



the **precision** benchmark

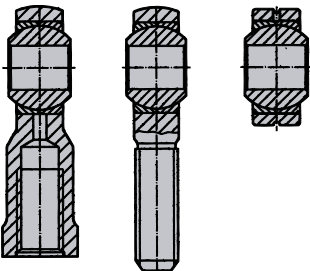
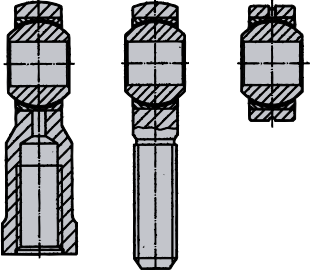
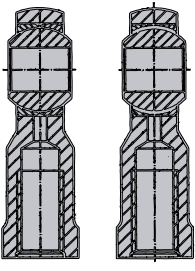
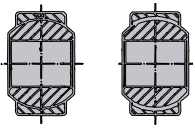
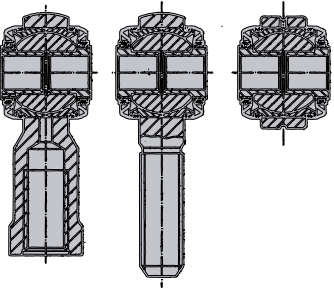
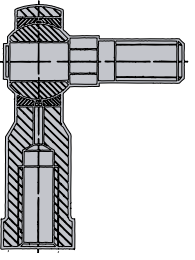
## Technische Hinweise/ Berechnungen

- Lagerspiel, Betriebsdaten
- Wartungsfrei/ Nachschmierbar
- Ermittlung/ Überprüfung der Lagergröße



**CARL  
HIRSCH  
MANN®** 

# Auswahlrichtlinien

| Bauart                                                                              | Serie                      | Ausführung                                                                                                                                                                                                   | Anwendungsmerkmale                                                                                                                                                                                                                                                                   | Seite       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|    | SFC..<br>SMC..<br>SSC..    | <b>Nachschmierbare Hochleistungs-Gelenkköpfe, Gelenklager</b><br>Gleitpaarung: Stahl/Hochleistungsbronze, mit feinstgedrehten Lagerschalen mit extrem hoher Gleitflächenanpassung.                           | Für universelle Einsatzbedingungen, bei hohen Wechsel- und Stoßbelastungen in radialer und axialer Richtung. Geeignet für große Schwenkbewegungen.<br>$V_{\max} = 60 \text{ m/min.}$                                                                                                 | 12–13<br>18 |
|    | SFCP..<br>SMCP..<br>SSCP.. | <b>Wartungsfreie Hochleistungs-Gelenkköpfe, Gelenklager</b><br>Gleitpaarung: Stahl/PTFE-Bronzegewebe. Die Gleitfolie ist in die Lagerschalen eingeklebt, deshalb hohe Lebensdauer.                           | Für universelle Einsatzbedingungen, bei hohen konstanten Belastungen, geringen Wechsel- und Schwellbelastungen in axialer und radialer Richtung. Bei schwierigen schmier-technischen Bedingungen, hohen Gleitgeschwindigkeiten und Schwenkbewegungen. $V_{\max} = 60 \text{ m/min.}$ | 14–15<br>19 |
|   | SFC..CETOP<br>SFCP..CETOP  | <b>CETOP-Norm Nachschmierbare bzw. wartungsfreie Hochleistungs-Gelenkköpfe</b><br>Gleitpaarung: Stahl/Hochleistungsbronze<br>Stahl/PTFE-Bronzegewebe                                                         | Wie nachschmierbare bzw. wartungsfreie Hochleistungs-Gelenkköpfe und Gelenklager.                                                                                                                                                                                                    | 16–17       |
|  | SC..<br>SCP..              | <b>Nachschmierbare bzw. wartungsfreie Hochleistungs-Gelenklager ohne Stahl-Außenring</b><br>Gleitpaarung: Stahl/Hochleistungsbronze<br>Stahl/PTFE-Bronzegewebe                                               | Wie nachschmierbare bzw. wartungsfreie Hochleistungs-Gelenkköpfe und Gelenklager                                                                                                                                                                                                     | 20          |
|  | ...2 RS                    | <b>Abgedichtete Gelenkköpfe, Gelenklager</b><br>Hochleistungs- und wartungsfreie Gelenkköpfe und Gelenklager der Größen 8–30 können mit austauschbaren Dichtmanschetten geliefert werden.                    | Einsatz unter rauen Umweltbedingungen (Schmutz, Staub, Spritzwasser usw.)                                                                                                                                                                                                            | 21          |
|  | ..W                        | <b>Gewindebolzen für Gelenkköpfe und Gelenklager</b><br>Hochleistungs- und wartungsfreie Gelenkköpfe und Gelenklager der Größen 5–16 und 20 können ab Lager mit eingekneteten Gewindebolzen geliefert werden | Einsatz als Winkelgelenke                                                                                                                                                                                                                                                            | 22          |

