



GGB
BY TIMKEN



GGB HI-EX®

**HOCHWERTIGE METALL-POLYMER GLEITLAGER LÖSUNGEN
FÜR GESCHMIERTE ANWENDUNGEN**



PUSHING BOUNDARIES TO CO-CREATE A HIGHER QUALITY OF LIFE

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

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](#)
- [Fluidtechnik](#)
- [Freizeitbranche](#)
- [Landwirtschaftliche Geräte](#)
- [Luft- und Raumfahrt](#)
- [Medizintechnik](#)
- [Öl- & Gas](#)
- [Primärmetalle](#)
- [Schienenfahrzeuge](#)

Der GGB Vorteil



GERINGERE SYSTEMKOSTEN

Gleitlager von GGB senken die Bearbeitungskosten der Wellen, da das Anbringen von Bohrungen und Schmiernuten überflüssig wird. Ihr kompakter einteiliger Aufbau ermöglicht Raum- und Gewichtsersparnisse und vereinfacht die Montage.



GERINGE REIBUNG, HOHE VERSCHLEIßFESTIGKEIT

Durch niedrige Reibungskoeffizienten erübrigt sich das erforderliche Schmieren, während ein reibungsloser Betrieb gewährt, der Verschleiß verringert und die Lebensdauer verlängert wird. Eine geringe Reibung verhindert zudem den Stick-Slip-Effekt oder die Haftreibung während der Inbetriebnahme.



UMWELTFREUNDLICH

Die fett- und bleifreien GGB Gleitlager erfüllen die zunehmend strenger werdende Umweltgesetzgebung, wie beispielsweise die RoHS-Richtlinie der EU, die die Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten beschränkt.



KUNDENSUPPORT

Die flexible Produktionsplattform und das umfassende Liefernetzwerk von GGB garantieren schnelle und termingerechte Lieferungen.

Darüber hinaus bieten wir lokalen Support im Bereich Anwendungstechnik sowie technische Kundenbetreuung an.



WARTUNGSFREI

Die wartungsfreien bzw. wartungsarmen Gleitlager von GGB sind selbstschmierend, wodurch sie ideal für Anwendungen sind, die eine lange Lebensdauer der Gleitlager ohne kontinuierliche Wartung erfordern.

Höchste Qualitätsstandards



SICHERHEIT

GGB hat eine tief verwurzelte Sicherheitskultur. Der Fokus liegt stets darauf, allen Mitarbeitern ein sicheres, gesundes Arbeitsumfeld zur Verfügung zu stellen. Sicherheit ist ein Grundwert bei GGB und in jeder Unternehmensebene der entscheidende Faktor, um das Ziel des industrieweit besten Arbeitsschutzes für die Mitarbeiter durchsetzen zu können.



EXZELLENZ

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:

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



RESPEKT

Wir glauben, dass Respekt für jeden Einzelnen und jedes Team zur Weiterentwicklung nötig ist. Die Zusammenarbeit unserer Mitarbeiter beruht auf gegenseitigem Respekt, unabhängig von Herkunft, Nationalität oder Unternehmensfunktion. Wir begrüßen Vielfalt und lernen voneinander.

GGB - Wer wir sind

BEI GGB SCHEUEN WIR UNS NICHT, RISIKEN FÜR UNSERE KUNDEN EINZUGEHEN.

Wir von GGB scheuen kein Risiko und nehmen gerne Herausforderungen an. Wir lieben, was wir tun und glauben, dass genau diese Leidenschaft uns die Innovationskraft verleiht, die das Beste aus den Menschen herausholt. Wir sind stolz darauf, dass wir schon früh in der Entwicklungsphase eng mit unseren Kunden zusammenarbeiten und dadurch mutiger und in alle Richtungen denken können und über die traditionellen Oberflächen Lösungen hinausgehen. Wir sind pflegen zuverlässige Partnerschaften, die auf Vertrauen, Empathie, Entschlossenheit, Teamgeist und Respekt aufbauen.

Führend in der Tribologie, bietet GGB mit seinen Gleitlager- und Beschichtungstechnologien eine Welt voller Bewegung mit minimalen Reibungsverlusten. Mit unserer globalen Präsenz und unserem umfangreichen anwendungstechnischen Fachwissen sind unsere Möglichkeiten praktisch endlos. Wir arbeiten daran, die Grenzen des Möglichen zu überwinden und Kunden auf allen Märkten dafür zu begeistern, sich mit uns zusammenzuschließen und innovativ zu werden.



Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6	6 Lagereinbau	24
1.1 Eigenschaften und Vorteile	6	6.1 Abmessungen und Toleranzen	24
2 Aufbau	7	6.2 Toleranzen für Kleinstspiele	24
2.1 Lieferbare Produkte	7	Fettschmierung	24
3 Kenngrößen	8	Flüssigkeitsschmierung	26
3.1 Physikalische, mechanische und elektrische Kenngrößen	8	Wärmedehnung	26
3.2 Chemische Beständigkeit	8	6.3 Gestaltung der Gegenauflflächen	27
4 Schmierung	9	6.4 Montage	28
4.1 Trockenlauf	9	Einpressen von Buchsen	28
4.2 Schmiermittelwahl	9	Einpresskräfte	28
Fette	9	Fluchtung	29
Öle	9	Abdichten von Lagerstellen	29
Flüssigkeiten, die keinen Schmierfilm bilden	9	Axialführung	29
4.3 Reibung	11	Montage von Anlaufscheiben	30
4.4 Tribologische Betriebszustände	11	Gleitstreifen	30
Schmierung	11	7 Bearbeitung	31
4.5 Verhalten von HI-EX-Lagern mit Flüssigkeitsschmierung	12	7.1 Spanende Bearbeitung	31
4.6 Konstruktionshinweise bei Flüssigkeitsschmierung	12	7.2 Ausspindeln	31
4.7 Verschleißrate und Nachschmierintervalle bei Fettschmierung	14	7.3 Reiben	32
Reibverschleiß	14	7.4 Räumen	32
5 Konstruktive Auslegung	15	7.5 Schwingräumen	33
5.1 Spezifische Belastung	15	7.6 Nachbearbeitung von fertigen Lagern	33
Grenzwert der spezifischen Belastung	15	7.7 Bohren von Schmierlöchern	33
5.2 Gleitgeschwindigkeit	16	7.8 Schneiden von Streifen	33
Permanente Drehbewegung	16	8 Oberflächenbehandlung	34
Oszillierende Rotationsbewegung	16	HI-EX® Material Gegenauflflächen	34
5.3 pU Faktor	17	9 Standardteile	35
5.4 Belastung	17	9.1 PM HI-EX® zylindrische Buchsen	35
Art der Belastung	17	9.2 MB HI-EX® zylindrische Buchsen	42
5.5 Temperatur	19	9.3 HI-EX® Anlaufscheiben	47
5.6 Gegenauflfläche	19	9.4 HI-EX® Gleitstreifen	47
5.7 Lagergröße	20	10 Prüfmethode	48
5.8 Berechnung der voraussichtlichen Lebensdauer bei Fettschmierung	20	10.1 Prüfung von gerollten Buchsen	48
Lagerkenngrößen	20	Prüfung A nach ISO 3547 Teil 2	48
Geschätzte Betriebslebensdauer	21	Prüfung B (alternativ zu Prüfung A)	48
Geschätztes Nachschmierintervall	21	Prüfung C nach ISO 3547 Teil 1	48
Oszillierende Bewegung und dynamische Belastung	21	Prüfung D nach ISO 3547 Teil 2	48
5.9 Berechnungsbeispiele	22	11 Technisches Datenblatt	49
		Formelzeichen und Benennungen	50
		Produkt Information	51

1 Einleitung

Mit diesem Handbuch werden umfassende technische Information über HI-EX®-Gleitlager veröffentlicht, um den Konstrukteur in die Lage zu versetzen, die richtige Lagergröße, die Betriebskenndaten und die Lagerleistung zu bestimmen.

Es werden Informationen über das HI-EX® Standardprogramm sowie über HI-EX® Sonderteile gegeben. Alle HI-EX®-Produkte werden kundenspezifisch hergestellt und sind deshalb nicht ab Lager lieferbar.

Bei außergewöhnlichen, anwendungsbedingten Konstruktionsproblemen steht unsere Forschungs- und Entwicklungsabteilung für die Problemlösung jederzeit zur Verfügung.

Wir verbessern und erweitern laufend die Entwicklungsmöglichkeiten und das theoretische Wissen. Deshalb sollten Sie mit uns in Verbindung treten, wenn Sie zusätzliche Informationen benötigen, die über den Rahmen dieses Handbuches hinausgehen.

Wir empfehlen allen unseren Kunden - wann immer es notwendig und möglich ist eine Prototypenprobung durchzuführen.

1.1 EIGENSCHAFTEN UND VORTEILE

- PM HI-EX® Lager sind einbaufertig und benötigen keine weitere Bearbeitung nach dem Einbau
- MB HI-EX® Buchsen können nach der Montage auf einen Buchsen-Innendurchmesser mit der Toleranzklasse H7 bearbeitet werden
- Einsatz ist möglich bei Rotation, oszillierenden Rotationsbewegungen und Translationsbewegungen
- dünnwandig, platzsparend, leicht
- hohes statisches und dynamisches Lastaufnahmevermögen
- geringer Verschleiß
- geringe Fressneigung
- HI-EX® gestattet wartungsarmen Betrieb
- HI-EX® gestattet hohe pv-Werte
- die HI-EX®-Laufschicht hat eine gute chemische Beständigkeit
- keine Wasseraufnahme und somit Maßstabilität - kein Quellen
- HI-EX® ist einsatzfähig in Flüssigkeiten mit niedriger Viskosität und in Medien, die keinen Schmierfilm bilden
- Temperaturarbeitsbereich von -150 °C bis +250 °C

2 Aufbau

HI-EX® ist ein Verbundwerkstoff, der gezielt für den Betrieb mit Mangelschmierung entwickelt wurde und besteht aus drei miteinander verbundenen Schichten:

einem Stahlträgerrücken, einer Zwischenschicht aus poröser Sinterbronze und einer Laufschrift aus PEEK (Polyetheretherketon) mit zusätzlichen Füllstoffen vor allem PTFE (Polytetrafluorethylen) und Graphit.

Der Stahlrücken sorgt für mechanische Festigkeit und die Sinterbronze gewährleistet eine feste Verklammerung mit der Laufschrift. Dieser Verbundschichtaufbau unterstützt die Maßhaltigkeit, verbessert die Wärmeabfuhr und reduziert somit die Temperatur an der Lagerstelle.

Die Laufschrift über der Sinterbronze-Zwischenschicht beträgt 0,3 mm und ist mit einem Schmierfächerungs-system versehen.

Dieses dient als Schmierstoffreservoir und ermöglicht eine optimale Schmierstoffverteilung über die gesamte Gleitfläche.

Bei Anwendungen mit Flüssigkeitsschmierung, besitzt die Laufschrift kein Schmierfächerungs-system. Die Schichtdicke über der Bronzeschicht beträgt ebenfalls 0,3 mm.

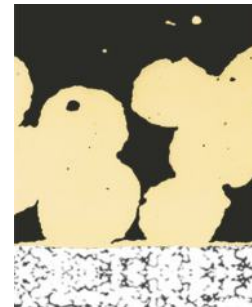


Abb. 1: HI-EX Mikroschliffbild

2.1 LIEFERBARE PRODUKTE

HI-EX®-Standardteile (nicht lagerhaltig)

Diese Produkte werden nach den internationalen Gleitlagernormen, sowie internen Werksnormen hergestellt.

— Zylindrische Buchsen

PM metrische Abmessungen, einbaufertig, keine Nachbearbeitung im eingebauten Zustand - für genormte Wellen nach h6 - h8.

MB metrische Abmessungen, nachbearbeitbar (vor oder nach der Montage).

— Anlaufscheiben

— Streifenmaterial



Abb. 2: Standardteile

HI-EX®-Sonderteile

Diese Produkte werden nach Kundenzeichnungen mit oder ohne unsere Designverantwortung hergestellt.

Beispiele:

— Modifizierte Standardteile

— Lagerschalen

— Geradföhrungen

— Biegeteile

— Stanzteile



Abb. 3: Beispiele für Sonderteile

3 Kenngrößen

3.1 PHYSIKALISCHE, MECHANISCHE UND ELEKTRISCHE KENNGRÖßEN

EIGENSCHAFTEN	SYMBOL	EINHEIT	WERT HI-EX®	BEMERKUNGEN
PHYSIKALISCHE KENNGRÖßEN				
Wärmeleitfähigkeit	λ	W/mK	52	
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	parallel zur Oberfläche	α_1	11	
	senkrecht zur Oberfläche	α_2	29	
Betriebstemperatur	T_{max}	°C	+250	
	T_{min}		-150	
MECHANISCHE KENNGRÖßEN				
Maximale Druckfestigkeit	σ_C	N/mm ²	380	gemessen an einer Scheibe Ø 25 mm x 2,45 mm dick
Maximale Belastung	statisch	$p_{sta.max}$	140	
	dynamisch	$p_{dyn.max}$	140	
ELEKTRISCHE KENNGRÖßEN				
Spezifischer Durchgangswiderstand der PEEK- Schicht	ρ_D	Ωcm	>10 ⁹	

Tabelle 1: HI-EX-Eigenschaften

3.2 CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT

Tabelle 2 zeigt das chemische Verhalten von HI-EX® gegenüber verschiedenen chemischen Medien. Dieses ist, wann immer möglich, durch Prototypversuche zu belegen.

CHEMISCHES MEDIUM	%	°C	HI-EX®	CHEMISCHES MEDIUM	°C	HI-EX®
KONZENTRIERTE SÄUREN				LÖSUNGSMITTEL		
Salzsäure/ Chlor-Wasserstoffsäure	5	20	-	Aceton	20	+
Salpetersäure	5	20	-	Tetrachlorkohlenstoff	20	+
Schwefelsäure	5	20	-	SCHMIERMITTEL UND KRAFTSTOFFE		
SCHWACHE SÄUREN				Heizöl	20	+
Essigsäure	5	20	-	Benzin	20	+
Ameisensäure	5	20	-	Petroleum	20	+
BASEN				Dieselmotorenöl	20	+
Ammoniak	10	20	o	Erdöl	70	+
Ätznatron	5	20	o	HFA-ISO46 hoch esterhaltig	70	+
				HFC-Wasser-Glycol	70	+
				HFD-Phosphatester	70	+
				Wasser	20	o
				Seewasser	20	-

Tabelle 2: HI-EX-chemische Beständigkeit

- + Geeignet: Korrosiver Schaden wird nicht erwartet.
- o Akzeptabel: Geringer korrosiver Angriff kann stattfinden, ohne eine Beeinträchtigung des Materialaufbaues und des tribologischen Verhaltens von HI-EX®.
- Ungeeignet: Korrosiver Schaden wird auftreten, der sowohl Materialaufbau und tribologisches Verhalten beeinflussen wird.

4 Schmierung

4.1 TROCKENLAUF

HI-EX® kann auch ohne Schmierung eingesetzt werden. Die Bedingungen dafür sind pU-Faktor $< 0,01 \text{ N/mm}^2$ und $U < 2,5 \text{ m/s}$. Das Verschleißverhalten ist wenn möglich in Versuchen zu ermitteln.

4.2 SCHMIERMITTELWAHL

HI-EX® wird normalerweise geschmiert. Die Auswahl des Schmiermittels hängt ab:

- vom pU-Faktor und der Gleitgeschwindigkeit
- von der Stabilität des Schmiermittels bei den vorherrschenden Betriebsbedingungen

Fette

Das Betriebsverhalten für die unterschiedlichen Fettarten kann Tabelle 3 entnommen werden. Fette mit EP-Zusätzen, erhöhten Anteilen von Graphit oder MoS₂ werden für den Einsatz mit HI-EX nicht empfohlen.

HI-EX® kann auch bei Temperaturen eingesetzt werden, die höher liegen als die üblicherweise zulässigen Werte für die Fette. Der Einsatz, bzw. die Lagerleistung wird somit in der Regel mehr durch das Schmiermittel begrenzt und nicht durch das Lagermaterial. Für Temperaturen über 80 °C ist die Eignung des Fettes durch Versuche zu belegen. Wir empfehlen Hochtemperaturfett oder Fette auf Silikonölbasis. Über 150 °C sollte der epU-Wert auf unter 1,0 N/mm² begrenzt werden. Die Abschmierungsintervalle sollten 500 Stunden nicht überschreiten.

Öle

Für HI-EX® wird auch Ölschmierung empfohlen. Mineralöle sollten nur bis max. 150 °C eingesetzt werden. HI-EX® ist allerdings beständig gegen Oxydationsprodukte aus Mineralölen, die über 115 °C entstehen können. Für diese Betriebsbedingungen empfehlen wir synthetische Schmiermittel.

Flüssigkeiten, die keinen Schmierfilm bilden

HI-EX® bringt zufriedenstellende Laufleistungen mit Flüssigkeiten, die keinen Schmierfilm bilden und Medien mit niedriger Viskosität wie z.B. Polyethylenglycol, Polyglycol-Schmiermittel, Wasser-Ölemulsionen, Stoßdämpferölen, Kerosin und Wasser.

