

## Berechnungsgrundlagen

Nachfolgend sind die relevanten Berechnungsgrundlagen aufgeführt, die eine ausreichend sichere und in der Praxis bewährte Auslegung eines Kugelgewindetriebs erlauben.

Detaillierte Angaben zur Auslegung eines Kugelgewindetriebs finden Sie in den DIN-Normen unter DIN 69051.

### «Eignungstest» Drehzahlkennwert

Bei der Auswahl eines Kugelgewindetriebs sollte immer als erstes geprüft werden, ob das im jeweiligen Muttertyp zum Einsatz kommende Kugelrückführsystem die von der Anwendung geforderte maximale Drehzahl zulässt (unabhängig von der Spindellänge).




Die maximale Drehzahl basiert auf dem systembedingten Drehzahlkennwert sowie dem Spindel-Aussendurchmesser:

$$n_{\max} = \frac{\text{Drehzahlkennwert}}{d_1} \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$n_{\max}$  = maximale Drehzahl [min<sup>-1</sup>]

$d_1$  = Spindel-Aussendurchmesser [mm]

Drehzahlkennwert [-] für:

- Einzelgang-Kugelrückführung: 60 000  
(Carry Typ ...I )
- Rohr-Kugelrückführung: 80 000  
(Carry Typ ...R )
- Endkappen-Kugelrückführung: 80 000  
(Carry Typ ...E/...F )

# Berechnungen bei dynamischer Belastung

## Kritische Drehzahl $n_{zul}$

Die zulässigen Drehzahlen müssen ausreichend weit von der Eigenfrequenz der Spindel entfernt sein.

$$n_{zul} = K_D \cdot 10^6 \cdot \frac{d_2}{l_a^2} \cdot S_n \quad [\text{min}^{-1}]$$

- $n_{zul}$  = zulässige Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]
- $K_D$  = charakteristische Konstante [-]  
in Abhängigkeit des Lagerfalles > siehe unten
- $d_2$  = Spindel-Kerndurchmesser [mm]
- $l_a$  = Lagerabstände [mm] > siehe unten  
(immer  $l_a$  max. in die Berechnung einbeziehen!)
- $S_n$  = Sicherheitsfaktor [-], i.a.  $S_n = 0,5 \dots 0,8$

Lagerfall 1: fest – fest  
→  $K_D = 276$

---

Lagerfall 2: fest – lose  
→  $K_D = 190$

---

Lagerfall 3: lose – lose  
→  $K_D = 122$

---

Lagerfall 4: fest – frei  
→  $K_D = 43$

## Nominelle Lebensdauer $L_{10}$ bzw. $L_h$

$$L_{10} = \left( \frac{C_{dyn}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{U}]$$

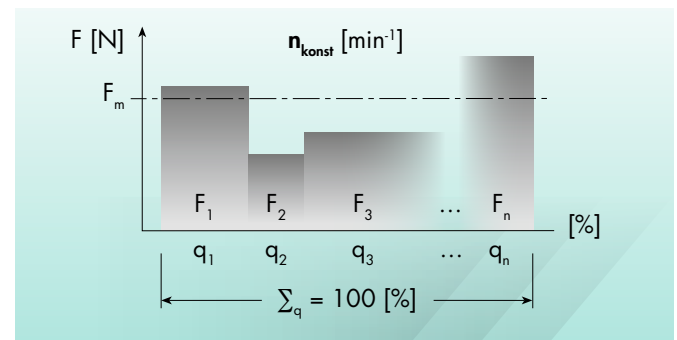
$$L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} \quad [\text{h}]$$

- $L_{10}$  = Lebensdauer in Umdrehungen [U]
- $L_h$  = Lebensdauer in Stunden [h]
- $C_{dyn}$  = dynamische Tragzahl [N]
- $F_m$  = mittlere axiale Belastung [N]
- $F_{1\dots n}$  = Belastung pro Zeitanteil [N]
- $n_m$  = mittlere Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]
- $n_{1\dots n}$  = Drehzahl pro Zeitanteil [ $\text{min}^{-1}$ ]
- $q_{1\dots n}$  = Zeitanteile [%]
- $100 = \sum q$  (Summe Zeitanteile  $q_{1\dots n}$ ) [%]

