

Lebensdauerberechnung

Nominelle Lebensdauer L_{10}

Unter der Voraussetzung, dass Kugelbuchsen unter normalen Betriebsbedingungen (korrekte Montage, gute Schmierung, keine extremen Temperaturen, keine Verschmutzung) verwendet werden und die Erlebenswahrscheinlichkeit mit 90 % angenommen wird, (d. h., dass mindestens 90 % einer größeren Menge gleicher Kugelbuchsen die errechnete Rollstrecke zurücklegt, ohne daß an den beanspruchten Teilen Ermüdungserscheinungen auftreten), so errechnet sich die nominelle Lebensdauer der Kugelbuchsen wie folgt:

$$L_{10} = \left(\frac{C_{eff}}{P} \right)^3$$

Tragfähigkeit, Tragzahlen

Bei der Bestimmung der Größe einer Kugelbuchse ist zu unterscheiden, ob die Kugelbuchse dauernd Bewegungen ausführt oder ob sie im Stillstand belastet wird. Zudem wird die Größe der Kugelbuchse durch die benötigte Tragfähigkeit, die vorliegende Beanspruchung sowie die Anforderungen an Lebensdauer und Betriebssicherheit bestimmt. Als Maß für die Tragfähigkeit von Kugelbuchsen werden die dynamische Tragzahl C [N] und die statische Tragzahl C_0 [N] verwendet. Die Berechnung der Tragzahlen wurden nach DIN 636, Teil1, vorgenommen.

Nominelle Lebensdauer L_h (außer Type LCR)

$$L_{10} = \left(\frac{C_{eff}}{P} \right)^3 * 10^5 * \left(\frac{1}{f * 60 * s} \right)$$

Nominelle Lebensdauer L_h für Type LCR

$$L_{10} = \left(\frac{C_{eff}}{P} \right)^3 * 10^5 * ((f * 60 * s)^2 + (d * \pi * n * 60)^2)^{-0,5}$$

wobei:

- L_{10} [10⁵ m] : nominelle Lebensdauer in Meter (Rollstrecke)
- L_h [h] : nominelle Lebensdauer in Stunden
- C_{eff} [N] : effektive dynamische Tragzahl
- P [N] : dynamisch äquivalente Belastung
- f [min⁻¹] : Hubfrequenz (Anzahl Doppelhübe)
- s [m] : Länge des Doppelhubes (hin und zurück)
- d [m] : Wellendurchmesser
- n [min⁻¹] : Drehzahl der Welle

Dynamische Tragzahl C [N]

Für eine Kugelbuchse diejenige in Größe und Richtung unveränderliche radiale äußere Belastung, die die Kugelbuchse theoretisch für eine nominelle Lebensdauer von 10⁵ m zurückgelegte Strecke aufnehmen kann.

Statische Tragzahl C_0 [N]

Statische radiale Belastung, die einer errechneten Beanspruchung im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Wälzkörper und Laufbahn (Welle) von 5300 N_{/mm²} entspricht. Die bleibende Gesamtverformung von Wälzkörper und Laufbahn entspricht dabei etwa dem 1/10'000 des Wälzkörperdurchmessers.

KUGELBUCHSEN

Geschwindigkeit und Beschleunigung

Die Konstruktion der Kugelbuchsen ermöglicht hohe Rollgeschwindigkeiten und Anfahrbeschleunigungen. Die erreichbaren Werte hängen vor allem von der Größe der Kugelbuchse, der Schmierung, der Belastung und von der Radialluft ab. Geschwindigkeiten bis 5 m/s und Beschleunigungen bis 100 m/s^2 sind unbedenklich.

Bei gestifteten Kugelbuchsen (bestellbar bei LBA und LFA) können auch 150 m/s^2 erreicht werden. Werden diese Werte in Ihrem Anwendungsfall überschritten, so bitten wir Sie um Rücksprache.

Montage

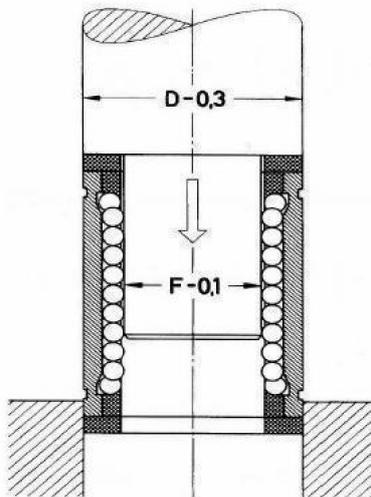
Die Montage von Kugelbuchsen erfordert Sorgfalt und Sauberkeit, damit sie einwandfrei laufen und nicht vorzeitig ausfallen. Kugelbuchsen sollen erst unmittelbar vor dem Einbau aus der Originalverpackung genommen werden.

Das Korrosionsschutzmittel muss nicht entfernt werden, da es sich mit den meisten Schmierfetten gut verträgt.

Kugelbuchsen gemäß Kapitel „Schmierung“ einfetten. Kleine Kugelbuchsen kann man von Hand in das Gehäuse drücken. Zum Einbau von größeren Kugelbuchsen oder bei festen Passungen sind mechanische oder hydraulische Pressen und Montagedorne (siehe Bild) erforderlich.

Es ist darauf zu achten, dass die Montagekraft möglichst weit außen an der Kugelbuchse angreift, damit der Käfig oder die Dichtungen nicht beschädigt werden. Ein dünner Ölfilm auf der Kugelbuchse, sowie eine Anfasung der Gehäusebohrung erleichtern den Einbau.

Eine Montage mit Hammerschlägen ist nicht zulässig.



Alle Umbauteile müssen vor der Montage gereinigt und entgratet werden. Außerdem müssen die Maß- und Formgenauigkeiten aller Teile geprüft werden. Für die Bearbeitung der Wellen und der Gehäuse werden die bei den jeweiligen Kugelbuchsen angegebenen Toleranzen empfohlen.

Radialspiel und Vorspannung Gestaltung von Lagerungen

Radialspiel und Vorspannung

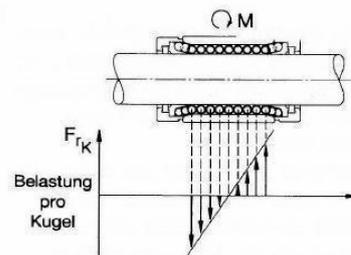
Wird eine spielfreie Lagerung gefordert, so ist bei Kugelbuchsen geschlossener Bauform die

Kombination Gehäusetoleranz / Wellentoleranz entsprechend den Angaben der jeweiligen Typenreihen zu wählen.