Eine Flüssigkeit ist generell einsatzfähig, wenn weder die PEEK-Laufschicht noch die Sinterbronze-Zwischenschicht angegriffen wird. Chemisches Verhalten: Siehe Tabelle 2.

Nachweis der Verwendbarkeit: HI-EX®-Probe für 2-3 Tage in die gewählte Flüssigkeit eintauchen (Temperatur der Flüssigkeit 15-20 °C über der Betriebstemperatur).

Folgende Hinweise zeigen an, dass HI-EX® nicht einsatzfähig ist:

- deutliche Veränderung der HI-EX®-Wanddicke
- sichtbare Veränderung der Lageroberfläche von Hochglanz auf Matt
- sichtbare Veränderung der Mikrostruktur der Bronze-Sinter-Schicht.

4 Schmierung

HERSTELLER	FETTBEZEICHNUNG	ÖL	TYP	VERSEIFUNG	WERTUNG
BP	Energrease LS2	Mineral		Lithium verseift	+
	Energrease LT2	Mineral		Lithium verseift	+
	Energrease FGL	Mineral		nicht verseift	o
	Energrease GSF	Synthetisch		NA	o
Century	Lacerta ASD	Mineral		Lithium/Polymer	o
	Lacerta CL2X	Mineral		Calcium	-
Dow Corning	Molykote 55M	Silikon		Lithium verseift	o
	Molykote PG65	PAO		Lithium verseift	+
	Molykote PG75	Synthetisch/Mineral		Lithium verseift	o
	Molykote PG602	Mineral		Lithium verseift	o
Elf	Rolexa.1	Mineral		Lithium verseift	+
	Rolexa.2	Mineral		Lithium verseift	o
	Epexelf.2	Mineral		Lithium/Calcium verseift	-
Esso	Andok C	Mineral		Natrium verseift	o
	Andok 260	Mineral		Natrium verseift	o
	Cazar K	Mineral		Calcium verseift	-
Mobil	Mobilplex 47	Mineral		Calcium verseift	-
	Mobiltemp 1	Mineral		nicht verseift	o
Rocol	BG622	White Mineral		Calcium verseift	o
	Sapphire	Mineral		Lithium Complex	-
	White Food Grease	White Öl		Lebensmittel zugelassen	-
Shell	Albida R2	Mineral		Lithium Complex	+
	Axinus S2	Mineral		Lithium	o
	Darina R2	Mineral		Anorganisch nicht verseift	+
	Stamina U2	Mineral		Polyurea	-
	Tivela A	Synthetisch		NA	o
Total	Aerogrease	Synthetisch		NA	+
	Multis EP2	NA		Lithium	+

Tabelle 3: Betriebsverhalten von Fetten

+ geeignet

o akzeptabel

- ungeeignet

NA keine Daten verfügbar

4.3 REIBUNG

Der „stick-slip“ Effekt ist bei geschmierten HI-EX®-Lagern gering. Der Reibwert von geschmiertem HI-EX® hängt von den Betriebsbedingungen ab, wie in 4.4 dargestellt. Eine Vorerprobung ist dann zu empfehlen, wenn präzise Aussagen über den Reibwert erforderlich sind.

4.4 TRIBOLOGISCHE BETRIEBSZUSTÄNDE

Nachfolgend einige allgemeine Grundlagen für den Betrieb mit Schmiermitteln und Anwendungshinweise für HI-EX®.

Schmierung

Die Dicke des Schmierfilmes zwischen Lager und Gegenfläche ist bestimmend für die drei möglichen tribologischen Betriebszustände.

Diese hängen wiederum ab von:

- den Lagerabmessungen
- der Gleitgeschwindigkeit
- dem Lagerspiel
- der Belastung
- der Schmiermittelviskosität
- der Durchsatzmenge eines Schmiermittels

Hydrodynamische Schmierung

Charakteristische Merkmale:

- vollkommene Trennung von Lager und Welle durch den Schmiermittelfilm
- sehr niedriger Reibungskoeffizient: 0,001 - 0,01
- kein Verschleiß, da kein Kontakt zwischen Lager und Welle besteht

Hydrodynamische Bedingungen bestehen, wenn

$$(4.4.1) \quad p \leq \frac{U \cdot \eta}{7,5} \cdot \frac{B}{D_i} \quad [\text{N/mm}^2]$$

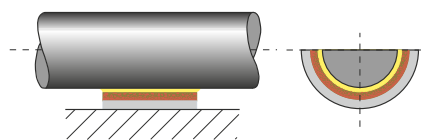


Abb. 4: Hydrodynamische Schmierung

Mischreibung

Charakteristische Merkmale:

- hydrodynamische Schmierung und Festkörperreibung
- Lastübertragung teilweise durch komprimierte Schmiermittel aber auch Festkörperkontakt
- Reibwert und Verschleiß hängen vom hydrodynamischen Traganteil ab
- HI-EX® gewährleistet dabei geringe Reibungs- und Verschleißwerte für den Anteil der Kraft, der durch Festkörperberührung übertragen wird

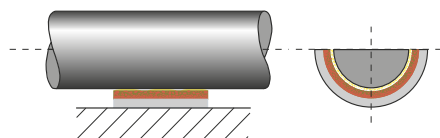


Abb. 5: Mischreibung

4 Schmierung

Festkörperberührung

Charakteristische Merkmale:

- Berührung von Lager und Welle - keine Trennung der beiden Oberflächen durch Schmiermittel.
- Die Auswahl des Gleitlagerwerkstoffes beeinflusst die Betriebssicherheit.
- Wellenverschleiß (mit Abrieb) möglich
- die ausgezeichnete Verschleißfestigkeit von HI-EX® minimiert den Verschleiß unter diesen Betriebsbedingungen.
- die typische dynamische Reibungszahl von HI-EX® im Bereich der Festkörperberührung beträgt: 0,02 - 0,1.
- die typische statische Reibungszahl von HI-EX® im Bereich der Festkörperberührung beträgt: 0,03 - 0,15.

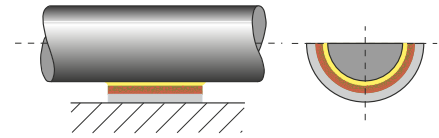


Abb. 6: Festkörperberührung

4.5 VERHALTEN VON HI-EX®-LAGERN MIT FLÜSSIGKEITSSCHMIERUNG

Hohe spezifische Belastungen

Im Bereich der Festkörperberührung und Mischreibung zeigt HI-EX® ausgezeichneten Verschleißwiderstand bei geringen Reibwerten.

Start/Stop unter Belastungen

Im Bereich der Festkörperberührung und Mischreibung bei niedrigen Geschwindigkeiten, die den Aufbau eines hydrodynamischen Schmierfilmes verhindern.

- HI-EX® reduziert den Verschleiß.

Mangelschmierung

Viele Lagerstellen erfordern den Betrieb mit zusätzlicher Schmiermittelversorgung, z. B. mit Spritz- oder Ölnebel. PEEK hat eine geringere Wärmeableitung im Vergleich zu konventionellen metallischen Lagern. Abhängig von den Betriebsbedingungen kann HI-EX® einen größeren Schmiermitteldurchsatz zur Abführung der erzeugten Reibwärme benötigen.

- HI-EX® zeigt dabei einen größeren Verschleißwiderstand als konventionelle metallische Gleitlager.

4.6 KONSTRUKTIONSHINWEISE BEI FLÜSSIGKEITSSCHMIERUNG

Abb. 7 auf der folgenden Seite zeigt die drei oben besprochenen Betriebsbereiche für die Gleitgeschwindigkeit im Verhältnis zur spezifischen Belastung und zur Schmiermittelviskosität.

Anmerkung:

Die Viskosität ist direkt abhängig von der Betriebstemperatur. Falls diese nicht bekannt ist, kann ein Wert eingesetzt werden, der 25°C über der Raumtemperatur liegt.

Bereich 1 von Abbildung 7

Das Lager wird im Bereich der Festkörperberührung betrieben. Der pU-Faktor bestimmt die Lagerlebensdauer.

Die HI-EX®-Laufleistung wird wie folgt ermittelt (das Ergebnis wird vermutlich unter dem der tatsächlichen Möglichkeiten liegen):

Berechne den effektiven epU-Faktor nach den Gleichungen in 5.8 auf Seite 21.

Wenn $epU/\eta \leq 0,2$ dann ist

$$(4.6.1) \quad L_H = \frac{2250}{\left(\frac{epU}{\eta}\right)^{0,5}} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S \quad [h]$$

Wenn $0,2 < epU/\eta \leq 1,0$ dann ist

$$(4.6.2) \quad L_H = \frac{1000}{\left(\frac{epU}{\eta}\right)} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S \quad [h]$$

Wenn $epU/\eta > 1,0$ dann ist

$$(4.6.3) \quad L_H = \frac{1000}{\left(\frac{epU}{\eta}\right)^2} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S \quad [h]$$

epU siehe (5.8.2), page 21

Bereich 2 von Abbildung 7

Das Lager arbeitet im Mischreibungsbereich.

Der erzeugte Schmierfilm führt zu einer teilweisen Trennung vom Zapfen im Lager.

Unter diesen Bedingungen hängt die Betriebslebensdauer von der Viskosität des Schmiermittels und teilweise vom pU-Wert ab.

Bereich 3 von Abbildung 7

Das Lager arbeitet im hydrodynamischen Bereich. Der Verschleiß des Lagerwerkstoffes ist nur noch abhängig vom Schmiermittel und der Häufigkeit der Start/Stop-Vorgänge.

Bereich 4 von Abbildung 7

Das Lager arbeitet im Betriebsbereich mit den höchsten Anforderungen

- Lagerbelastung entweder mit hoher Geschwindigkeit oder hoher Belastung, oder einer Kombination von beiden
- Diese Art der Belastung kann bedeuten
 - Erhöhte Betriebstemperatur
 - und / oder hohe Verschleißrate.
- Das Lagerverhalten kann verbessert werden durch:
 - Einsatz von HI-EX® ohne Schmiertaschen (glatte Lauffläche),
 - zusätzliche Anbringungen von einer oder mehreren Ölverteilernten in der Lagerlauffläche,
 - Mittenrauhwert der Welle $R_a < 0,05 \mu m$.

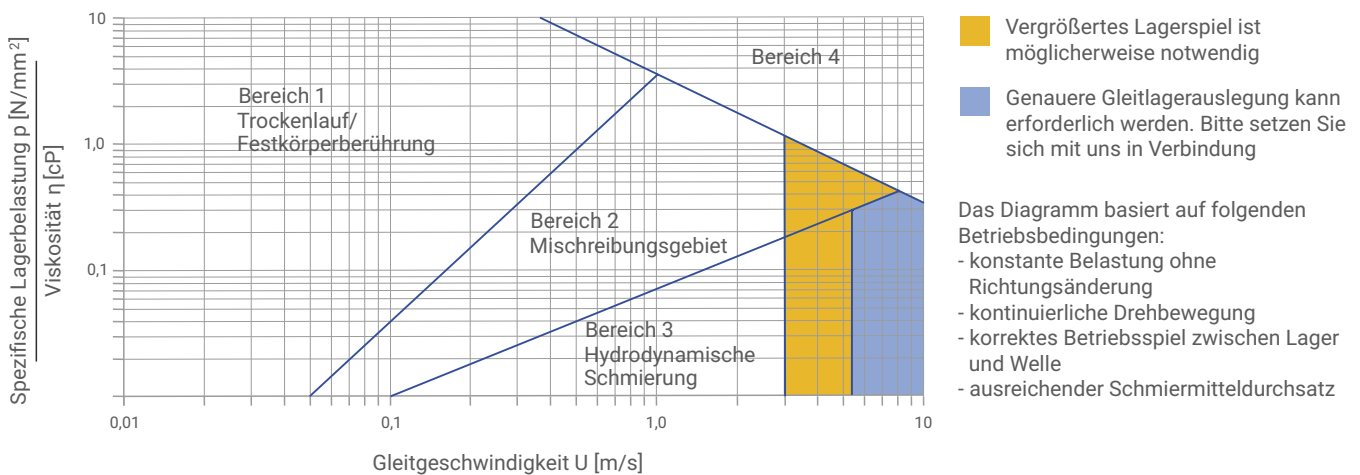


Abb. 7: Konstruktionshilfe für geschmierte Lageranwendungen

4 Schmierung

Temperatur [°C]	VISCOSITÄT cP														
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Schmierstoff															
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
Diesel Öl	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						
Kerosim	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 4: Viskositätswerte

4.7 VERSCHLEIBRATE UND NACHSCHMIERINTERVALLE BEI FETTSCHMIERUNG

Bei einer spezifischen Belastung unter 100 N/mm² liegt beim fettgeschmierten HI-EX®-Lager der Einlaufverschleiß bei ca. 2-4 µm. Danach folgt eine Phase geringen Betriebsverschleißes bis das Schmiermittel erschöpft ist und der Verschleiß steigt. Wenn eine Nachschmierung rechtzeitig erfolgt - bevor sich der Verschleiß vergrößert - läuft das Lager mit minimalem Verschleiß langfristig zufriedenstellend. Abb. 8 zeigt ein typisches Verschleißbild.

Über 100 N/mm² ist der Einlaufverschleiß größer, typischerweise ca. 20-40 µm gefolgt von einer Phase mit abnehmender Verschleißrate, bis das Lager ein gleiches Verhältnis Verschleiß/Lebensdauer zeigt wie in Abb. 8 angedeutet. Die Lebensdauer wird durch den Verschleiß in der Lastzone begrenzt. Ist die Verschleißtiefe größer als 0,15 mm, wird das Fettvolumen in den Schmieraschen reduziert und öfteres Nachschmieren wird erforderlich.

Reibverschleiß

der Schmieraschenabstand sind, können lokalen Verschleiß der Gegenauflflächen nach langer Betriebszeit hervorrufen. Das Schmieraschenmuster wird dabei in die Gegenauflfläche übertragen und kann Ursache für Reibverschleiß werden. In diesem Falle kann der Einsatz von DS anstelle HI-EX® vorgeschlagen werden.

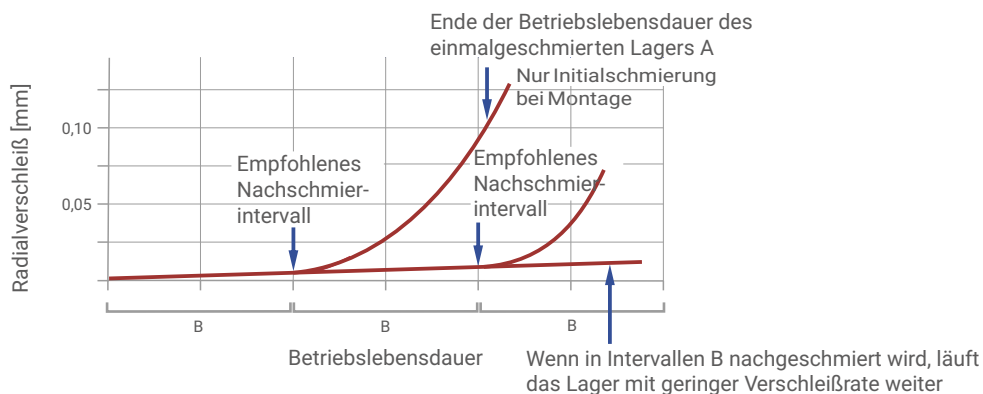


Abb. 8: Typisches Verschleißverhalten von HI-EX

5 Konstruktive Auslegung

Die bestimmenden Größen zur Festlegung von Lagerabmessungen und zur Ermittlung der Betriebslebensdauer für ein HI-EX®-Lager sind:

- Grenzwert der spezifischen Belastung p_{lim} [N/mm²]
- pU-Faktor [N/mm² x m/s]
- Mittenrauhwert R_a der Gegenlauffläche [µm]
- Material der Gegenlauffläche
- Temperatur T [°C]
- Andere betriebsbedingte Faktoren, z. B. Gehäuseausführung, Schmutzanfall, Schmierung.

5.1 SPEZIFISCHE BELASTUNG

Die spezifische Belastung p in N/mm² wird ermittelt, in dem die Nennbelastung (tatsächliche Lagerkraft) durch die projizierte Lagerfläche dividiert wird.

Buchsen

$$(5.1.1) \quad p = \frac{F}{D_i \cdot B} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Anlaufscheiben

$$(5.1.2) \quad p = \frac{4F}{\pi \cdot (D_o^2 - D_i^2)} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Gleitstreifen

$$(5.1.3) \quad p = \frac{F}{L \cdot W} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Grenzwert der spezifischen Belastung

Die Maximalbelastung für ein HI-EX®-Lager wird durch den Grenzwert der spezifischen Belastung ausgedrückt. Er ist abhängig von der Art der Belastung und der Art der Schmierung. Der maximal zulässige p_{lim} -Wert wird erzielt bei konstanten Kräften auf das Lager. Dynamische und oszillierende Bewegungen führen zu Laufschiichtermüdung und reduzieren somit den Grenzwert der spezifischen Belastung. Die Grenzwerte lt. Tabelle 5 dürfen nicht überschritten werden. Die Grenzwerte für die spezifische Belastung in Tabelle 5 basieren auf guter Fluchtung von Lager und Welle.

