

Technische Hinweise

Lagerspiel:

Unter Lagerspiel oder Lagerluft versteht man das Maß, um das sich der Innenring innerhalb der Lagerschalen in radialer oder axialer Richtung in nicht eingebautem und ungefettetem Zustand verschieben lässt. Gelenkköpfe und Gelenklager werden entsprechend der Gleitpaarung und der Lagergröße mit unterschiedlichem Lagerspiel hergestellt, das in den Tabellen aufgeführt ist. **Beim Einbau von Gelenklagern ist zu beachten, dass das Lagerspiel, aufgrund möglicher Toleranzüberschneidungen (Lagerdurchmesser zur Gehäusebohrung), unter Umständen bis Null reduziert werden kann.**

Unter Umständen muss das Gelenklager ohne Vorpressung eingebaut werden. Sicherung durch Sicherungsring oder Verklebung.

Die Messbelastung beträgt 100 N.

Lagerspiel bei geschmierter Ausführung
(bei Raumtemperatur)

Größe	C2		Radialspiel in µm Normal		C3	
	min	max	min	max	min	max
2– 4	–	–	10	30	–	–
5– 8	5	10	10	30	30	60
10–14	10	20	20	40	40	80
16–20	15	25	30	50	50	100
22–30	20	30	40	60	60	120
35–50	40	60	60	90	90	150

Abb. 1

Lagerspiel bei wartungsfreier Ausführung
(bei Raumtemperatur)

Größe	C2		Radialspiel in µm Normal		C3	
	min	max	min	max	min	max
2– 4	–	–	2	4	–	–
5–30	–	–	5	10	10	20
35–50	–	–	10	20	20	40

Abb. 2

Das Axialspiel beträgt das 2–3fache des Radialspiels, bei gleicher Messbelastung (gemessen bei Raumtemperatur).

Auswahl des Lagerspiels: Geschmierte Ausführung

Liegen keine besonderen Gründe für ein verringertes Lagerspiel nach C2 vor, sollte unbedingt das Radialspiel »Normal« gewählt werden. Dieses Lagerspiel bietet bei hohem Lager-Traganteil die beste Schmierfettverteilung.

Ohne besondere Bestellangaben werden alle Gelenkköpfe und Gelenklager mit Radialspiel »Normal« geliefert.

Wartungsfreie Ausführung

Diese Ausführung zeichnet sich durch geringes Lagerspiel und einen hohen Traganteil aus. Ohne besondere Bestellangaben wird die wartungsfreie Ausführung mit dem Radialspiel »Normal« geliefert.

Soll beim Einsatz von mehreren Gelenkköpfen oder Gelenklagern das Gesamtdrehmoment gering gehalten werden, sind Lager mit einem Radialspiel entsprechend C3 zu verwenden.

Berücksichtigung der Umgebung:

Beim Einsatz in feuchter Umgebung ist es empfehlenswert eine rostfreie bzw. eine abgedichtete Ausführung einzusetzen.

Entsprechend dem Einzelfall liefern wir die Lager in folgenden Sonderausführungen:

rost- und säurefest
hohtemperaturfest
tieftemperaturfest
u.a.m.

Schmierung:

Die nachschmierbaren Gelenkköpfe und Gelenklager werden ungefettet geliefert. Als Schmierfette empfehlen wir korrosionsschützende, druckfeste Fette auf Lithium-Basis oder Lithium-Komplex-Metallseifenfette (Mehrzweck-Wälzlagerfette) für den Temperaturbereich von –20° C bis +125° C. Bei höheren Temperaturen muss ein Hohtemperaturfett, unter –20° C ein Tieftemperaturfett verwendet werden.

Erst- und Nachschmierung, Schmierfristen

Bei rauhem Betrieb und hoher Belastung ist kurz nach Inbetriebnahme eine Temperaturkontrolle empfehlenswert. Sollte nach einer Einlaufzeit von ca. 1 Betriebsstunde ein Temperaturanstieg um 25° C auftreten, ist sofort nachzuschmieren. In jedem Falle ist eine periodische Nachschmierung erforderlich.

Gelenkköpfe und Gelenklager die wechselseitig belastet werden, benötigen kürzere Schmierfristen als nur einseitig belastete Lager. Die Schmierfristen sind immer vom Einzelfall und den Umgebungsbedingungen abhängig.

Für die Mindestschmierfristen gelten folgende Richtwerte:

Bei einseitiger Lastrichtung

$$t = \frac{G_h}{30}$$

Bei wechselnder Lastrichtung

$$t = \frac{G_h}{130}$$

t = die Schmierfrist in Betriebsstunden.