# 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 (besser als Norm).  
(bei Raumtemperatur)

Radialspiel in µm

| Größe | C2  |     | 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  |     | 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 2-3 fache 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 Gesamtreibmoment 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  
hochtemperaturfest  
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 Hochtemperaturfett, 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  $-30^{\circ}\text{C}$  bis  $+120^{\circ}\text{C}$  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  $+250^{\circ}\text{C}$  eingesetzt werden.

Die wartungsfreien Lager können im Temperaturbereich von  $-50^{\circ}\text{C}$  bis  $+150^{\circ}\text{C}$  eingesetzt werden (auf Verringerung bzw. Vergrößerung des Lagerspiels achten).

Bei abgedichteten Gelenkköpfen und Gelenklagern werden Dichtmanschetten aus Fluorelastomer-Kautschuk (Viton® B), bis  $+250^{\circ}$  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]  
 $\mu$  = Reibwert der Gleitfläche  
P = dynamisch äquivalente Lagerlast [N]  
K = Innenring-Durchmesser [mm]

Richtwerte für den Reibwert  $\mu$

| Lagerart     | Reibwert $\mu$ |      |
|--------------|----------------|------|
|              | min            | max  |
| geschmiert   | 0,08           | 0,15 |
| wartungsfrei | 0,03           | 0,10 |

Abb. 3

Die niedrigen Reibwerte gelten für hohe Belastungen ( $p = 80\text{--}100 \text{ N/mm}^2$ ) bei geringen Gleitgeschwindigkeiten ( $v = 5\text{--}10 \text{ m/min}$ ). Die hohen Reibwerte gelten für geringe Belastungen ( $p = 5\text{--}10 \text{ N/mm}^2$ ) bei hohen Gleitgeschwindigkeiten ( $v = 30\text{--}60 \text{ m/min}$ ).

p = spezifische Flächenpressung [N/mm<sup>2</sup>]  
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 $k_c$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|--------------|-----------------------------------------------------------|
| geschmiert   | 50                                                        |
| wartungsfrei | 150                                                       |

Abb. 4

### Die statische Tragzahl C<sub>0</sub>

Die statische Tragzahl C<sub>0</sub> 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 C<sub>0</sub> 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 C<sub>0</sub>.**

### 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<br>F <sub>azul</sub> [N] | statisch<br>F <sub>azul</sub> [N] |
| SFC/SMC/SSC..<br>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.

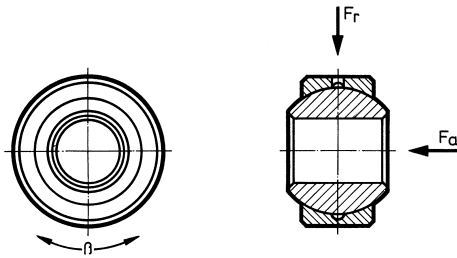


Abb. 6

## 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:  $F_a \leq F_{a,zul.}$   
 $F_{a,zul.}$  nach Tabelle (Abb. 5)

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

| Last-<br>verhältnis $\frac{F_a}{F_r}$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | > 0,5             |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| Axial-<br>faktor $Y$                  | 0,8 | 1   | 1,5 | 2,5 | 3   | nicht<br>geeignet |

Abb. 7

Mit dem errechneten Wert für  $P$  wird das Belastungsverhältnis  $f_c = \frac{P}{C_0}$  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     | $f_c = \frac{P}{C_0}$ (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:

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

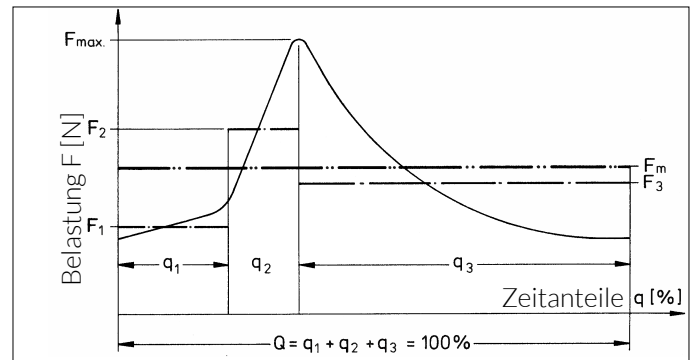


Abb. 9

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

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

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

## Statische Belastung

Der Innenring steht gegenüber der Lagerschale still.