Der Grenzwert der spezifischen Belastung für HI-EX® reduziert sich bei Temperaturen über 70°C und fällt auf ca. die Hälfte der in Tabelle 5 angegebenen Werte bei Temperaturen über 150 °C.

Dynamische oder oszillierende Kräfte führen zur Laufschiichtermüdung und reduzieren somit den Grenzwert der spezifischen Belastung (Abb. 9, Seite 16).

BELASTUNG	BETRIEBSBEDINGUNG	SCHMIERUNG	p_{lim}
Statisch	Konstant Intermittierende oder sehr niedrige (<0,01 m/s) kontinuierliche Dreh- oder oszillierende Bewegungen	Fett oder Öl	140
Statisch	Konstant permanente Dreh- oder oszillierende Bewegungen	Fett oder Öl (Festkörperberührung)	90
Statisch oder dynamisch	Konstant oder dynamisch permanente Dreh- oder oszillierende Bewegungen	Öl (hydrodynamisch)	60

Tabelle 5: Grenzwert der spezifischen Belastung p_{lim} für HI-EX

5 Konstruktive Auslegung

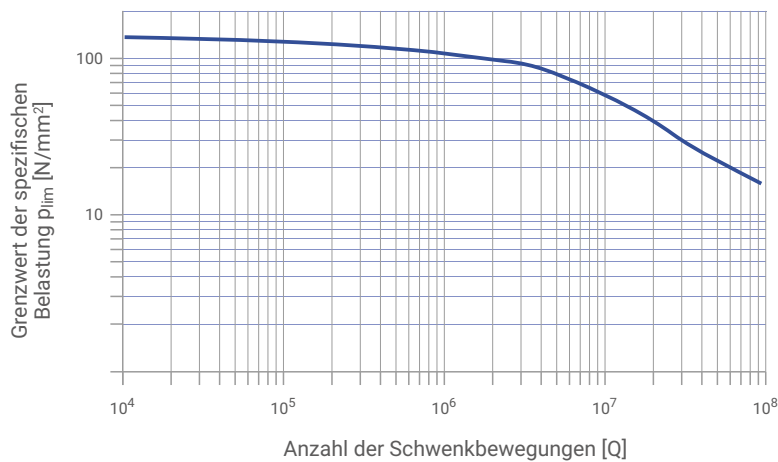


Abb. 9: Grenzwert der spezifischen Belastung p_{lim} für HI-EX bei dynamischen Belastungen oder oszillierenden Betriebsbedingungen

5.2 GLEITGESCHWINDIGKEIT

Die Gleitgeschwindigkeit U [m/s] wird wie folgt ermittelt:

Permanente Drehbewegung

Buchsen

$$(5.2.1) \quad U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} \quad [\text{m/s}]$$

Anlaufscheiben

$$(5.2.2) \quad U = \frac{D_o + D_i}{2} \cdot \pi \cdot N \quad [\text{m/s}]$$

Oszillierende Rotationsbewegung

Buchsen

$$(5.2.3) \quad U = \frac{D_i \cdot \pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{4\varphi \cdot N_{osz}}{360} \quad [\text{m/s}]$$

Anlaufscheiben

$$(5.2.4) \quad U = \frac{D_o + D_i}{2} \cdot \pi \cdot \frac{4\varphi \cdot N_{osz}}{360} \quad [\text{m/s}]$$

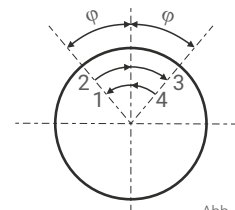


Abb. 10: Schwenkwinkel φ

Der maximal zulässige tatsächliche pU -Faktor (epU) für fettgeschmierte HI-EX®-Lager hängt von der Gleitgeschwindigkeit ab (Abb. 11). Über 2,5 m/s Dauergeschwindigkeit wird Ölschmierung empfohlen.

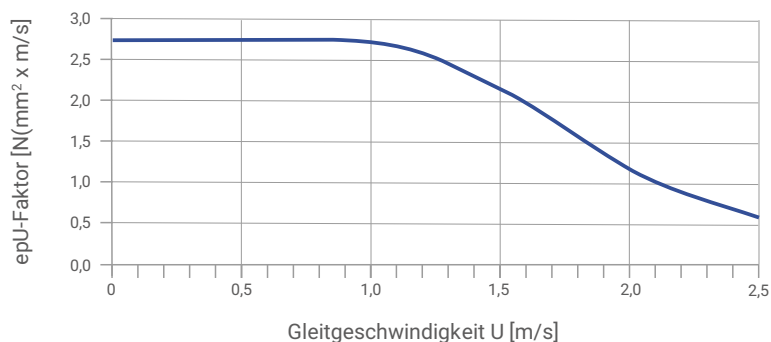


Abb. 11: Maximaler epU -Faktor bei Fettschmierung

5.3 pU-FAKTOR

Die Betriebslebensdauer für HI-EX® wird durch den pU-Faktor bestimmt (Für Anlaufscheiben wird die Geschwindigkeit auf den mittleren Durchmesser bezogen).

$$(5.3.1) \quad [N/mm^2 \cdot m/s]$$
$$pU = p \cdot U$$

5.4 BELASTUNG

Neben dem pU-Faktor gibt es zusätzliche Einflüsse durch Art und Richtung der Belastung. Dies wird durch den Korrekturfaktor für Geschwindigkeit und Belastungsart a_q berücksichtigt (siehe Abb. 15-17).

Art der Belastung

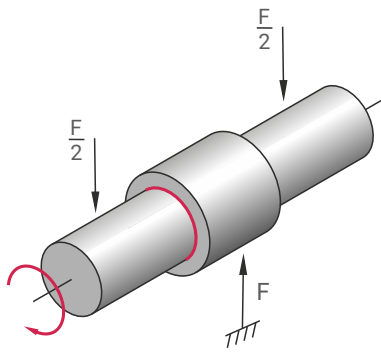


Abb. 12: Punktlast, vertikale konstante Belastung (abwärtsgerichtet), Buchse steht, Welle dreht. Das Schmiermittel fließt in den belastenden Bereich.

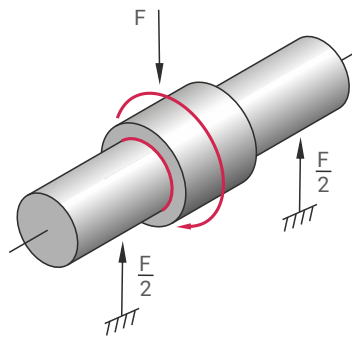


Abb. 13: Umfangslast, rotierende Belastung. Welle steht, Buchse dreht sich.

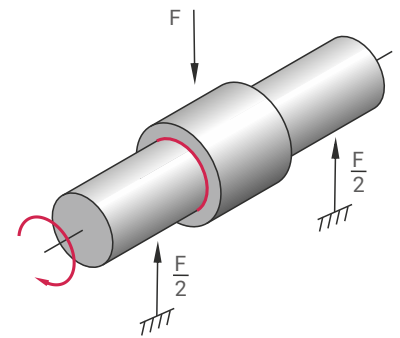
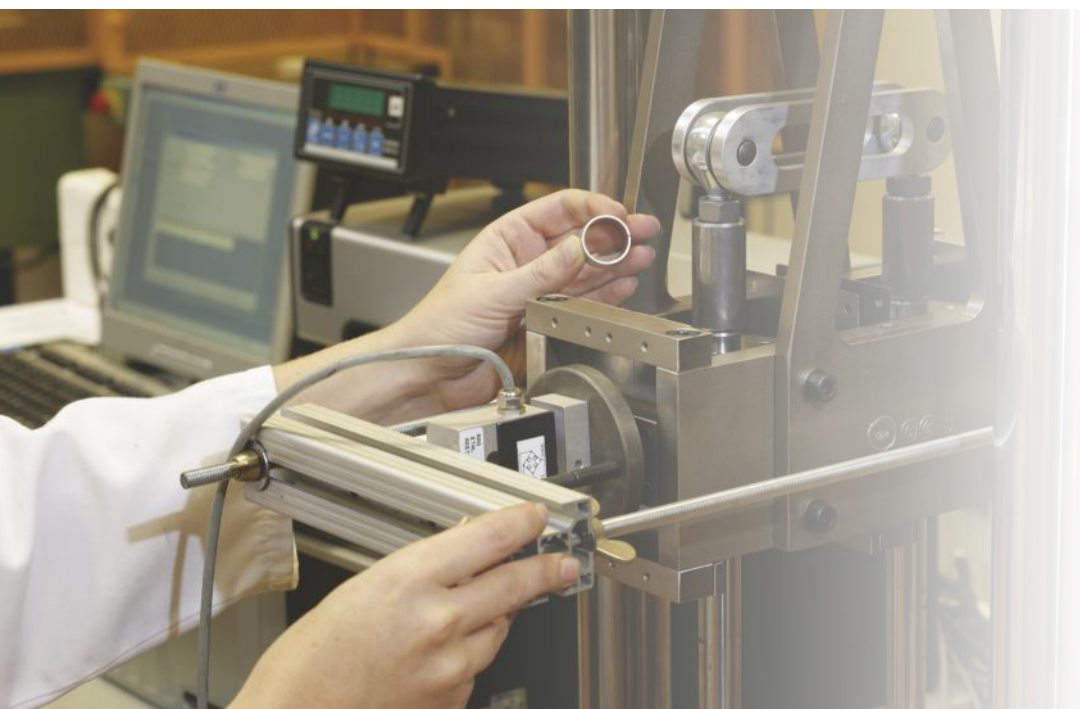


Abb. 14: Punktlast, vertikale konstante Belastung (aufwärtsgerichtet), Buchse steht, Welle dreht. Das Schmiermittel fließt aus dem belasteten Bereich weg.



5 Konstruktive Auslegung

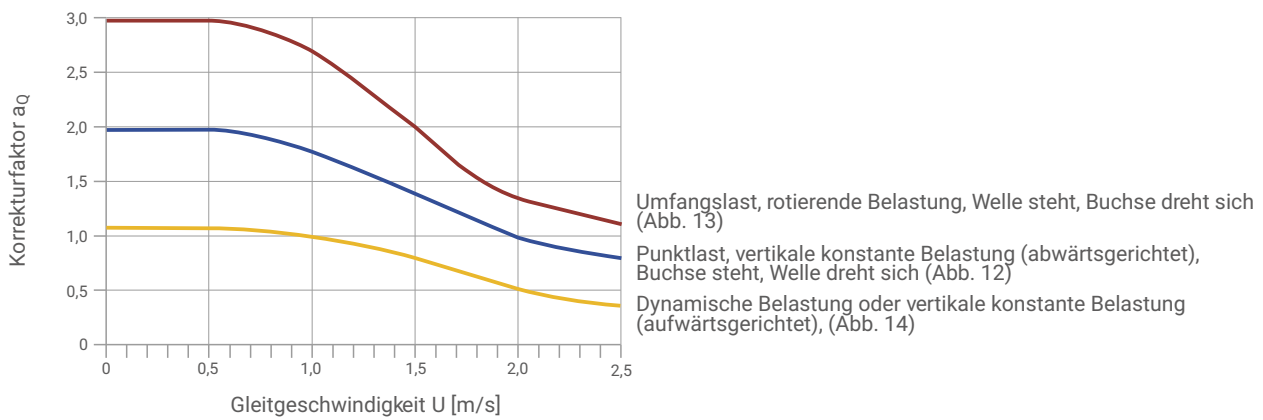


Abb. 15: Korrekturfaktor a_Q für MB HI-EX-Buchsen (unbearbeitet)

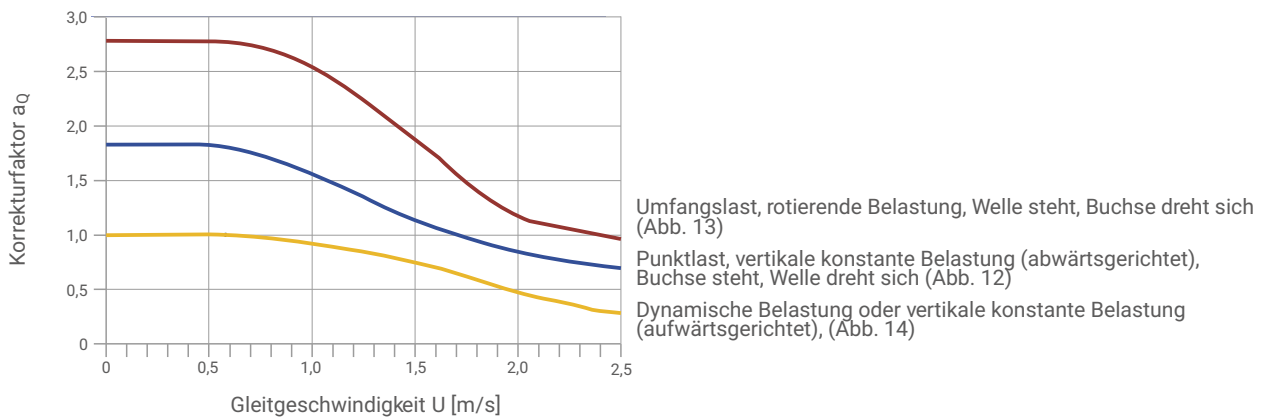


Abb. 16: Korrekturfaktor a_Q für PM und MB HI-EX-Buchsen (nachbearbeitet)

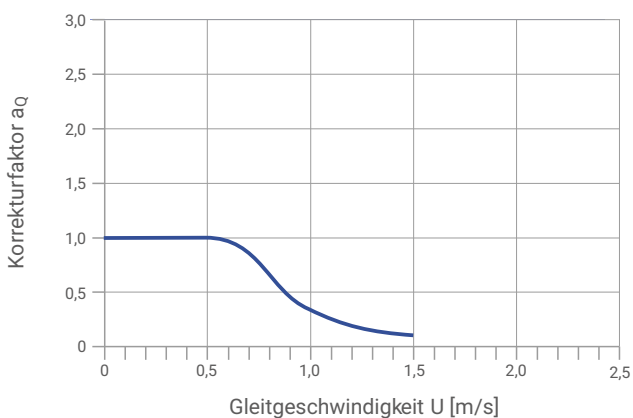


Abb. 17: Korrekturfaktor a_Q für Anlaufscheiben

Hinweis: $a_Q = 1$ für Gleitstreifen

5.5 TEMPERATUR

Die Betriebslebensdauer eines HI-EX®-Lagers hängt von der Betriebstemperatur ab. Über 40 °C sinkt die Lagerleistung eines fettgeschmierten HI-EX®-Lagers, beeinflusst durch Material- und Schmierverhalten.

Für einen angenommenen pU-Faktor hängt die Betriebstemperatur von der Lagerreibung, der Umgebungstemperatur und der Wärmeableitung durch das Gehäuse ab.

Bei der HI-EX®-Lebensdauerberechnung wird dies durch den Korrekturfaktor a_T (Abb. 18) berücksichtigt..

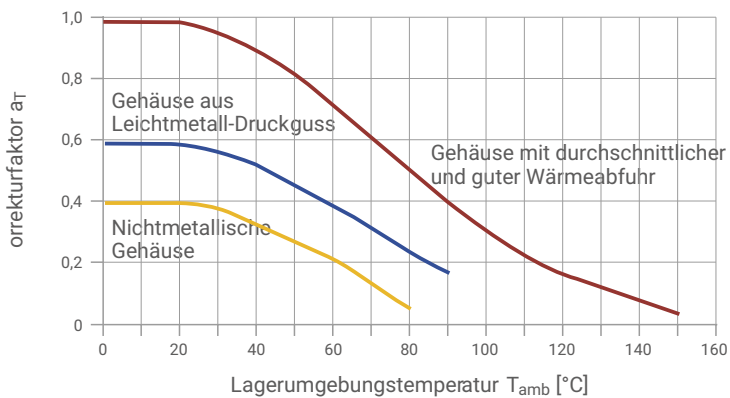


Abb. 18: Korrekturfaktor a_T für HI-EX

5.6 GEGENLAUFLÄCHE

Die HI-EX®-Verschleißrate wird im großen Umfang auch durch die Oberflächengüte des Gegenlaufkörpers beeinflusst. Der optimale Wert für die Gegenlaufläche ist $R_a \leq 0,4 \mu\text{m}$ (geschliffen). Diesen Einfluss berücksichtigt der Korrekturfaktor für die Oberflächengüte a_S (siehe Abb. 19).

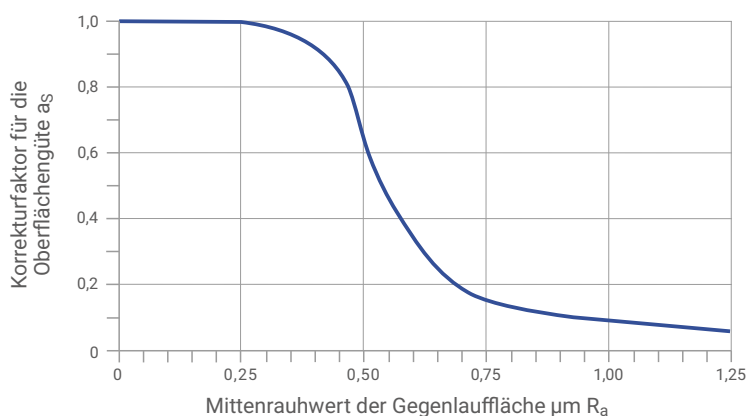


Abb. 19: HI-EX Korrekturfaktor für die Oberflächengüte a_S

5 Konstruktive Auslegung

5.7 LAGERGRÖÖE

Die an der Lagerstelle erzeugte Reibwärme hängt sowohl von pU als auch von der Lagergröße ab und wird durch Welle und Gehäuse abgeleitet.