## Mittlere axiale Belastung $F_m$

bei konstanter Drehzahl  $n_{konst}$  und dynamischer Tragzahl  $C_{dyn}$

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \frac{q_1}{100} + F_2^3 \frac{q_2}{100} + \dots + F_n^3 \frac{q_n}{100}} \quad [\text{N}]$$



$$\rightarrow L_{10} = \left( \frac{C_{dyn}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{U}]$$

$$\rightarrow L_h = \frac{L_{10}}{n_{konst} \cdot 60} \quad [\text{h}]$$

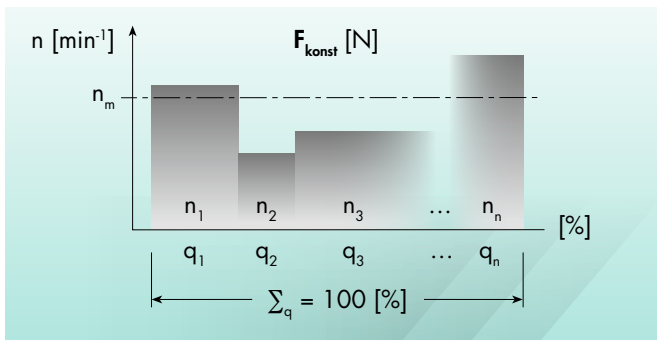
# Eichenberger Kugelgewindetriebe

## Berechnungen bei dynamischer Belastung (Fortsetzung)

### Mittlere Drehzahl $n_m$

bei konstanter Belastung  $F_{konst}$  und variablen Drehzahlen  $n_1, \dots, n_n$

$$n_m = n_1 \frac{q_1}{100} + n_2 \frac{q_2}{100} + \dots + n_n \frac{q_n}{100} \quad [\text{min}^{-1}]$$



$$\rightarrow L_{10} = \left( \frac{C_{dyn}}{F_{konst}} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [U]$$

$$\rightarrow L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} \quad [h]$$

### Mittlere axiale Belastung $F_m$

bei variablen Drehzahlen  $n_1, \dots, n_n$  und dynamischer Tragzahl  $C_{dyn}$

$$F_m = \sqrt[3]{ \frac{F_1^3 \cdot n_1 \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot n_2 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots + F_n^3 \cdot n_n \cdot \frac{q_n}{100}}{n_m} } \quad [N]$$

$$n_m = n_1 \frac{q_1}{100} + n_2 \frac{q_2}{100} + \dots + n_n \frac{q_n}{100} \quad [\text{min}^{-1}]$$

$$\rightarrow L_{10} = \left( \frac{C_{dyn}}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [U]$$

$$\rightarrow L_h = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} \quad [h]$$

### Wirkungsgrad $\eta$ (theoretisch)

in Abhängigkeit von der Art der Kraftumsetzung

- Fall 1: Drehmoment  $\rightarrow$  Linearbewegung

$$\eta \approx \frac{\tan \alpha}{\tan (\alpha + \rho)} \quad [-]$$

- Fall 2: Axialkraft  $\rightarrow$  Drehbewegung

$$\eta' \approx \frac{\tan (\alpha - \rho)}{\tan \alpha} \quad [-]$$

... wobei jeweils gilt:

$$\tan \alpha \approx \frac{P}{d_o \cdot \pi} \quad [-]$$

$\eta$  = Wirkungsgrad [%]

$\eta'$  = korrigierter Wirkungsgrad [%]

