

# Berechnung

## Trapezgewindetrieb

### Berechnung Trapezgewindetrieb

Berechnungen / Werte	Seite	Hinweis
Erforderlicher Flächentraganteil $A_{\text{erf}}$	S. 34	Vergleich mit Traganteil in Muttertabellen
Vorschubgeschwindigkeit $s$	S. 34	-
Antriebsdrehmoment $M_{\text{ia}}$	S. 37	-
Reibwert $\mu$	S. 37	Siehe auch Wertetabelle für Reibungsbeiwert
Wirkungsgrad $\eta$	S. 37	-
Reibungswinkel $\rho'$	S. 37	-
Steigungswinkel $\alpha$	S. 37	Siehe auch Spindelwerte-Tabelle
Antriebsleistung $P_a$	S. 33	-
Kritische Drehzahl $n_{\text{kr}}$	S. 35/36	-
Zulässige Betriebsdrehzahl $n_{\text{zul}}$	S. 35	-
Max. zulässige axiale Spindelbelastung $F_k$	S. 35/36	-
Zulässige axiale Spindelbelastung $K_{\text{zul}}$	S. 35	-
Durchbiegung der Spindel durch das Eigengewicht $f_{\text{max}}$	-	-
Erforderliches Haltemoment $m_{\text{d}}$	S. 37	-

### Werte Trapezgewindetrieb

Werte	Seite	Hinweis
Werkstoffkennwerte	S. 33	Daten der verwendeten Werkstoffe
pv-Werte	S. 34	zum ermitteln der max. zulässigen Gleitgeschwindigkeit
Reibungsbeiwert	S. 34	zum ermitteln des Wirkungsgrad
Flächentraganteil $\text{mm}^2$	S. 26-30	zum ermitteln der max. Axialkraft/max Flächenpressung
Gewindetiefe Grundprofil	S. 23/24	zum ermitteln des Flächentraganteil
Genauigkeit	S. 23/24	Angabe der Steigungsabweichung auf 300mm
Geradheit	S. 23/24	Angabe der Geradheit auf auf 300mm
Steigung	S. 23/24	Weg der durch eine Umdrehung der Spindel/Mutter zurückgelegt wird
Steigungswinkel	S. 23/24	zum ermitteln der Selbsthemmung / des Wirkungsgrad
Wirkungsgrad mit Reibwert $\mu$ 0,1	S. 23/24	für andere Reibwerte siehe Formel Wirkungsgrad und Reibungsbeiwerte
Streckenlast	-	zum ermitteln der max. Durchbiegung der Spindel
Flächentraganteil	S. 34	Traganteil des Gewindes
Flächenträgheitsmoment	S. 23/24	zum ermitteln der max. Durchbiegung der Spindel
Widerstandsmoment	S. 23/24	Antriebsauslegung
Massenträgheitsmoment	S. 23/24	Antriebsauslegung