G_h = die Gebrauchsdauer in Betriebsstunden
(siehe Seite 9).

Eine noch häufigere Nachschmierung bringt keinen Vorteil, weil dadurch das hydrodynamische Gleichgewicht an der Gleitfläche zerstört werden kann.

Bei Nichteinhaltung der Nachschmierfristen ist mit einem Bruchteil der Gebrauchsdauer zu rechnen.

Die Gelenkköpfe mit Innengewinde sind ab Größe 5 und mit Außengewinde ab Größe 6 mit Trichterschmiernippeln nach DIN 3405 ausgerüstet. Andere Schmiernippel montieren wir auf Wunsch.

Bei der wartungsfreien Ausführung wird während der Einlaufphase ein geringer Teil des PTFE von der Gleitfolie auf den Innenring übertragen. Es entsteht ein Glättungseffekt. Das führt zur Verminderung der Reibung und trägt zur Erhöhung der Gebrauchsdauer bei. Ein Fett- oder Ölfilm verhindert den Glättungseffekt. Deshalb empfehlen wir die ungeschmierte Anwendung.

Betriebstemperatur:

Ohne Einschränkung können alle Ausführungen im Temperaturbereich von -30° C bis +120° C eingesetzt werden. Zunehmende Betriebstemperatur vermindert die Lagertragfähigkeit und damit die Gebrauchsdauer.

Bei nachschmierbaren Gelenkköpfen und Gelenklagern hängt die Einsatzmöglichkeit bei hohen Temperaturen weitestgehend davon ab, ob das verwendete Hochtemperaturschmierfett bei hohen Betriebstemperaturen ausreichende Schmierfähigkeit bietet. Kurzzeitig können diese Ausführungen, bei verringerter Belastung und entsprechender Schmierung bei Temperaturen bis +250° C eingesetzt werden.

Die wartungsfreien Lager können im Temperaturbereich von -50° C bis +150° C eingesetzt werden (auf Verringerung bzw. Vergrößerung des Lagerspiels achten).

Bei abgedichteten Gelenkköpfen und Gelenklagern werden Dichtmanschetten aus Fluorelastomer-Kautschuk (Viton® B), bis +250° eingesetzt.

Reibmoment M:

Das Reibmoment für Gelenkköpfe und Gelenklager errechnet sich aus folgender Gleichung:

$$M = 5 \cdot 10^{-4} \cdot \mu \cdot P \cdot K$$

- M = Reibmoment [Nm]
- μ = Reibwert der Gleitfläche
- P = dynamisch äquivalente Lagerlast [N]
- K = Innenring-Durchmesser [mm]

Richtwerte für den Reibwert μ

Lagerart	Reibwert μ	
	min	max
geschmiert	0,08	0,15
wartungsfrei	0,03	0,10

Abb. 3

Die niedrigen Reibwerte gelten für hohe Belastungen (p = 80–100 N/mm²) bei geringen Gleitgeschwindigkeiten (v = 5–10 m/min). Die hohen Reibwerte gelten für geringe Belastungen (p = 5–10 N/mm²) bei hohen Gleitgeschwindigkeiten (v = 30–60 m/min).

- p = spezifische Flächenpressung [N/mm²]
- v = Gleitgeschwindigkeit in der Gleitfläche [m/min]

Viton® ist ein eingetragenes Warenzeichen von DuPont Performance Elastomers.

Tragzahlen:

Die dynamische Tragzahl C:

Die dynamische Tragzahl C ist ein Kennwert für die Berechnung der Gebrauchsdauer von Gelenkköpfen und Gelenklagern, die dynamisch beansprucht werden, d. h. unter Belastung Kipp-, Schwenk- oder Drehbewegungen auszuführen haben.

Der dynamischen Tragzahl C liegen die in der Tabelle angegebenen Werte der spezifischen Flächenpressung k_c zugrunde:

Lagerart	spezifische Flächenpressung k _c [N/mm ²]
geschmiert	50
wartungsfrei	150

Abb. 4

Die statische Tragzahl C₀:

Die statische Tragzahl C₀ stellt die max. zulässige Belastung dar, bei der keine bleibende Verformung der Gleitfläche oder des Außenteiles auftritt. Beim Gelenklager müssen die umgebenden Bauteile so ausgelegt sein, dass sie eine Verformung des Lagers verhindern.

Bei Gelenkköpfen entspricht C₀ der auf den schwächsten Querschnitt bezogenen zulässigen Belastung, die aus der Streckgrenze des Außenteilwerkstoffes, **mit einem Sicherheitsfaktor von 1,2** resultiert.

Die Bruchlast beträgt mindestens das 1,5-fache von C₀.