Bei gleichem pU -Wert erzeugt ein Lager mit großem Durchmesser mehr Reibwärme als ein Lager mit kleinem Durchmesser. Dies wird vom Korrekturfaktor für die Lagergröße a_B berücksichtigt (Abb. 20).

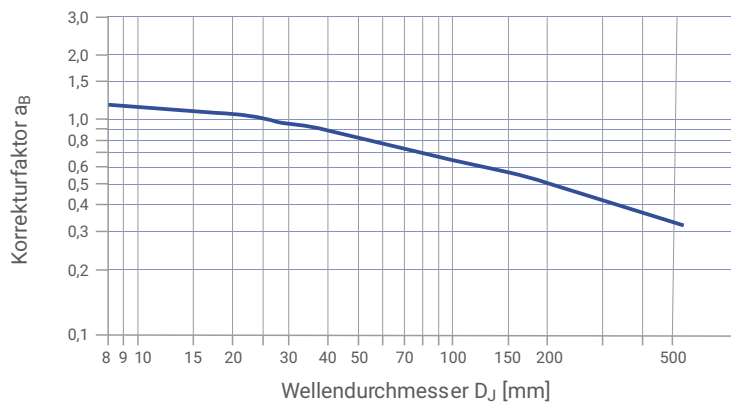


Abb. 20: Korrekturfaktor für die Lagergröße a_B

Hinweis: $a_B = 1$ für Gleitstreifen

5.8 BERECHNUNG DER VORAUSSICHTLICHEN LEBENSDAUER BEI FETTSCHMIERUNG

Lagerkenngrößen

BUCHSEN	ANLAUFSCHLEIBEN	GLEITSTREIFEN	EINHEIT
Buchsen-Innen- $\emptyset D_i$	Scheiben-Außen- $\emptyset D_o$	Länge L	[mm]
Buchsenbreite B	Scheiben-Innen- $\emptyset D_i$	Weite W	[mm]

Operating Conditions

Belastung	F	[N]
Konstante Drehbewegung	N	[1/min]
Schwenkfrequenz	N_{osc}	[1/min]
Schwenkwinkel	φ	[°]
Grenzwert der spezifischen Belastung	siehe Tabelle 5, Seite 15	[N/mm ²]
Korrekturfaktor a_Q	siehe Abb. 15 - 17, Seite 18	[-]
Korrekturfaktor a_T	siehe Abb. 18, Seite 19	[-]
Korrekturfaktor a_S	siehe Abb. 19, Seite 19	[-]
Korrekturfaktor a_B	siehe Abb. 20, Seite 20	[-]

Berechnen von p aus den Gleichungen in „5.1“ auf Seite 15.

Berechnen von U aus den Gleichungen in „5.2“ auf Seite 16.

Berechnen von pU aus den Gleichungen in „5.3“ auf Seite 17.

Hochlastfaktor a_E

$$(5.8.1) \quad a_E = \frac{p_{lim} - p}{p_{lim}} \quad [-]$$

$$a_E = \frac{p_{lim} - p}{p_{lim}}$$

p_{lim} siehe Tabelle 5, Seite 15

Anmerkung:

Wenn $a_E > 10000$, oder $a_E < 0$, ist das Lager überlastet.

Effektiver pU-Faktor epU

$$(5.8.2) \quad epU = \frac{a_E \cdot pU}{a_B} \quad [-]$$

$$epU = \frac{a_E \cdot pU}{a_B}$$

Anmerkung:

Überprüfen, ob epU kleiner ist als der Grenzwert, der durch die Gleitgeschwindigkeit U vorgegeben ist (Abb. 11).

Ist dies nicht der Fall, muss die Lagerbreite vergrößert werden oder es ist Dauerschmierung vorzusehen.

Betriebslebensdauer

Wenn $epU \leq 1,0$, dann ist

$$(5.8.3) \quad L_H = \frac{3000}{epU} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S \quad [h]$$

$$L_H = \frac{3000}{epU} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S$$

Wenn $epU > 1,0$, dann ist

$$(5.8.4) \quad L_H = \frac{3000}{(epU)^{2,4}} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S \quad [h]$$

$$L_H = \frac{3000}{(epU)^{2,4}} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S$$

Geschätztes Nachschmierintervall

$$(5.8.5) \quad L_{RG} = \frac{L_H}{2} \quad [h]$$

$$L_{RG} = \frac{L_H}{2}$$

Oszillierende Bewegung

Anzahl der Belastungszyklen

$$(5.8.6) \quad Z_T = L_{RG} \cdot n_{osc} \cdot 60 \cdot (R + 2) \quad [-]$$

$$Z_T = L_{RG} \cdot n_{osc} \cdot 60 \cdot (R + 2)$$

Dynamische Belastung

Anzahl der dynamischen Lastwechsel

$$(5.8.7) \quad C_T = L_{RG} \cdot C \cdot 60 \cdot (R + 2) \quad [-]$$

$$C_T = L_{RG} \cdot C \cdot 60 \cdot (R + 2)$$

R = Anzahl der erforderlichen Nachschmierintervalle.

Prüfen, ob Z_T (oder C_T) kleiner ist als die Anzahl der Schwenkbewegungen Q (Abb. 9) für die tatsächliche spezifische Belastung p .

Wenn Z_T (oder C_T) $> Q$, wird L_H begrenzt durch Ermüdungsschäden nach Q Schwenkbewegungen.

Wenn Z_T (oder C_T) $< Q$, wird L_H begrenzt durch Verschleiß nach C_T Belastungszyklen.

Wenn L_H oder Z_T (C_T) nicht ausreichend sind bzw. R zu häufig, muss D_i oder B vergrößert werden bzw. Tropföl oder Dauerschmierung vorgesehen werden.

5 Konstruktive Auslegung

5.9 BERECHNUNGSBEISPIELE

PM zylindrische Buchse

Gegeben:			
Belastung	Konstante Belastung Richtung abwärts	Innen-Ø D_i Breite B	40 mm 30 mm
Welle	Stahl, $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ Temperatur 85°C	Lagerkraft F Drehzahl N	20.000 N $30 \cdot 1/\text{min}$
Gehäuse	Leichtmetall schlechte Wärmeabfuhr		

Berechnungskonstanten und Korrekturfaktoren	
Max. spezifische Belastung p_{lim}	81,5 N/mm ² (Tabelle 5, Seite 15)
Korrekturfaktor a_T	0,2 (Abb. 18, Seite 19)
Korrekturfaktor Gegenauflfläche a_S	0,85 (Abb. 19, Seite 19)
Korrekturfaktor a_B für Ø 40	0,95 (Abb. 20, Seite 20)
Korrekturfaktor für PM Buchsen a_Q	1,8 (Abb. 16, Seite 18)

Berechnung	siehe	Wert
Spezifische Belastung p [N/mm ²]	(5.1.1) Seite 15	$p = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{20.000}{40 \cdot 30} = 16,67$
Gleitgeschwindigkeit U [m/s]	(5.2.1) Seite 16	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 30}{60 \cdot 10^3} = 0,063$
Hochlastfaktor a_E [-] muss > 0 sein	(5.8.1) Seite 21	$a_E = \frac{p_{\text{lim}}}{p_{\text{lim}} - p} = \frac{81,5}{81,5 - 16,67} = 1,25$
epU-Faktor [-]	(5.8.2) Seite 21	$epU = \frac{a_E \cdot p \cdot U}{a_B} = \frac{1,25 \cdot 16,67 \cdot 0,063}{0,95} = 1,328$
Lebensdauer L_H [h] für $epU > 1$	(5.8.4) Seite 21	$L_H = \frac{3000}{epU^{2,4}} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S$ $= \frac{3000}{1,382^{2,4}} \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 0,85 = 434$
L_{RG} [h]	(5.8.5) Seite 21	$L_{RG} = \frac{L_H}{2} = \frac{434}{2} = 217$

PM zylindrische Buchse

Gegeben:			
Belastung	Konstante Belastung Richtung aufwärts	Innen-Ø D_i Breite B	100 mm 60 mm
Welle	Stahl, $R_a = 0,3 \mu\text{m}$ Temperatur 80°C	Lagerkraft F Drehzahl N	45.000 N $35 \cdot 1/\text{min}$
	Gute Wärmeabfuhr		

Berechnungskonstanten und Korrekturfaktoren	
Max. spezifische Belastung p_{lim} 40°C	90 N/mm ² (Tabelle 5, Seite 15)
Korrekturfaktor a_T	0,5 (Abb. 18, Seite 19)
Korrekturfaktor Gegenauflfläche a_S	1,0 (Abb. 19, Seite 19)
Korrekturfaktor a_B für Ø 100	0,65 (Abb. 20, Seite 20)
Korrekturfaktor für PM Buchsen a_Q	1,0 (Abb. 16, Seite 18)

Berechnung	siehe	Wert
Spezifische Belastung p [N/mm ²]	(5.1.1) Seite 15	$p = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{45.000}{100 \cdot 60} = 7,5$
Gleitgeschwindigkeit U [m/s]	(5.2.1) Seite 16	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot N}{60 \cdot 10^3} = \frac{100 \cdot 3,14 \cdot 35}{60 \cdot 10^3} = 0,183$
Hochlastfaktor a_E [-] muss > 0 sein	(5.8.1) Seite 21	$a_E = \frac{p_{\text{lim}}}{p_{\text{lim}} - p} = \frac{90}{90 - 7,5} = 1,091$
epU-Faktor [-]	(5.8.2) Seite 21	$epU = \frac{a_E \cdot p \cdot U}{a_B} = \frac{1,091 \cdot 7,5 \cdot 0,183}{0,65} = 2,307$
Lebensdauer L_H [h] für $epU > 1$	(5.8.4) Seite 21	$L_H = \frac{3000}{epU^{2,4}} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S$ $= \frac{3000}{2,307^{2,4}} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 202$
L_{RG} [h]	(5.8.5) Seite 21	$L_{RG} = \frac{L_H}{2} = \frac{202}{2} = 101$



MB zylindrische Buchse

Gegeben:			
Belastung	Konstante Belastung Richtung abwärts	Innen-Ø D_i Breite B	80 mm 40 mm
Welle	Stahl, $R_a = 0,3 \mu\text{m}$ Umgebungstemp. 85°C	Lagerkraft F Schwenkfrequenz n_{osz}	200.000 N $1,11 \cdot 1/\text{min}$
Gehäuse	Leichtmetall schlechte Wärmeabfuhr	Schwenkwinkel φ	20°

Berechnungskonstanten und Korrekturfaktoren	
Max. spezifische Belastung p_{lim}	140 N/mm ² (Tabelle 5, Seite 15)
Korrekturfaktor a_T	0,6 (Abb. 18, Seite 19)
Korrekturfaktor Gegenlauffläche a_S	1,0 (Abb. 19, Seite 19)
Korrekturfaktor a_B für Ø 80	0,75 (Abb. 20, Seite 20)
Korrekturfaktor für MB Buchsen a_Q	1,8 (Abb. 16, Seite 18)

Berechnung	siehe	Wert
Spezifische Belastung p [N/mm ²]	(5.1.1) Seite 15	$p = \frac{F}{D_i \cdot B} = \frac{200.000}{80 \cdot 40} = 62,5$
Gleitgeschwindigkeit U [m/s]	(5.2.3) Seite 16	$U = \frac{D_i \cdot \pi \cdot 4\varphi \cdot n_{\text{osz}}}{60 \cdot 10^3 \cdot 360} = \frac{80 \cdot \pi \cdot 4 \cdot 20 \cdot 1,11}{60.000 \cdot 360} = 0,001$
Hochlastfaktor a_E [-] muss > 0 sein	(5.8.1) Seite 21	$a_E = \frac{p_{\text{lim}}}{p_{\text{lim}} - p} = \frac{140}{140 - 62,5} = 1,806$
epU-Faktor [-]	(5.8.2) Seite 21	$epU = \frac{a_E \cdot pU}{a_B} = \frac{1,806 \cdot 62,5 \cdot 0,001}{0,75} = 0,151$
Lebensdauer L_H [h] für $epU > 1$	(5.8.3) Seite 21	$L_H = \frac{3000}{epU} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S = \frac{3000}{0,151} \cdot 1,8 \cdot 0,6 \cdot 1,0 = 21.456$
L_{RG} [h]	(5.8.5) Seite 21	$L_{RG} = \frac{L_H}{2} = \frac{21.456}{2} = 10.728$
Z_T [-]	(5.8.6) Seite 21	$Z_T = L_{RG} \cdot n_{\text{osz}} \cdot 60 \cdot (R + 2) = 10.728 \cdot 1,11 \cdot 60 \cdot 2 = 1,43 \cdot 10^6$ Q für $p = 62,5 = 1,43 \cdot 10^6$; $Z_T > Q$, Das Lager versagt nach $1,43 \cdot 10^6$ Schwenkbewegung

Anlaufscheibe

Gegeben:			
Belastung	Konstante Belastung Richtung abwärts	Innen-Ø D_i Außen-Ø D_o	40 mm 78 mm
Gegenlauffläche	Stahl, $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ Temperatur 50°C	Lagerkraft F Drehzahl n	50.000 N $25 \cdot 1/\text{min}$
Gehäuse	Leichtmetall schlechte Wärmeabfuhr		

Berechnungskonstanten und Korrekturfaktoren		
Max. spezifische Belastung p_{lim}	90 N/mm ²	Tabelle 5, Seite 15)
Korrekturfaktor a_T für 50°C	0,5	(Abb. 18, Seite 19)
Korrekturfaktor Gegenlauffläche a_S	1,0	(Abb. 19, Seite 19)
Korrekturfaktor a_B für Ø 40	0,95	(Abb. 20, Seite 20)
Korrekturfaktor Anlaufscheiben a_Q	1,0	(Abb. 17, Seite 18)

Berechnung	siehe	Wert
Spezifische Belastung p [N/mm ²]	(5.1.1) Seite 15	$p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (D_o^2 - D_i^2)} = \frac{4 \cdot 50.000}{\pi \cdot (78^2 - 40^2)} = 14,2$
Gleitgeschwindigkeit U [m/s]	(5.2.2) Seite 16	$U = \frac{D_o + D_i}{2} \cdot \pi \cdot n = \frac{78 + 40}{2} \cdot \pi \cdot 25 = \frac{59 \cdot \pi \cdot 25}{60 \cdot 10^3} = 0,0772$
Hochlastfaktor a_E [-] muss > 0 sein	(5.8.1) Seite 21	$a_E = \frac{p_{\text{lim}}}{p_{\text{lim}} - p} = \frac{90}{90 - 14,2} = 1,187$
epU-Faktor [-]	(5.8.2) Seite 21	$epU = \frac{a_E \cdot pU}{a_B} = \frac{1,187 \cdot 14,2 \cdot 0,0772}{0,95} = 1,37$
Lebensdauer L_H [h] für $epU > 1$	(5.8.4) Seite 21	$L_H = \frac{3000}{epU^{2,4}} \cdot a_Q \cdot a_T \cdot a_S = \frac{3000}{1,37^{2,4}} \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 704$
L_{RG} [h]	(5.8.5) Seite 21	$L_{RG} = \frac{L_H}{2} = \frac{704}{2} = 352$

6 Lagereinbau

6.1 ABMESSUNGEN UND TOLERANZEN

Alle HI-EX®-Buchsen werden in Gehäuse mit der Toleranzklasse H7 eingepresst und in der Regel mit Wellen der Toleranzklasse h8 gepaart.

PM HI-EX®-Buchsen sind einbaufertig und brauchen nach dem Einbau nicht nachbearbeitet werden.

MB HI-EX®-Buchsen können im Buchsen-Innendurchmesser auf die Toleranzklasse H7 nachbearbeitet werden. Je nach erforderlichem Laufspiel empfehlen wir Wellen der Toleranzklasse h6-h8. Ohne Nachbearbeitung können MB HI-EX®-Buchsen auch mit Wellen der Toleranzklasse d8 gepaart werden.

Um eine optimale Lagerleistung zu erreichen, ist es wichtig, das richtige Lagerspiel einzuhalten. Gehäusebohrung und Wellendurchmesser müssen deshalb den Tabellenvorgaben entsprechen. Für den Fall, dass sich das Aufnahmegehäuse elastisch aufweitet, und sich somit der Buchseninnendurchmesser größer als berechnet einstellt, sollte der Gehäusedurchmesser verringert, oder der Wellendurchmesser vergrößert werden.

6.2 TOLERANZEN FÜR KLEINSTSPIELE

Fettschmierung

Das Kleinstspiel für einen zufriedenstellenden HI-EX®-Einsatz ist abhängig vom pU-Faktor, der Gleitgeschwindigkeit und der Umgebungstemperatur.

Jede Kenngröße einzeln oder eine Kombination aller kann das Radialspiel verkleinern, da sich die HI-EX®-Polymerschicht nach innen ausdehnt (Wärmedehnung). Dies ist zu kompensieren.

