








		Kapitel Chapter
	Zahnstangen schräg Racks helical	m = 1,5 m = 2 m = 3 m = 4 m = 5 m = 6 m = 8 m = 10 m = 12  ZA-30 ZA-31 ZA-32 ZA-33 ZA-34 ZA-35 ZA-36 ZA-37 ZA-38
	Zahnstangen gerade Racks straight	m = 1 m = 1,5 m = 2 m = 2,5 m = 3 m = 4 m = 5 m = 6 m = 8 m = 10 m = 12  ZB-36 ZB-37 ZB-38 ZB-39 ZB-40 ZB-41 ZB-42 ZB-43 ZB-44 ZB-45 ZB-46
	Führungszahnstangen Integrated racks	m = 2 m = 3 m = 4 p = 5 mm p = 10 mm p = 13,33 mm  ZC-15 ZC-16 ZC-17 ZC-18 ZC-19 ZC-20
	Berechnung, Anleitung Calculation, Instruction	ZD-2
	Berechnungsbeispiel Calculation example	Fährantrieb / Travelling operation Hubantrieb / Lifting operation  ZD-3 ZD-4
	Natürliche Größe der Modulverzahnung nach DIN 867 Actual size of modular gearing according to DIN 867	ZD-5





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

### Formeln zur Ermittlung der Umfangskraft

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

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

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

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

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 ( $S_B = 1,1 \div 1,4$ ).

### 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 $L_{KHB}$

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

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

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

### Formulas for determining the tangential force

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

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

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

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

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 ( $S_B = 1.1 \div 1.4$ ).

### Life-time factor $f_n$

considering of the peripheral speed of the pinion and lubrication.

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

### Linear load distribution factor $L_{KHB}$

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

- $L_{KHB} = 1,1$  for counter bearing, e.g. Torque Supporter
- $= 1,2$  for preloaded bearings on the output shaft e.g. Atlanta Ht-, HP- and E-servo worm gear unit, BG-bevel gear unit
- $= 1,5$  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  
mass to be moved  $m = 820 \text{ kg}$
- Geschwindigkeit  
speed  $v = 2 \text{ m/s}$
- Beschleunigungszeit  
acceleration time  $t_b = 1 \text{ s}$
- Erdbeschleunigung  
acceleration due to gravity  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Reibwert  
coefficient of friction  $\mu = 0,1$
- Belastungsfaktor  
load factor  $K_A = 1,5$
- Lebensdauerfaktor  
life-time factor  $f_n = 1,05$  (kont. Schmierung)  
(cont. lubrication)
- Sicherheitsbeiwert  
safety coefficient  $S_B = 1,2$
- Linearer Breitenfaktor  
linear load distribution factor  $L_{KH\beta} = 1,5$

#### 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  $F_{uTab} = 11,5 \text{ kN}$   
assumed feed force: rack C45, ind. hardened, straight tooth, module 3, pinion 16MnCr5, case hardened, 20 teeth, page ZB-40 with  $F_{uTab} = 11,5 \text{ kN}$

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

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

#### 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  
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  $g = \underline{9,81} \text{ m/s}^2$
- Reibwert  
coefficient of friction  $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$
- 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

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

$$F_u = \frac{m \cdot g \cdot \mu + m \cdot a}{1000} ; F_u = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$$

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

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

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$$

#### Bedingung Condition

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

fulfilled





### Rechenbeispiel Calculation example

#### Vorgabewerte Values given

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

#### 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  $F_{u \text{ Tab}} = 11,3$  kN  
assumed feed force: rack C45, ind. hardened, helical, module 2, pinion 16MnCr5, case hardened, 20 teeth, page ZA-31 with  $F_{u \text{ tab}} = 12$  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  $m =$  \_\_\_\_\_ kg  
mass to be moved
- Geschwindigkeit  $v =$  \_\_\_\_\_ m/s  
speed
- Beschleunigungszeit  $t_b =$  \_\_\_\_\_ s  
acceleration time
- Erdbeschleunigung  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>  
acceleration due to gravity
- 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

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

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

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

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

#### Bedingung Condition

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

fulfilled



**Modul / Module 1,0**



**Modul / Module 1,25**



**Modul / Module 1,5**



**Modul / Module 2,0**



**Modul / Module 2,5**



**Modul / Module 3,0**



**Modul / Module 4,0**



**Modul / Module 5,0**



**Modul / Module 6,0**



**Modul / Module 8,0**



**Modul / Module 10,0**



**Modul / Module 12,0**