Bei Verwendung von Kugelbuchsen der Typen LAG und LAN zusammen mit einstellbaren Gehäusen ist die Radialluft beliebig einstellbar. Generell ist zu beachten, dass Vorspannung die Reibung erhöht und die Lebensdauer reduziert.

Gestaltung von Lagerungen

Kugelbuchsen können nur sehr bedingt axiale Momente aufnehmen, da unter Einwirkung eines solchen Momentes die Flächenpressung an den äußersten Kugeln schnell unzulässig hoch wird (Bild). Somit sollten auf einer Welle zwei Kugelbuchsen eingebaut werden. Zusätzlich muss die Welle gegen Verdrehen gesichert werden, da dies sonst die Kugelbuchse in unzulässiger Weise beanspruchen würde.



Schmierung - Reibung

Schmierung

Die Hauptaufgaben des Schmierstoffes sind die Verminderung von Verschleiß und Reibung. Zusätzlich sind der Korrosionsschutz, die Abführung von Verlustwärme sowie Verunreinigungen aus dem Lager und die Abstützung der Abdichtung zu erwähnen.

Fettschmierung

Unter normalen Betriebsbedingungen (P/C < 0,1 und Raumtemperatur) erreichen die Kugellager mit der Erstbefüllung die Gebrauchsdauer. Vor dem Einbau sind die Kugellager mit Fett der Konsistenzklasse 2 oder 3 nach DIN 51818 (z.B. FAG Arcanol L 71) einzufetten; (das Korrosionsschutzmittel muss nicht ausgewaschen werden, da es sich mit den meisten Fetten verträgt). Die Kugeln sollten während dem Einfetten in den Bahnen mehrmals umlaufen!

Bei hochbelasteten Lagerungen oder stark erhöhten Temperaturen (t > 50°C) sollten Fette mit höherer Grundölviskosität, mit EP-Zusätzen und eventuell Festschmierstoffzusätzen gewählt werden.

Ölschmierung

Eine Ölschmierung bietet sich an, wenn benachbarte Maschinenelemente bereits mit Öl versorgt werden oder wenn durch den Schmierstoff Wärme abgeführt werden soll (z.B. wegen Fremderwärmung, hohe Geschwindigkeiten und/oder hohen Belastungen). Zur Schmierung von Kugellagern genügen in den meisten Fällen unlegierte Mineralöle. Bei höheren Anforderungen können aber ohne weiteres auch legierte oder synthetische Öle eingesetzt werden.

Reibung

Bei nicht abgedichteten Kugellagern hat - vor allem bei hoher Geschwindigkeit - der Schmierstoff großen Einfluss auf die Reibung, durch die Belastung nimmt der Rollwiderstand nur unwesentlich zu. Dagegen ist bei abgedichteten Kugellagern die Reibung der berührenden Dichtungen zu beachten.

Der Rollreibungswert μ_R der nichtabgedichteten Kugellager beträgt:

- bei Ölschmierung:

$$\mu_{R\text{ Öl}} = 0,001 \dots 0,002 \quad [-]$$

- bei Fettschmierung:

$$\mu_{R\text{ Fett}} = 0,002 \dots 0,004 \quad [-]$$

Die Reibkraft F_R der abgedichteten Kugellager ist weitgehend lastunabhängig.

Entscheidend sind hier die Geschwindigkeit, die Schmierung und der Wellendurchmesser. Richtwerte für die Reibkraft und Losbrechkraft einer Dichtung in Abhängigkeit des Wellendurchmessers können der folgenden Tabelle entnommen werden :

Wellen-Ø [mm]	Reibkraft F_{RDi} [N]	Losbrechkraft [N]
5	0,5	1,2
6	0,8	2
8	1	2,5
12	1,6	3,5
16	2	5
20	2,5	7
25	3	8
30	4	10
40	5	12
50	6	15

Betriebstemperatur

Der gesamte Rollwiderstand F_{Rtot} setzt sich aus Rollreibungskraft und Reibkraft der Dichtungen zusammen und errechnet sich wie folgt:

$$F_R = (F_r * \mu_r) + (n * F_{RDi}) \quad [N]$$

wobei :

F_R [N] : Reibungskraft der Kugellager

F_r [N] : wirksame Radialkraft

μ_R [-] : Rollreibungswert

n [-] : Anzahl Dichtungen

F_{RDi} [N] : Reibungskraft einer Dichtung

Betriebstemperatur

Die zulässige Betriebstemperatur ist durch den Käfigwerkstoff und bei abgedichteten Kugellagern durch den Werkstoff der Dichtungen bestimmt.

Kurzzeitige Überschreitungen der oberen Temperaturgrenze um etwa 20°C sind zulässig.

Standardmäßig sind bei Abstreifern Temperaturen über 80° zu vermeiden.

STANDARDBUCHSE LAA

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

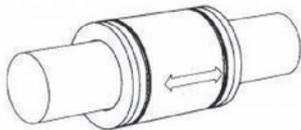
für Längsbewegungen und allgemeine Anwendungsfälle



Kugelbuchsen LAA / LAA-KBS

Die geschlossenen Kugelbuchsen LAA haben 4 bis 6 tragende Kugelreihen. Der Käfig aus Polyoximethylen oder Polyamid wird im gehärteten Außenring gehalten.

Es gibt sie in nicht abgedichteter, einseitig abgedichteter (RS) und beidseitig abgedichteter (2RS) Ausführung.



Sämtliche Ausführungen der Kugelbuchse LAA werden, in Alu- oder Gussgehäuse eingebaut, auch als Kugelbuchseneinheit geliefert. Die Radialluft der eingebauten Kugelbuchsen kann bei geschlossenen Gehäusen nur durch die Bohrungstoleranz der Gehäuse bestimmt werden.

Sonderausführungen sind Edelstahltypen, dann mit der Bezeichnung LAA-KBS (bitte auch separaten LTK-Edelstahlkatalog benutzen).