Abb. 21 gibt das minimale Radialspiel über dem Durchmesser bei einer Temperatur von 20 °C an. Zeigt die abgestufte Linie einen Laufspielwechsel für einen bestimmten Wellendurchmesser an, ist der untere Wert einzusetzen. Die zusätzlichen Geraden geben das kleinste zulässige Radialspiel für verschiedene pUu-Werte vor.

Die Berechnung des pU-Faktors ist in Kapitel 5.3 aufgeführt. Der Korrekturfaktor für die Gleitgeschwindigkeit u , für $u > 0,5$ m/s ist Abb. 22 zu entnehmen. Liegt das Laufspiel für einen bestimmten pUu-Faktor (Abb. 21) unter der abgestuften Linie, kann die empfohlene Standardwelle verwendet werden.

Falls der Wert größer ist, muss der Wellendurchmesser reduziert werden, um das Betriebsspiel entsprechend der vertikalen Achse in Abb. 21 zu erreichen.

Bei hohen Belastungen und niedrigen Gleitgeschwindigkeiten ist es möglich, eine zufriedenstellende Lagerleistung auch mit Betriebsspielen zu erhalten, die kleiner sind als vorgegeben. In diesen Fällen sind jedoch Vorversuche notwendig.

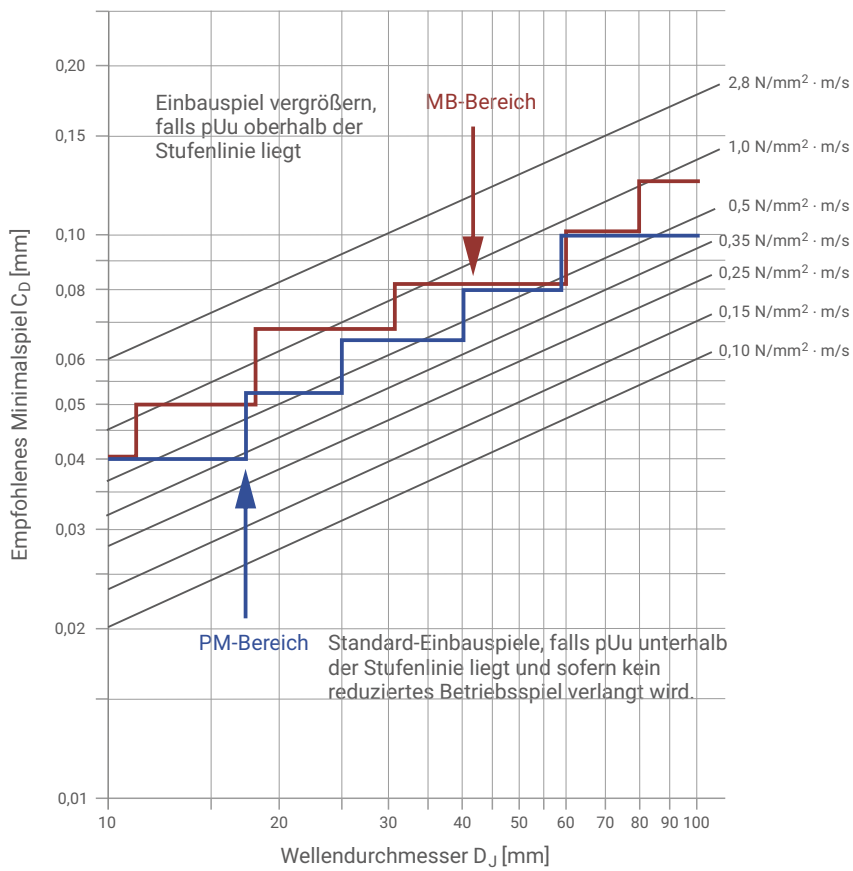


Abb. 21: Minimales Einbauspiel für PM (einbaufertig) und MB HI-EX-Buchsen (nachbearbeitet auf H7)

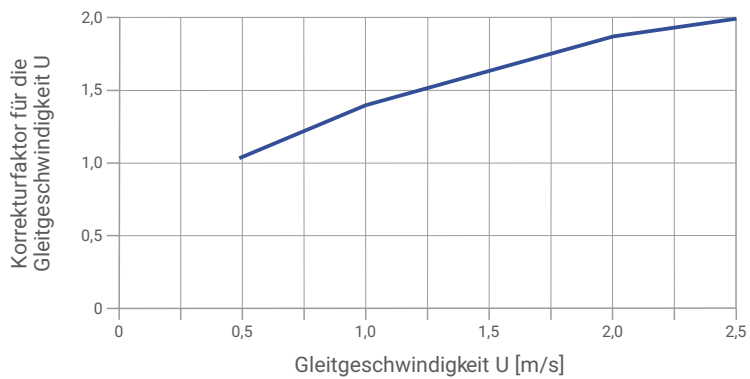
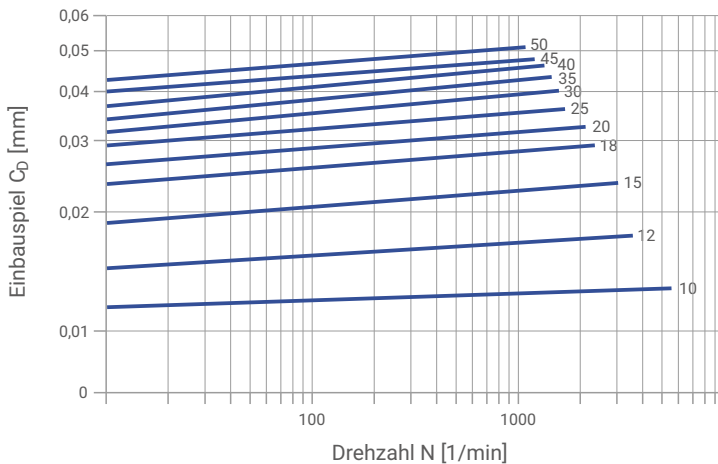


Abb. 22: Korrekturfaktor für die Gleitgeschwindigkeit U

6 Lagereinbau

Flüssigkeitsschmierung

Abb. 23 zeigt das minimale Einbauspiel für verschiedene Durchmesser und Drehzahlbereiche für Buchsen, die im hydrodynamischen oder Mischreibungsbereich arbeiten. Für Buchsen die im minimalen Spielbereich arbeiten werden Vorversuche empfohlen.



Für Geschwindigkeiten über 3 m/s sind zusätzliche Berechnungen erforderlich

Abb. 23: Minimale Einbauspiele für HI-EX-Buchsen mit Durchmesser D_1 10 - 50 mm

Wärmedehnung

Bei Hochtemperatur-Anwendungen sollte das Betriebsspiel laut Vorgabe aus Abb. 24 vergrößert werden.

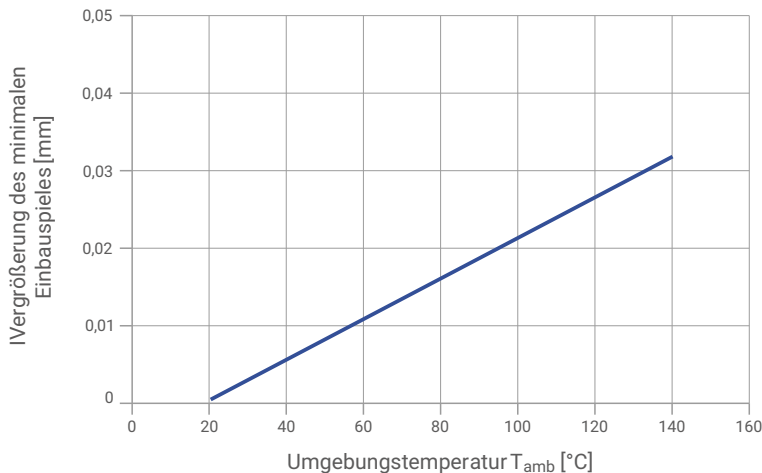


Abb. 24: Empfohlene Vergrößerung des Einbauspiels

Gehäuse aus Nichteisenmaterialien erfordern verkleinerte Gehäusebohrungsdurchmesser (siehe Tabelle 6), um das Einpressübermaß des Buchsenaußendurchmessers zu erhöhen und somit den Festsitz zu gewährleisten. Die Welle ist zusätzlich zu den Werten aus Abb. 24 um den gleichen Betrag, wie die Gehäusebohrung zu reduzieren.

GEHÄUSEMATERIAL	REDUZIERUNG DER GEHÄUSEBOHRUNG PRO 100 °C TEMPERATURANSTIEG	REDUZIERUNG DES WELLENDURCHMESSERS PRO 100 °C TEMPERATURANSTIEG
Aluminiumlegierungen	0,1 %	0,1 % + Werte aus Abb. 24
Legierung auf Kupferbasis	0,05 %	0,05 % + Werte aus Abb. 24
Stahl und Grauguss	–	Werte aus Abb. 24
Legierung auf Zinkbasis	0,15 %	0,15 % + Werte aus Abb. 24

Tabelle 6: Berücksichtigung von Wärmedehnung

6.3 GESTALTUNG DER GEGENLAUFLÄCHEN

konventionellen Gegenlaufwerkstoffen eingesetzt werden. Gehärtete Stahlwellen sind nicht notwendig. Gehärtete Stahlwellen sind in der Regel nicht erforderlich, es sei denn, abrasive Partikel können in die Lagerstelle eindringen oder die Betriebslebensdauer soll über 2000 Stunden betragen. In diesen Fällen empfehlen wir eine Mindesthärte von 350 HRB für die Welle.

Die Gegenlauffläche sollte auf einen Mittenrauhwert von $R_a \leq 0,4 \mu\text{m}$ geschliffen werden. Der letzte Bearbeitungsgang der Gegenlauffläche sollte vorzugsweise die gleiche Richtung haben, wie die Bewegungsrichtung relativ zur Lageroberfläche.

Normalerweise wird HI-EX® gegen Stahlwellen bzw. axiale Flächen aus Stahl eingesetzt. Bei feuchter oder korrosiver Umgebung empfehlen wir Wellen aus rostfreiem Stahl oder hartchrombeschichtete Stähle. Besonders bei Wechsellasten muss auf eine gute Haftung der Beschichtung geachtet werden.

Axiale Anlaufflächen bzw. Wellenenden müssen über die HI-EX®-Oberfläche hinausragen, um ein Einlaufen zu vermeiden. Diese Gegenlaufflächen sind ohne Nuten oder Flachstellen auszuführen. Damit die Kunststoff-Laufschicht nicht beschädigt wird, müssen scharfe Kanten vermieden werden. Wellenenden sollten angefast werden.

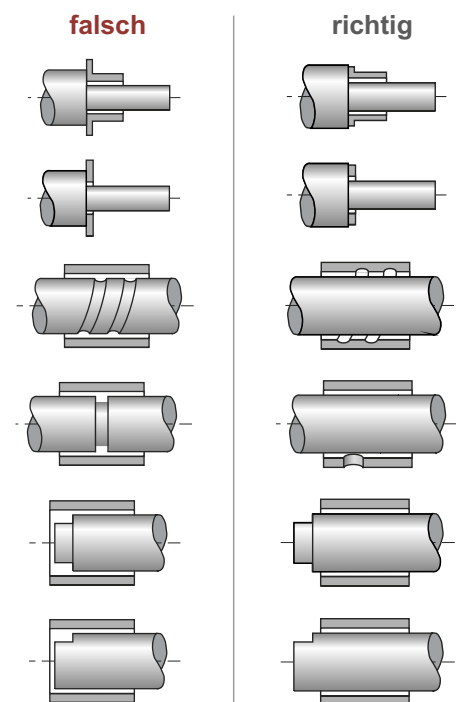


Abb. 25: Gestaltung der Gegenlaufkörper

6 Lagereinbau

6.4 MONTAGE

Wichtiger Hinweis:

Die HI-EX®-Laufschicht darf während der Montage nicht beschädigt werden.

Einpressen von Buchsen

Montage mit Stufendorn (einsatzgehärteter C-Stahl) siehe Abb. 26. Um Beschädigungen zu vermeiden, ist zu beachten:

- Gehäusedurchmesser entsprechend den Empfehlungen
- Fase 0,8 x 15°-30° am Gehäuse
- Buchse parallel zur Gehäusebohrung D_H ansetzen
- Buchsenaußendurchmesser leicht ölen

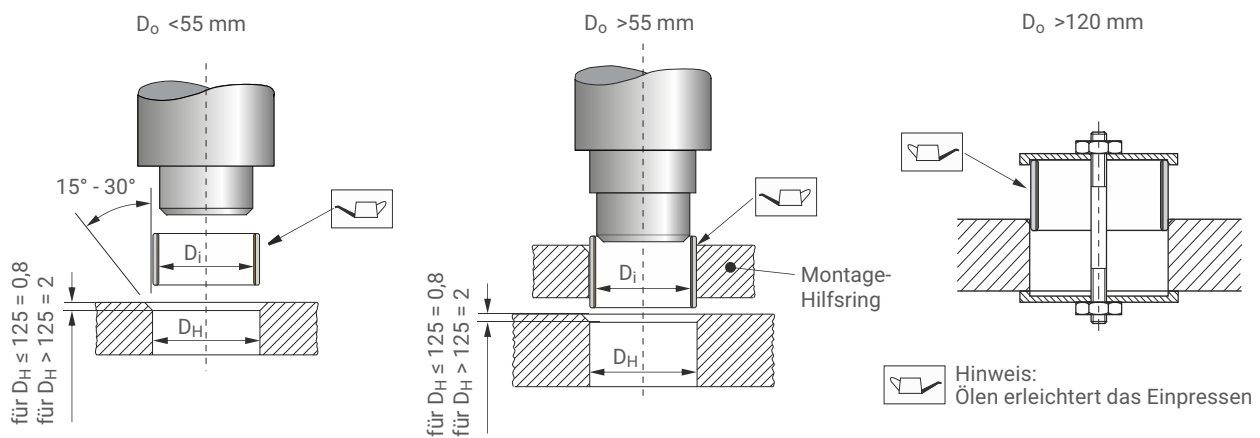


Abb. 26: Buchsen einpressen

Einpresskräfte

Abb. 27 gibt Richtwerte für die erforderlichen maximalen Einpresskräfte zum korrekten Einbau von HI-EX®-Buchsen.

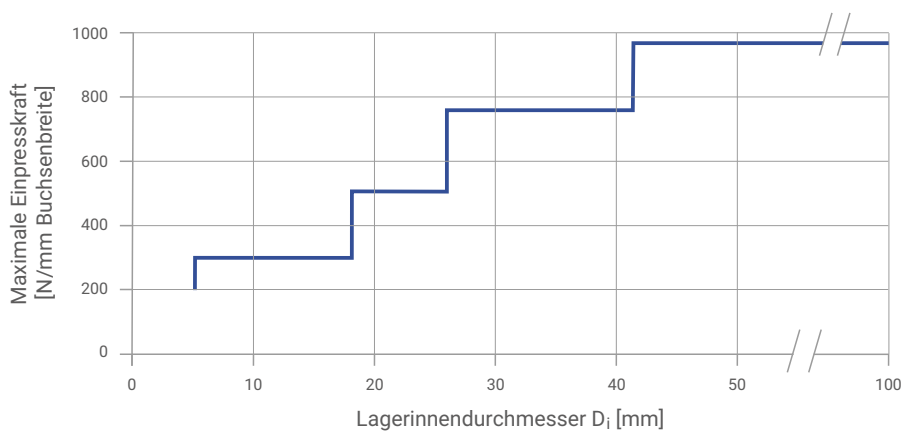


Abb. 27: Maximale Einpresskräfte F_i

Fluchtung

Genauere Fluchtung ist für alle Lageranwendungen wichtig. Beim Einsatz von HI-EX®-Lagern sollten Fluchtungsfehler den Wert 0,020 mm nicht übersteigen (siehe Abb. 28). Dies gilt über die Länge einer Buchse (oder zwei Buchsen) oder über den Außendurchmesser einer Anlaufscheibe.

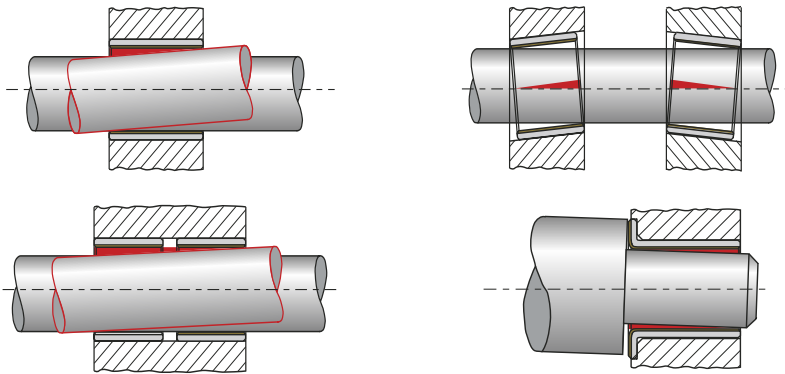


Abb. 28: Fluchtung

Abdichten von Lagerstellen

Obwohl HI-EX® eine gute Fähigkeit besitzt, Verschmutzungspartikel einzubetten, ist es zweckmäßig, bei abrasiver Verschmutzung die Lagerstellen entsprechend Abb. 29 abzudichten.

