Schutz in leicht korrosiver Umgebung zu gewährleisten, wird auf den Stahlrücken und die Stirnflächen von Standard DP4®-Lagern eine dünne Zinn-Schicht aufgetragen.

DP4®-Lager können mit den meisten der gängigen Galvanikmetalle überzogen werden, darunter auch:

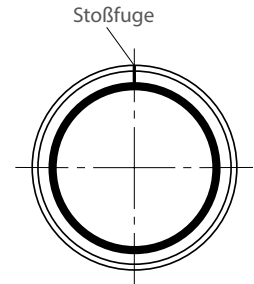
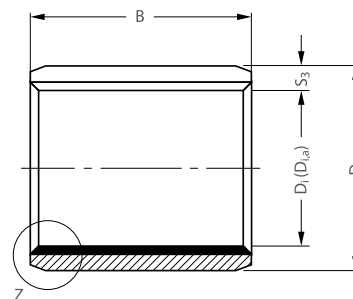
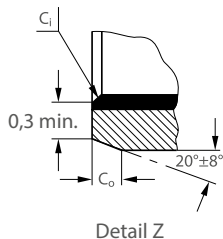
- Zink ISO 2081
- Nickel ISO 1456
- Hartverchromung

Bei härteren Materialien, wenn die galvanische Schichtdicke 5 µm übersteigt, muss der Gehäusedurchmesser um die zweifache galvanische Schichtdicke vergrößert werden. Dadurch bleibt der korrekte Innendurchmesser der Buchse nach dem Einbau erhalten.

Falls mit elektrolytischen Angriffen zu rechnen ist, sollten Versuche durchgeführt werden um sicherzustellen, dass alle Materialien in der Lagerumgebung gegenseitig unempfindlich sind.

8 Standardteile

8.1 DP4® ZYLINDRISCHE BUCHSEN



Maße [mm], Prüfung und Werkstoff nach ISO 3547 und GGB-Spezifikation

AUSSENFASEN C_o UND INNENFASEN C_i

WANDDICKE S_3	C_o (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
0,75	$0,5 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$
1,5	$0,6 \pm 0,4$	$-0,1 \text{ bis } -0,5$
1	$0,6 \pm 0,4$	$-0,1 \text{ bis } -0,7$

WANDDICKE S_3	C_o (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
2	$1,2 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,4$
2,5	$1,8 \pm 0,6$	$-0,2 \text{ bis } -1,0$

(a) = Fase C_o nach Ermessen des Herstellers bearbeitet oder gerollt

(b) = C_i kann Radius oder Fase sein, in Übereinstimmung mit ISO 13715

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.		
	D _i	D _o										
0203DP4	2	3,5	0,750 0,730	3,25 2,75	h6	2,000 1,994	H6	3,508 3,500	2,048 2,000	0,054 0,000		
0205DP4				5,25 4,75							3,000 2,994	4,508 4,500
0303DP4	3,25 2,75	4,000 3,992		5,508 5,500		4,048 4,000		0,056 0,000				
0305DP4	5,25 4,75											
0306DP4	6,25 5,75											
0403DP4	3,25 2,75											
0404DP4	4,25 3,75	4,990 4,978		7,015 7,000	5,055 4,990	0,077 0,000						
0406DP4	6,25 5,75						f7	5,990 5,978	H7	8,015 8,000	6,055 5,990	
0410DP4	10,25 9,75											
0505DP4	5,25 4,75											6,987 6,972
0508DP4	8,25 7,75											
0510DP4	10,25 9,75											
0604DP4	4,25 3,75											
0606DP4	6,25 5,75	7	9	1,005 0,980	5,25 4,75	10,25 9,75						
0608DP4	8,25 7,75											
0610DP4	10,25 9,75											
0705DP4	5,25 4,75											
0710DP4	10,25 9,75											

Alle Abmessungen in mm

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.	GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.	BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.
	D _i	D ₀						
0806DP4	8	10	1,005 0,980	6,25 5,75	7,987 7,972	10,015 10,000	8,055 7,990	0,083 0,003
0808DP4				8,25 7,75				
0810DP4				10,25 9,75				
0812DP4				12,25 11,75				
1006DP4	10	12		12,25 11,75	9,987 9,972	12,018 12,000	10,058 9,990	0,086 0,003
1008DP4				8,25 7,75				
1010DP4				10,25 9,75				
1012DP4				12,25 11,75				
1015DP4				15,25 14,75				
1020DP4				20,25 19,75				
1208DP4	12	14		8,25 7,75	11,984 11,966	14,018 14,000	12,058 11,990	0,092 0,006
1210DP4				10,25 9,75				
1212DP4				12,25 11,75				
1215DP4				15,25 14,75				
1220DP4				20,25 19,75				
1225DP4				25,25 24,75				
1310DP4	13	15		10,25 9,75	12,984 12,966	15,018 15,000	13,058 12,990	
1320DP4				20,25 19,75				
1405DP4	14	16		5,25 4,75	13,984 13,966	16,018 16,000	14,058 13,990	
1410DP4				10,25 9,75				
1412DP4				12,25 11,75				
1415DP4				15,25 14,75				
1420DP4				20,25 19,75				
1425DP4				25,25 24,75				
1510DP4	15	17		10,25 9,75	14,984 14,966	17,018 17,000	15,058 14,990	
1512DP4				12,25 11,75				
1515DP4				15,25 14,75				
1520DP4				20,25 19,75				
1525DP4				25,25 24,75				
1610DP4	16	18		10,25 9,75	15,984 15,966	18,018 18,000	16,058 15,990	
1612DP4				12,25 11,75				
1615DP4				15,25 14,75				
1620DP4				20,25 19,75				
1625DP4				25,25 24,75				
1720DP4	17	19		20,25 19,75	16,984 16,966	19,021 19,000	17,061 16,990	0,095 0,006

