



Für die Werte der Belastungstabelle wurde ein gleichmäßiger, stoßfreier Betrieb, $K_{H\beta}=1,0$ und gesicherte Fettschmierung zugrunde gelegt. Da die Anwendungsfälle in der Praxis sehr verschieden sind, ist es erforderlich, die jeweiligen Verhältnisse durch entsprechende Faktoren S_B , K_A , $L_{KH\beta}$ und f_n zu berücksichtigen (siehe untenstehend).

Formeln zur Ermittlung der Umfangskraft

$$a = \frac{v}{t_b} \quad [\text{m/s}^2]$$

$$F_u = \frac{m \cdot g + m \cdot a}{1000} \quad (\text{für Hubachse}) \quad [\text{kN}]$$

$$F_u = \frac{m \cdot g \cdot \mu + m \cdot a}{1000} \quad (\text{für Fahrachse}) \quad [\text{kN}]$$

$$F_{u \text{ zul.}} = \frac{F_{u \text{ Tab}}}{K_A \cdot S_B \cdot f_n \cdot L_{KH\beta}} \quad [\text{kN}]$$

Erklärung der Formelzeichen siehe Seite ZD-3

Bedingung $F_u < F_{u \text{ zul.}}$ muss erfüllt sein.

Belastungsfaktor K_A

Antrieb	Belastungsart der anzutreibenden Maschinen		
	gleichförmig	mittlere Stöße	starke Stöße
gleichförmig	1,00	1,25	1,75
leichte Stöße	1,25	1,50	2,00
mittlere Stöße	1,50	1,75	2,25

Sicherheitsbeiwert S_B

Der Sicherheitsbeiwert ist nach Erfahrung zu berücksichtigen ($S_B = 1,1 + 1,4$).

Lebensdauerfaktor f_n

für den Einfluss der Umfangsgeschwindigkeit des Ritzels und der Schmierung.

Schmierung	kontin.			tägl.		monatl.	
	m/sec	m/min					
Umfangsgeschw. der Verzahnung							
0,5	30	0,85	0,95				
1,0	60	0,95	1,10	von			
1,5	90	1,00	1,20	3			
2,0	120	1,05	1,30	bis			
3,0	180	1,10	1,50	10			
5,0	300	1,25	1,90				

Linearer Breitenfaktor $L_{KH\beta}$

Der linearer Breitenfaktor berücksichtigt ungleichmäßige Lastenverteilung über die Zahnbreite auf die Flankenpressung ($L_{KH\beta} = \sqrt{K_{H\beta}}$).

- $L_{KH\beta} = 1,1$ bei Gegenlagerung z.B. Torque Supporter
- $L_{KH\beta} = 1,2$ bei Vorgespannten Lagern der Abtriebswelle z.B. Atlanta HT-, HP- und E-Servo Schneckengetriebe, BG-Servo Kegelradgetriebe
- $L_{KH\beta} = 1,5$ bei nicht vorgespannten Lagern der Abtriebswelle z.B. B-Servo Schneckengetriebe

The values given in the load table are based upon uniform, smooth operation, $K_{H\beta}=1,0$ and reliable grease lubrication. Since, in practice, the applications are very diverse, it is important to consider the given conditions by using appropriate factors S_B , K_A , $L_{KH\beta}$ and f_n (see below).

Formulas for determining the tangential force

$$a = \frac{v}{t_b} \quad [\text{m/s}^2]$$

$$F_u = \frac{m \cdot g + m \cdot a}{1000} \quad (\text{for lifting axle}) \quad [\text{kN}]$$

$$F_u = \frac{m \cdot g \cdot \mu + m \cdot a}{1000} \quad (\text{for driving axle}) \quad [\text{kN}]$$

$$F_{u \text{ perm.}} = \frac{F_{u \text{ tab}}}{K_A \cdot S_B \cdot f_n \cdot L_{KH\beta}} \quad [\text{kN}]$$

Formula dimensions see page ZD-3

The condition $F_u < F_{u \text{ perm.}}$ must be fulfilled.

Load factor K_A

Drive	Type of load from the machines to be driven		
	uniform	medium shocks	heavy shocks
uniform	1,00	1,25	1,75
light shocks	1,25	1,50	2,00
medium shocks	1,50	1,75	2,25

Safety coefficient S_B

The safety coefficient should be allowed for according to experience ($S_B = 1.1 + 1.4$).