Die axiale Belastbarkeit:

Die axiale Belastbarkeit der Gelenkköpfe und der Gelenklager wird durch die axiale Befestigung der Lagerschalen (eingebördelt), bzw. durch den Schaft mit Außengewinde des Außenteiles begrenzt.

Beim Gelenklager ohne Stahlaußenring (Typ SC.. und SCP..) muss darauf geachtet werden, dass die axiale Abstützung der Lagerschalen, die in der Tabelle (Abb. 5) angegebenen Kräfte sowohl statisch als auch dynamisch aufnehmen kann.

Die max. zulässige axiale Belastung errechnet sich nach den in der Tabelle angegebenen Werten.

Hochleistungs- und wartungsfreie Baureihe	Zulässige Axialbelastung	
	dynamisch F _{a zul.} [N]	statisch F _{a zul.} [N]
SFC/SMC/SSC..	0,06 · Co	0,3 · Co
SFRC/SMRC/SSRC..	0,06 · Co	0,3 · Co
SFXC/SMXC/SC..	0,04 · Co	0,2 · Co

Abb. 5

Überprüfung der Lagergröße:

Für die Überprüfung einer Lagergröße auf die dynamische und statische Tragfähigkeit, muss das Lager nach folgenden Kriterien untersucht werden:

- Konstante dynamische Belastung
- Veränderliche dynamische Belastung
- Statische Belastung

Die äquivalenten Lagerlasten werden aus F_r und F_a errechnet.

Dynamische Belastung:

Der Innenring führt gegenüber der Lagerschale eine Schwenk- oder Drehbewegung aus.

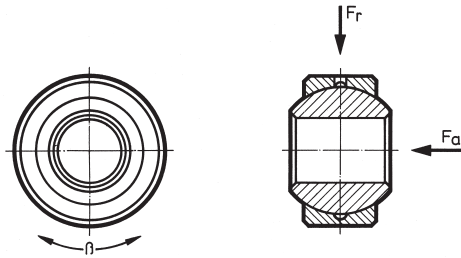


Abb. 6

Konstante dynamische Belastung:

Für Gelenkköpfe und Gelenklager mit konstanter dynamischer Belastung wird die dynamisch äquivalente Lagerlast P wie folgt berechnet:

$$P = F_r + Y \cdot F_a \quad [N]$$

Es muss erfüllt sein: $F_a \leq F_{a, \text{zul}}$.
 $F_{a, \text{zul}}$ nach Tabelle (Abb. 5)

Der Axialfaktor Y wird der nachstehenden Tabelle (Abb. 7) entnommen. Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

Lastverhältnis $\frac{F_a}{F_r}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	> 0,5
Axialfaktor Y	0,8	1	1,5	2,5	3	nicht geeignet

Abb. 7

Mit dem errechneten Wert für P wird das Belastungsverhältnis $f_c = \frac{c}{P}$ gebildet und mit den Werten der Tabelle (Abb. 8) verglichen. Unterhalb des Grenzwertes kann das Lager überlastet werden.

P wird auch für die Berechnung der Gebrauchsdauer benötigt.

Lagerart	$f_c = \frac{c}{P}$ (unterster Grenzwert)
geschmiert	0,5
wartungsfrei	1,0

Abb. 8

Veränderliche dynamische Belastung:

Für Gelenkköpfe und Gelenklager mit veränderlicher radialer dynamischer Belastung wird die mittlere dynamische Lagerlast F_m aus den einzelnen Laststufen $F_1, F_2 \dots F_n$ und den zugehörigen Zeitanteilen $q_1, q_2 \dots q_n$, beispielsweise für 3 Laststufen, wie folgt berechnet: (Abb. 9)

$$F_m = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot q_1 + F_2^2 \cdot q_2 + F_3^2 \cdot q_3}{Q}} \quad [N]$$

Die dynamische Lagerlast beträgt:

$$P = F_m \quad [N]$$

Wirkt zusätzlich eine konstante Axialbelastung, so wird P wie folgt berechnet:

$$P = F_m + Y \cdot F_a \quad [N]$$

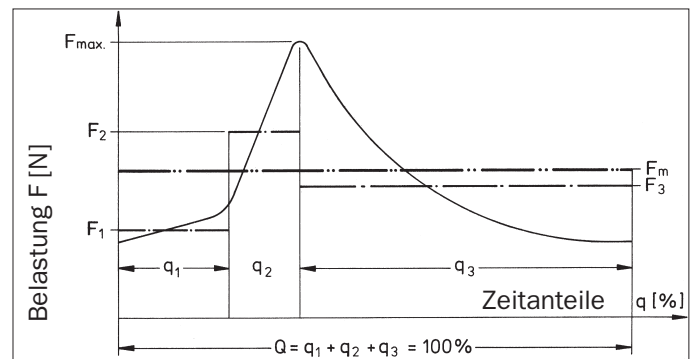


Abb. 9

Zusätzlich ist F_{max} auf die statische Sicherheit zu überprüfen.

$$F_{\text{max}} \leq P_{\text{zul}} \quad [N]$$

Für P_{zul} gilt der Abschnitt »Zulässige Belastung«.