Alle Abmessungen in mm

8 Standardteile

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.	GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.	BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.
	D _i	D ₀						
1810DP4	18	20	1,005 0,980	10,25 9,75	17,984 17,966	20,021 20,000	18,061 17,990	0,095 0,006
1815DP4				15,25 14,75				
1820DP4				20,25 19,75				
1825DP4				25,25 24,75				
2010DP4	20	23	1,505 1,475	10,25 9,75	19,980 19,959	23,021 23,000	20,071 19,990	0,112 0,010
2015DP4				15,25 14,75				
2020DP4				20,25 19,75				
2025DP4				25,25 24,75				
2030DP4	30,25 29,75	21,980 21,959		25,021 25,000	22,071 21,990			
2215DP4	15,25 14,75							
2220DP4	20,25 19,75							
2225DP4	25,25 24,75							
2230DP4	30,25 29,75	23,980 23,959		27,021 27,000	24,071 23,990			
2415DP4	15,25 14,75							
2420DP4	20,25 19,75							
2425DP4	25,25 24,75							
2430DP4	30,25 29,75	24,980 24,959		28,021 28,000	25,071 24,990			
2515DP4	15,25 14,75							
2520DP4	20,25 19,75							
2525DP4	25,25 24,75							
2530DP4	30,25 29,75	27,980 27,959		32,025 32,000	28,085 27,990			
2550DP4	50,25 49,75							
2815DP4	15,25 14,75							
2820DP4	20,25 19,75							
2825DP4	25,25 24,75	29,980 29,959		34,025 34,000	30,085 29,990			
2830DP4	30,25 29,75							
3010DP4	10,25 9,75							
3015DP4	15,25 14,75							
3020DP4	20,25 19,75	31,975 31,950		36,025 36,000	32,085 31,990			
3025DP4	25,25 24,75							
3030DP4	30,25 29,75							
3040DP4	40,25 39,75							
3220DP4	20,25 19,75	32	36	31,975 31,950	36,025 36,000	32,085 31,990	0,135 0,015	
3230DP4	30,25 29,75							
3240DP4	40,25 39,75							

Alle Abmessungen in mm

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.	BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.	
	D _i	D _o								
3520DP4	35	39	2,005 1,970	20,25 19,75	34,975 34,950	f7	H7	39,025 39,000	35,085 34,990	0,135 0,015
3530DP4				30,25 29,75						
3535DP4				35,25 34,75						
3540DP4				40,25 39,75						
3550DP4				50,25 49,75						
3720DP4	37	41		20,25 19,75	36,975 36,950		41,025 41,000	37,085 36,990		
4020DP4	40	44		20,25 19,75	39,975 39,950		44,025 44,000	40,085 39,990		
4030DP4				30,25 29,75						
4040DP4				40,25 39,75						
4050DP4				50,25 49,75						
4520DP4	45	50	20,25 19,75	44,975 44,950	50,025 50,000	45,105 44,990	0,155 0,015			
4530DP4			30,25 29,75							
4540DP4			40,25 39,75							
4545DP4			45,25 44,75							
4550DP4			50,25 49,75							
5020DP4	50	55	20,25 19,75	49,975 49,950	55,030 55,000	50,110 49,990	0,160 0,015			
5030DP4			30,25 29,75							
5040DP4			40,25 39,75							
5050DP4			50,25 49,75							
5060DP4			60,25 59,75							
5520DP4	55	60	20,25 19,75	54,970 54,940	60,030 60,000	55,110 54,990	0,170 0,020			
5525DP4			25,25 24,75							
5530DP4			30,25 29,75							
5540DP4			40,25 39,75							
5550DP4			50,25 49,75							
5555DP4			55,25 54,75							
5560DP4			60,25 59,75							
6020DP4	60	65	20,25 19,75	59,970 59,940	65,030 65,000	60,110 59,990	0,170 0,020			
6030DP4			30,25 29,75							
6040DP4			40,25 39,75							
6050DP4			50,25 49,75							
6060DP4			60,25 59,75							
6070DP4			70,25 69,75							

Alle Abmessungen in mm

8 Standardteile

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.
	D _i	D _o								
6530DP4	65	70	2,505 2,460	30,25 29,75	f7	64,970 64,940	70,030 70,000	65,110 64,990	0,170 0,020	
6550DP4				50,25 49,75						
6570DP4				70,25 69,75						
7040DP4	40,25 39,75	69,970 69,940		75,030 75,000		70,110 69,990				
7050DP4	50,25 49,75									
7070DP4	70,25 69,75									
7560DP4	75	80		60,25 59,75	74,970 74,940	80,030 80,000	75,110 74,990			
7580DP4				80,25 79,75						
8040DP4	80	85		2,490 2,440	40,50 39,50	80,000 79,946	85,035 85,000	80,155 80,020		0,209 0,020
8060DP4			60,50 59,50							
8080DP4			80,50 79,50							
80100DP4			100,50 99,50							
8530DP4	85	90	30,50 29,50		85,000 84,946	90,035 90,000	85,155 85,020			
8560DP4			60,50 59,50							
85100DP4			100,50 99,50							
9060DP4	90	95	60,50 59,50		90,000 89,946	95,035 95,000	90,155 90,020			
90100DP4			100,50 99,50							
9560DP4	95	100	60,50 59,50		95,000 94,946	100,035 100,000	95,155 95,020			
95100DP4			100,50 99,50							
10050DP4	100	105	50,50 49,50		100,000 99,946	105,035 105,000	100,155 100,020			
10060DP4			60,50 59,50							
100115DP4			115,50 114,50							
10560DP4	105	110	60,50 59,50		105,000 104,946	110,035 110,000	105,155 105,020			
105115DP4			115,50 114,50							
11060DP4	110	115	60,50 59,50		110,000 109,946	115,035 115,000	110,155 110,020			
110115DP4			115,50 114,50							
11550DP4	115	120	50,50 49,50		115,000 114,946	120,035 120,000	115,155 115,020			
11570DP4			70,50 69,50							
12050DP4	120	125	2,465 2,415	50,50 49,50	120,000 119,946	125,040 125,000	120,210 120,070	0,264 0,070		
12060DP4				60,50 59,50						
120100DP4				100,50 99,50						
125100DP4	125	130		100,50 99,50	125,000 124,937	130,040 130,000	125,210 125,070	0,273 0,070		
13060DP4	130	135		60,50 59,50						
130100DP4				100,50 99,50						

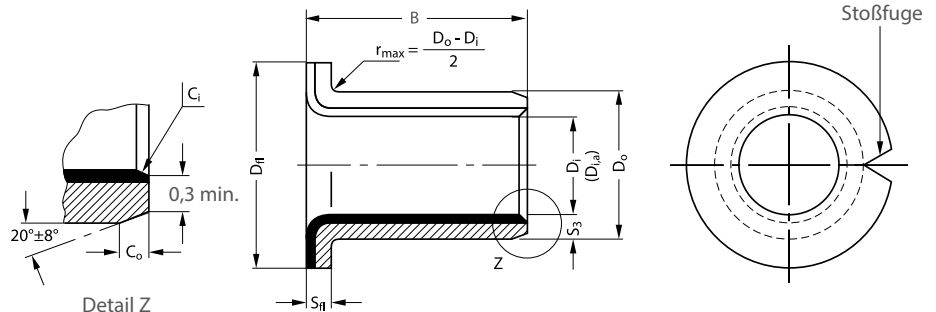
Alle Abmessungen in mm

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.
	D _i	D _o								
13560DP4	135	140	2,465 2,415	60,50 59,50	h8	135,000 134,937	H7	140,040 140,000	135,210 135,070	0,273 0,070
13580DP4				80,50 79,50						
14060DP4	140	145		60,50 59,50		150,000 149,937		155,040 155,000	150,210 150,070	
140100DP4										
15060DP4	150	155		60,50 59,50	h8	160,000 159,937		165,040 165,000	160,210 160,070	
15080DP4				80,50 79,50						
150100DP4				100,50 99,50						
16080DP4	160	165		80,50 79,50		180,000 179,937		185,046 185,000	180,216 180,070	
160100DP4				100,50 99,50						
180100DP4	180	185		210,000 209,928		215,046 215,000		210,216 210,070		
200100DP4	200	205		220,000 219,928		225,046 225,000		220,216 220,070		
210100DP4	210	215		250,000 249,928		255,052 255,000		250,222 250,070		
220100DP4	220	225		300,000 299,919		305,052 305,000		300,222 300,070		
250100DP4	250	255								
300100DP4	300	305								