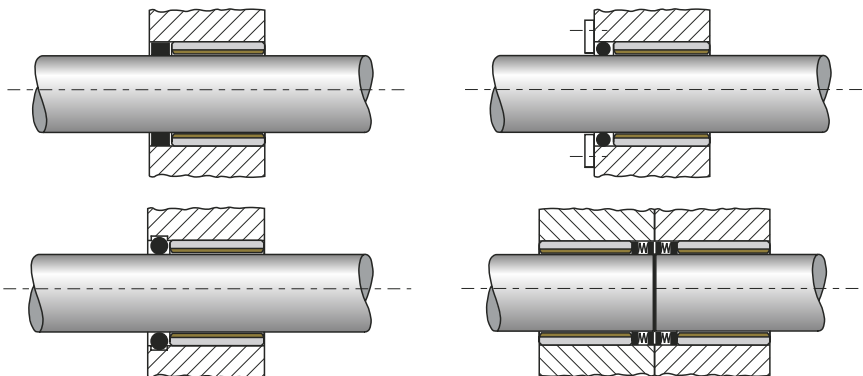


Abb. 29: Abdichten von Lagerstellen

Axialführung

Wenn axiale Führungsaufgaben notwendig sind, empfehlen wir grundsätzlich, HI-EX®-Anlaufscheiben in Verbindung mit HI-EX®-Buchsen einzusetzen. Der Abrieb von falsch montierten Anlaufscheiben (Axiallager) kann in die angrenzende HI-EX®-Buchse eindringen und sich dadurch ungünstig auf die Lebensdauer der HI-EX®-Buchse auswirken.

6 Lagereinbau

Montage von Anlaufscheiben

HI-EX®-Anlaufscheiben werden am Außendurchmesser in einer Eindrehung geführt (Abb. 30). Der Innendurchmesser darf die Welle nicht berühren. Der Durchmesser der Eindrehung sollte nach der Toleranzklasse D_{10} angefertigt werden.

Falls keine Eindrehung vorgesehen werden kann, können Scheiben wie folgt gehalten werden:

- mit zwei Haltestiften — mit zwei Halteschrauben — durch Ankleben

Hinweis:

- Haltestifte bis mindestens 0,25 mm unterhalb der Oberkante Laufschrift.
- Schrauben 0,25 mm tiefer als Oberkante Laufschrift versenken.
- HI-EX nicht höher als 250 °C erhitzen.
- Hersteller von Industrieklebern konsultieren hinsichtlich Typ und Verarbeitung.
- Laufschrift abdecken, um das Anhaften von Kleber zu vermeiden.
- Der Scheibeninnendurchmesser darf die Welle nach der Montage nicht berühren.
- Sicherstellen, dass die Scheibe mit der richtigen Seite anliegt.

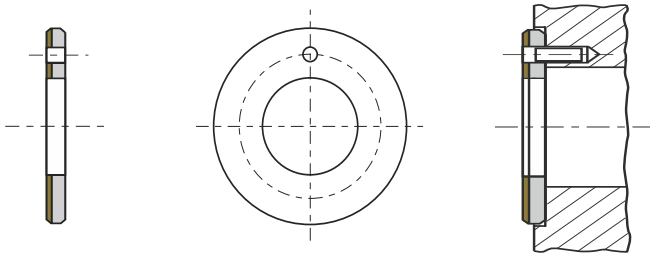


Abb. 30: Fixierung von Anlaufscheiben

Gleitstreifen

Die Befestigung von HI-EX®-Gleitstreifen bei der Anwendung als Geradführung erfolgt alternativ:

- mit Senkschrauben — mit Industrieklebern — durch Formschluss lt. Abb. 31

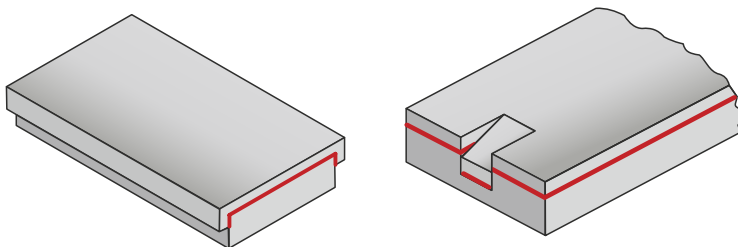


Abb. 31: Fixierung von Gleitstreifen durch Formschluss

7 Bearbeitung

7.1 SPANENDE BEARBEITUNG

Die PEEK-Laufschicht des HI-EX®-Materials lässt sich gut spanend bearbeiten, wie z. B. Messing. Aufgrund der inneren Elastizität der Laufschicht können die Ränder der Schmieraschen zu Grat- und Flusenbildung neigen.

Abhilfe: Spanform beim Bearbeiten der Laufschicht als Band anstelle feinfadenförmig. Sofern die Laufschicht bearbeitet wird, sollte die Bearbeitungstiefe nicht mehr als 0,125 mm betragen, um das Schmierstoffvolumen in den Taschen nicht wesentlich zu reduzieren.

HI-EX® kann, gerieben geräumt oder ausgedreht/ausgespindelt werden. Als Bearbeitungswerkstoff eignet sich HS-Stahl oder Hartmetall. Für gute Werkzeug-Standzeiten sind Diamantwerkzeuge erforderlich.

7.2 AUSSPINDELN

Abb. 32 zeigt den empfohlenen Drehstahl.

- Einstellung: 90° zur Vorschubrichtung.
Spitzenradius >1,5 mm.
- Seitenspanwinkel:
30° ergibt bandförmigen Spanverlauf.
- Schnittgeschwindigkeit:
2,0 - 4,5 m/s.
- Vorschub:
0,05 - 0,025 mm für Schnitttiefe von 0,125 mm
(Niederer Vorschub für höhere
Schnittgeschwindigkeit).
- Ausreichende Oberflächengüten können ohne
Schneidölverwendung erzielt werden.
- Späneabfuhr durch Druckluft.
- Kühlmiteleinsetz ist ohne Nachteil.

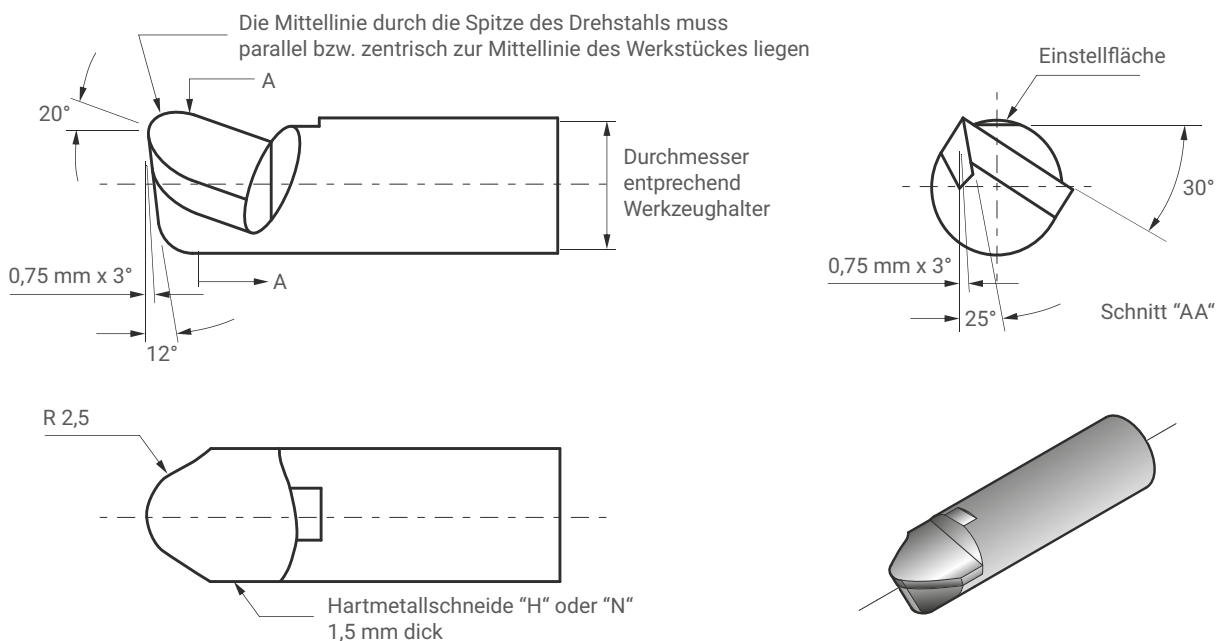


Abb. 32: Drehstahl für HI-EX

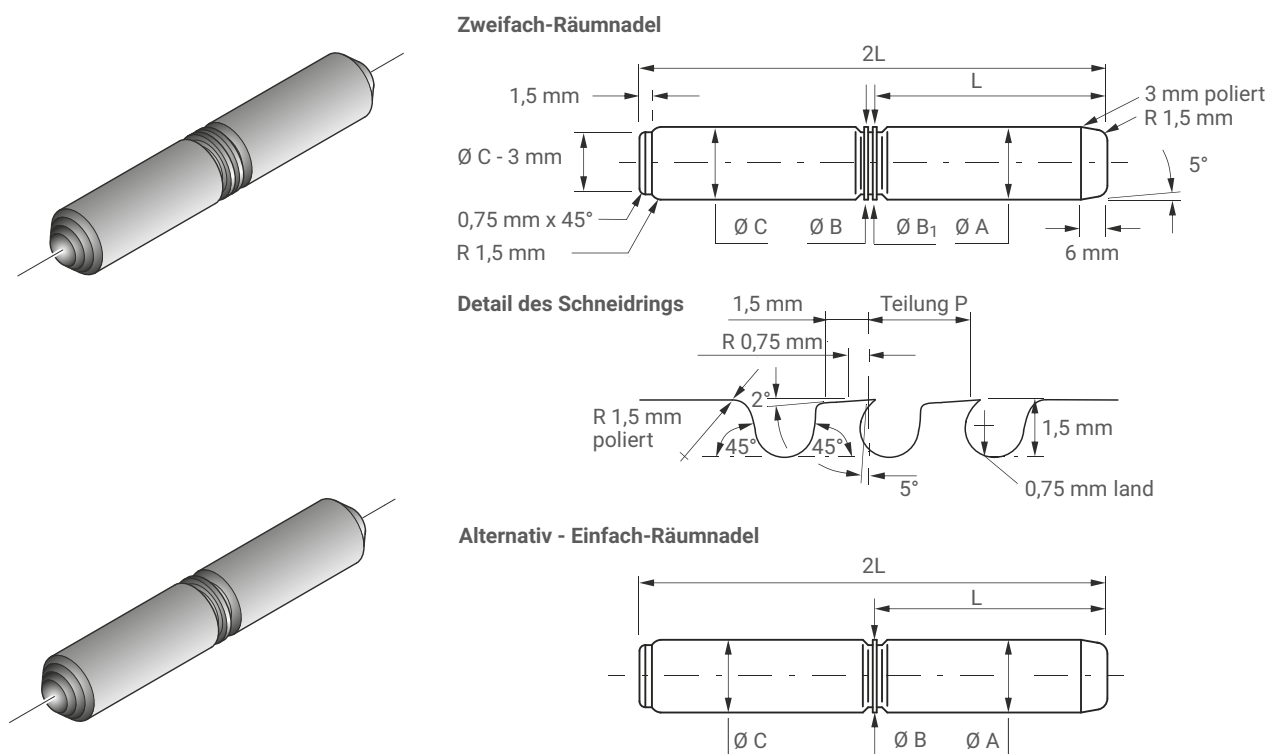
7 Bearbeitung

7.3 REIBEN

HI-EX® kann mit einer nachstellbaren geradzahnigen Handreibahle nachbearbeitet werden. Die Reibahlen müssen scharf und hart sein (Diamantbeschichtet), Schnitttiefe 0,025 - 0,05 mm bei niedrigem Vorschub. Maschinenreibahle mit Schnittgeschwindigkeit von ca. 0,05 m/s bei gleichen Schnitttiefen und Vorschüben wie beim Ausspindeln.

7.4 RÄUMEN

Abb. 33 zeigt Räumnadelgeometrien für Durchmesser bis 65 mm. Schnittgeschwindigkeit 0,1 - 0,5 m/s trocken.



BUCHSENBREITE B VON	BIS	PITCH P
10	13	3
13	20	4
20	30	5
30	50	5,5
50	70	6
70	95	7
95	130	8

DURCHMESSER	
Ø A	min. Buchseninnen-Ø +0,013 D _{i,a} min nach Einbau +0
Ø B	Nenndurchmesser D _i +0,038 +0,025
Ø C	Nenndurchmesser D _i +0,015 +0,005
min. Buchseninnen-Ø = D _o min - 2 · s ₃ max Bohrungsnennmaß = min. Bohrungs-Ø	
Ø B ₁ *	Nenndurchmesser D _i -0,065 -0,076

MIN. LÄNGE DES FÜHRUNGSDORNES L _{min}	
Einzelbuchse	B + 6
2 oder mehr hintereinander	B + 6 + Buchsenabstand

Abb. 33: Räumnadelgeometrien für HI-EX

* Erste Schneide der Zweifach-Räumnadel

Einfachräumnadeln werden für Buchsenbreiten < 25 mm verwendet. Zweifachräumnadeln für Buchsenbreiten ≥ 25 mm bzw. zwei oder mehrere nebeneinander angeordnete Buchsen.

Wenn Sonderräumnadeln für spezifische Formen erforderlich sind, beachten Sie:

- Führung der Räumnadel durch Führungsdorne/Schultern vor und nach dem Schneidring sicherstellen.

- zwei hintereinander mit Abstand eingebaute Buchsen erfordern Vor- und Nachführungen die länger sind als der Buchsenabstand.
- Sonderführungen außerhalb des Werkstückes sind auch möglich.
- Räumkräfte bei Großbuchsen werden durch axiale Entlastungsnuten in den Führungsdorn/Schultern reduziert
- Räumen bewirkt nur dann Konzentrität und Parallelität, wenn externe Führungen vorhanden sind, sonst folgt die Räumnadel der ursprünglichen Fluchtung der Gehäusebohrung.
- Buchsen mit $D_1 > 60$ mm erfordern generell eine äußere Führung der Räumnadel.

7.5 SCHWINGRÄUMEN

Der Einsatz von Einfach-Räumnadeln mit ca. 50 Hz Vorschubfrequenz ist möglich. Fasenspanwinkel: $1,5^\circ \times 0,5$ mm. Eine Schnitttiefe von 0,25 mm mit einer durchschnittlichen Schnittgeschwindigkeit von 0,15 m/s ist akzeptabel. Eine erzeugte Oberfläche mit $R_a < 0,8$ μm oder besser, ist ausreichend.

7.6 NACHBEARBEITUNG VON FERTIGEN LAGERN

Kürzen bzw. Teilen

Bei der Nachbearbeitung von HI-EX®-Gleitlagern sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

Um Gratbildungen an der Laufschiichtseite zu vermeiden, sollte die Bearbeitungsrichtung von der Laufschiichtseite zum Stahlrücken erfolgen. Bei der Bearbeitung von der Stahlseite her ist ein minimaler Schneiddruck empfehlenswert.

Jegliche Stahl- oder Bronzepartikel, die in die Laufschiicht eingedrückt werden, sowie alle Grate müssen entfernt werden.

7.7 BOHREN VON SCHMIERLÖCHERN

Die Buchsen müssen am Innendurchmesser unterstützt werden, um Verformungen durch den Bohrdruck zu vermeiden.

7.8 SCHNEIDEN VON STREIFEN

HI-EX®-Streifen können mit den nachfolgenden Methoden auf Größe geschnitten werden, wobei Maßnahmen gegen das Verkratzen der Laufschiicht und gegen die Verformung notwendig sind:

- Horizontalfräsen mit Seiten-, Stirn- oder Scheibenfräsern
- Tafel- /Schlagscheren
- Stanzen mit oder ohne Verlustschnitt
- Rollenscheren (Schneidstrecke)
- Laserschneiden
- Wasserstrahlschneiden

8 Oberflächenbehandlung

HI-EX®-Material

Der HI-EX®-Stahlrücken kann mit fast allen konventionellen metallischen Überzügen gegen Korrosion geschützt werden:

- Zink
- Nickel
- Hartchrom
- Zink - Nickel
- Chemisches Vernickeln

Bei Schichtdicken $>5 \mu\text{m}$ muss die Gehäusebohrung um den Wert: $2 \times$ galvanische Schichtdicke vergrößert werden, der Innendurchmesser der Buchse wird somit nach der Montage nicht verändert.

Im Fall elektrolytischer Angriffe sind Versuche durchzuführen, um die Verträglichkeit aller Materialien der Lagerumgebung nachzuweisen.

Gegenauflflächen

Die Gegenauflflächen können mit Korrosionsschutzschichten versehen werden. Dabei sind die empfohlenen Wellentoleranzen und Oberflächenrauheiten auch bei den metallischen Überzügen einzuhalten.