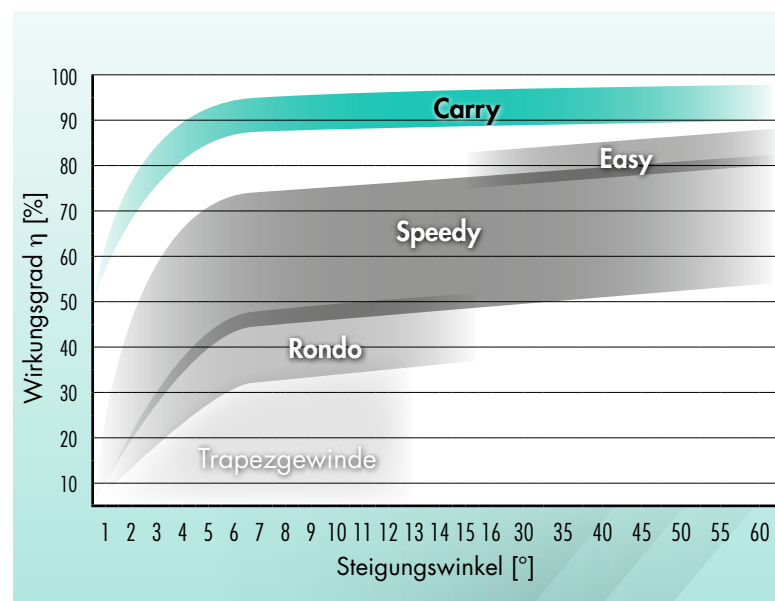
$P$  = Gewindesteigung [mm]

$d_o$  = Spindel-Nenn Durchmesser [mm]

$\rho$  = Reibungswinkel [°]  $\rightarrow \rho = 0,30 \dots 0,60^\circ$

### Wirkungsgrad $\eta_p$ (praktisch)

Der Wirkungsgrad  $\eta$  für Carry Kugelgewindetriebe liegt bei über 0,9



## Antriebs-/Abtriebsmoment M

in Abhängigkeit von der Art der Kraftumsetzung

- Fall 1: Drehmoment → Linearbewegung

$$M_a = \frac{F_a \cdot p}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} \quad [\text{Nm}]$$

- Fall 2: Axialkraft → Drehbewegung

$$M_e = \frac{F_a \cdot p \cdot \eta'}{2000 \cdot \pi} \quad [\text{Nm}]$$

$M_a$  = Antriebsmoment [Nm], Fall 1

$M_e$  = Abtriebsmoment [Nm], Fall 2

$F_a$  = Axialkraft [N]

$p$  = Gewindesteigung [mm]

$\eta$  = Wirkungsgrad [%]

$\eta'$  = korrigierter Wirkungsgrad [%]

## Antriebsleistung P

$$P = \frac{M_a \cdot n}{9550} \quad [\text{kW}]$$

$P$  = Antriebsleistung [kW]

$n$  = Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]

Bei der Auswahl der Antriebe wird empfohlen einen Sicherheitszuschlag von ca. 20% einzuberechnen.

## ... bei statischer Belastung

### Zulässige Maximalbelastung $F_{zul}$

$$F_{zul} = \frac{C_{stat}}{f_s} \quad [\text{N}]$$

$C_{stat}$  = statische Tragzahl [N]

$f_s$  = Betriebsbeiwert

→ Normalbetrieb: 1 ... 2 [-]

→ Stossbelastungen: 2 ... 3 [-]

### Zulässige Knickkraft $F_K$

$$F_K = \frac{K_K}{S_K} \cdot \frac{d_2^4}{l_a^2} \cdot 10^3 \quad [\text{N}]$$

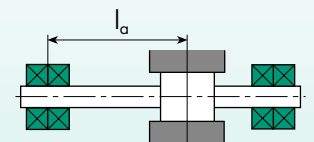
$K_K$  = charakteristische Konstante des Lastfalles [-]  
konstruktiv bedingt > siehe unten

$d_2$  = Spindel-Kerndurchmesser [mm]

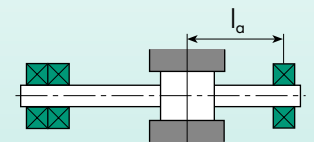
$S_K$  = Sicherheitsfaktor gegen Knicken [-] → i.a.  $S_K = 2 \dots 4$

$l_a$  = kraftübertragende Spindellänge [mm]

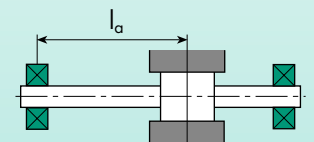
Lastfall 1:  
→  $K_K = 400$



Lastfall 2:  
→  $K_K = 200$



Lastfall 3:  
→  $K_K = 100$



Lastfall 4:  
→  $K_K = 25$