### Werkstoffkennwerte

Werkstoff	G-CuSn7ZnPb	G-CuSn12ZnPb	9 SMn 28K	PETP
Zugfestigkeit min.	260 N/mm <sup>2</sup>	300 N/mm <sup>2</sup>	460 N/mm <sup>2</sup>	80 N/mm <sup>2</sup>
0,2% Dehngrenze RP 0,2	120 N/mm <sup>2</sup>	180 N/mm <sup>2</sup>	375 N/mm <sup>2</sup>	-
Bruchdehnung min.	12%	8%	8%	-
Brinellhärte HB 10/1000	70	95	159	-
Dichte	8,8 kg/dm <sup>3</sup>	8,71 kg/dm <sup>3</sup>	8 kg/dm <sup>3</sup>	1,38 kg/dm <sup>3</sup>
E-Modul	101000 N/mm <sup>2</sup>	100000 N/mm <sup>2</sup>	200000 N/mm <sup>2</sup>	2800-300 N/mm <sup>2</sup>
pv-Wert	300 N/mm <sup>2</sup> * m/min	400 N/mm <sup>2</sup> * m/min	-	100 N/mm <sup>2</sup> * m/min
Schlagzähigkeit	-	-	-	40 kJm <sup>2</sup>
Kerbschlagzähigkeit	-	-	-	4 kJm <sup>2</sup>
Wärmedehnung	1,75 * 10-5 /°C	1,75 * 10-5 /°C	1,19 * 10-5 /°C	8,5 * 10-5 /°C
Wasseraufnahme	-	-	-	0,25%
Wassersättigung	-	-	-	0,60%
Reibung gegen Stahl	-	-	-	0,05-0,08
Kugeldruckhärte H 358/30	-	-	-	150 N/mm <sup>2</sup>
Dehnung bei Streckenspannung 80 N/mm <sup>2</sup>	-	-	-	4-5%
max. Flächenpressung	< 15 N/mm <sup>2</sup>	< 15 N/mm <sup>2</sup>	< 15 N/mm <sup>2</sup>	10 N/mm <sup>2</sup>
max. Gleitgeschwindigkeit	-	-	-	120 m/min

### Antriebsleistung

$$P_a = \frac{M_d \cdot n}{9550}$$

$M_d$     Erforderliches Antriebsmoment [Nm]  
 $n$         Spindeldrehzahl [1/min]  
 $P_a$         Erforderliche Antriebsleistung [kW]

# Berechnung

## Trapezgewindetrieb

### Tragfähigkeit von Trapezgewindetrieben

Die Tragfähigkeit von Gleitpaarungen ist allgemein abhängig von deren Material- und Oberflächenbeschaffenheit, Einlaufzustand, Flächenpressung, Schmierverhältnis, der Gleitgeschwindigkeit und von der Temperatur und somit von der Einschaltdauer und den Möglichkeiten der Wärmeabfuhr.

Die zulässige Flächenpressung ist in erster Linie abhängig von der Gleitgeschwindigkeit des Gewindetriebes.

Bei Bewegungsantrieben sollte die Flächenpressung den Wert von 5 N/mm<sup>2</sup> nicht überschreiten.

Die zulässige Geschwindigkeit kann berechnet werden aus dem jeweiligen Flächentraganteil der Mutter und dem pv-Wert des jeweiligen Muttermaterials.

$A_{\text{erf}}$  Erforderlicher Flächentraganteil [mm<sup>2</sup>]  
 $F_{\text{ax}}$  Angreifende Axialkraft [N]  
 $P_{\text{zul}}$  Maximal zulässige Flächenpressung = 5 N/mm<sup>2</sup>

pv-Wert Siehe Tabelle  
 $v_{\text{Gzul}}$  Maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit [m/min]

$D$  Flankendurchmesser [mm]  
 $n_{\text{zul}}$  Maximal zulässige Drehzahl [1/min]

$P$  Gewindesteigung [mm]  
 $s_{\text{zul}}$  Zulässige Vorschubgeschwindigkeit [m/min]

**Gesucht:** Welche Verfahrensgeschwindigkeit ist bei dieser Belastung noch zulässig?

$$\begin{aligned} \text{Gewindesteigung } P &= 6 \text{ mm} \\ \text{Flanken-}\varnothing D &= d - \frac{P}{2} \\ &= 36 - \frac{6}{2} \text{ [mm]} \\ &= 33 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mit pv-Wert für Rg 7 = 300 m/min

pv-Werte Werkstoff	pv-Werte [N/mm <sup>2</sup> · m/min]
G-CuSn 7 ZnPb (Rg 7)	300
G-CuSn 12 (G Bz 12)	400
Kunststoff (PETP)	100
Grauguss GG 22/GG 25	200