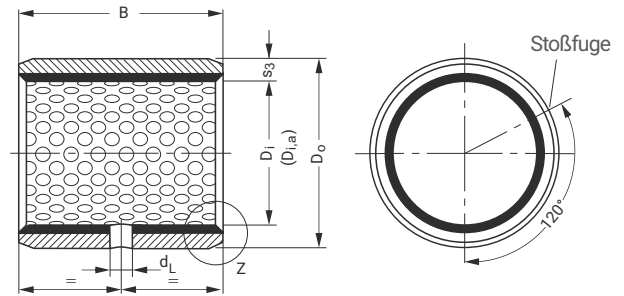
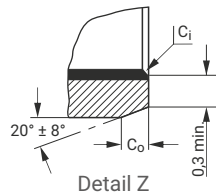
Bestellbeispiele

Die Bestellbeispiele gelten für die Bestellnummern in den folgenden Tabellen der Standardabmessungen (diese Teile sind nicht ab Lager lieferbar!).

- Einbaufertige HI-EX®-Buchse mit Innendurchmesser $D_i = 20 \text{ mm}$ und einer Breite $B = 15 \text{ mm}$: PM 2015 HI-EX
- Nachbearbeitbare HI-EX®-Buchse mit Innendurchmesser $D_i = 20 \text{ mm}$ und einer Breite $B = 15 \text{ mm}$, mit glatter Laufschiicht für hydrodynamische Anwendungen: MB2015 HI-EX (U).

9 Standardteile

9.1 PM HI-EX® ZYLINDRISCHE BUCHSEN



Dimensionen und Toleranzen nach ISO 3547 und GSP-Spezifikationen
Hinweis: Für $D_i \leq 40$ mm, Buchsenrücken mit Zinnüberzug; für $D_i > 40$ mm, Buchsenrücken mit Kupferüberzug

Außenfasen C_o und Innenfasen C_i

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

WANDDICKE S_3	C_o (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
2	$1,2 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,4$ -0,1 to -0,7
2,5	$1,8 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,4$ -0,2 to -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 [h8]		GEHÄUSE-Ø D_H [H7]		BUCHSEN-Ø $D_{i,a}$ EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C_{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d_L
	D_i	D_o			max. min.	max. min.	max. min.	max. min.			
PM0808HX	8	10	0,980 0,955	8,25 7,75	8,000 7,978	10,015 10,000	8,105 8,040	0,127 0,040	kein Schmier- loch		
PM0810HX				10,25 9,75							
PM0812HX				12,25 11,75							
PM1010HX	10	12		10,25 9,75	10,000 9,978	12,018 12,000	10,108 10,040	0,130 0,040		3	
PM1012HX				12,25 11,75						4	
PM1015HX				15,25 14,75							
PM1020HX				20,25 19,75							
PM1210HX				12						14	10,25 9,75
PM1212HX	12,25 11,75	4									
PM1215HX	15,25 14,75										
PM1220HX	20,25 19,75										
PM1225HX	25,25 24,75										
PM1415HX	14	16	15,25 14,75	14,000 13,973	16,018 16,000	14,108 14,040	0,135 0,040	3			
PM1420HX			20,25 19,75								
PM1425HX			25,25 24,75								
PM1508HX	15	17	8,25 7,75	15,000 14,973	17,018 17,000	15,108 15,040	0,135 0,040	3			
PM1510HX			10,25 9,75								
PM1512HX			12,25 11,75						4		
PM1515HX			15,25 14,75								
PM1520HX			20,25 19,75								
PM1525HX			25,25 24,75								

Alle Abmessungen in mm

9 Standardteile

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L		
	D _i	D _o											
PM1615HX	16	18	0,980 0,955	15,25	16,000	15,973	18,018	18,000	16,108	0,135	4		
PM1620HX				14,75								19,75	16,040
PM1625HX				25,25								24,75	16,040
PM1815HX	18	20	0,980 0,955	15,25	18,000	17,973	20,021	20,000	18,111	0,040			
PM1820HX				14,75								19,75	18,040
PM1825HX				25,25								24,75	18,040
PM2010HX	20	23	1,475 1,445	10,25	20,000	19,967	23,021	23,000	20,131	0,164			
PM2015HX				9,75								14,75	20,050
PM2020HX				20,25								19,75	20,050
PM2025HX				25,25								24,75	20,050
PM2030HX				30,25								29,75	20,050
PM2215HX	22	25	1,475 1,445	15,25	22,000	21,967	25,021	25,000	22,131	0,050			
PM2220HX				14,75							19,75	22,050	
PM2225HX				25,25							24,75	22,050	
PM2230HX				30,25							29,75	22,050	
PM2415HX	24	27	1,475 1,445	15,25	24,000	23,967	27,021	27,000	24,131	0,168			
PM2420HX				14,75							19,75	24,050	
PM2425HX				25,25							24,75	24,050	
PM2430HX				30,25							29,75	24,050	
PM2515HX	25	28	1,970 1,935	15,25	25,000	24,967	28,021	28,000	25,131	0,050			
PM2520HX				14,75							19,75	25,050	
PM2525HX				25,25							24,75	25,050	
PM2530HX				30,25							29,75	25,050	
PM283130HX	28	31	1,970 1,935	30,25	28,000	27,967	31,025	31,000	28,135	0,168			
PM2820HX		32		29,75							28,050		
PM2825HX				20,25							19,75	28,050	
PM2830HX				25,25							24,75	28,050	
PM3020HX	30	34	1,970 1,935	20,25	30,000	29,967	34,025	34,000	30,155	0,060			
PM3025HX				36							19,75	30,060	
PM3030HX											25,25	24,75	30,060
PM3040HX											30,25	29,75	30,060
PM3220HX	32	36	1,970 1,935	20,25	32,000	31,961	36,025	36,000	32,155	0,194			
PM3230HX				36							19,75	32,060	
PM3235HX											30,25	29,75	32,060
PM3240HX											35,25	34,75	32,060

Alle Abmessungen in mm

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.		LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o										
PM3520HX	35	39	1,970 1,935	20,25	35,000 34,961	39,025 39,000	35,155 35,060	0,194 0,060	6			
PM3530HX				19,75								
PM3535HX				30,25								
PM3540HX				29,75								
PM3550HX				35,25 34,75								
PM3635HX	36	40		35,25 34,75	36,000 35,961	40,025 40,000	36,155 36,060					
PM3720HX	37	41		20,25 19,75	37,000 36,961	41,025 41,000	37,155 37,060					
PM4020HX	40	44		20,25	40,000 39,961	44,025 44,000	40,155 40,060					
PM4030HX				19,75								
PM4030HX				30,25								
PM4040HX				29,75								
PM4050HX				40,25 39,75								
PM4520HX	45	50		20,25	45,000 44,961	50,025 50,000	45,195 45,080	0,234 0,080				
PM4525HX				19,75								
PM4530HX				25,25 24,75								
PM4530HX				30,25 29,75								
PM4540HX				40,25 39,75								
PM4545HX				45,25 44,75								
PM4550HX	50,25 49,75											
PM5030HX	50	55	2,460 2,415	30,25	50,000 49,961	55,030 55,000	50,200 50,080	0,239 0,080				
PM5040HX				29,75								
PM5045HX				40,25 39,75								
PM5050HX				45,25 44,75								
PM5060HX				50,25 49,75								
PM5520HX	55	60		20,25	55,000 54,954	60,030 60,000	55,200 55,080	0,246 0,080				
PM5525HX				19,75								
PM5530HX				25,25 24,75								
PM5530HX				30,25 29,75								
PM5540HX				40,25 39,75								
PM5550HX				50,25 49,75								
PM5560HX	60,25 59,75											
PM6030HX	60	65		30,25	60,000 59,954	65,030 65,000	60,200 60,080					
PM6040HX				29,75								
PM6050HX				40,25 39,75								
PM6060HX				50,25 49,75								
PM6070HX				60,25 59,75 70,25 69,75								

Alle Abmessungen in mm

9 Standardteile

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o									
PM6530HX	65	70	2,450 2,384	30,25	65,000 64,954	70,030 70,000	65,262 65,100	0,308 0,100	8		
PM6540HX				29,75							
PM6550HX				40,25							
PM6560HX				39,75							
PM6570HX				50,25							
PM7030HX	49,75	70,000 69,954		30,25	75,030 75,000	70,262 70,100					
PM7040HX	29,75										
PM7045HX	45,25										
PM7050HX	44,75										
PM7060HX	50,25										
PM7065HX	49,75	75,000 74,954		60,25	80,030 80,000	75,262 75,100					
PM7070HX	59,75										
PM7080HX	65,25										
PM7540HX	64,75										
PM7560HX	70,25			80,000 79,954			40,25			85,035 85,000	80,267 80,100
PM7580HX	39,75										
PM8040HX	60,25										
PM8050HX	59,75										
PM8060HX	80,25	85,000 84,946	40,50		90,035 90,000	85,267 85,100					
PM8080HX	39,50										
PM8080HX	50,50										
PM80100HX	49,50										
PM8530HX	60,50		90,000 89,946	30,50			95,035 95,000	90,267 90,100			
PM8540HX	29,50										
PM8560HX	40,50										
PM8580HX	39,50										
PM85100HX	60,50	95,000 94,946		80,50	100,035 100,000	95,267 95,100					
PM9040HX	79,50										
PM9060HX	100,50										
PM9080HX	99,50										
PM9090HX	40,50										
PM90100HX	39,50	95,000 94,946	60,50	100,035 100,000	95,267 95,100						
PM9560HX	59,50										
PM95100HX	100,50										

Alle Abmessungen in mm

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.		LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o										
PM10040HX	100	105	2,450 2,384	40,50	100,000 99,946	105,035 105,000	100,035 100,000	100,267 100,100	0,321 0,100	9,5		
PM10050HX				59,50								
PM10060HX				50,50								
PM10080HX				49,50								
PM10095HX				60,50								
PM100115HX				59,50								
PM10560HX	105	110		60,50	105,000 104,946	110,035 110,000	110,035 110,000	105,267 105,100				
PM10565HX				59,50								
PM105110HX				65,50								
PM105115HX				64,50								
PM11050HX	110	115		110,50	110,000 109,946	115,035 115,000	110,267 105,100					
PM11060HX				109,50								
PM110100HX			115,50									
PM110110HX			114,50									
PM110115HX			50,50									
PM11550HX	115	120	49,50	h8 115,000 114,946	h7 120,035 120,000	115,267 115,100						
PM11570HX			70,50									
PM12060HX			69,95									
PM120100HX	120	125	60,50	120,000 119,946	125,040 125,000	120,280 120,130						
PM120110HX			59,50									
PM12560HX	125	130	110,50	125,000 124,937	130,040 130,000	125,280 125,130						
PM125100HX			109,50									
PM125110HX			60,50									
PM13050HX	130	135	59,50	130,000 129,937	135,040 135,000	130,280 130,130						
PM13060HX			60,50									
PM13080HX			59,50									
PM130100HX			80,50									
PM13560HX	135	140	79,50	135,000 134,937	140,040 140,000	135,280 135,130						
PM13580HX			100,50									
PM14050HX	140	145	99,50	140,000 139,937	145,040 145,000	140,280 140,130						
PM14060HX			60,50									
PM14080HX			59,50									
PM140100HX			80,50									

Alle Abmessungen in mm

9 Standardteile

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.		LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o										
PM15050HX	150	155	2,435 2,380	50,50	150,000 149,937	H7	155,040 155,000	150,280 150,130	0,343 0,130	kein Schmier- loch		
PM15060HX				49,50								
PM15080HX				60,50								
PM150100HX				59,50								
PM16050HX	160	165		80,50	160,000 159,937	H7	165,040 165,000	160,280 160,130				
PM16060HX				79,50								
PM16080HX				100,50								
PM160100HX				99,50								
PM17050HX	170	175		50,50	170,000 169,937	H7	175,040 175,000	170,280 170,130				
PM17060HX				49,50								
PM17080HX				60,50								
PM170100HX				59,50								
PM18050HX	180	185		80,50	180,000 179,937	H7	185,046 185,000	180,286 180,130				
PM18060HX				79,50								
PM18080HX				100,50								
PM180100HX				99,50								
PM19050HX	190	195	50,50	190,000 189,928	H7	195,046 195,000	190,286 190,130					
PM19060HX			49,50									
PM19080HX			60,50									
PM190100HX			59,50									
PM190120HX	200	205	80,50	200,000 199,928	H7	205,046 205,000	200,286 200,130					
PM20050HX			79,50									
PM20060HX			100,50									
PM200100HX			99,50									
PM200120HX	220	225	120,50	220,000 219,928	H7	225,046 225,000	220,286 220,130					
PM22050HX			119,50									
PM22060HX			50,50									
PM22080HX			49,50									
PM220100HX	240	245	60,50	240,000 239,928	H7	245,046 245,000	240,286 240,130					
PM220120HX			59,50									
PM24050HX			80,50									
PM24060HX			79,50									
PM24080HX	240	245	100,50	240,000 239,928	H7	245,046 245,000	240,286 240,130					
PM240100HX			99,50									
PM240120HX			120,50									
PM240120HX			119,50									

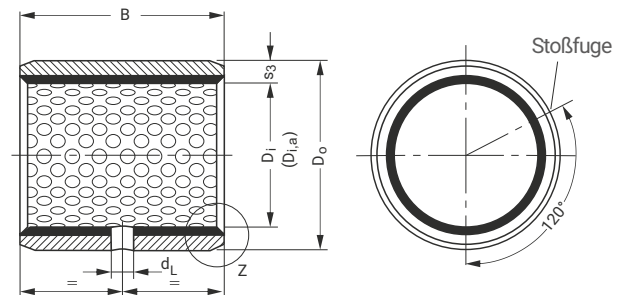
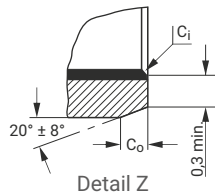
Alle Abmessungen in mm

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [h8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o									
PM25050HX	250	255	2,435 2,380	50,50	250,000	249,928	255,052	255,000	250,292	0,364	kein Schmier- loch
PM25060HX				49,50							
PM25080HX				60,50							
PM250100HX				59,50							
PM250120HX				80,50							
PM26050HX	260	265		50,50	260,000	259,919	265,052	265,000	260,292	0,130	
PM26060HX				49,50							
PM26080HX				60,50							
PM260100HX				59,50							
PM260120HX				80,50							
PM28050HX	280	285		50,50	280,000	279,919	285,052	285,000	280,292	0,373	
PM28060HX				49,50							
PM28080HX				60,50							
PM280100HX				59,50							
PM280120HX				80,50							
PM30050HX	300	305	50,50	300,000	299,919	305,052	305,000	300,292	0,130		
PM30060HX			49,50								
PM30080HX			60,50								
PM300100HX			59,50								
PM300120HX			80,50								

Alle Abmessungen in mm

9 Standardteile

9.2 MB HI-EX® ZYLINDRISCHE BUCHSEN



Dimensionen und Toleranzen nach ISO 3547 und GSP-Spezifikationen
Hinweis: Für $D_i \leq 40$ mm, Buchsenrücken mit Zinnüberzug; für $D_i > 40$ mm, Buchsenrücken mit Kupferüberzug

Außenfasen C_0 und Innenfasen C_i

WANDDICKE S_3	C_0 (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
1	$0,6 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$ -0,1 bis -0,5
1,5	$0,6 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$ -0,1 bis -0,7

WANDDICKE S_3	C_0 (a) BEARBEITET / GEROLLT	C_i (b)
2	$1,2 \pm 0,4$	$1,0 \pm 0,4$ -0,1 to -0,7
2,5	$1,8 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,4$ -0,2 to -1,0

- (a) = Fase C_0 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 [d8]		GEHÄUSE-Ø D_H [H7]		BUCHSEN-Ø $D_{i,a}$ EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C_{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d_L
	D_i	D_o			max. min.	max. min.	max. min.	max. min.			
MB0808HX	8	10	1,108 1,082	8,25 7,75	7,960 7,938	10,015 10,000	8,015 8,000	0,077 0,040	kein Schmier- loch		
MB0810HX				10,25 9,75							
MB0812HX				12,25 11,75							
MB1010HX	10	12		10,25 9,75	9,960 9,938	12,018 12,000	10,018 10,000	0,080 0,040		3	
MB1012HX				12,25 11,75						4	
MB1015HX				15,25 14,75							
MB1020HX				20,25 19,75							
MB1210HX	12	14		10,25 9,75	d8 11,950 11,923	H7 14,018 14,000	12,018 12,000	0,095 0,050		3	
MB1212HX				12,25 11,75						4	
MB1215HX				15,25 14,75							
MB1220HX				20,25 19,75							
MB1225HX				25,25 24,75							
MB1415HX	14	16	15,25 14,75	13,950 13,923	16,018 16,000	14,018 14,000	0,095 0,050	4			
MB1420HX			20,25 19,75								
MB1425HX			25,25 24,75								
MB1510HX	15	17	10,25 9,75	14,950 14,923	17,018 17,000	15,018 15,000	0,095 0,050	3			
MB1512HX			12,25 11,75					4			
MB1515HX			15,25 14,75								
MB1525HX			25,25 24,75								