Toleranzen der Kugelbuchsen LAA

Nennmaß der Welle	von bis	Maße in mm			
		10	18	30	50
		10	18	30	50

Hüllkreis	F	Abmaße in µm			
		8	9	11	13
		0	-1	-1	-2

Breite	B	Abmaße in µm			
		0	0	0	0
		-520	-620	-740	-870

Nutabstand	B _n	Abmaße in µm			
		270	330	390	460
		0	0	0	0

Nennmaß des Außendurchmessers	von bis	Maße in mm			
		18	18	30	50
		30	50	80	

Außendurchmesser	D	Abmaße in µm			
		0	0	0	0
		-8	-9	-11	-13

Radialluft der eingebauten Kugelbuchsen LAA

Nennmaß der Welle	von bis	Maße in mm				
		6	10	18	30	50
		6	10	18	30	50

Gehäuse-/Wellentoleranz	Radialluft in µm				
	H6/h6	H6/h6	H6/h6	H6/h6	H6/h6
	14	15	17	21	2
	2	2	2	2	2

JS6/h6	Radialluft in µm				
	JS6/h6	JS6/h6	JS6/h6	JS6/h6	JS6/h6
	12	13	15	18	2
	0	0	-1	-1	-2

H7/h6	Radialluft in µm				
	H7/h6	H7/h6	H7/h6	H7/h6	H7/h6
	-14	15	17	21	2
	2	2	2	2	2

JS7/h6	Radialluft in µm				
	JS7/h6	JS7/h6	JS7/h6	JS7/h6	JS7/h6
	12	12	14	17	2
	-1	-2	-3	-3	-4

STANDARDBUCHSE LAG

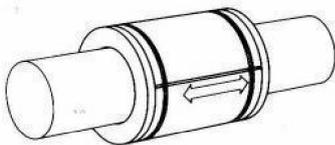
TECHNISCHE BESCHREIBUNG

für Längsbewegungen und allgemeine Anwendungsfälle



Kugelbuchsen LAG / LAG-KBS

Mit den geschlitzten Kugelbuchsen LAG / LAG-KBS (4 bis 6 tragende Kugelreihen) kann man die Radialluft einstellen und erzielt dadurch Längsführungen mit besonders kleiner Radialluft oder mit Vorspannung. Am einfachsten verwendet man dafür geschlitzte Gehäuse und stellt die Luft mit einer Stellschraube ein. Der Käfig aus Polyoximethylen oder Polyamid wird im gehärteten Außenring gehalten. Kugelbuchsen LAG / LAG-KBS gibt es in nicht abgedichteter, einseitig abgedichteter (RS) und beidseitig abgedichteter (2RS) Ausführung.



Sämtliche Ausführungen der Kugelbuchse LAG werden, in Alu- oder Gussgehäuse eingebaut, auch als Kugelbuchseneinheit geliefert.

Sonderausführungen sind Edelstahltypen, dann mit der Bezeichnung LAG-KBS (bitte auch separaten LTK-Edelstahlkatalog benutzen).

Toleranzen der Kugelbuchsen LAG

Nennmaß der Welle	von bis	Maße in mm			
		10	10 18	18 30	30 50

Hüllkreis	F	Abmaße in µm			
		abhängig von der Gehäusetoleranz			

Breite	B	0	0	0	0
				-520	-620

Nutabstand	B _n	270	330	390	460
				5	5

Radialluft der eingebauten Kugelbuchsen LAG

Nennmaß der Welle	von bis	Maße in mm				
		6	6 10	10 18	18 30	30 50

Gehäuse-/Wellentoleranz	Radialluft in µm				
	41	42	46	53	60
H6/h6	18	18	19	21	23

JS6/h6	36	36	40	45	51
	12	13	12	13	13

K6/h6	32	33	35	40	45
	9	9	8	8	8

M6/h6	26	27	29	33	36
	3	3	2	1	-1

H7/h6	47	47	52	60	69
	19	20	20	23	25

JS7/h6	38	38	42	48	54
	10	11	10	10	10

K7/h6	35	35	37	42	48
	7	8	5	5	4

M7/h6	29	29	31	35	39
	1	2	0	-2	-5

STANDARDBUCHSE LAN

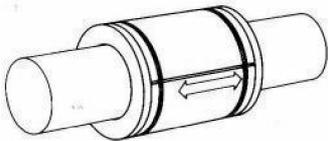
TECHNISCHE BESCHREIBUNG

für Längsbewegungen und allgemeine Anwendungsfälle



Kugelbuchse LAN / LAN-KBS

Offene Kugelbuchsen LAN / LAN-KBS verwendet man im allgemeinen Maschinenbau für sehr lange Führungen. Die Wellen werden hierbei unterstützt, damit sie sich nicht durchbiegen. Der Winkel des offenen Segments ist bei den kleinen Typen 78°, bei den größeren 60°. Der Käfig aus Polyoximethylen oder Polyamid wird im gehärteten Außenring gehalten. Kugelbuchsen LAN / LAN-KBS gibt es in nicht abgedichteter und beidseitig abgedichteter (2RS) Ausführung.



Kugelbuchsen LAN / LAN-KBS befestigt man im Gehäuse mit einem Gewindestift. Hierzu besitzt der Außenring Ansenkungen, die um ca. 90° zur Mitte der Öffnung versetzt sind.

Sonderausführungen sind Edelstahltypen, dann mit der Bezeichnung LAN-KBS (bitte auch separaten LTK-Edelstahlkatalog benutzen).

Toleranzen der Kugelbuchsen LAN

Nennmaß der Welle	von bis	Maße in mm			
		10	18	30	50

Hüllkreis	F	Abmaße in µm			
		abhängig von der Gehäusetoleranz			

Breite	B	0	0	0	0
		-520	-620	-740	-870

Nutabstand	B _n	270	330	390	460
		0	0	0	0

Radialluft der eingebauten Kugelbuchsen LAG

Nennmaß der Welle	von bis	Maße in mm				
		6	10	18	30	50

Gehäuse-/Wellentoleranz	Radialluft in µm				
	H6/h6	41 18	42 18	46 19	53 21

JS6/h6	36 12	36 13	40 12	45 13	51 13
--------	----------	----------	----------	----------	----------

K6/h6	32 9	33 9	35 8	40 8	45 8
-------	---------	---------	---------	---------	---------

M6/h6	26 3	27 3	29 2	33 1	36 -1
-------	---------	---------	---------	---------	----------

H7/h6	47 19	47 20	52 20	60 23	69 25
-------	----------	----------	----------	----------	----------

JS7/h6	38 10	38 11	42 10	48 10	54 10
--------	----------	----------	----------	----------	----------

K7/h6	35 7	35 8	37 5	42 5	48 4
-------	---------	---------	---------	---------	---------

M7/h6	29 1	29 2	31 0	35 -2	39 -5
-------	---------	---------	---------	----------	----------

PRÄZISIONSKUGELBUCHSE LBA

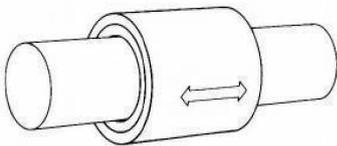
TECHNISCHE BESCHREIBUNG

für Längsbewegungen mit höchster Präzision



Kugelbuchse LBA

Kugelbuchsen der Type LBA sind geschlossen und nicht abgedichtet. Ihre Baulänge ist gering. Sie ist für Anwendungen bestimmt, die höchste Präzision erfordern.



Kugelbuchsen der Type LBA sind in verschiedenen Ausführungen und Genauigkeiten erhältlich.