Alle Abmessungen in mm

8 Standardteile

8.2 DP4® BUNDBUCHSEN



Maße [mm], Prüfung und Werkstoff nach ISO 3547 und GGB-Spezifikation

AUSSENFASEN C_o UND INNENFASEN C_i

WANDDICKE S_3	C_o (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
0,75	$0,5 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$
1,5	$0,6 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$
1	$0,6 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$

WANDDICKE S_3	C_o (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
2	$1,2 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,4$
2,5	$1,8 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,4$

(a) = Fase C_o nach Ermessen des Herstellers bearbeitet oder gerollt

(b) = C_i kann Radius oder Fase sein, in Übereinstimmung mit ISO 13715

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BUND- DICKE S _H max. min.	BUND-Ø D _H max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.
	D _i	D _o										
BB0304DP4	3	4,5	0,750 0,730	0,80 0,70	7,50 6,50	4,25 3,75	h6	3,000 2,994	H6	4,508 4,500	3,048 3,000	0,054 0,000
BB0404DP4	4	5,5			9,50 8,50	4,25 3,75		4,000 3,992		5,508 4,500	4,048 4,000	0,056 0,000
BB0505DP4	5	7	1,005 0,980	1,05 0,80	10,50 9,50	5,25 4,75	f7	4,990 4,978	H7	7,015 7,000	5,055 4,990	0,077 0,000
BB0604DP4	6	8			12,50 11,50	4,25 3,75		5,990 5,978		8,015 8,000	6,055 5,990	0,077 0,000
BB0608DP4						8,25 7,75						
BB0806DP4	8	10			15,50 14,50	5,75 5,25		7,987 7,972		10,015 10,000	8,055 7,990	0,083 0,003
BB0808DP4						7,75 7,25						
BB0810DP4						9,75 9,25						
BB1007DP4	10	12			18,50 17,50	7,25 6,75		9,987 9,972		12,018 12,000	10,058 9,990	0,086 0,003
BB1009DP4						9,25 8,75						
BB1012DP4						12,25 11,75						
BB1017DP4	12	14			20,50 19,50	17,25 16,75		11,984 11,966		14,018 14,000	12,058 11,990	0,092 0,006
BB1207DP4						7,25 6,75						
BB1209DP4						9,25 8,75						
BB1212DP4						12,25 11,75						
BB1217DP4						17,25 16,75						
BB1412DP4	14	16			22,50 21,50	12,25 11,75		13,984 13,966		16,018 16,000	14,058 13,990	
BB1417DP4						17,25 16,75						

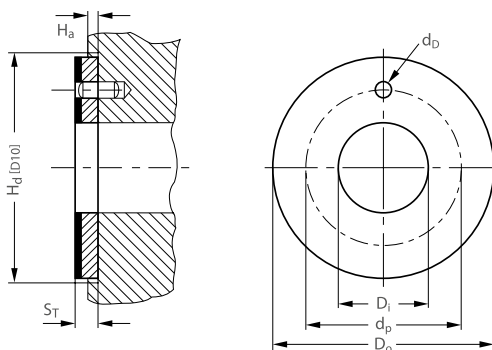
Alle Abmessungen in mm

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BUND- DICKE S _{fl} max. min.	BUND-Ø D _{fl} max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.		
BB1509DP4	15	17	1,005 0,980	1,05 0,80	23,50 22,50	9,25 8,75	14,984 14,966		17,018 17,000	15,058 14,990	0,092 0,006			
BB1512DP4						12,25 11,75								
BB1517DP4						17,25 16,75								
BB1612DP4	16	18			24,50 23,50	12,25 11,75	15,984 15,966	18,018 18,000	16,058 15,990					
BB1617DP4						17,25 16,75								
BB1812DP4	18	20			26,50 25,50	12,25 11,75	17,984 17,966	20,021 20,000	18,061 17,990	0,095 0,006				
BB1817DP4						17,25 16,75								
BB1822DP4						22,25 21,75								
BB2012DP4	20	23	1,505 1,475	1,60 1,30	30,50 29,50	11,75 11,25	19,980 19,959	H7	23,021 23,000	20,071 19,990	0,112 0,010			
BB2017DP4						16,75 16,25								
BB2022DP4						21,75 21,25								
BB2512DP4	25	28			35,50 34,50	11,75 11,25	24,980 24,959	28,021 28,000	25,071 24,990					
BB2517DP4						16,75 16,25								
BB2522DP4						21,75 21,25								
BB3016DP4	30	34					42,50 41,50	16,25 15,75	29,980 29,959			34,025 34,000	30,085 29,990	0,126 0,010
BB3026DP4								26,25 25,75						
BB3516DP4	35	39	47,50 46,50	16,25 15,75			34,975 34,950	39,025 39,000	35,085 34,990	0,135 0,015				
BB3526DP4				26,25 25,75										
BB4016DP4	40	44	53,50 52,50	16,25 15,75			39,975 39,950	44,025 44,000	40,085 39,990					
BB4026DP4				26,25 25,75										
BB4516DP4	45	50	2,505 2,460	2,60 2,30			58,50 57,50	16,25 15,75	44,975 44,950		50,025 50,000	45,105 44,990	0,155 0,015	
BB4526DP4								26,25 25,75						

