






		Kapitel <i>Chapter</i>
	Zahnstangen schräg <i>Racks helical</i>	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 <i>Racks straight</i>	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 <i>Integrated racks</i>	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 <i>Calculation, Instruction</i>	ZD-2
	Berechnungsbeispiel <i>Calculation example</i>	Fährantrieb / <i>Travelling operation</i> Hubantrieb / <i>Lifting operation</i> ZD-3 ZD-4
	Natürliche Größe der Modulverzahnung nach DIN 867 <i>Actual size of modular gearing according to DIN 867</i>	ZD-5



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 ($S_B = 1,25 \div 1,50$). Dies gilt für Zahnstangentriebe mit einem Antrieb / Zahnstangenstrecke. Für mehrere Antriebe auf einer Zahnstangenstrecke, als auch für verspannte Triebe, ist der Sicherheitsbeiwert entsprechend zu erhöhen. Im Zweifel kontaktieren Sie bitte unseren technischen Service.

Lebensdauerfaktor f_n

für den Einfluss der Umfangsgeschwindigkeit des Ritzels und der Schmierung.

Schmierung	kontin.	tägl.	monatl.	Umfangsgeschw. der Verzahnung	
				m/sec	m/min
0,5	30	0,85	0,95	von 3 bis 10	
1,0	60	0,95	1,10		
1,5	90	1,00	1,20		
2,0	120	1,05	1,30		
3,0	180	1,10	1,50		
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
- $= 1,2$ 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, $K_{H\beta}=1,0$ 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 ($S_B = 1,25 \div 1,50$). This is valid for rack drives with one drive / rack line. For multiple drives on one rack line, as well as for preloaded drives, this safety coefficient have to be increased. In case of doubts please contact our technical service.

Life-time factor f_n

considering of the peripheral speed of the pinion and lubrication.

Lubrication	Peripheral speed of gearing	contin.	daily	monthly
0,5	30	0,85	0,95	from 3 to 10
1,0	60	0,95	1,10	
1,5	90	1,00	1,20	
2,0	120	1,05	1,30	
3,0	180	1,10	1,50	
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
- $= 1,2$ 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

<input checked="" type="checkbox"/> Fahrtrieb <i>travelling operation</i>	
bewegte Masse <i>mass to be moved</i>	$m = 820 \text{ kg}$
Geschwindigkeit <i>speed</i>	$v = 2 \text{ m/s}$
Beschleunigungszeit <i>acceleration time</i>	$t_b = 1 \text{ s}$
Erdbeschleunigung <i>acceleration due to gravity</i>	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Reibwert <i>coefficient of friction</i>	$\mu = 0,1$
Belastungsfaktor <i>load factor</i>	$K_A = 1,5$
Lebensdauerfaktor <i>life-time factor</i>	$f_n = 1,05$ (kont. Schmierung) <i>(cont. lubrication)</i>
Sicherheitsbeiwert <i>safety coefficient</i>	$S_B = 1,4$
Linearer Breitenfaktor <i>linear load distribution factor</i>	$L_{KH\beta} = 1,5$

Rechengang

Calculation process

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

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

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

zulässige Vorschubkraft $F_{u \text{ Tab}}$:
Zahnstange C45, ind. gehärtet, Q10,
gerade verzahnt, Modul 3, Ritzel 16MnCr5,
einsatzgehärtet, 20 Zähne,
Seite ZB-40 mit $F_{u \text{ Tab}} = 11,5 \text{ kN}$

permissible feed force $F_{u \text{ Tab}}$:
rack C45, ind. hardened, Q10, straight tooth, module 3,
pinion 16MnCr5, case hardened, 20 teeth
page ZB-40 with $F_{u \text{ Tab}} = 11,5 \text{ kN}$

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

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{11,5 \text{ kN}}{1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,05 \cdot 1,5} = 3,47 \text{ kN}$$

Bedingung

Condition

$$F_{u \text{ zul./per.}} > F_u ; 3,47 \text{ kN} > 2,44 \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{erfüllt}$$

fulfilled

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

Ihre Rechnung

Your calculation

Vorgabewerte

Values given

<input checked="" type="checkbox"/> Fahrtrieb <i>travelling operation</i>	
bewegte Masse <i>mass to be moved</i>	$m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg}$
Geschwindigkeit <i>speed</i>	$v = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$
Beschleunigungszeit <i>acceleration time</i>	$t_b = \underline{\hspace{2cm}} \text{ s}$
Erdbeschleunigung <i>acceleration due to gravity</i>	$g = \underline{9,81} \text{ m/s}^2$
Reibwert <i>coefficient of friction</i>	$\mu = \underline{\hspace{2cm}}$
Belastungsfaktor <i>load factor</i>	$K_A = \underline{\hspace{2cm}}$
Lebensdauerfaktor <i>life-time factor</i>	$f_n = \underline{\hspace{2cm}}$
Sicherheitsbeiwert <i>safety coefficient</i>	$S_B = \underline{\hspace{2cm}}$
Linearer Breitenfaktor <i>linear load distribution factor</i>	$L_{KH\beta} = \underline{\hspace{2cm}}$

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 $F_{u \text{ Tab}}$
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



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/s²
acceleration due to gravity
- Belastungsfaktor $K_A = 1,2$
load factor
- Lebensdauerfaktor $f_n = 1,1$ (tägl. Schmierung)
life-time factor (cont. lubrication)
- Sicherheitsbeiwert $S_B = 1,4$
safety coefficient
- Linearer Breitenfaktor $L_{KH\beta} = 1,2$
linear load distribution factor

Rechengang **Ergebnis**
Calculation process *Results*

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

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

zulässige Vorschubkraft $F_{u \text{ Tab}}$:
 Zahnstange C45, ind. gehärtet, Q6,
 schräg verzahnt, Modul 2, Ritzel 16MnCr5,
 einsatzgehärtet, 20 Zähne,
 Seite ZA-31 mit $F_{u \text{ Tab}} = 11,5$ kN
permissible feed force $F_{u \text{ Tab}}$:
rack C45, ind. hardened, Q6, helical tooth, module 2,
pinion 16MnCr5, case hardened, 20 teeth
page ZA-31 with $F_{u \text{ Tab}} = 11,5$ kN

$$F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{F_{u \text{ Tab}}}{K_A \cdot S_B \cdot f_n \cdot L_{KH\beta}} ; F_{u \text{ zul./per.}} = \frac{11,5 \text{ kN}}{1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,2} = 5,18 \text{ kN}$$

Bedingung
Condition

$$F_{u \text{ zul./per.}} > F_u ; 5,18 \text{ kN} > 4,1 \text{ kN} \Rightarrow \text{erfüllt}$$

fulfilled

Ergebnis: Zahnstange 29 20 105 Seite ZA-7
Result Rack Page ZA-7

Ritzel 24 29 520 Seite ZA-24
Pinion 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/s²
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 **Ergebnis**
Calculation process *Results*

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

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

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

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

fulfilled





Modul / Module 1,0



Modul / Module 1,5



Modul / Module 2,5



Modul / Module 4,0



Modul / Module 6,0



Modul / Module 10,0



Modul / Module 12,0



Modul / Module 1,25



Modul / Module 2,0



Modul / Module 3,0



Modul / Module 5,0



Modul / Module 8,0