Die Hülse besteht aus 100 Cr6 in Härte 63 HRC, geschliffen und innen geläppt. Ein massiver Kugelkäfig in aus Messing gefräster Ausführung komplettiert die Kugelbuchse.

Bei hochpräzisen Anwendungen bitten wir um Kontaktierung, da dann auch die Wellentoleranz geklärt werden muss (Bsp. XA-Qualität mit j4-Wellentoleranz).

		Maße in mm			
Nennmaß der Welle	von bis	10	10 18	18 30	30 50
		Abmaße in µm			
Hüllkreis	F	0	0	0	0
		-8	-8	-10	-12
Breite	B	0	0	0	0
		-200	-200	-200	-300
		Maße in mm			
Nennmaß des Außendurchmessers	von bis	18	18 30	30 50	50 80
		Abmaße in µm			
Außendurchmesser	D	0	0	0	0
		-7	-8	-9	-11

		Maße in mm				
Nennmaß der Welle	von bis	6	6 10	10 18	18 30	30 50
		Radialluft in µm				
Gehäuse-/Wellentoleranz	H6/h6	6	7	9	10	12
		-6	-6	-6	-7	-8
JS6/h6	5	5	7	8	9	
	-8	-8	-8	-10	-13	
H7/h6	6	7	9	10	12	
	-6	-6	-6	-7	-8	
JS7/h6	4	4	6	7	8	
	-10	-10	-10	-13	-15	

ALMOTION PRÄZISIONSKUGELBUCHSE KOMPAKT LFA

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

für Längsbewegungen, niedriger Querschnitt, hohe Präzision



		Maße in mm		
Nennmaß der Welle	von	10	18	30
	bis	18	30	50

		Abmaße in µm		
Hüllkreis	F	9	1	13
		-1	-1	-2

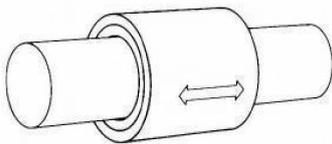
		Abmaße in µm		
Breite	B	0	0	0
		-330	-390	-460

Kugelbuchsen LFA und LFA..A

Kugelbuchsen LFA und LFA..A zeichnen sich durch hohe Präzision aus. Sie sind geschlossen und haben einen niedrigen Querschnitt. Die Außenringe bestehen aus durchgehärtetem Wälzlagerstahl. Die Kugelbuchsen werden entweder mit Presssitz oder über seitlich vorgesetzte Sicherungsringe niedriger Bauhöhe (handelsübliche Ausführung JV) im Gehäuse gehalten.

		Maße in mm		
Nennmaß des Außendurchmessers	von	18	30	50
	bis	30	50	80

		Abmaße in µm		
Außendurchmesser	D	0	0	0
		-9	-11	-13



Kugelbuchsen LFA

Bei dieser Ausführung ist der Käfig aus Polyamid. Die Kugelbuchsen sind in nicht abgedichteter oder beidseitig abgedichteter (2RS) Ausführung erhältlich. Die zulässige Betriebstemperatur liegt im Bereich von -30° bis +80°C.

Kugelbuchsen LFA..A

Hier besteht der Käfig aus Messing. Die Kugelbuchsen sind nicht abgedichtet. Kugelbuchsen LFA..A eignen sich für Betriebstemperaturen zwischen -30° und +200°C.

		Maße in mm			
Nennmaß der Welle	von	10	18	30	50
	bis	18	30	50	80

		Radialluft in µm			
Gehäuse-/Wellentoleranz H6/h6	17	21	25	28	
	2	2	2	2	

JS6/h6	15	18	22	24
	-1	-1	-2	-2

H7/h6	17	21	25	28
	2	2	2	2

JS7/h6	14	17	21	23
	-3	-3	-4	-5

PRÄZISIONSKUGELBUCHSE LCR

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

für sich überlagernde Längs- und Drehbewegungen,
niedriger Querschnitt



Kugellagerbuchsen LCR

Kugellagerbuchsen LCR führen außer Längsbewegungen, für die sie vorwiegend ausgelegt sind, auch Drehbewegungen aus. Die Bewegungen können getrennt oder gleichzeitig auftreten. Bei gleichem Wellendurchmesser sind die Außendurchmesser der Kugellagerbuchsen LCR kleiner als die der übrigen Bauarten; sie ermöglichen daher besonders kompakte Konstruktionen. Die Kugellagerbuchsen sind nicht abgedichtet. Zwischen Käfighaltescheibe und Welle bildet sich jedoch ein enger Spalt. Der Käfig besteht aus Messing (teilweise Polyamid), der Außenring aus durchgehärtetem Wälzlagerstahl.

		Maße in mm			
Nennmaß der Welle	von		10	18	30
	bis	10	18	30	60

		Abmaße in µm			
Hüllkreis	F	8	9	11	13
		0	-1	-1	-2

		Abmaße in µm			
Breite	B	0	0	0	0
		-270	-330	-390	-460

		Maße in mm			
Nennmaß des Außendurchmessers	von		18	30	50
	bis	18	30	50	90

		Abmaße in µm			
Außendurchmesser	D	0	0	0	0
		-8	-9	-11	-13

		Maße in mm				
Nennmaß der Welle	von		6	10	18	30
	bis	6	10	18	30	60

		Radialluft in µm				
H6/h6		14	15	17	21	25
		2	2	2	2	2

JS6/h6		13	13	15	18	22
		0	0	-1	-1	-2

JS7/h6		12	12	14	17	20
		-1	-3	-3	-4	-5

H6/j4		9	9	10	13	16
		-1	-1	-1	-1	-2

JS6/j4		7	8	9	11	13
		-3	-3	-4	-5	-6

JS7/j4		7	7	8	10	12
		-4	-6	-7	-7	-10

SUPERKUGELBUCHSE SSE ODER TK

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

für Längsbewegungen, große Lasten sowie Fluchtungsfehlerausgleich



Super-Kugelbuchse

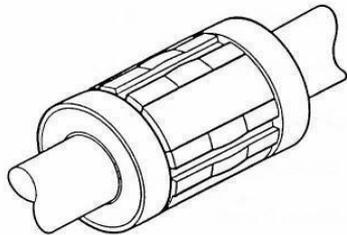
Die geschlossenen Super-Kugelbuchsen haben 4 bis 10 tragende Kugelreihen. Durch die Selbsteinstellung dieser Buchse (bis zu 0,5° bei der SSE; bis zu 1° bei TK) gleicht sie Fluchtungsungenauigkeiten von Bohrungen aus.

Allerdings sollten sie immer paarweise eingesetzt werden.