Statische Belastung:

Der Innenring steht gegenüber der Lagerschale still.

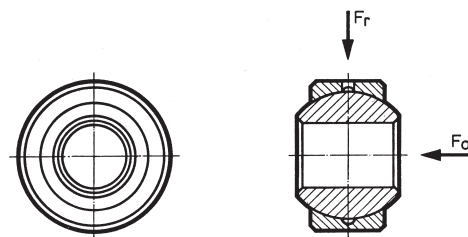


Abb. 10

Für Gelenkköpfe und Gelenklager mit statischer Belastung wird die statisch äquivalente Lagerlast P_0 wie folgt berechnet:

$$P_0 = F_r + Y \cdot F_a \quad [N]$$

Es muss erfüllt sein:

$$F_a \leq F_{a, \text{zul}} \quad [N]$$

$F_{a, \text{zul}}$ nach Tabelle (Abb. 5)

Der Axialfaktor Y wird der Tabelle (Abb. 7) entnommen.

P_0 muss $\leq P_{\text{zul}}$ sein. Für P_{zul} gilt der Abschnitt »Zulässige Belastung«.

Zulässige Belastung P_{zul} :

$$\text{Gelenkköpfe: } P_{\text{zul}} = C_0 \cdot b_2 \cdot b_4 \quad \text{Gelenklager: } P_{\text{zul}} = C_0 \cdot b_2$$

P_{zul} = die zulässige Belastung [N]

C_0 = die statische Tragzahl [N]

b_2 = Temperaturfaktor aus Tabelle (Abb. 12)

b_4 = Belastungsfaktor nach Tabelle (Abb. 11)

Art der Belastung	b ₄
<p>+Fr unveränderlich Zeit</p>	1
<p>+Fr schwelligend Zeit</p>	0,5 (0,35)
<p>+Fr veränderlich -Fr Zeit</p>	0,5 (0,35)

Abb. 11

Die Klammerwerte gelten für Gelenkköpfe mit Außengewinde und Schmiernippel oder mit Schmierbohrung.

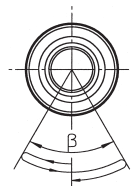
Es muss erfüllt sein: $P \leq P_{zul.}$ bzw. $P_o \leq P_{zul.}$

Gebrauchsdauer:

Die Gebrauchsdauer eines Gelenkkopfes bzw. Gelenklagers ist von mehreren, teilweise schwer erfassbaren, Faktoren abhängig. Deshalb ist eine genaue Berechnung nicht möglich. Das nachfolgend beschriebene Berechnungsverfahren, das durch Prüfstandversuche mehrfach bestätigt wurde, ergibt eine relativ gute Ermittlung der Gebrauchsdauer. Einflüsse wie Schläge, Vibrationen, Verschmutzungen, usw. werden nicht berücksichtigt. Dieser Berechnung liegt ein Gesamtverschleiß der Gleitflächen von 0,3% des Innenringdurchmessers zugrunde. Der Reibwert der Gleitfläche steigt dabei auf ca. 0,25 an.

$$G_h = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot b_3}{k \cdot \beta \cdot f} \cdot 10^7 \cdot \frac{C}{P}$$

- G_h = Gebrauchsdauer [h]
- C = dynamische Tragzahl [N]
- P = dynamisch äquivalente Lagerlast [N]
- K = Innenring-Durchmesser [mm]
- β = Schwenkwinkel ≧ 1 [Grad]
- (bei Drehbewegung ist β = 180° einzusetzen)



- f = Schwenkfrequenz [min⁻¹]
- b₁ = Lastrichtungsfaktor (Abb.12)
- b₂ = Temperaturfaktor (Abb.12)
- b₃ = Werkstofffaktor (Abb.13)

Betriebsfaktoren	Lastrichtungs-faktor b ₁		Temperaturfaktor b ₂				
	ein-seitig	wechsel-seitig	Temperatur [° C]				
Lagerart			80	100	150	200	250
geschmiert	1	2,5	1	1	1	0,8	0,5
wartungsfrei	1	0,3	1	1	0,8	0,5	0,3

Abb. 12

Bei sehr niedrigen Belastungen und/oder Gleitgeschwindigkeiten ergeben sich relativ hohe rechnerische Gebrauchsdauerwerte. In der Praxis können jedoch bei langer Gebrauchsdauer Umgebungseinflüsse zunehmend an Bedeutung gewinnen und zu Abweichungen von den rechnerischen Ergebnissen führen.