Alle Abmessungen in mm

8 Standardteile

8.3 DP4® ANLAUFSCHLEIBEN

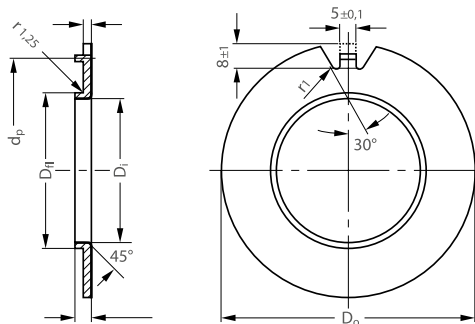


Maße [mm], Prüfung und Werkstoff nach ISO 3547 und GGB-Spezifikation

BESTELL-NR.	INNENDURCHMESSER D _i		AUßENDURCHMESSER D _o		DICKE S _T max. min.	STIFTLOCH PCD Ø d _p		EINDREHTIEFE H _a max. min.
	max.	min.	max.	min.		Ø d _D max. min.	max. min.	
WC08DP4	10,25	10,00	20,00	19,75	1,50 1,45	Kein Schmierloch	Kein Schmierloch	1,20 0,95
WC10DP4	12,25	12,00	24,00	23,75		1,875 1,625	18,12 17,88	
WC12DP4	14,25	14,00	26,00	25,75		2,375 2,125	20,12 19,88	
WC14DP4	16,25	16,00	30,00	29,75			22,12 21,88	
WC16DP4	18,25	18,00	32,00	31,75			25,12 24,88	
WC18DP4	20,25	20,00	36,00	35,75		3,375 3,125	28,12 27,88	
WC20DP4	22,25	22,00	38,00	37,75			30,12 29,88	
WC22DP4	24,25	24,00	42,00	41,75			33,12 32,88	
WC24DP4	26,25	26,00	44,00	43,75		4,375 4,125	35,12 34,88	
WC25DP4	28,25	28,00	48,00	47,75			38,12 37,88	
WC30DP4	32,25	32,00	54,00	53,75			43,12 42,88	
WC35DP4	38,25	38,00	62,00	61,75			50,12 49,88	
WC40DP4	42,25	42,00	66,00	65,75			54,12 53,88	
WC45DP4	48,25	48,00	74,00	73,75	61,12 60,88			
WC50DP4	52,25	52,00	78,00	77,75	2,00 1,95		65,12 64,88	1,70 1,45
WC60DP4	62,25	62,00	90,00	89,75		76,12 75,88		

Alle Abmessungen in mm

8.4 DP4® BUNDSCHLEIBEN



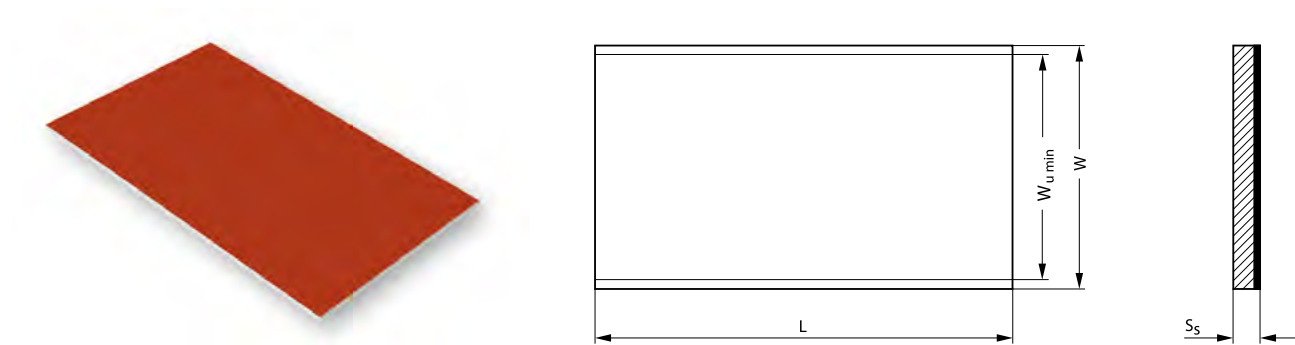
Maße [mm], Prüfung und Werkstoff nach ISO 3547 und GGB-Spezifikation

BESTELL-NR.	INNENDURCHMESSER D_i max. min.	AUßENDURCHMESSER D_o max. min.	BUND-Ø D_f max. min.	LOCHKREIS-Ø d_p max. min.
BS40DP4	40,7 40,2	75,0 74,5	44,00 43,90	65,0 64,5
BS50DP4	51,5 51,0	85,0 84,5	55,00 54,88	75,0 74,5
BS60DP4	61,5 61,0	95,0 94,5	65,00 64,88	85,0 84,5
BS70DP4	71,5 71,0	110,0 109,5	75,00 74,88	100,0 99,5
BS80DP4	81,5 81,0	120,0 119,5	85,00 84,86	110,0 109,5
BS90DP4	91,5 91,0	130,0 129,5	95,00 94,86	120,0 119,5
BS100DP4	101,5 101,0	140,0 139,5	105,00 104,86	130,0 129,5

Alle Abmessungen in mm

8 Standardteile

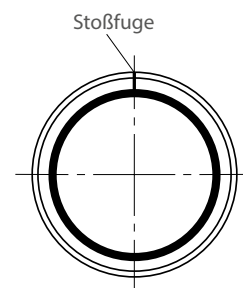
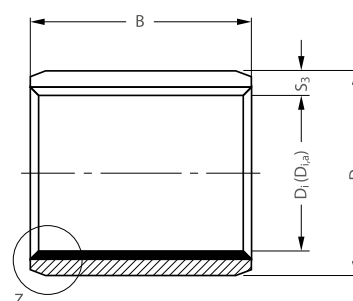
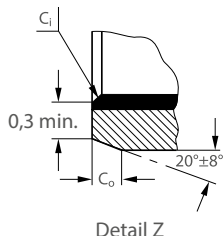
8.5 DP4® GLEITSTREIFEN



BESTELL-NR.	LÄNGE L max. min.	GESAMTBREITE W	NUTZBREITE W _u min	DICKE S _s max. min.
S10190DP4	503 500	200	190	1,01
S15190DP4				0,97
S20190DP4				1,52
S25240DP4		254	240	1,48
S15240DP4				1,98
				1,94
				1,52
				1,48
				2,46
				2,42

Alle Abmessungen in mm

8.6 DP4-B ZYLINDRISCHE BUCHSEN



Maße [mm], Prüfung und Werkstoff nach ISO 3547 und GGB-Spezifikation

AUSSENFASEN C_o UND INNENFASEN C_i

WANDDICKE S_3	C_o (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
0,75	$0,5 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$
1,5	$0,6 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$
1	$0,6 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$

WANDDICKE S_3	C_o (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
2	$1,2 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,4$
2,5	$1,8 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,4$