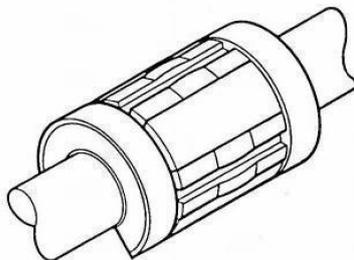
Es ergeben sich bessere Laufeigenschaften und eine um ein vielfaches längere Lebensdauer.

Offene Super-Kugelbuchsen SSE-OP oder TK-OP haben gleiche Eigenschaften und sind bei unterstützten Wellen einsetzbar. Beide Typenbaureihen sind geschlossen oder offen zu beziehen und auch mit Abstreifer.

		Maße in mm			
Nennmaß der Welle	von	6	12	20	30
	bis	12	20	30	50
		Abmaße in µm			
Hüllkreis	d _r	8	9	11	13
		0	-1	-1	-2
Breite	C ₁	0	0	0	0
		-200	-200	-300	-300



Typ SSE / TK geschlossen



Typ SSE-OPN / TK .. OP offen

WELLENDURCHMESSER

Mit den nachfolgenden Formeln wird der Wellendurchmesser in Abhängigkeit eines Biege- oder Torsionsmomentes ermittelt.

Biegemoment

$$M = \sigma * Z \text{ und } Z = \frac{M}{\sigma} \dots (1)$$

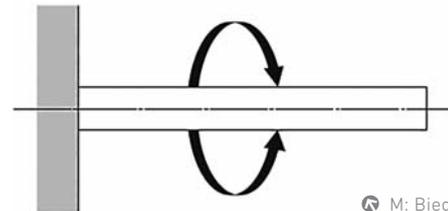


M: Biegemoment

- M: Maximales Biegemoment, das auf die Welle wirkt (Nmm)
- σ : Zulässige Biegespannung der Welle (98 N/mm²)
- Z: Axiales Widerstandsmoment der Welle (mm³)
(siehe Tabelle auf Seite 136)

Torsionsmoment

$$T = \tau_a * Z_p \text{ und } Z_p = \frac{T}{\tau_a} \dots (2)$$



M: Biegemoment

- T: Maximales Torsionsmoment, das auf die Welle wirkt (Nmm)
- τ_a : Zulässige Torsionsspannung der Welle (49 N/mm²)
- Z_p: Polares Widerstandsmoment der Welle (mm³)
(siehe Tabelle auf Seite 136)

DREHMOMENTWELLEN TBI

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

KOMBINIERTE LAST

Wirken auf die Welle gleichzeitig Biege- und Torsionsmoment, berechnen Sie bitte mit Hilfe des äquivalenten Biegemomentes und des äquivalenten Torsionsmomentes die entsprechenden Wellendurchmesser und wählen Sie dann den größeren Durchmesser aus.

Äquivalentes Biegemoment

$$M_e = \frac{M + \sqrt{M^2 + T^2}}{2} = \frac{M}{2} \left\{ 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{T}{M}\right)^2} \right\}$$

$$M_e = \sigma * Z$$

Äquivalentes Torsionsmoment

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} = M * \sqrt{1 + \left(\frac{T}{M}\right)^2}$$

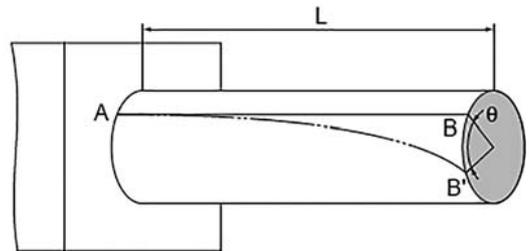
$$T_e = \tau_a * Z_P$$

WELLENSTEIFIGKEIT

Die Verdrillung einer Welle darf 0,25° pro 1 m Wellenlänge nicht überschreiten.

$$\theta = 57,3 * \frac{T * L}{G * I_p}$$

$$\Psi = \frac{\theta}{L}; \quad \Psi \leq 0,25^\circ/m$$

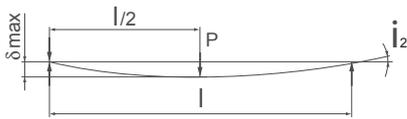
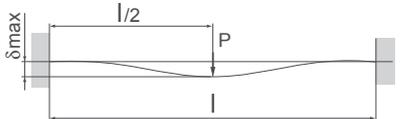
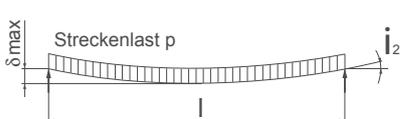
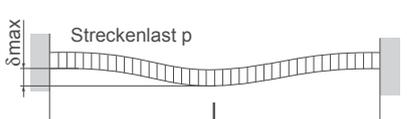


- θ : Verdrehwinkel (°)
- Ψ : Verdrillung (°/m)
- L: Länge Welle (mm)
- G: Schubmodul (7,9*10⁻⁴ N/mm²)
- I_p: Polares Trägheitsmoment (mm⁴)
(siehe Tabelle auf Seite Seite 137)

EINFEDERUNG UND EINFEDERUNGSWINKEL

Aus den nachstehenden Formeln können je nach Anwendungsfall die Einfederung und der Einfederungswinkel berechnet werden. Der Tabelle können die Widerstandsmomente (Z) und die Trägheitsmomente (I) der Wellen entnommen werden.

Gleichungen für Einfederung und Einfederungswinkel

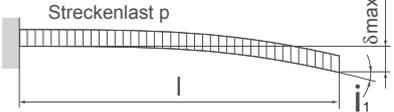
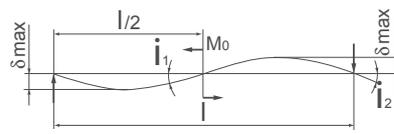
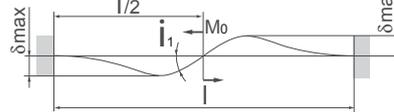
Art der Lagerung	Einsatzbedingungen	Gleichungen: Einfederungen	Gleichungen: Einfederungswinkel
beidseitig gelenkig	1 	$\delta_{\max} = \frac{P l^3}{48 E I}$	$i_1 = 0$ $i_2 = \frac{P l^2}{16 E I}$
beidseitig eingespannt	2 	$\delta_{\max} = \frac{P l^3}{192 E I}$	$i_1 = 0$ $i_2 = 0$
beidseitig gelenkig	3 	$\delta_{\max} = \frac{5 p l^4}{384 E I}$	$i_2 = \frac{p l^3}{24 E I}$
beidseitig eingespannt	4 	$\delta_{\max} = \frac{p l^4}{384 E I}$	$i_2 = 0$