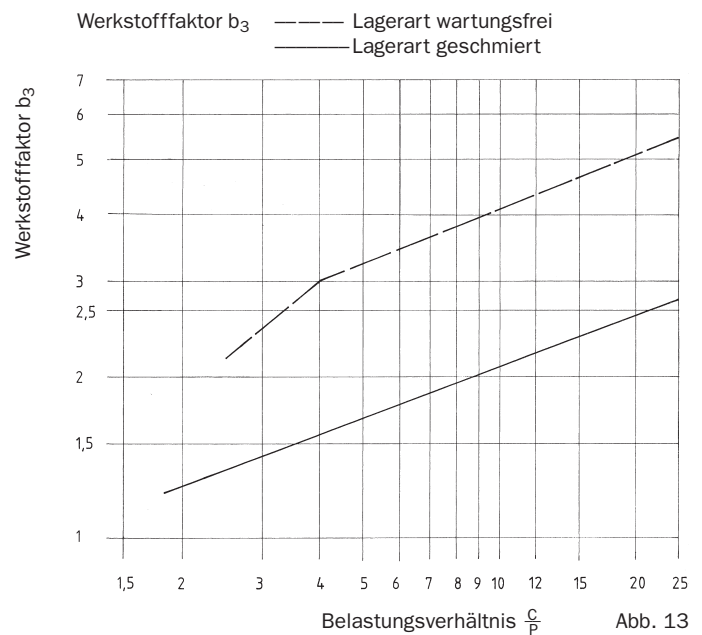


Abb. 13

Wird die gewünschte Gebrauchsdauer nicht erreicht, muss mit der nächsten Lagergröße die Berechnung wiederholt werden.

Kontrolle der Gleitflächen auf Überhitzung: Zulässige Gleitgeschwindigkeit:

Die zulässige Gleitgeschwindigkeit ist im wesentlichen von der auftretenden Flächenpressung, der Gleitpaarung, der Schmierung und einer eventuellen Kühlung abhängig. Die im Lager entstehende Wärme verhält sich proportional zu dem Produkt aus Flächenpressung und Gleitgeschwindigkeit. Bei Überprüfung der Lagergröße ist daher der p · v-Wert zu ermitteln und mit dem zulässigen Wert (Abb. 14) zu vergleichen. Ebenso ist das Lager auf die Gleitgeschwindigkeit zu überprüfen.

Um eine Überhitzung zu vermeiden, muss erfüllt sein:

$$p \cdot v \leq (p \cdot v)_{zul.} \quad \left[\frac{N}{mm^2} \cdot \frac{m}{min} \right]$$

$$v \leq v_{zul.} \quad [m/min]$$

- p = Flächenpressung = $kc \cdot \frac{P}{C}$ [N/mm²]
- kc = spezifische Flächenpressung (Abb. 4) [N/mm²]
- v = mittlere Gleitgeschwindigkeit = $1,745 \cdot 10^{-5} \cdot K \cdot b \cdot f$ [m/min]

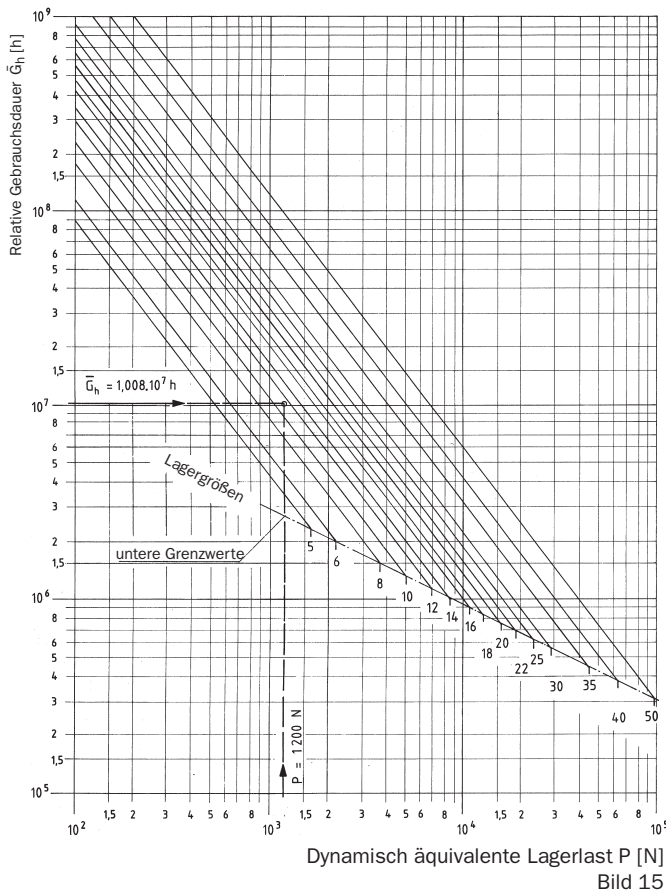
Richtwerte für den zulässigen p · v-Wert