Alle Abmessungen in mm

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [d8]		GEHÄUSE-Ø D _H [H7]		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o			max.	min.	max.	min.			
MB1615HX	16	18	1,108 1,082	15,25	15,950 15,923			18,018 18,000	16,018 16,000	0,095 0,050	4
MB1620HX				14,75							
MB1625HX				20,25							
MB1815HX	19,75										
MB1820HX	25,25										
MB1825HX	24,75										
MB2010HX	20	23	10,25	19,935 19,902			23,021 23,000	20,021 20,000			
MB2015HX			9,75								
MB2020HX			15,25								
MB2025HX			14,75								
MB2030HX			20,25								
MB2215HX	22	25	15,25	21,935 21,902	d8	H7	25,021 25,000	22,021 22,000			
MB2220HX			14,75								
MB2225HX			20,25								
MB2230HX			19,75								
MB2415HX	24	27	15,25	23,935 23,902			27,021 27,000	24,021 24,000	0,119 0,065		
MB2420HX			14,75								
MB2425HX			20,25								
MB2430HX			19,75								
MB2515HX			25,25								
MB2520HX	25	28	15,25	24,935 24,902			28,021 28,000	25,021 25,000			
MB2525HX			14,75								
MB2530HX			20,25								
MB2820HX			19,75								
MB2825HX	28	32	25,25	27,935 27,902			32,025 32,000	28,021 28,000			
MB2830HX			24,75								
MB3020HX			30,25								
MB3030HX	30	34	20,25	30,000 29,967			34,025 34,000	30,021 30,000			
MB3040HX			19,75								
			30,25								
			2,108 2,072	39,75							

Alle Abmessungen in mm

9 Standardteile

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [d8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.		LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o										
MB3220HX	32	36	2,108 2,072	20,25	31,920	31,881	36,025	32,025	0,144 0,080	6		
MB3230HX				19,75								
MB3235HX				30,25								
MB3240HX				29,75								
MB3520HX	35	39		35,25	34,920	34,881	39,025	35,025				
MB3530HX				34,75								
MB3550HX				40,25								
MB3720HX	37	41		39,75	36,920	36,881	41,025	37,025				
MB4020HX	40	44		20,25	39,920	39,881	44,025	40,025				
MB4030HX				19,75								
MB4040HX				30,25								
MB4050HX				29,75								
MB4520HX	45	50	40,25	44,920	44,881	50,025	45,025					
MB4530HX			39,75									
MB4540HX			45,25									
MB4545HX			44,75									
MB4550HX			50,25									
MB5040HX	50	55	49,75	49,920	49,881	55,030	50,025					
MB5060HX			60,25									
MB5520HX	55	60	59,75	54,900	54,854	60,030	55,030					
MB5525HX			20,25									
MB5530HX			19,75									
MB5540HX			25,25									
MB5550HX			24,75									
MB5560HX			30,25									
MB6030HX	60	65	29,75	59,900	59,854	65,030	60,030					
MB6040HX			29,75									
MB6060HX			40,25									
MB6070HX			39,75									
			60,25									

Alle Abmessungen in mm

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _J [d8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.	LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o									
MB6540HX	65	70	2,634 2,568	40,25	64,900 64,854	70,030 70,000	65,030 65,000	0,176 0,100	8		
MB6550HX				39,75							
MB6560HX				50,25							
MB6570HX				49,75							
MB7040HX	60,25	69,900 69,854		75,030 75,000	70,030 70,000						
MB7050HX	59,75										
MB7065HX	70,25										
MB7070HX	69,75										
MB7080HX	80,25	74,900 74,854		80,030 80,000	75,030 75,000						
MB7540HX	79,75										
MB7560HX	40,25										
MB7580HX	39,75										
MB8040HX	60,25	79,900 79,854		85,035 85,000	80,030 80,000						
MB8060HX	59,75										
MB8080HX	80,25										
MB80100HX	79,75										
MB8530HX	40,50	84,880 84,826		90,035 90,000	85,035 85,000						
MB8540HX	39,50										
MB8560HX	60,50										
MB8580HX	59,50										
MB85100HX	80,50	89,880 89,826	95,035 95,000	90,035 90,000							
MB9040HX	79,50										
MB9060HX	100,50										
MB9090HX	99,50										
MB9560HX	40,50	94,880 94,826	100,035 100,000	95,035 95,000							
MB95100HX	39,50										
MB10050HX	60,50										
MB10060HX	59,50										
MB10080HX	80,50	99,880 99,826	105,035 105,000	100,035 100,000							
MB10095HX	79,50										
MB100115HX	95,50										
	94,50										
	115,50										
	114,50										

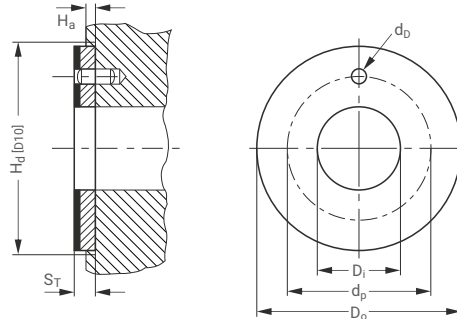
Alle Abmessungen in mm

9 Standardteile

BESTELL NR.	NENNMAßE		WANDDICKE S ₃ max. min.	BREITE B max. min.	WELLEN-Ø D _j [d8] max. min.		GEHÄUSE-Ø D _H [H7] max. min.		BUCHSEN-Ø D _{i,a} EINGEB. IN H7 GEHÄUSE max. min.		LAGERSPIEL C _{Dm} max. min.	SCHMIER- LOCH-Ø d _L
	D _i	D _o										
MB10560HX	105	110	2,634 2,568	60,50	104,880 104,826	109,880 109,826	110,035 110,000	105,035 105,000	0,209 0,120	9.5		
MB105110HX				59,50								
MB105115HX				110,50								
MB11060HX	115,50											
MB110115HX	114,50											
MB11550HX	60,50											
MB11570HX	59,50											
MB12060HX	120	125	2,619 2,564	115,50	119,880 119,826	124,855 124,792	125,035 125,000	110,035 110,000	0,248 0,145	kein Schmier- loch		
MB120100HX				50,50								
MB125100HX				49,50								
MB13050HX	60,50											
MB13060HX	59,50											
MB130100HX	100,50											
MB13560HX	135	140	2,619 2,564	99,50	134,855 134,792	139,855 139,792	130,040 130,000	135,040 130,000	0,248 0,145	kein Schmier- loch		
MB13580HX				50,50								
MB14060HX				49,50								
MB140100HX	60,50											
MB15060HX	59,50											
MB15080HX	100,50											
MB150100HX	99,50											

Alle Abmessungen in mm

9.3 HI-EX® ANLAUFSCHLEIBEN



BESTELL NR.	INNEN-Ø D _i max. min.	AUßEN-Ø D _o max. min.	DICKE S _T max. min.	STIFTLOCH		EINDREHTIEFE H _a max. min.	
				Ø d _D max. min.	PCD Ø d _P max. min.		
WC08HX	10,25 10,00	20,00 19,75	1,58 1,49	-	-	1,20 0,95	
WC10HX	12,25 12,00	24,00 23,75		1,875 1,625	-		18,12
							17,88
WC12HX	14,25 14,00	26,00 25,75		2,375 2,125	-		20,12
							19,88
WC14HX	16,25 16,00	30,00 29,75		-	-		22,12
							21,88
WC16HX	18,25 18,00	32,00 31,75		-	-		25,12
							24,88
WC18HX	20,25 20,00	36,00 35,75		-	-		28,12
							27,88
WC20HX	22,25 22,00	38,00 37,75		3,375 3,125	-		30,12
							29,88
WC22HX	24,25 24,00	42,00 41,75		-	-		33,12
			32,88				
WC24HX	26,25 26,00	44,00 43,75	-	-	35,12		
					34,88		
WC25HX	28,25 28,00	48,00 47,75	-	-	38,12		
					37,88		
WC30HX	32,25 32,00	54,00 53,75	-	-	43,12		
					42,88		
WC35HX	38,25 38,00	62,00 61,75	-	-	50,12		
					49,88		
WC40HX	42,25 42,00	66,00 65,75	4,375 4,125	-	54,12		
					53,88		
WC45HX	48,25 48,00	74,00 73,75	-	-	61,12		
					60,88		
WC50HX	52,25 52,00	78,00 77,75	2,60 2,51	-	65,12		
					64,88		
WC60HX	62,25 62,00	90,00 89,75	-	-	76,12		
					75,88		

Alle Abmessungen in mm

9.4 HI-EX® GLEITSTREIFEN

HI-EX® Gleitstreifen sind als Sonderteile auf Anfrage erhältlich.

10 Prüfmethoden

10.1 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 D_H weitgehend der Form der Gehäuse-Aufnahmebohrung an. Dies geschieht infolge des Übermaßes zwischen dem Buchsen-Außendurchmesser D_o und der Gehäuse-Aufnahmebohrung D_H . 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 3547TEIL 2 (AN PM2015HX)	
Prüfaufnahme und Einstelldorn $d_{ch,1}$	23,062 mm
Prüfkraft F_{ch}	4500 N
Grenzwerte für Δz	0 and -0,065 mm
Außendurchmesser D_o	23,035 to 23,075 mm

Tabelle 7: Prüfung A nach ISO 3547 Teil 2

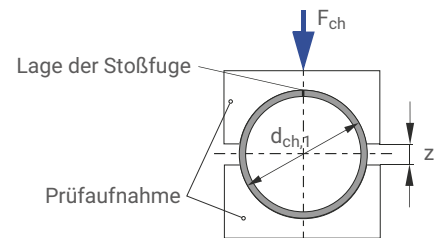


Abb. 34: Prüfung A, Beispiel für die Zeichnungseintragung

Test B (alternativ zu Test A)

Prüfung des Außendurchmessers mit einer GEHT / GEHT NICHT Ringlehre.

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.

Prüfung D nach ISO 3547 Teil 2

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

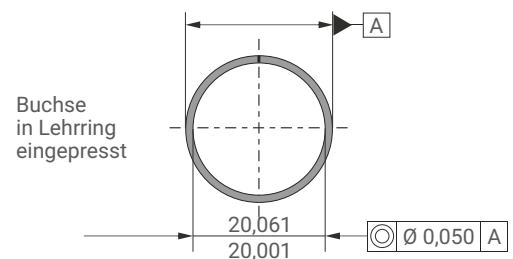


Abb. 35: Prüfung C, Beispiel für die Zeichnungseintragung

11 Technisches Datenblatt

Nicht sicher, welches GGB Material für Ihre Anwendung geeignet ist? Bitte füllen Sie das nachstehende Formular aus und leiten Sie es an Ihren GGB Vertriebsmitarbeiter oder Distributionspartner 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_{fi}	
Bunddicke	B_{fi}	
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]
Oszillationszyklus	ϕ [°]
Oszillationsfrequenz N_{osz}	[1/min]

GEGENWERKSTOFF

Werkstoff	
Härte	HB/HRC
Rauheit	Ra [µm]

KUNDENDATEN

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

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)

FORMELZEICHEN UND BENENNUNGEN

SYMBOL	EINHEIT	BENENNUNG
a_B	-	Korrekturfaktor für die Lagergröße
a_E	-	Hochlastfaktor
a_Q	-	Korrekturfaktor für Geschwindigkeit/ Belastung
a_S	-	Korrekturfaktor für Oberflächengüte
a_T	-	Korrekturfaktor für Temperatur
B	mm	Buchsenbreite
C	1/min	Belastungsfrequenz, dynamisch
C_D	mm	Einbauspiel der eingepressten Buchse
C_{Dm}	mm	Einbauspiel der bearbeiteten Buchse
C_i	mm	Breite der Innenfase
C_o	mm	Breite der Außenfase
C_T	-	Gesamtanzahl der dynamischen Lastwechsel
D_H	mm	Durchmesser des Lagergehäuses
D_i	mm	Innendurchmesser der Buchse oder der Anlaufscheibe
$D_{i,a}$	mm	Innendurchmesser der Buchse nach der Montage in das Lagergehäuse
$D_{i,a,m}$	mm	Innendurchmesser der Buchse nach der Bearbeitung
D_J	mm	Wellendurchmesser
D_{Jm}	mm	Wellendurchmesser der bearbeiteten Buchse
D_o	mm	Außendurchmesser der Buchse oder der Anlaufscheibe
d_D	mm	Stiftlochdurchmesser
d_L	mm	Öllochdurchmesser
d_p	mm	Lochkreisdurchmesser des Stiftloches
F	N	Nennbelastung/Lagerkraft
F_i	N	Einpresskraft
f	-	Gleitreibungszahl
H_a	mm	Eindrehtiefe für Gehäuse (z.B. bei Anlaufscheiben)
H_d	mm	Durchmesser der Gehäuseplanfläche (Anlaufscheiben)
L	mm	Länge des Gleitstreifens
L_H	h	Lagerlebensdauer
L_{RG}	h	Nachschmierintervall

SYMBOL	EINHEIT	BENENNUNG
N	1/min	Drehzahl
N_{osc}	1/min	Schwenkfrequenz
p	N/mm ²	Spezifische Lagerbelastung
p_{lim}	N/mm ²	Maximal zulässige spezifische Lagerbelastung
$p_{sta,max}$	N/mm ²	Zulässige statische Lagerbelastung
$p_{dyn,max}$	N/mm ²	Zulässige dynamische Lagerbelastung
Q	-	Anzahl der Schwenkbewegungen
R	-	Anzahl der Nachschmierintervalle
R_a	µm	Mittenrauhwert (DIN 4768, ISO/DIN 4287/1)
s_3	mm	Buchsenwanddicke
s_S	mm	Dicke des Gleitstreifens
s_T	mm	Dicke der Anlaufscheibe
T	°C	Temperatur
T_{amb}	°C	Lager-Umgebungstemperatur
T_{max}	°C	Maximale Temperatur
T_{min}	°C	Minimale Temperatur
U	m/s	Gleitgeschwindigkeit
u	-	Korrekturfaktor für Gleitgeschwindigkeit
W	mm	Breite des Gleitstreifens
$W_{u\ min}$	mm	Minimale Nutzbreite des Gleitstreifens
Z_T	-	Gesamtanzahl der Belastungszyklen
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: Ausschlag ab Mittelachse nach jeder Seite
η	Ns/mm ²	Dynamische Viskosität des Schmiermittels

Produktinformation

GGB versichert, dass die in dieser Unterlage beschriebenen Produkte keine Herstellungs- und Materialfehler haben.

Die in der Unterlage aufgeführten Angaben dienen als Hilfe bei der Beurteilung der Anwendungseignung des Werkstoffes. Sie sind entwickelt aus eigenen Untersuchungen sowie aus allgemein zugänglichen Veröffentlichungen. Sie stellen keine Zusicherung von Eigenschaften dar.

Falls nicht ausdrücklich und schriftlich zugesagt, gibt GGB keine Garantie, dass die beschriebenen Produkte für irgendwelche speziellen Zwecke oder spezifischen Betriebsbedingungen geeignet sind. GGB akzeptiert keinerlei Haftung für etwaige Verluste, Beschädigungen oder Kosten, wie sie auch immer durch direkte oder indirekte Anwendungen dieser Produkte entstehen.

Für alle Geschäfte, die durch GGB abgewickelt werden, gelten grundsätzlich deren Verkaufs- und Lieferbedingungen, wie sie Teil der Angebote, der Lieferprogramme und der Preislisten sind. Kopien können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Die Produkte sind Gegenstand einer fortgesetzten Entwicklung. GGB behält sich das Recht vor, Änderungen der Spezifikation oder Verbesserungen der technologischen Daten ohne vorherige Ankündigung durchzuführen.

Ausgabe 2023; deutsch (diese Ausgabe ersetzt frühere Ausgaben, die hiermit ungültig werden).

ERKLÄRUNG ZU BLEIGEHALTEN DER GGB-PRODUKTE / ÜBEREINSTIMMUNG MIT EU-RECHT

GGB verpflichtet sich umfassend zur Einhaltung aller geltenden nationalen, europäischen und internationalen Regelungen.

Wir setzen selbst entwickelte Prozesse zur ständigen Überwachung von Gesetzesänderungen ein.

Zudem arbeiten wir mit Kunden und Lieferanten zusammen daran, die Einhaltung von Gesetzen, Standards und Anforderungen abzusichern. Dazu zählen unter anderem die RoHS und REACH Richtlinien.

Für GGB ist es von besonderer Bedeutung, als Unternehmen umweltbewusst zu agieren.

Ein starker Fokus liegt zudem auf der Sicherheit.

Wir orientieren uns an zahlreichen Unternehmensrichtlinien und setzen alles daran, international anerkannte Standards für Umwelt- und Arbeitsschutz einzuhalten oder zu übertreffen.

Darüber hinaus haben wir an allen unseren Standorten Managementsysteme etabliert, die der EN 9100, IATF 16949, ISO 14001 und ISO 9001 entsprechen.

Weitere Informationen finden Sie in unserem Downloadbereich. Hier können Sie sich die aktuellen Zertifikate unter:

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

und die die Erklärungen zu REACH und der RoHS unter:

<https://www.ggbearings.com/de/wer-wir-sind/qualitaet-und-umweltschutz> ansehen/downloaden.

GGB® und HI-EX® sind Warenzeichen von GGB.

Jegliche Verwendung der Warenzeichen von GGB ist ohne deren vorherige schriftliche Genehmigung ausdrücklich untersagt.

©2023 GGB. Alle Rechte vorbehalten.



PUSHING BOUNDARIES TO CO-CREATE A HIGHER QUALITY OF LIFE



GGB HEILBRONN GMBH

Ochsenbrunnenstr. 9 | D-74078 Heilbronn

Tel: +49 7131 269 0

www.ggbearings.com/de



HB109DEU03-23HN