### Erforderlicher Flächentraganteil (VIII)

$$A_{\text{erf}} = \frac{F_{\text{ax}}}{P_{\text{zul}}}$$

### Maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit (IX)

$$v_{\text{Gzul}} = \frac{\text{pv-Wert}}{P_{\text{zul}}}$$

### Maximal zulässige Drehzahl (X)

$$n_{\text{zul}} = \frac{v_{\text{Gzul}} \cdot 1000}{D \cdot \pi}$$

### Zulässige Vorschubgeschwindigkeit (XI)

$$s_{\text{zul}} = \frac{n_{\text{zul}} \cdot P}{1000}$$

### Beispielrechnung Tragfähigkeit

**Gegeben:** Gewindetrieb,  
 Trapezgewindespindel mit Bronzemutter  $P_{\text{zul}} = 5 \text{ N/mm}^2$ ,  
 Axialbelastung  $F_{\text{ax}} = 10000 \text{ N}$

### Erforderlicher Flächentraganteil $A_{\text{erf}}$ aus (VIII)

$$A_{\text{erf}} = \frac{F_{\text{ax}}}{P_{\text{zul}}} = \frac{10000 \text{ N}}{5 \text{ N/mm}^2} = 2000 \text{ mm}^2$$

### Auswahl der Bronzemutter aus den technischen Daten

36 · 6 mit Flächentraganteil  $A = 2140 \text{ mm}^2$

### Maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit $v_{\text{Gzul}}$ aus (IX)

$$v_{\text{Gzul}} = \frac{\text{pv-Wert}}{P_{\text{zul}}} = \frac{300 \text{ N/mm}^2 \cdot \text{m/min}}{5 \text{ N/mm}^2} = 60 \text{ m/min}$$

### Maximal zulässige Drehzahl aus (X)

$$n_{\text{zul}} = \frac{v_{\text{Gzul}} \cdot 1000}{D \cdot \pi} = \frac{60 \text{ m/min} \cdot 1000 \text{ mm/m}}{33 \text{ mm} \cdot \pi} = 579 \text{ 1/min}$$

### Zulässige Vorschubgeschwindigkeit aus (XI)

$$s_{\text{zul}} = \frac{n_{\text{zul}} \cdot P}{1000} = \frac{579 \text{ 1/min} \cdot 6 \text{ mm}}{1000 \text{ mm/m}} = 3,474 \text{ m/min}$$

**Ergebnis:** Bei einer Belastung von 10000 N kann der gewählte Trapezgewindetrieb mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 3,474 m/min gefahren werden.

# Berechnung

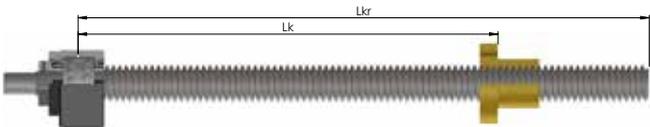
## Trapezgewindetrieb

### Lagerungsarten

Typische Werte des Korrekturfaktors  $f_k$  entsprechend den klassischen Einbaufällen für Standardspindellagerungen.