DREHMOMENTWELLEN TBI

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

Maximale Einfederung	(mm)
i_1 : Einfederungswinkel am Lastpunkt	(°)
i_2 : Einfederungswinkel am Stützpunkt	(°)
M_0 : Moment	(Nmm)
P: Punktlast	(N)
p: Streckenlast	(N/mm)
ℓ: Spannweite	(mm)
I: Flächenträgheitsmoment	(mm ⁴)
E: Elastizitätsmodul	2,06 * 10 ⁵ (N/mm ²)

Gleichungen für Einfederung und Einfederungswinkel

Art der Lagerung	Einsatzbedingungen	Gleichungen: Einfederungen	Gleichungen: Einfederungswinkel
einseitig eingespannt	5 	$\delta_{\max} = \frac{P\ell^3}{3EI}$	$i_1 = \frac{P\ell^2}{2EI}$ $i_2 = 0$
einseitig eingespannt	6 	$\delta_{\max} = \frac{p\ell^4}{8EI}$	$i_1 = \frac{p\ell^3}{6EI}$ $i_2 = 0$
beidseitig gelenkig	7 	$\delta_{\max} = \frac{\sqrt{3}M_0\ell^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0\ell}{12EI}$ $i_2 = \frac{M_0\ell}{24EI}$
beidseitig eingespannt	8 	$\delta_{\max} = \frac{M_0\ell^2}{216EI}$	$i_1 = \frac{M_0\ell}{16EI}$ $i_2 = 0$

KRITISCHE DREHZAHL DER WELLE

Die Drehzahl der Welle sollte den Betrag der kritischen Drehzahl auf keinen Fall übersteigen, da es durch die entstehenden Resonanzschwingungen zu Beschädigungen kommen kann. Erfolgt der Betrieb einer Drehmomentwelle im Bereich der kritischen Drehzahl, ist der Wellendurchmesser zu überprüfen. Die nachfolgenden Gleichungen können dazu verwendet werden. Ein Schierheitsfaktor von 0,8 ist in den Formeln berücksichtigt.

Kritische Drehzahl der Welle

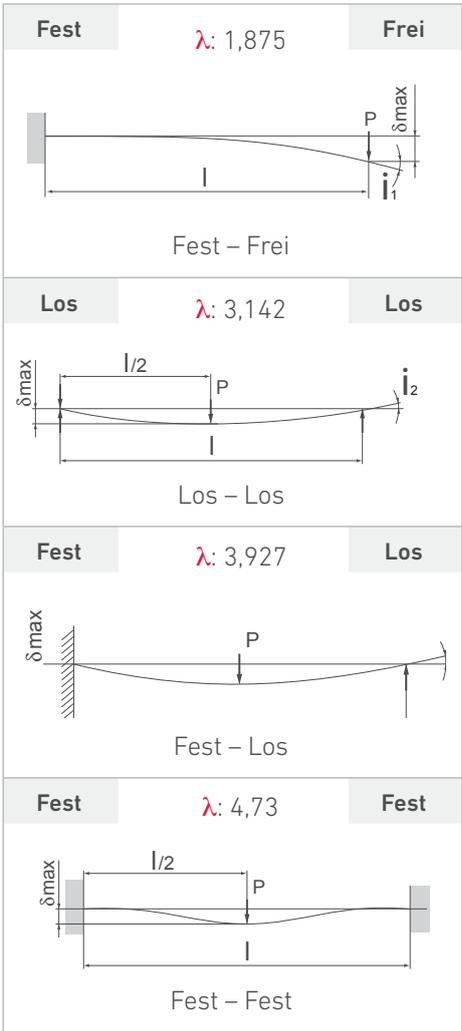
$$N_c = \frac{60\lambda}{2\pi * \ell_b^2} * \sqrt{\frac{E \times 10^3 * I}{\gamma * A}} * 0,8$$

- N_c**: Kritische Drehzahl (min⁻¹)
- ℓ_b**: Stützlänge (mm)
- E**: Elastizitätsmodul 2,06 * 10⁵ (N/mm²)
- I**: Minimales Flächenträgheitsmoment (mm⁴) der Welle

Flächenträgheitsmoment I

$$I = \frac{\pi}{64} * d^4$$

- N_c**: Kritische Drehzahl (min⁻¹)
 - γ**: Dichte 7,85 * 10⁻⁶ (kg/mm³)
 - A**: Wellenquerschnitt (mm²)
 - λ**: Lagerfaktor
- Faktorgrößen:
- einseitig eingespannt **λ**: 1,875
 - beidseitig gelenkig **λ**: 3,142
 - eingespannt - gelenkig **λ**: 3,927
 - beidseitig eingespannt **λ**: 4,73



DREHMOMENTWELLEN TBI

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

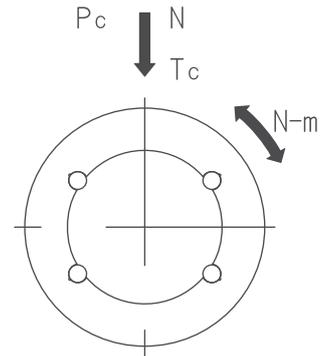
Querschnittsmomente - Parameter zur Berechnung der Drehmomentwellen

Artikel		I: Flächenträgheits- moment	I _p : Polares Flächen- trägheitsmoment	Z: Widerstand- moment	Z _p : polares Wider- standsmoment
		(mm ⁴)	(mm ⁴)	(mm ³)	(mm ³)
SL 6	Vollwelle	63,49	119,23	18,58	39,74
	Hohlwelle	62,70	117,33	18,32	39,22
SL 8	Vollwelle	200,93	387,53	46,65	96,88
	Hohlwelle	196,96	379,57	45,65	94,89
SL10	Vollwelle	490,25	933,29	86,61	186,66
	Hohlwelle	477,68	908,16	86,10	181,63
SL13	Vollwelle	1.400,81	2.691,54	198,57	414,08
	Hohlwelle	1.282,96	2.455,82	180,44	377,82
SL16	Vollwelle	3.215,60	6.242,70	378,39	780,34
	Hohlwelle	3.014,53	5.840,57	353,25	730,07
SL20	Vollwelle	7.851,80	15.336,59	748,48	1.533,66
	Hohlwelle	7.360,93	14.354,84	699,39	1.435,48
SL25	Vollwelle	18.466,30	36.932,60	1.477,30	2.954,61
	Hohlwelle	15.981,25	31.962,50	1.278,50	2.557,00
SL30	Vollwelle	33.122,31	77.392,48	2.579,75	4.416,31
	Hohlwelle	29.905,32	70.958,50	2.365,28	3.987,38
SL40	Vollwelle	120.667,43	241.334,90	6.033,37	12.066,74
	Hohlwelle	112.813,45	225.626,90	5.640,67	11.281,35
SL50	Vollwelle	297.123,73	594.247,50	11.884,95	23.769,90
	Hohlwelle	274.691,98	549.384,00	10.987,68	21.975,36

LEBENSDAUER

Nominelle Lebensdauer

Da die Lebensdauer trotz identischer Herstellungs- und Betriebsbedingungen stark schwanken kann, beschreibt der Wert der nominellen Lebensdauer die Laufleistung, die 90% einer Gruppe identischer Drehmomentwellen erreichen.