(a) = Fase C_o nach Ermessen des Herstellers bearbeitet oder gerollt

(b) = C_i kann Radius oder Fase sein, in Übereinstimmung mit ISO 13715

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.										
0203DP4B	2	3,5	0,750 0,730	3,25 2,75	h6	2,000 1,994	H6	3,508 3,500	2,048 2,000	0,054 0,000										
0205DP4B				5,25 4,75																
0306DP4B	3	4,5		6,25 5,75							3,000 2,994	4,508 4,500	3,048 3,000							
0404DP4B				4,25 3,75										4,000 3,992	5,508 5,500	4,048 4,000	0,056 0,000			
0406DP4B	4	5,5		6,25 5,75							4,990 4,978	7,015 7,000	5,055 4,990					0,077 0,000		
0505DP4B				5										7	5,25 4,75	5,990 5,978	8,015 8,000		6,055 5,990	
0510DP4B	10,25 9,75	7,987 7,972	10,015 10,000		8,055 7,990	0,083 0,003														
0606DP4B	6			8			6,25 5,75	9,987 9,972	12,018 12,000	10,058 9,990				0,086 0,003						
0608DP4B							8,25 7,75								11,984 11,966					14,018 14,000
0610DP4B	10,25 9,75			12,25 11,75			15,25 14,75													
0808DP4B	8,25 7,75										12,25 11,75	15,25 14,75								
0810DP4B	10,25 9,75												12,25 11,75			15,25 14,75				
0812DP4B	12,25 11,75	12,25 11,75	15,25 14,75																	
1010DP4B	10				12	10,25 9,75		12,25 11,75	15,25 14,75											
1015DP4B						15,25 14,75				12,25 11,75				15,25 14,75						
1208DP4B	12			14	8,25 7,75	12,25 11,75	15,25 14,75													
1210DP4B					10,25 9,75						12,25 11,75	15,25 14,75								
1212DP4B					12,25 11,75								12,25 11,75		15,25 14,75					
1215DP4B		15,25 14,75	12,25 11,75		15,25 14,75															

Alle Abmessungen in mm

8 Standardteile

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.	GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.	BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.	
	D _i	D ₀							
1410DP4B	14	16	1,005 0,980	10,25 9,75	13,984 13,966	16,018 16,000	14,058 13,990	0,092 0,006	
1415DP4B				15,25 14,75					
1420DP4B				20,25 19,75					
1515DP4B	15	17		15,25 14,75	14,984 14,966	17,018 17,000	15,058 14,990		
1525DP4B				25,25 24,75					
1615DP4B	16	18		15,25 14,75	15,984 15,966	18,018 18,000	16,058 15,990		
1625DP4B				25,25 24,75					
1820DP4B	18	20		20,25 19,75	17,984 17,966	20,021 20,000	18,061 17,990		0,095 0,006
1825DP4B				25,25 24,75					
2015DP4B	20	23	1,505 1,475	15,25 14,75	19,980 19,959	23,021 23,000	20,071 19,990	0,112 0,010	
2020DP4B				20,25 19,75					
2025DP4B				25,25 24,75					
2030DP4B	30,25 29,75	21,980 21,959		25,021 25,000	22,071 21,990				
2215DP4B	15,25 14,75								
2220DP4B	20,25 19,75								
2225DP4B	22	25		25,25 24,75	24,980 24,959	28,021 28,000	25,071 24,990		
2515DP4B				15,25 14,75					
2525DP4B				25,25 24,75					
2830DP4B	28	32	2,005 1,970	30,25 29,75	27,980 27,959	32,025 32,000	28,085 27,990	0,126 0,010	
3020DP4B	30	34		20,25 19,75	29,980 29,959	34,025 34,000	30,085 29,990		
3030DP4B				30,25 29,75					
3040DP4B	35	39		40,25 39,75	34,975 34,950	39,025 39,000	35,085 34,990	0,135 0,015	
3520DP4B				20,25 19,75					
3530DP4B				30,25 29,75					
4030DP4B	40	44		30,25 29,75	39,975 39,950	44,025 44,000	40,085 39,990		
4050DP4B				50,25 49,75					
4530DP4B	45	50		30,25 29,75	44,975 44,950	50,025 50,000	45,105 44,990	0,155 0,015	
4550DP4B			50,25 49,75						
5040DP4B	50	55	40,25 39,75	49,975 49,950	55,030 55,000	50,110 49,990	0,160 0,015		
5060DP4B			60,25 59,75						
5540DP4B	55	60	2,505 2,460	40,25 39,75	54,970 54,940	60,030 60,000	55,110 54,990	0,170 0,020	
6040DP4B	60	65		40,25 39,75	59,970 59,940	65,030 65,000	60,110 59,990		
6050DP4B				50,25 49,75					
6060DP4B				60,25 59,75					
6070DP4B				70,25 69,75					

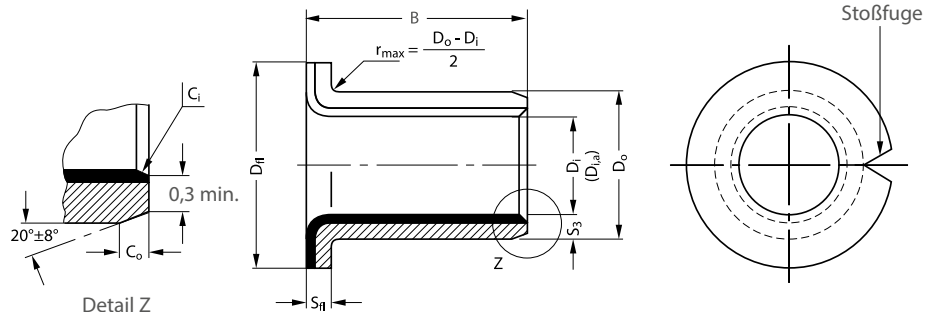
Alle Abmessungen in mm

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8]		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.	BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.
	D _i	D _o							
6570DP4B	65	70	2,505 2,460	70,25 69,75	f7	64,970 64,940	H7	70,030 70,000	0,170 0,020
7050DP4B	70	75		50,25 49,75		69,970 69,940		75,030 75,000	
7070DP4B				70,25 69,75					
7580DP4B	75	80		80,25 79,75		74,970 74,940		80,030 80,000	
8060DP4B	80	85	2,490 2,440	60,50 59,50	h8	80,000 79,946	H7	85,035 85,000	0,201 0,020
80100DP4B				100,50 99,50					
85100DP4B	85	90		100,50 99,50	85,000 84,946	90,035 90,000		85,155 85,020	0,209 0,020
9060DP4B	90	95		60,50 59,50	90,000 89,946	95,035 95,000			
90100DP4B				100,50 99,50					
95100DP4B	95	100		100,50 99,50	95,000 94,946	100,035 100,000		95,155 95,020	
10060DP4B	100	105		60,50 59,50	100,000 99,946	105,035 105,000		100,155 100,020	
100115DP4B				115,50 114,50					
105115DP4B	105	110		115,50 114,50	105,000 104,946	110,035 110,000		105,155 105,020	
110115DP4B	110	115		115,50 114,50	110,000 109,946	115,035 115,000		115,155 115,020	

Alle Abmessungen in mm

8 Standardteile

8.7 DP4-B BUNDBUCHSEN



Maße [mm], Prüfung und Werkstoff nach ISO 3547 und GGB-Spezifikation

AUSSENFASEN C₀ UND INNENFASEN C_i

WANDDICKE S ₃	C ₀ (a) BEARBEITET / GEROLLT	C _i (b)
0,75	0,5 ± 0,3	0,5 ± 0,3
1,5	0,6 ± 0,4	0,6 ± 0,4
1	0,6 ± 0,4	0,6 ± 0,4