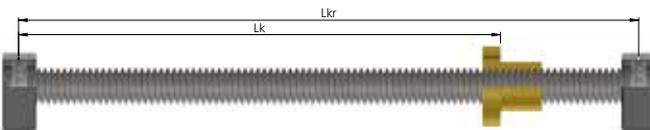
### Neff-Lagerfall I

Festlager-Loses Ende, Korrekturfaktor  $f_k=0,25 / f_{kr}=0,43$



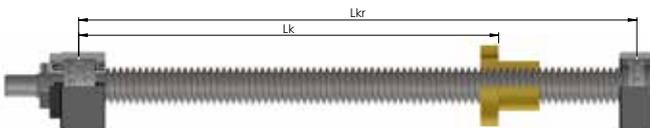
### Neff-Lagerfall II

Loslager-Loslager, Korrekturfaktor  $f_k=1 / f_{kr}=1,21$



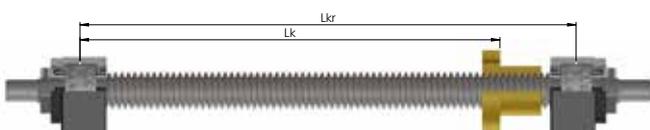
### Neff-Lagerfall III

Festlager-Loslager, Korrekturfaktor  $f_k=2,05 / f_{kr}=1,89$



### Neff-Lagerfall IV

Festlager-Festlager, Korrekturfaktor  $f_k=4 / f_{kr}=2,74$



### Kritische Knickkraft von Trapezgewindetrieben

Bei schlanken Bauteilen wie Spindeln besteht unter axialer Druckbeanspruchung die Gefahr des seitlichen Ausknickens. Mit dem nachfolgend beschriebenen Verfahren kann eine Ermittlung der zulässigen Axialkraft nach Euler durchgeführt werden. Vor der Festlegung der zulässigen Druckkraft sind die der Anlage entsprechenden Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen.

#### Theoretisch kritische Knickkraft in [kN]:

$$F_k = \left( \frac{d_2^4}{L_{kr}^2} \cdot 10^5 \right) : 1000$$

#### Maximal zulässige Axialkraft in:

$$F_{zul} = F_k \cdot f_k \cdot \frac{1}{S_f}$$

$F_{zul}$	Maximal zulässige Axialkraft [kN]
$F_k$	Theoretische kritische Knickkraft [kN]
$f_k$	Korrekturfaktor, der die Art der Spindellagerung berücksichtigt
$d_2$	Kerndurchmesser der Spindel [mm]
$L_{kr}$	Ungestützte Länge an der die Kraft auf die Spindel wirkt [mm]
$S_f$	Sicherheitsfaktor (vom Anwender bestimmt)

#### Achtung!

Die Betriebskraft darf höchstens 80 % der maximalen zulässigen Axialkraft betragen

### Kritische Drehzahl von Trapezgewindetrieben

Bei schlanken, rotierenden Bauteilen wie Spindeln besteht die Gefahr der Resonanzbiegeschwingung. Das nachfolgend beschriebene Verfahren ermöglicht die Abschätzung der Resonanzfrequenz unter der Voraussetzung eines hinreichend starren Einbaus. Drehzahlen nahe der kritischen Drehzahl erhöhen zudem in erheblichem Maße die Gefahr des seitlichen Ausknickens. Die kritische Drehzahl muss somit auch im Zusammenhang mit der kritischen Knickkraft gesehen werden.

#### Theoretisch kritische Drehzahl in [1/min]

$$F_{kr} = \left( \frac{d_2}{L_{kr}} \cdot 10^8 \right)$$

$n_{zul}$	Maximal zulässige Spindeldrehzahl [1/min]
$n_{kr}$	Theoretische kritische Spindeldrehzahl [1/min], die zu Resonanzschwingungen führt
$f_{kr}$	Korrekturfaktor, der die Art der Spindellagerung berücksichtigt
$d_2$	Kerndurchmesser der Spindel [mm]
$L_{kr}$	ungestützte Spindellänge [mm]

#### Achtung!

Die Betriebsdrehzahl darf höchstens 80 % der maximalen Drehzahl betragen!