Lagerart	$(p \cdot v)_{zul.}$ $\frac{N}{mm^2} \cdot \frac{m}{min}$	Zul. Gleitgeschwindigkeit v _{zul.} [m/min]	
		Schwenkung	Drehung
geschmiert	30	15	60
Wartungsfrei	80	60	

Abb.14

Ermittlung der Lagergröße

Geschmierte Ausführung



Durch Einführung der relativen Gebrauchsdauer \bar{G}_h als Hilfsgröße, kann ein Zusammenhang zwischen der relativen Gebrauchsdauer und der dynamisch äquivalenten Lagerlast grafisch dargestellt werden.

Für die relative Gebrauchsdauer gilt folgende Gleichung:

$$\bar{G}_h = G_h \cdot \frac{\beta \cdot f}{b_1 \cdot b_2}$$

\bar{G}_h = relative Gebrauchsdauer [h]
 G_h = geforderte Gebrauchsdauer [h]
 β = Schwenkwinkel [Grad]
 f = Schwenkfrequenz [min⁻¹]
 b_1 = Lastrichtungsfaktor (Abb. 12)
 b_2 = Temperaturfaktor (Abb. 12)

Beispiel:

Gesucht wird ein Gelenkkopf mit Außengewinde für folgenden Betriebsbedingungen:

Wechselnde dynamische Belastung F_r	1200 N
Schwenkwinkel β	30°
Schwenkfrequenz f	120 min ⁻¹
Betriebstemperatur	50° C
Geforderte Gebrauchsdauer G_h	7000 h

Da eine wechselnde Belastung vorliegt, wird entsprechend dem Abschnitt »Auswahlrichtlinien« (Seite 5) eine geschmierte Ausführung empfohlen. Aus Abb. 12 ergibt sich damit für $b_1 = 2,5$ und $b_2 = 1$.

Dynamisch äquivalente Lagerlast:

$$P = F_r = 1200 \text{ N}$$

Relative Gebrauchsdauer:

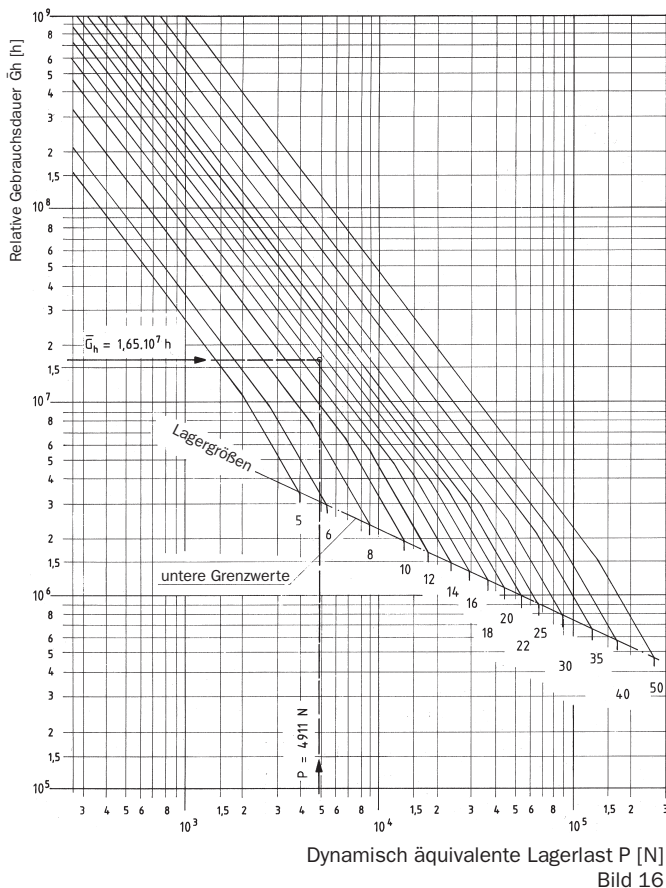
$$\bar{G}_h = G_h \cdot \frac{\beta \cdot f}{b_1 \cdot b_2} = 7000 \cdot \frac{30 \cdot 120}{2,5 \cdot 1} = 10,08 \cdot 10^6 \text{ h}$$

Der Schnittpunkt in Abb. 15 mit $P = 1200 \text{ N}$ und $G_h = 10,08 \cdot 10^6 \text{ h}$ ergibt die Lagergröße 12. Gewählt wird SMC 12.