BERECHNUNG DER NOMINELLEN LEBENSDAUER

Zur Berechnung der nominellen Lebensdauer von Drehmomentwellen müssen die unterschiedlichen Lastfälle Drehmomentbelastung, Radiallast und Momentenbelastung berücksichtigt werden.

Drehmomentbelastung

$$L = \left(\frac{f_T * f_C}{f_W} * \frac{C_T}{T_C} \right)^3 * 50$$

- L: Nominelle Lebensdauer (km)
- C_T: Dynamisches Nenndrehmoment (Nm)
- T_C: Berechnetes Drehmoment (Nm)
- C: Dynamische Tragzahl (N)
- P_C: Berechnete Radiallast (N)
- f_T: Temperaturfaktor (siehe Diagramm ->)
- f_C: Kontaktfaktor (siehe Tabelle ->)
- f_W: Lastfaktor (siehe Tabelle ->)

Radiallast

$$L = \left(\frac{f_T * f_C}{f_W} * \frac{C}{P_C} \right)^3 * 50$$

Radial- und Drehmomentbelastung

Bei gleichzeitigen Radial- und Drehmomentbelastungen wird zur Ermittlung der nominellen Lebensdauer die äquivalente Radiallast berechnet.

$$P_E = P_C + \frac{4 * T_C * 10^3}{i * dp * \cos \alpha}$$

- P_E: Äquivalente Radiallast (N)
- cos α: Kontaktwinkel Dynamisches Nenndrehmoment (Nm)
- i: Anzahl belasteter Führungsnuten
- dp: Kugelmittkreis

Belastung einer Kugelbuchse

Bei einer Kugelbuchse oder zwei Kugelbuchsen, die in engem Kontakt zueinander stehen, errechnet sich die äquivalente Radiallast wie folgt:

$$P_U = K * M$$

- P_U: Äquivalente Radiallast (N)
- K: Äquivalenzfaktoren
- M: Momentenbelastung (Nmm)

DREHMOMENTWELLEN TBI

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

Lebensdauer L_h

Nach Ermittlung der nominellen Lebensdauer wird die Lebensdauer bei gleichbleibenden Hublängen und reversiblen Zyklen mit folgender Formel berechnet:

$$P_U = \sqrt[3]{\frac{1}{L} * \sum_{i=1}^n (P_i^3 * L_i)}$$

- L_h : Lebensdauer (h)
- l_s : Hublänge (mm)
- n_1 : Anzahl Hübe pro Minute (opm)

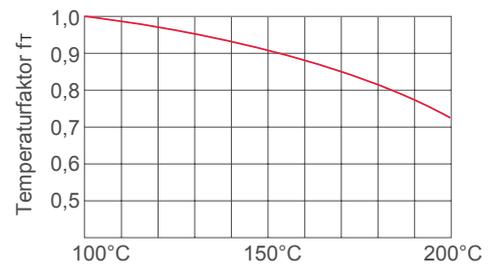
FAKTORGRÖSSEN

Temperaturfaktor f_T

Sollte die Betriebstemperatur der Drehmomentwelle einen Wert von 100°C übersteigen, muss bei der Berechnung der Temperaturfaktor berücksichtigt werden.



Hinweis: Bei einer Temperatur > 80°C bitte Rücksprache bezüglich geeigneter Materialien für Dichtungen und Umlenkungen



Kontaktfaktor f_C

Bei Anwendungen mit mehreren Kugelbuchsen, die in engem Abstand zueinander montiert werden sollen, kann es zu unterschiedlichen Lastverteilungen kommen. Bei solchen Anwendungen sind die Tragzahlen C und C_0 mit dem Kontaktfaktor f_C zu multiplizieren.

Anzahl der Kugelbuchsen	Kontaktfaktor f_C
2	0,81
3	0,72
4	0,66
5	0,61
Normalbetrieb	1

Lastfaktor f_W

Falls beim Betrieb mit Schwingungen und Stößen gerechnet werden muss, empfiehlt es sich, die Tragzahlen durch den jeweiligen Lastfaktor f_W gemäß der Tabelle zu dividieren.

Schwingungen/Stöße	Geschwindigkeit (v)	f_W
minimal	sehr langsam $v \leq 0,25$ m/s	1,0 - 1,2
leicht	langsam $0,25 < v \leq 1$ m/s	1,2 - 1,5
mittel	mittel $1 < v \leq 2$ m/s	1,5 - 2,0
stark	hoch $v > 2$ m/s	2,0 - 3,5

BERECHNUNG DER MITTLEREN BELASTUNG

Bei Wechsellasten, zum Beispiel durch unterschiedliche Massen und/oder Geschwindigkeiten, ist mit der mittleren Last P_m zu rechnen. Die mittlere Last kann mit folgender Formel berechnet werden:

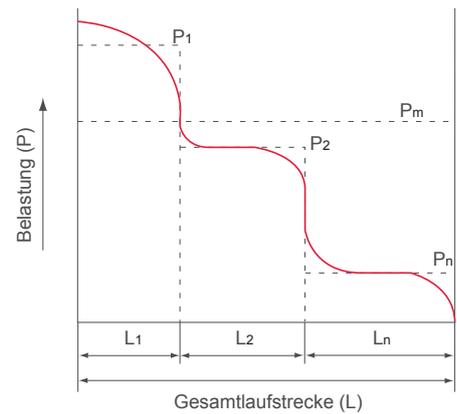
$$P_U = \sqrt[3]{\frac{1}{L} * \sum_{i=1}^n (P_i^3 * L_i)}$$

- P_m : Mittlere Belastung (N)
- P_n : Variierende Belastung (N)
- L : Gesamtlauflänge (mm)
- L_n : Lauflänge unter P_n (mm)

Stufenförmig verlaufende Belastungsänderung

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} (P_1^3 * L_1 + P_2^3 * L_2 + \dots + P_n^3 * L_n)}$$