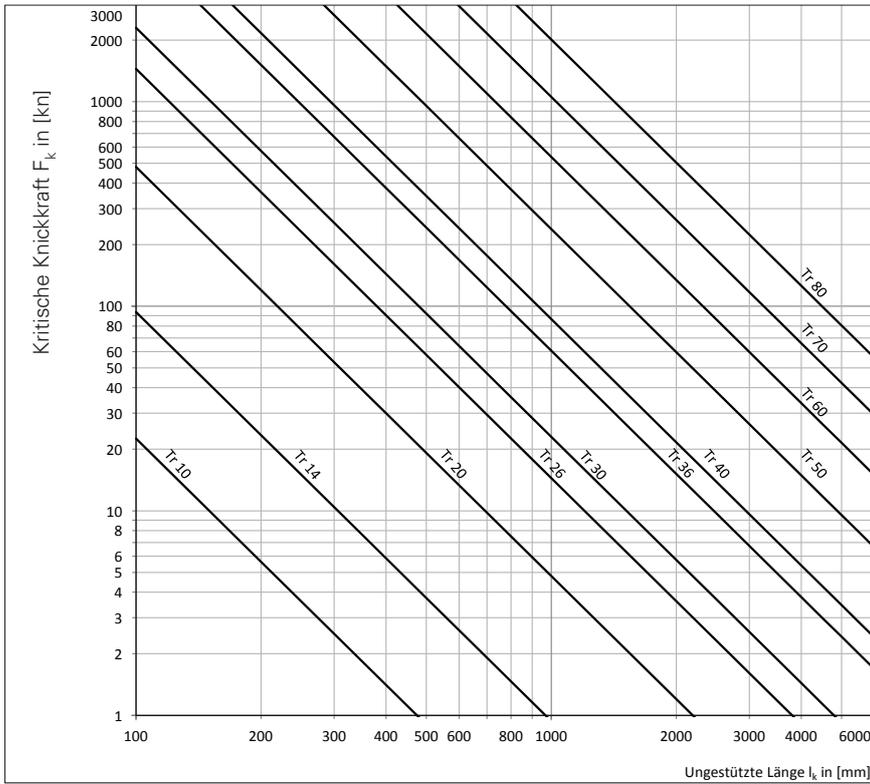
#### Maximal zulässige Drehzahl in [1/min]

$$f_{kr} = F_{kr} \cdot f_k \cdot 0,8$$

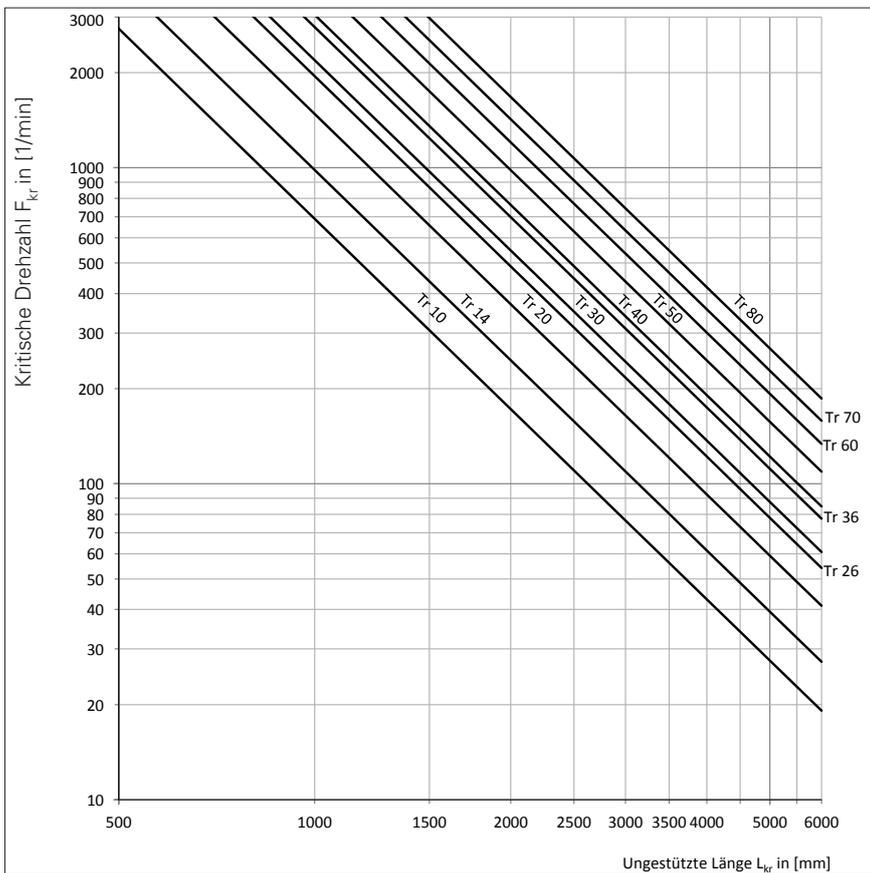
# Berechnung

## Trapezgewindetrieb

### Theoretisch zulässige Knickkraft:



### Theoretisch zulässige Drehzahl:



# Berechnung Trapezgewindetrieb

## Erforderliches Antriebsmoment

$$M_d = \frac{F_{ax} \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_A} = + M_{rot}$$