Die Überprüfung des Gelenkkopfes SMC 12 bezüglich der zulässigen Belastung P_{zul} und der Gebrauchsdauer G_h , sowie Überprüfung der Gleitfläche auf Überhitzung und Ermittlung der Schmierfristen, erfolgt wie in Beispiel 1, Seite 11, gezeigt.

Das in Abb. 16 eingezeichnete Beispiel zeigt das Ergebnis des Berechnungsbeispiels 2, Seite 11.

Wartungsfreie Ausführung



Berechnungsbeispiele

Beispiel 1:

Der Transporthebel an einer Verpackungsmaschine soll über einen Gelenkkopf bewegt werden. Konstruktiv erwünscht ist ein Gelenkkopf der Größe 12.

Konstruktiv vorgegebene Werte:

Wechselnde konstante dynamische Radialbelastung F_r	1200 N
Schwenkwinkel β	30°
Schwenkfrequenz f	120 min ⁻¹
Betriebstemperatur	50° C

Da eine wechselnde konstante Belastung vorliegt, wird entsprechend dem Abschnitt »Auswahlrichtlinien« (Seite 3) eine geschmierte Ausführung empfohlen, z. B. SMC 12.

Katalogwerte:

Dynamische Tragzahl C	13400 N
Statische Tragzahl C_o	17000 N
Innenring \varnothing K	22,25 mm

Forderungen an den Gelenkkopf SMC 12:

1. Radialbelastung F_r muss kleiner als die zulässige Belastung $P_{zul.}$ sein um bleibende Deformation zu vermeiden.
2. Die Gebrauchsdauer $G_h, erf.$ soll mindestens 6000 Betriebsstunden betragen.

Berechnung:

Dynamisch äquivalente Lagerlast P:

$$P = F_r + Y \cdot F_a \quad \left| \frac{F_a}{F_r} = \frac{0}{1200} = 0 \right| Y = 0$$

$$P = F_r = 1200 \text{ N}$$

Zulässige Gelenkkopfbelastung $P_{zul.}$:

$$P_{zul.} = C_o \cdot b_2 \cdot b_4 \quad \left| \begin{array}{l} b_2 = 1 \text{ (nach Abb. 12)} \\ b_4 = 0,35 \text{ (nach Abb. 11)} \end{array} \right.$$

$$P_{zul.} = 17000 \cdot 1 \cdot 0,35 = 5950 \text{ N}$$

$$P = 1200 \text{ N} < P_{zul.} = 5950 \text{ N} \text{ (Forderung 1 erfüllt)}$$

Ermittlung der Gebrauchsdauer G_h :

$$G_h = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot b_3}{K \cdot \beta \cdot f} \cdot 10^7 \cdot \frac{C}{P} \quad [\text{h}]$$

$$b_1 = 2,5 \text{ (Abb. 12)}$$

$$b_2 = 1 \text{ (Abb. 12)}$$

$$b_3 = 2,1 \text{ (Abb. 13)} \quad \left| \frac{C}{P} = \frac{13400}{1200} = 11,1 \right.$$

$$G_h = 7200 \text{ h} > G_{h, erf.} = 7000 \text{ h} \text{ (Forderung 2 erfüllt)}$$

Kontrolle der Gleitfläche auf Überhitzung:

$$p = k_c \cdot \frac{P}{C} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$k_c = 50 \text{ N/mm}^2 \text{ (nach Abb. 4)}$$

$$\frac{P}{C} = \frac{1200}{13400} = \frac{1}{11,1} = 0,089$$

$$p = 50 \cdot 0,089 \text{ N/mm}^2 = 4,45 \text{ N/mm}^2$$

$$v = 1,745 \cdot 10^{-5} \cdot K \cdot \beta \cdot f = 1,745 \cdot 10^{-5} \cdot 22,225 \cdot 30 \cdot 120 \text{ m/min}$$

$$v = 1,4 \text{ m/min} < v_{zul.} = 15 \text{ m/min} \text{ (nach Abb. 14)}$$

$$p \cdot v = 4,45 \cdot 1,4 = 6,23 < (p \cdot v)_{zul.} = 30 \text{ (Abb. 14)}$$

Keine Überhitzung

Schmierfrist:

$$t = \frac{G_h}{130} = \frac{7200}{130} = 55 \text{ h}$$

Beispiel 2:

Über einen doppelt wirkenden Pneumatik-Zylinder wird ein Hebel einer Abfüllanlage bewegt. Es soll ein wartungsfreier Gelenkkopf mit Anschlussmaßen nach CETOP festgelegt werden.