Life-time factor f_n

considering of the peripheral speed of the pinion and lubrication.

Lubrication	cont.			daily		monthly	
	m/sec	m/min					
Peripheral speed of gearing							
0,5	30	0,85	0,95				
1,0	60	0,95	1,10	von			
1,5	90	1,00	1,20	3			
2,0	120	1,05	1,30	bis			
3,0	180	1,10	1,50	10			
5,0	300	1,25	1,90				

Linear load distribution factor $L_{KH\beta}$

The linear load distribution factor considers the contact stress, while it describes unintegrated load distribution over the tooth width ($L_{KH\beta} = \sqrt{K_{H\beta}}$).

- $L_{KH\beta} = 1,1$ for counter bearing, e.g. Torque Supporter
- $L_{KH\beta} = 1,2$ for preloaded bearings on the output shaft e.g. Atlanta Ht-, HP- and E-servo worm gear unit, BG-bevel gear unit
- $L_{KH\beta} = 1,5$ for unpreloaded bearings on the output shaft e.g. Atlanta B-servo worm gear unit



Rechenbeispiel Calculation example

Vorgabewerte Values given

- Fahrtrieb**
travelling operation
- bewegte Masse $m = 820$ kg
mass to be moved
- Geschwindigkeit $v = 2$ m/s
speed
- Beschleunigungszeit $t_b = 1$ s
acceleration time
- Erdbeschleunigung $g = 9,81$ m/s²
acceleration due to gravity
- Reibwert $\mu = 0,1$
coefficient of friction
- Belastungsfaktor $K_A = 1,5$
load factor
- Lebensdauerfaktor $f_n = 1,05$ (kont. Schmierung)
life-time factor (cont. lubrication)
- Sicherheitsbeiwert $S_B = 1,2$
safety coefficient
- Linearer Breitenfaktor $L_{KH\beta} = 1,5$
linear load distribution factor

Rechengang Calculation process

$$a = \frac{v}{t_b} \quad a = \frac{2}{1} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$F_u = \frac{m \cdot g \cdot \mu + m \cdot a}{1000}$$

$$F_u = \frac{820 \cdot 9,81 \cdot 0,1 + 820 \cdot 2}{1000} = 2,44 \text{ kN}$$

zulässige Umfangskraft: Zahnstange C45, ind. gehärtet, Q10, gerade verzahnt, Modul 3, Ritzel 16MnCr5, einsatzgehärtet, 20 Zähne, Seite ZB-40 mit $F_{uTab} = 11,5$ kN
assumed feed force: rack C45, ind. hardened, straight tooth, module 3, pinion 16MnCr5, case hardened, 20 teeth, page ZB-40 with $F_{uTab} = 11,5$ kN

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{F_{uTab}}{K_A \cdot S_B \cdot f_n \cdot L_{KH\beta}} ;$$

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{11,5 \text{ kN}}{1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,5} = 4,05 \text{ kN}$$

Bedingung Condition

$$F_{u \text{ zul./per.}} > F_u ; 4,05 \text{ kN} > 2,44 \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{erfüllt}$$

fulfilled

Ergebnis: Result	Zahnstange Rack	27 30 101	Seite ZB-13 Page ZB-13
	Ritzel Pinion	24 35 220	Seite ZB-23 einsatzgehärtet Page ZB-23 case hardened

Ihre Rechnung Your calculation

Vorgabewerte Values given

- Fahrtrieb**
travelling operation
- bewegte Masse $m =$ _____ kg
mass to be moved
- Geschwindigkeit $v =$ _____ m/s
speed
- Beschleunigungszeit $t_b =$ _____ s
acceleration time
- Erdbeschleunigung $g = 9,81$ m/s²
acceleration due to gravity
- Reibwert $\mu =$ _____
coefficient of friction
- Belastungsfaktor $K_A =$ _____
load factor
- Lebensdauerfaktor $f_n =$ _____
life-time factor
- Sicherheitsbeiwert $S_B =$ _____
safety coefficient
- Linearer Breitenfaktor $L_{KH\beta} =$ _____
linear load distribution factor