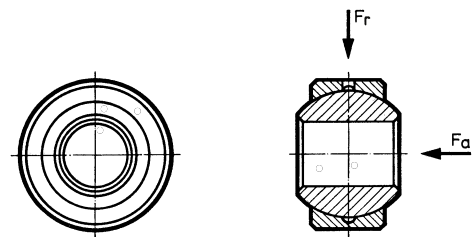


Abb. 10

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

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

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

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

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

## Zulässige Belastung $P_{zul.}$

Gelenkköpfe:

$$P_{zul.} = C_o \cdot b_2 \cdot b_4$$

Gelenklager:

$$P_{zul.} = C_o \cdot b_2$$

$P_{zul.}$  = die zulässige Belastung

$C_o$  = die statische Tragzahl

$b_2$  = Temperaturfaktor aus Tabelle (Abb. 12)

$b_4$  = Belastungsfaktor nach Tabelle (Abb. 11)

[N]  
[N]

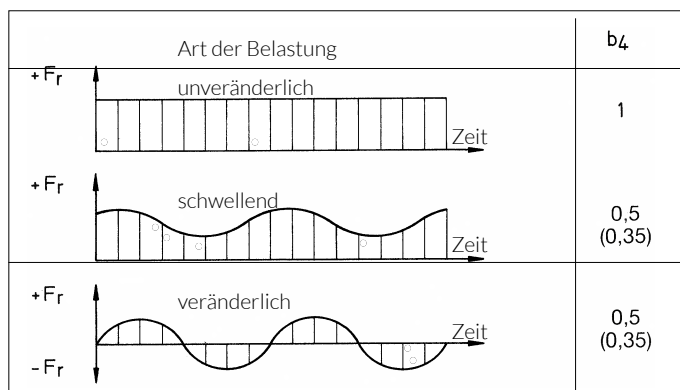


Abb. 11

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

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

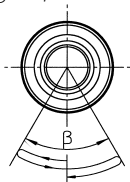
**Achtung:** Die in Abb. 11 angegebenen Belastungsfaktoren  $b_4$  zur Ermittlung der zulässigen Belastung  $P_{zul.}$  bei Gelenkköpfen sind Erfahrungswerte für übliche Anwendungen. Im Falle einer Auslegung der Gelenkopfaufbauteile auf Dauerfestigkeit sprechen Sie uns bitte an, ggf. sind praktische Versuche erforderlich.

## 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]  
 $\beta$  = Schwenkwinkel  $\geq 1$  [Grad]  
 (bei Drehbewegung ist  $\beta = 180^\circ$  einzusetzen)



$f$  = Schwenkfrequenz [min<sup>-1</sup>]  
 $b_1$  = Lastrichtungsfaktor (Abb.12)  
 $b_2$  = Temperaturfaktor (Abb.12)  
 $b_3$  = Werkstofffaktor (Abb.13)

| Betriebs-faktoren | Lastrichtungs-faktor $b_1$ |                | Temperaturfaktor $b_2$ |     |     |     |     |
|-------------------|----------------------------|----------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                   | Lastrichtung               |                | Temperatur [°C]        |     |     |     |     |
| Lagerart          | ein-seitig                 | wechsel-seitig | 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.

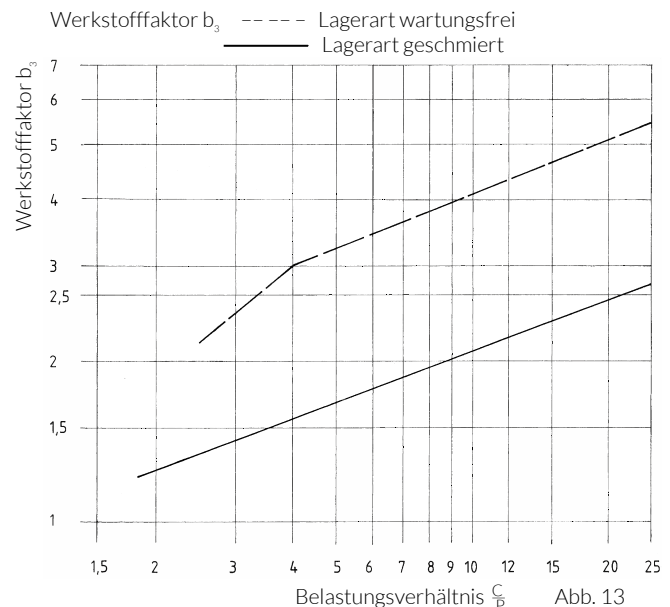


Abb. 13

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  $p \cdot v$ -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:

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

$$v \leq v_{zul.}$$

[m/min]

$p$  = Flächenpressung =  $k_c \cdot \frac{P}{C}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
 $k_c$  = spezifische Flächenpressung (Abb. 4) [N/mm<sup>2</sup>]  
 $v$  = mittlere Gleitgeschwindigkeit =  $1,745 \cdot 10^{-5} \cdot k \cdot \beta \cdot f$  [m/min]

Richtwerte für den zulässigen  $p \cdot v$ -Wert

| Lagerart     | $(p \cdot v)_{zul.}$<br>N<br>mm <sup>2</sup> ·<br>min. | Zul. Gleitgeschwindigkeit<br>$v_{zul.}$ [m/min] |         |
|--------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|
|              |                                                        | Schwenkung                                      | Drehung |
| geschmiert   | 30                                                     | 15                                              | 60      |
| Wartungsfrei | 80                                                     | 60                                              |         |

Abb.14

the **precision** benchmark

# Ermittlung der Lagergröße

## Geschmierte Ausführung

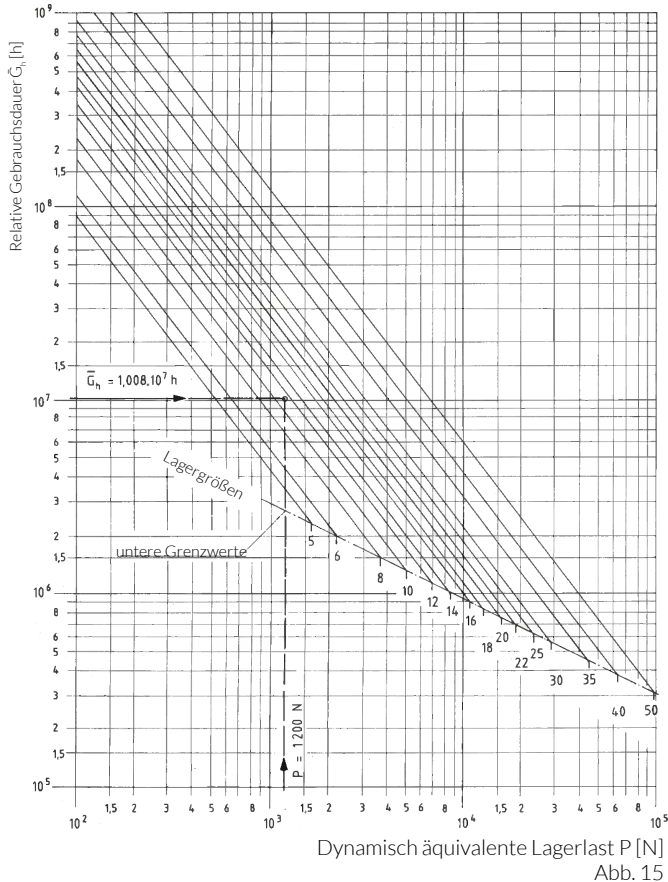


Abb. 15

## Wartungsfreie Ausführung

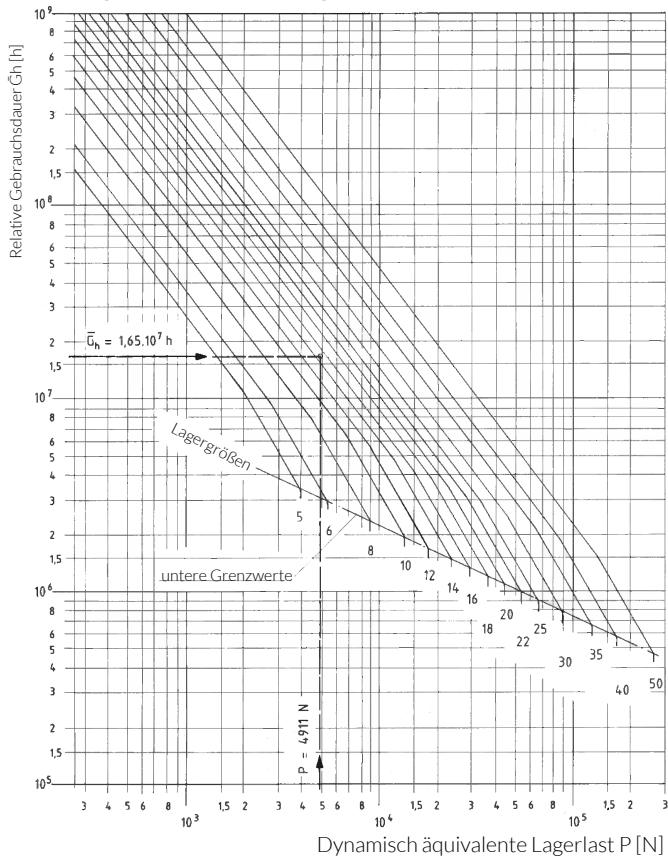


Abb. 16

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]  
 $\beta$  = Schwenkwinkel [Grad]  
 $f$  = Schwenkfrequenz [min<sup>-1</sup>]  
 $b_1$  = Lastrichtungsfaktor (Abb. 12)  
 $b_2$  = Temperaturfaktor (Abb. 12)

## Beispiel

Gesucht wird ein Gelenkkopf mit Außengewinde für folgende Betriebsbedingungen:

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Wechselnde dynamische Belastung $F_r$ | 1200 N                |
| Schwenkwinkel $\beta$                 | 30°                   |
| Schwenkfrequenz $f$                   | 120 min <sup>-1</sup> |
| 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  $\bar{G}_h = 10,08 \cdot 10^6 \text{ h}$  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.

# 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 $\beta$                                 | 30°                   |
| Schwenkfrequenz $f$                                   | 120 min <sup>-1</sup> |
| Betriebstemperatur                                    | 50° C                 |

Da eine wechselnde konstante Belastung vorliegt, wird eine geschmierte Ausführung empfohlen, z. B. SMC 12.

Katalogwerte:

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Dynamische Tragzahl $C$   | 13400 N   |
| Statische Tragzahl $C_o$  | 17000 N   |
| Innenring $\varnothing K$ | 22,225 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  $P_{zul}$ :

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

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

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

Ermittlung der Gebrauchsdauer  $G_h$ :

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