WANDDICKE S ₃	C ₀ (a) BEARBEITET / GEROLLT	C _i (b)
2	1,2 ± 0,4	1,0 ± 0,4
2,5	1,8 ± 0,6	1,2 ± 0,4

(a) = Fase C₀ nach Ermessen des Herstellers bearbeitet oder gerollt

(b) = C_i kann Radius oder Fase sein, in Übereinstimmung mit ISO 13715

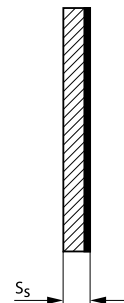
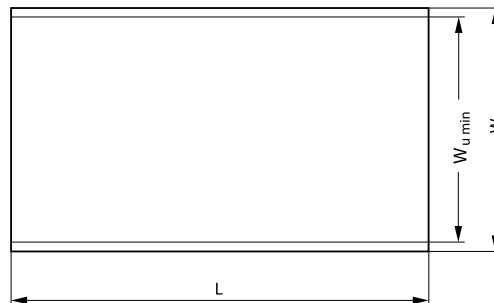
BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BUND- DICKE S _{fl} max. min.	BUND-Ø D _{fl} max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h6, f7, h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.	BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.	
	D _i	D _o										
BB0304DP4B	3	4,5	0,750 0,730	0,80 0,70	7,50 6,50	4,25 3,75	h6	3,000 2,994	H6	4,508 4,500	3,048 3,000	0,054 0,000
BB0404DP4B	4	5,5			9,50 8,50	4,25 3,75		4,000 3,992		5,508 4,500	4,048 4,000	0,056 0,000
BB0505DP4B	5	7	1,005 0,980	1,05 0,80	10,50 9,50	5,25 4,75	f7	4,990 4,978	H7	7,015 7,000	5,055 4,990	0,077 0,000
BB0604DP4B	6	8			12,50 11,50	4,25 3,75		5,990 5,978		8,015 8,000	6,055 5,990	0,077 0,000
BB0608DP4B						8,25 7,75						
BB0806DP4B	8	10			15,50 14,50	5,75 5,25		7,987 7,972		10,015 10,000	8,055 7,990	0,083 0,003
BB0810DP4B						9,75 9,25						
BB1007DP4B	10	12			18,50 17,50	7,25 6,75		9,987 9,972		12,018 12,000	10,058 9,990	0,086 0,003
BB1012DP4B						12,25 11,75						
BB1207DP4B	12	14			20,50 19,50	7,25 6,75		11,984 11,966		14,018 14,000	12,058 11,990	0,092 0,006
BB1209DP4B						9,25 8,75						
BB1212DP4B						12,25 11,75						
BB1417DP4B	14	16			22,50 21,50	17,25 16,75		13,984 13,966		16,018 16,000	14,058 13,990	
BB1512DP4B	15	17			23,50 22,50	12,25 11,75		14,984 14,966		17,018 17,000	15,058 14,990	
BB1517DP4B						17,25 16,75						
BB1612DP4B	16	18			24,50 23,50	12,25 11,75		15,984 15,966		18,018 18,000	16,058 15,990	
BB1617DP4B						17,25 16,75						

Alle Abmessungen in mm

BESTELL-NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BUND- DICKE S _{fl} max. min.	BUND-Ø D _{fl} max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _j [h6, f7, h8] max. min.	GEHÄUSE-Ø D _H [H6, H7] max. min.	BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEBAUT IN H6/H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _D max. min.	
BB1812DP4B	18	20	1,005	1,05	26,50	12,25	f7	17,984	20,021	18,061	0,095
BB1822DP4B			0,980	0,80	25,50	22,25 21,75				17,966	20,000
BB2012DP4B	20	22	1,505 1,475	1,60 1,30	30,50	11,75 11,25		19,980 19,959	23,021 23,000	20,071 19,990	0,112 0,010
BB2017DP4B					29,50	16,75 16,25					
BB2512DP4B	25	28			35,50	11,75 11,25		24,980 24,959	28,021 28,000	25,071 24,990	
BB2522DP4B					34,50	21,75 21,25					
BB3016DP4B	30	34	2,005 1,970	2,10 1,80	42,50	16,25 15,75		29,980 29,959	34,025 34,000	30,085 29,990	0,126
BB3026DP4B					41,50	26,25 25,75					0,010
BB3526DP4B	35	39			47,50 46,50	26,25 25,75		34,975 34,950	39,025 39,000	35,085 34,990	0,135 0,015
BB4026DP4B	40	44			53,50 52,50	26,25 25,75		39,975 39,950	44,025 44,000	40,085 39,990	0,135 0,015
BB4526DP4B	45	50	2,505 2,460	2,60 2,30	58,50 57,50	26,25 25,75		44,975 44,950	50,025 50,000	45,105 44,990	0,155 0,015

Alle Abmessungen in mm

8.8 DP4-B GLEITSTREIFEN



BESTELL-NR.	LÄNGE L max. min.	GESAMTBREITE W	NUTZBREITE W_U min	DICKE S_s max. min.
S07085DP4B	503 500	95	85	0,74 0,70
S10180DP4B		195	180	0,74 0,70
S15180DP4B				1,52 1,48
S20180DP4B				1,98 1,94
S25180DP4B				2,46 2,42

Alle Abmessungen in mm

9 Prüfmethoden

9.1 PRÜFUNG VON GEROLLTEN BUCHSEN

Gerollte Buchsen sind in freiem Zustand nicht formstabil und die Stoßfuge ist geöffnet. Sie passen sich aber nach dem Einpressen in die Gehäuse-Aufnahmebohrung DH weitgehend der Form der Gehäuse-Aufnahmebohrung an. Dies geschieht infolge des Übermaßes zwischen dem Buchsen-Außendurchmesser D_o und der Gehäuse-Aufnahmebohrung DH. Aus diesem Grund können der Außendurchmesser und der Innendurchmesser gerollter Buchsen nur mit speziellen Prüfeinrichtungen und Prüfmitteln geprüft werden.

Die Prüfmethoden sind in ISO 3547 Teil 1 bis 7 festgelegt.

PRÜFUNG A NACH ISO 3547 TEIL 2

Prüfen des Außendurchmessers D_o in einer Prüfvorrichtung mit Prüfaufnahme und Einstelldorn.