Konstruktiv vorgegebene Werte:

Veränderliche, schwelende radiale dynamische Belastung

$$F_1 = 2000 \text{ N}, F_2 = 6000 \text{ N}, F_3 = 3000 \text{ N}, F_{\max} = 8000$$

$$q_1 = 20\%, q_2 = 15\%, q_3 = 65\%$$

$$\text{Konstante Axialbelastung } F_a = 1000 \text{ N}$$

$$\text{Schwenkwinkel } \beta = 25^\circ$$

$$\text{Schwenkfrequenz } f = 60 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{Betriebstemperatur} = \text{max. } 80^\circ \text{ C}$$

Forderungen an den Gelenkkopf:

1. Die dynamisch äquivalente Lagerlast P und die statisch äquivalente Lagerlast P_o müssen kleiner sein als die zulässige Belastung $P_{zul.}$.
2. Die Gebrauchsdauer $G_h, erf.$ soll mindestens 11000 Betriebsstunden betragen.

Berechnung:

Mittlere dynamische Lagerlast F_m :

$$F_m = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot q_1 + F_2^2 \cdot q_2 + F_3^2 \cdot q_3}{Q}}$$

$$F_m = \sqrt{\frac{2000^2 \cdot 20 + 6000^2 \cdot 15 + 3000^2 \cdot 65}{100}} = 3471 \text{ N}$$

Dynamisch äquivalente Lagerlast P:

$$P = F_m + Y \cdot F_a \quad \left| \frac{F_a}{F_m} = \frac{1000}{3471} = 0,28 \right.$$

$$\left. Y = 1,44 \text{ (interpoliert nach Abb. 7)} \right.$$

$$P = 3471 + 1,44 \cdot 1000 = 4911 \text{ N}$$

Ermittlung der relativen Gebrauchsdauer \bar{G}_h :

$$\bar{G}_h = G_h = \frac{\beta \cdot f}{b_1 \cdot b_2} \quad \left| \begin{array}{l} \beta = 25 \\ f = 60 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} b_1 = 1 \text{ (Abb. 12)} \\ b_2 = 1 \text{ (Abb. 12)} \end{array} \right.$$

$$\bar{G}_h = 11000 \cdot \frac{25 \cdot 60}{1 \cdot 1} = 16,5 \cdot 10^6 \text{ h}$$

Nach Diagramm (Abb. 16) wird ermittelt: Gelenkkopf-Größe 16

Es wird gewählt SFCP 16 CETOP (Seite 17).

$$\text{Dynamische Tragzahl C} = 60000 \text{ N}$$

$$\text{Statische Tragzahl } C_o = 28500 \text{ N}$$

$$\text{Innenring } \varnothing \text{ K} = 28,575 \text{ mm}$$

$$\text{Grenzwert } f_c = \frac{C}{P} = \frac{60000}{4911} = 12,2 \text{ (nach Abb. 8 in Ordnung)}$$

Zulässige Gelenkkopfbelastung $P_{zul.}$:

$$P_{zul.} = C_o \cdot b_2 \cdot b_4 \quad \left| \begin{array}{l} b_2 = 1 \text{ (Abb. 12)} \\ b_4 = 0,5 \text{ (Abb. 11)} \end{array} \right.$$

$$P_{zul.} = 28500 \cdot 1 \cdot 0,5 = 14250 \text{ N}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_o = F_{\max} = 8000 \text{ N} < P_{zul.} \\ P = 4911 \text{ N} < P_{zul.} \end{array} \right\} \text{ Forderung 1 erfüllt}$$

Ermittlung der Gebrauchsdauer G_h :

$$G_h = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot b_3}{K \cdot \beta \cdot f} \cdot 10^7 \cdot \frac{C}{P} \quad \left| b_3 = 4,2, \text{ für } \frac{C}{P} = 12,2 \text{ (Abb. 13)} \right.$$

$$G_h = \frac{1 \cdot 1 \cdot 4}{28,575 \cdot 25 \cdot 60} \cdot 10^7 \cdot 12,2 = 11900 \text{ h}$$

$$G_{h, erf.} = 11000 \text{ h} < G_h = 11900 \text{ h} \text{ (Forderung 2 erfüllt)}$$