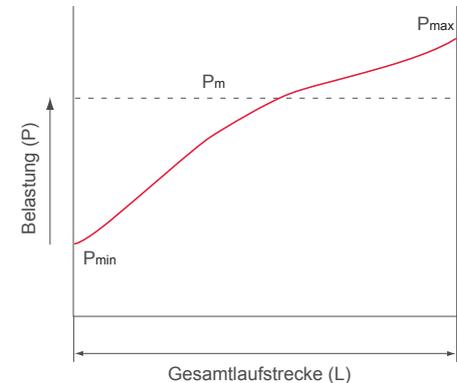
- P_m : Mittlere Belastung (N)
- P_n : Variierende Belastung (N)
- L : Gesamtlauflänge (mm)
- L_n : Lauflänge unter P_n (mm)



Monoton verlaufende Belastungsänderung

$$P_m \doteq \frac{1}{3} (P_{min} + 2 * P_{max})$$

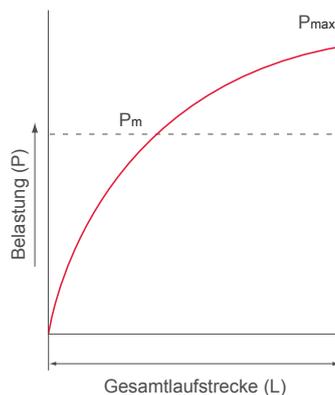
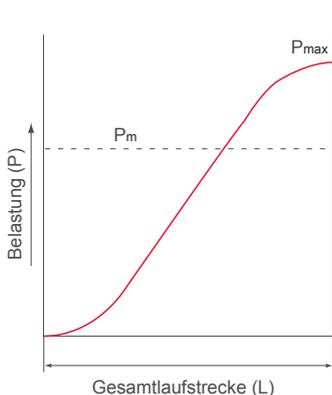
- P_{min} : Mindestbelastung (N)
- P_{max} : Maximalbelastung (N)



Sinusförmig verlaufende Belastungsänderung

$$P_m \doteq 0,65 P_{max}$$

$$P_m \doteq 0,75 P_{max}$$



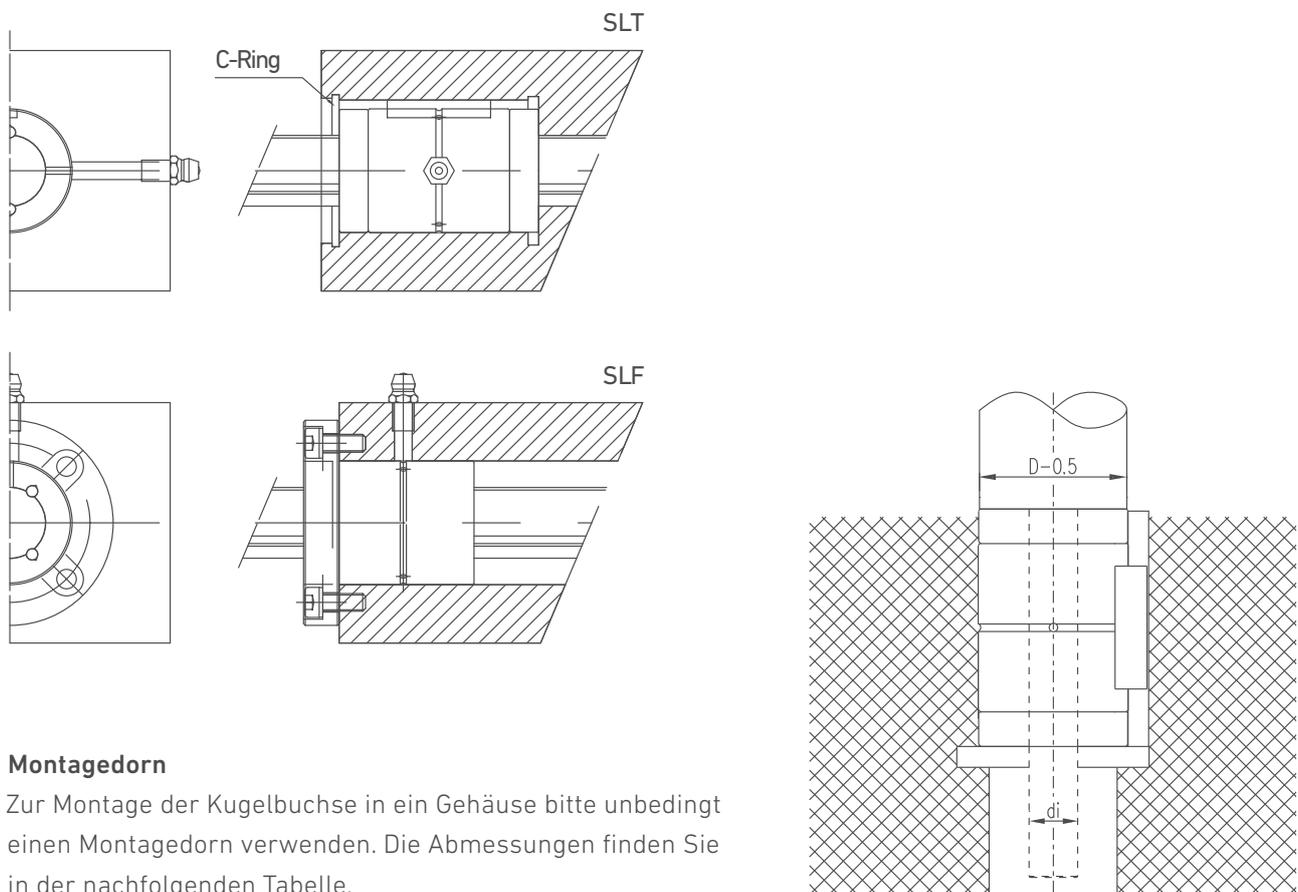
Artikel	Äquivalenzfaktor K	
	Eine Kugelbuche	Zwei Kugelbuchen
SL 6	0,577	0,065
SL 8	0,577	0,059
SL10	0,418	0,047
SL13	0,360	0,043
SL16	0,229	0,033
SL20	0,201	0,029
SL25	0,154	0,023
SL30	0,126	0,021
SL32	0,114	0,019
SL40	0,110	0,016
SL50	0,109	0,013

MONTAGE

Zur Aufnahme der Kugelbuchse sind folgende Toleranzen empfohlen.

Einsatzbedingung	Toleranz der Lagereinheiten
üblicher Betrieb	H7
Betrieb bei minimiertem Axialspiel	J6

Ein Fixieren der Kugelbuchse im Gehäuse wird empfohlen.



Montagedorn

Zur Montage der Kugelbuchse in ein Gehäuse bitte unbedingt einen Montagedorn verwenden. Die Abmessungen finden Sie in der nachfolgenden Tabelle.

Abmessungen Montagedorn

Nominal Wellendurchmesser	6	8	10	13	16	20	25	30	40	50
di	5	7	8,5	11,5	14,5	18,5	23	28	37,5	46,5