Rechengang Calculation process

$$a = \frac{v}{t_b} \quad a =$$
 _____ = _____ m/s²

$$F_u = \frac{m \cdot g \cdot \mu + m \cdot a}{1000} ; F_u =$$
 _____ = _____ kN

zulässige Vorschubkraft F_{uTab}
permissible feed force F_{uTab}

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{F_{uTab}}{K_A \cdot S_B \cdot f_n \cdot L_{KH\beta}} ;$$

$$F_{u \text{ zul./per.}} =$$
 _____ = _____ kN

Bedingung Condition

$$F_{u \text{ zul./per.}} > F_u ;$$
 _____ kN > _____ kN \Rightarrow erfüllt
fulfilled





Rechenbeispiel Calculation example

Vorgabewerte Values given

- ⊗ Hubantrieb
lifting operation
- bewegte Masse
mass to be moved $m = 300 \text{ kg}$
- Geschwindigkeit
speed $v = 1,08 \text{ m/s}$
- Beschleunigungszeit
acceleration time $t_b = 0,27 \text{ s}$
- Erdbeschleunigung
acceleration due to gravity $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Belastungsfaktor
load factor $K_A = 1,2$
- Lebensdauerfaktor
life-time factor $f_n = 1,1$ (tägl. Schmierung)
(cont. lubrication)
- Sicherheitsbeiwert
safety coefficient $S_B = 1,2$
- Linearer Breitenfaktor
linear load distribution factor $L_{KH\beta} = 1,2$

Rechengang Calculation process

$$a = \frac{v}{t_b} \quad a = \frac{1,08}{0,27} = 4 \text{ m/s}^2$$

$$F_u = \frac{m \cdot g + m \cdot a}{1000} \quad F_u = \frac{300 \cdot 9,81 + 300 \cdot 4}{1000} = 4,1 \text{ kN}$$

zulässige Umfangskraft: Zahnstange C45, ind. gehärtet, Q6, schräg verzahnt, Modul 2, Ritzel 16MnCr5, einsatzgehärtet, 20 Zähne, Seite ZA-31 mit $F_{u \text{ Tab}} = 11,3 \text{ kN}$
 assumed feed force: rack C45, ind. hardened, helical, module 2, pinion 16MnCr5, case hardened, 20 teeth, page ZA-31 with $F_{u \text{ tab}} = 12 \text{ kN}$

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{F_{u \text{ Tab}}}{K_A \cdot S_B \cdot f_n \cdot L_{KH\beta}} ; F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{11,5 \text{ kN}}{1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,2} = 5,9 \text{ kN}$$

Bedingung Condition

$$F_{u \text{ zul./per.}} > F_u ; 6,0 \text{ kN} > 4,1 \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{erfüllt}$$

fulfilled

Ergebnis: Result	Zahnstange Rack	29 20 105	Seite ZA-7 Page ZA-7
	Ritzel Pinion	24 29 520	Seite ZA-24 Page ZA-24

Ihre Rechnung Your calculation

Vorgabewerte Values given

- ⊗ Hubantrieb
lifting operation
- bewegte Masse
mass to be moved $m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg}$
- Geschwindigkeit
speed $v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$
- Beschleunigungszeit
acceleration time $t_b = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$
- Erdbeschleunigung
acceleration due to gravity $g = \underline{9,81} \text{ m/s}^2$
- Belastungsfaktor
load factor $K_A = \underline{\hspace{2cm}}$
- Lebensdauerfaktor
life-time factor $f_n = \underline{\hspace{2cm}}$
- Sicherheitsbeiwert
safety coefficient $S_B = \underline{\hspace{2cm}}$
- Linearer Breitenfaktor
linear load distribution factor $L_{KH\beta} = \underline{\hspace{2cm}}$

Rechengang Calculation process

$$a = \frac{v}{t_b} \quad a = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$$

$$F_u = \frac{m \cdot g + m \cdot a}{1000} \quad F_{u \text{ erf./req.}} = \frac{\hspace{2cm}}{1000} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$$

zulässige Vorschubkraft $F_{u \text{ Tabelle}}$
 permissible feed force $F_{u \text{ tab}}$

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{F_{u \text{ Tab}}}{K_A \cdot S_B \cdot f_n \cdot L_{KH\beta}} ; F_{u \text{ zul./per.}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$$

Bedingung Condition

$$F_{u \text{ zul./per.}} > F_u ; \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN} > \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{erfüllt}$$

fulfilled