

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}	[10^5 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 10^5 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

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

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/s² sind unbedenklich.

Bei gestifteten Kugelbuchsen (bestellbar bei LBA und LFA) können auch 150 m/s² 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.

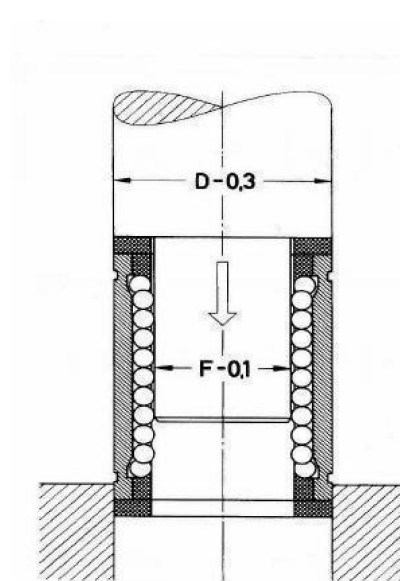
Das Korrosionsschutzmittel muss nicht entfernt werden, da es sich mit den meisten Schmierfetten gut verträgt.

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 Hammer-schlägen 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

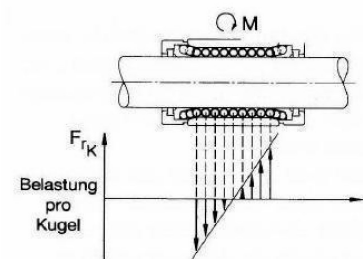
Wird eine spielfreie Lagerung gefordert, so ist bei Kugelbuchsen geschlossener Bauform die

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 Abdichtung der Abdichtung zu erwähnen.

Fettschmierung

Unter normalen Betriebsbedingungen ($P/C < 0,1$ und Raumtemperatur) erreichen die Kugellager mit der Erstbefüllung die Lebensdauer. 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 ($t > 50^\circ\text{C}$) sollten Fette mit höherer Grundviskosität, 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 last-unabhängig.

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 Abstreifen Temperaturen über 80° zu vermeiden.

STANDARKUGELBUCHSE LAA

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

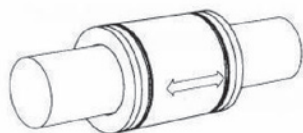
für Längsbewegungen und allgemeine Anwendungsfälle



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	10 18	18 30	30 50

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

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

Nutabstand	B _n	270	330	390	460
		0	0	0	0

Nennmaß des Außendurchmessers	von bis	Maße in mm			
		18	18 30	30 50	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	6 10	10 18	18 30	30 50

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

JS6/h6	12	13	15	18	2
	0	0	-1	-1	-2

H7/h6	-14	15	17	21	2
	2	2	2	2	2

JS7/h6	12	12	14	17	2
	-1	-2	-3	-3	-4

STANDARKUGELBUCHSE LAG

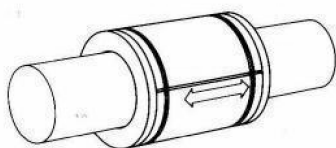
TECHNISCHE BESCHREIBUNG

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	abhängig von der Gehäusetoleranz			
Breite	B	0 -520	0 -620	0 -740	0 -870
Nutabstand	B _n	270 5	330 5	390 5	460 5

Radialluft der eingebauten Kugelbuchsen LAG

		Maße in mm				
Nennmaß der Welle	von bis	6 6	10 10	18 18	30 30	50 50
Gehäuse-/Wellentoleranz		Radialluft in µm				
H6/h6		41 18	42 18	46 19	53 21	60 23
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

STANDARKUGELBUCHSE LAN

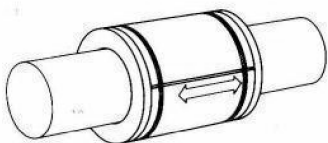
TECHNISCHE BESCHREIBUNG

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	10 18	18 30	30 50
Hüllkreis	F	Abmaße in µm abhängig von der Gehäuse- toleranz			
Breite	B	0 -520	0 -620	0 -740	0 -870
Nutabstand	B _n	270 0	330 0	390 0	460 0

Radialluft der eingebauten Kugelbuchsen LAG

		Maße in mm				
Nennmaß der Welle	von bis	6 6	6 10	10 18	18 30	30 50
Gehäuse-/Wellentoleranz		Radialluft in µm				
H6/h6		41 18	42 18	46 19	53 21	60 23
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