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

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

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

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

Kontrolle der Gleitfläche auf Überhitzung:

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

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

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

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

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

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

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

**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, schwellige radiale dynamische Belastung  
 $F_1 = 2000 \text{ N}$ ,  $F_2 = 6000 \text{ N}$ ,  $F_3 = 3000 \text{ N}$ ,  $F_{\text{max}} = 8000 \text{ N}$   
 $q_1 = 20\%$ ,  $q_2 = 15\%$ ,  $q_3 = 65\%$

|                                |                      |
|--------------------------------|----------------------|
| Konstante Axialbelastung $F_a$ | 1000 N               |
| Schwenkwinkel $\beta$          | 25°                  |
| Schwenkfrequenz $f$            | 60 min <sup>-1</sup> |
| Betriebstemperatur             | max. 80° 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  $\bar{G}_h$ :

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

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

Nach Diagramm (Abb. 16) wird ermittelt:

Gelenkkopf-Größe 16

Es wird gewählt SFCP 16 CETOP (Seite 17).

Dynamische Tragzahl  $C$  60000 N

Statische Tragzahl  $C_o$  28500 N

Innenring  $\varnothing K$  28,575 mm

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

Zulässige Gelenkkopfbelastung  $P_{zul}$ :

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

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

$$P_o = F_{\text{max}} = 8000 \text{ N} < P_{zul} \quad \textbf{(Forderung 1 erfüllt)}$$

$$P = 4911 \text{ N} < P_{zul}$$

Ermittlung der Gebrauchsdauer  $G_h$ :

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

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

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

the **precision** benchmark



## HEADQUARTER

**Carl Hirschmann GmbH**  
Kirchentannenstraße 9  
78737 Fluorn-Winzeln  
Germany

T +49 7402 183-0  
F +49 7402 183-10  
E [info@carlhirschmann.de](mailto:info@carlhirschmann.de)

## USA

**Carl Hirschmann, Inc.**  
165 East Commerce Drive Ste 104  
Schaumburg, IL 60173  
USA

T +1 847 468 9700  
F +1 847 468 9701  
E [info@carlhirschmann.us](mailto:info@carlhirschmann.us)

## CHINA

**Carl Hirschmann**  
Room C528, Block 180,  
South Chang Jiang Road  
Bao Shan District, Shanghai  
P.R. CHINA 200433

T +86 139 16 13 58 45  
E [info@carlhirschmann.com.cn](mailto:info@carlhirschmann.com.cn)