PRÜFUNG A NACH ISO 3547 TEIL 2 (AN 2015DP4®)	
Prüfaufnahme und Einstelldorn $d_{ch,1}$	23,062 mm
Prüfkraft F_{ch}	4500 N
Grenzwerte für Δz	0 und -0,065 mm
Außendurchmesser D_o	23,035 bis 23,075 mm

Tabelle 18: Prüfung A nach ISO 3547 Teil 2

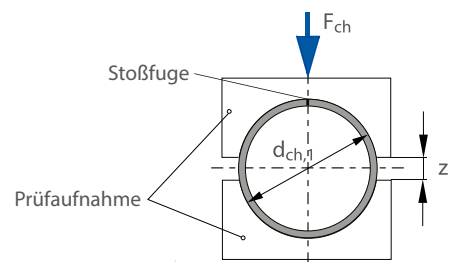


Abb.40 : Prüfung A, Beispiel für die Zeichnungseintragung

PRÜFUNG C NACH ISO 3547 TEIL 1

Zur Prüfung des Innendurchmessers $D_{i,a}$ ist die Buchse in einen Lehring einzupressen, dessen Nenndurchmesser den Maßen nach ISO 3547, Teil 1, Tabelle 6 entspricht. Die übrige Ausführung des Lehrings muss DIN 31672 entsprechen. Der Innendurchmesser wird mit einem 3-Punkt-Messgerät oder mit einem Gut- und Ausschusslehrdorn gelehrt.

PRÜFEN DER WANDDICKE (NACH VEREINBARUNG)

Die Buchse wird kontinuierlich auf einer, zwei oder drei vorgegebenen oder vereinbarten Messlinien gemessen.

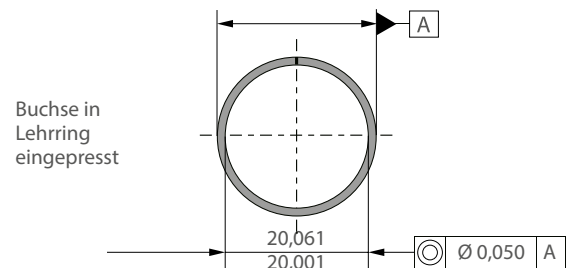


Abb.41 : Prüfung C, Beispiel für die Zeichnungseintragung

B [mm]	X [mm]	ANZAHL DER MESSLINIEN
≤15	B/2	1
>15 ≤50	4	2
>50 ≤90	6 und B/2	3
>90	8 und B/2	3

Tabelle 19: Anzahl der Messlinien für die Wanddickenprüfung

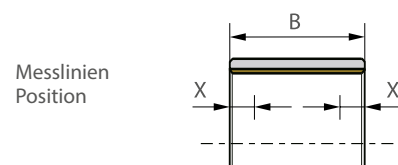


Abb.42 : Messlinien für die Wanddickenprüfung

PRÜFUNG D NACH ISO 3547 TEIL 2

Prüfen des Außendurchmessers mit Präzisions-Messband für $D_i > 120$ mm.

Bitte füllen Sie das nachstehende Formular aus und leiten Sie es an Ihren Ansprechpartner weiter.

DATEN ZUR GLEITLAGERAUSLEGUNG

Anwendung: _____

Projekt / Nr.: _____ Stückzahl: _____ ☐ Neukonstruktion ☐ bestehende Konstruktion
☐ Punktlast ☐ Umfangslast ☐ Rotierende Bewegung ☐ Oszillierende Bewegung ☐ Linearbewegung

ABMESSUNGEN [mm]

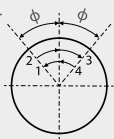
Innendurchmesser	D_i	
Außendurchmesser	D_o	
Lagerbreite	B	
Bunddurchmesser	D_{fl}	
Bunddicke	B_{fl}	
Scheibendicke	S_T	
Streifenlänge	L	
Streifenbreite	W	
Streifendicke	S_s	

LAST

☐ Statische Belastung	
☐ Dynamische Belastung	
Axialbelastung F	[N]
Radialbelastung F	[N]

BEWEGUNGSART

Drehzahl	N [1/min]	
Geschwindigkeit	U [m/s]	
Hublänge	L_s [mm]	
Hubfrequenz	[1/min]	
Oszillations- zyklus	ϕ [°]	



Oszillationsfrequenz N_{osz}	[1/min]	
--------------------------------	---------	--

GEGENWERKSTOFF

Werkstoff	
Härte	HB/HRC
Rauheit	R_a [µm]

PASSUNGEN & TOLERANZEN

Welle	D_j	
Lagergehäuse	D_H	

BETRIEBSUMGEBUNG

Umgebungstemperatur T_{amb}	[°]	
Werkstoff des Lagergehäuses		
☐ Gehäuse mit guten Wärmeübertragungseigenschaften		
☐ Leichte Pressteile oder isoliertes Gehäuse mit schlechten Wärmeübertragungseigenschaften		
☐ Nichtmetallisches Gehäuse mit schlechten Wärmeübertragungseigenschaften		
☐ Wechselbetrieb in Wasser und Trockenlauf		

SCHMIERUNG

☐ Trocken	
☐ Dauerschmierung	
☐ Mediumschmierung	
☐ Nur Initialschmierung	
☐ Hydrodynamische Bedingungen	
Medium	
Schmierstoff	
Dynam. Viskosität η	[mPas]

BETRIEBSSTUNDEN PRO TAG

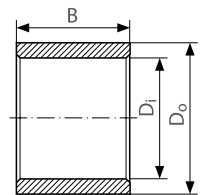
Dauerbetrieb	
Aussetzbetrieb	
Einschaltdauer	
Tage pro Jahr	

LEBENSDAUER

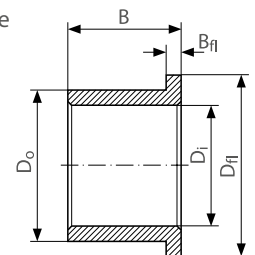
Erforderl. Lebensdauer L_H	[h]
------------------------------	-----

LAGERART:

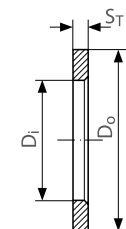
☐ Zylindrische Buchse



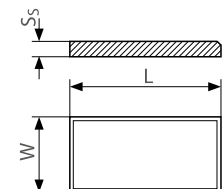
☐ Bundbuchse



☐ Anlaufscheibe



☐ Gleitplatte



☐ Sonderteile
(Skizze/Zeichnung)

KUNDENDATEN

Firma _____
 Straße _____
 PLZ / Ort _____
 Telefon _____ Fax _____
 Name _____
 E-Mail Adresse _____ Datum _____

Formelzeichen und Benennungen

SYMBOL	EINHEIT	BENENNUNG
A	mm ²	Kontaktgleitfläche
A _M	mm ²	Gesamte Gegenfläche, die in Kontakt mit der Gleitfläche kommt
a _B	-	Korrekturfaktor für die Lagergröße
a _C	-	Korrekturfaktor für das Kalibrieren
a _E	-	Hochlastfaktor
a _{E1}	-	Faktor für den Einfluss der spezifischen Lagerbelastung (Linearbewegung)
a _{E2}	-	Faktor für den Einfluss von Temperatur und Gegenwerkstoff (Linearbewegung)
a _{E3}	-	Faktor für den Einfluss der relativen Gegenlauffläche (Linearbewegung)
a _L	-	Lebensdauer-Korrekturkonstante
a _M	-	Korrekturfaktor für den Gegenwerkstoff
a _T	-	Korrekturfaktor für Temperatur und Wärmeableitung
B	mm	Buchsen-Breite
C	1/min	Belastungsfrequenz, dynamisch
C _D	mm	Einbauspiel der eingepressten Buchse
C _i	mm	Breite der Innenfase
C _o	mm	Breite der Außenfase
C _T	-	Gesamtanzahl der dynamischen Lastwechsel
D _C	mm	Durchmesser des Kalibrierdorns
D _{fl}	mm	Bunddurchmesser der Bundbuchse
D _H	mm	Durchmesser des Lagergehäuses
D _i	mm	ID der Buchse und der Anlaufscheibe
D _{i,a}	mm	ID der Buchse nach der Montage in das Lagergehäuse
D _J	mm	Wellendurchmesser
D _{Nth}	nvt	Max. zul. thermische Neutronendosis
D _o	mm	AD der Buchse und der Anlaufscheibe
D _γ	Gy	Max. Gammastrahlendosis Gy = J/kg
d _{ch,1}	mm	Durchmesser der Prüfaufnahme
d _D	mm	Stiftlochdurchmesser
d _L	mm	Öllochdurchmesser
d _p	mm	Lochkreisdurchmesser des Stiftlochs
F	N	Nennbelastung/Lagerkraft
F _{ch}	N	Prüfkraft
F _i	N	Buchsen-Einpresskraft
f	-	Gleitreibungszahl

SYMBOL	EINHEIT	BENENNUNG
H _a	mm	Eindrehtiefe für Gehäuse (z.B. bei Anlaufscheiben)
H _d	mm	Durchmesser der Gehäuseplanfläche (z.B. bei Anlaufscheiben)
L	mm	Länge des Gleitstreifens
L _H	h	erforderliche/gewünschte Lebensdauer
L _S	mm	Hublänge (Linearbewegung)
N	1/min	Schwenkfrequenz
N _{osz}	1/min	Drehzahl/Drehfrequenz
P	N/mm ²	Spezifische Lagerbelastung, mittlere Flächenbelastung
P _{lim}	N/mm ²	Max. zul. spezifische Lagerbelastung
P _{sta,max}	N/mm ²	Zul. statische Lagerbelastung
P _{dyn,max}	N/mm ²	Zul. dynamische Lagerbelastung
Q	-	Zulässige Anzahl der Schwenkbewegungen
R _a	μm	Mittenrauhwert (DIN 4768, ISO/DIN 4287/1)
R _{OB}	Ω	Oberflächenwiderstand (elektrisch)
S ₃	mm	Buchsen-Wanddicke
S _{fl}	mm	Bunddicke der Bundbuchse
S _S	mm	Dicke des Gleitstreifens
S _T	mm	Dicke der Anlaufscheibe (Axiallager), Dicke der Bundscheibe
T	°C	Temperatur
T _{amb}	°C	Lager-Umgebungstemperatur
T _{max}	°C	Maximal-Temperatur
T _{min}	°C	Minimal-Temperatur
U	m/s	Umfangs- bzw. Gleitgeschwindigkeit
W	mm	Breite des Gleitstreifens
W _{U min}	mm	Minimale Nutzbreite eines Gleitstreifens
Z _T	-	Gesamtanzahl der Schwenkbewegungen
α ₁	1/10 ⁶ K	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient parallel zur Oberfläche
α ₂	1/10 ⁶ K	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient senkrecht zur Oberfläche
σ _c	N/mm ²	Druckfestigkeit
λ	W/mK	Wärmeleitfähigkeit
φ	°	Schwenkbewegung

Produktinformation

Dieses Dokument soll Ihnen Analyseinstrumente oder Informationen an die Hand geben, die Sie bei der Produktauswahl unterstützen.

Die Produktleistung wird von vielen Faktoren beeinflusst, die sich der Kontrolle von GGB entziehen. Daher müssen Sie die Eignung und Durchführbarkeit aller ausgewählten Produkte für Ihre Anwendungen selbst überprüfen.

Der Verkauf von GGB-Produkten unterliegt den Verkaufs- und Lieferbedingungen von GGB, die unsere eingeschränkte Garantie und Rechtsmittel beinhalten. Sie finden diese hier: www.ggbearings.com/de/verkaufs-und-lieferbedingungen, oder fragen Sie Ihren GGB Kontakt nach einer Ausführung.

Die Produkte unterliegen einer ständigen Weiterentwicklung. GGB behält sich das Recht vor, Änderungen der Spezifikationen oder Verbesserungen der technischen Daten ohne vorherige Ankündigung vorzunehmen.

DOKUMENT INFORMATIONEN

Ausgabe 2025. Diese Ausgabe tritt an die Stelle früherer Ausgaben, die hiermit ihre Gültigkeit verlieren.

Es wurden alle angemessenen Anstrengungen unternommen, um die Richtigkeit der Informationen in dieser Unterlage zu gewährleisten, aber GGB übernimmt keine Haftung für Fehler oder Auslassungen oder aus anderen Gründen.

GESUNDHEIT UND SICHERHEIT

GGB hat sich verpflichtet, alle US-amerikanischen, europäischen und internationalen Normen und Vorschriften in Bezug auf den Bleigehalt einzuhalten. Wir haben interne Prozesse eingerichtet, die alle Änderungen an bestehenden Normen und Vorschriften überwachen, und wir arbeiten mit Kunden und Händlern zusammen, um sicherzustellen, dass alle Anforderungen eingehalten werden. Dazu gehören auch die RoHS- und REACH-Richtlinien.

GGB hat sich verpflichtet, umweltbewusst und sicher zu arbeiten. Wir befolgen zahlreiche Best Practices der Branche und verpflichten uns, eine Vielzahl international anerkannter Standards für Emissionskontrolle und Sicherheit am Arbeitsplatz zu erfüllen oder zu übertreffen.

Jeder unserer weltweiten Standorte verfügt über Managementsysteme, die den Qualitätsvorschriften IATF 16949, ISO 9001, ISO 14001 und ISO 45001 entsprechen. Unsere Zertifikate finden Sie hier:

<https://www.ggbearings.com/de/zertifikate>.

Eine ausführliche Erläuterung unseres Engagements für die REACH- und RoHS-Richtlinien finden Sie unter

<https://www.ggbearings.com/de/reach-rohs>.



Stronger.Together.



GGB HEILBRONN GMBH

Ochsenbrunnenstr. 9 | D-74078 Heilbronn

Tel: +49 7131 269 0

www.ggbearings.com/de

HB104DEU06-25HN

GGB is part of The Timken Company's portfolio of engineered bearings and industrial motion products.