### Hinweis:

Das erforderliche Antriebsmoment stellt kein Kriterium zur Auswahl des Motors dar. Der Anwender muß hier entscheiden, welche Leistung er für erforderlich hält!

## Wirkungsgrad h für andere Reibwerte als $\mu = 0,1$

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{\tan (\alpha + \rho')}$$

	$\mu$ im Anlauf (= $\mu_0$ )		$\mu$ in Bewegung	
	trocken	geschmiert	trocken	geschmiert
Metallmuttern	0,3	≈ 0,1	≈ 0,1	≈ 0,04
Kunststoffmuttern	≈ 0,1	≈ 0,04	≈ 0,1	≈ 0,03

## Erforderliches Haltemoment

$$M_d' = \frac{F_{ax} \cdot P \cdot \eta'}{2000 \cdot \pi} + M_{rot}$$

## Erforderliches Antriebsmoment und Antriebsleistung

Das erforderliche Antriebsmoment eines Gewindetriebes ergibt sich aus der wirkenden Axiallast, der Gewindesteigung und dem Wirkungsgrad des Gewindetriebes und dessen Lagerung. Bei kurzen Beschleunigungszeiten und hohen Geschwindigkeiten ist das Beschleunigungsmoment zu überprüfen.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass bei Trapezgewindetrieben beim Anfahren ein Losbrechmoment zu überwinden ist.

$F_{ax}$	Gesamte angreifende Axialkraft [N]
P	Gewindesteigung [mm]
$\eta_A$	Wirkungsgrad des gesamten Antriebes = $\eta_{TGT} \cdot \eta_{Festlager} \cdot \eta_{Loslager}$ $\eta_{TGT} (\mu = 0,1)$ $\eta_{Festlager} = 0,9 \dots 0,95$ $\eta_{Loslager} = 0,95$
$M_d$	Erforderliches Antriebsmoment [Nm]
$M_{rot}$	Rotatorisches Beschleunigungsmoment [Nm] = $J_{rot} \cdot \alpha_0$ = $7,7 \cdot d^4 \cdot L \cdot 10^{-13}$ $J_{rot}$ Rotatorisches Massenträgheitsmoment [kgm <sup>2</sup> ] d Spindelinnendurchmesser [mm] L Spindellänge [mm] $\alpha_0$ Winkelbeschleunigung [1/s <sup>2</sup> ]

$\eta$  Wirkungsgrad für die Umwandlung einer Drehbewegung in eine Längsbewegung

$\alpha$  Steigungswinkel des Gewindes [°]:

$$\tan \alpha = \frac{P}{d_2 \cdot \pi}$$

mit P Gewindesteigung [mm]  
d<sub>2</sub> Flankendurchmesser [mm]

$\rho'$  Gewindereibungswinkel [°]

$\tan \rho' = \mu \cdot 1,07$  für ISO-Trapezgewinde  
 $\mu$  Reibungsbeiwert

## Drehmoment infolge einer Axiallast

Trapezgewinde, deren Steigungswinkel  $\alpha$  größer ist als der Reibungswinkel  $\rho'$ , gelten als nicht selbsthemmend. Das bedeutet, dass eine aufliegende Axiallast ein resultierendes Drehmoment an der Spindel erzeugt. Der Wirkungsgrad  $\eta'$  für die Umwandlung einer Längsbewegung in eine Drehbewegung ist geringer als für die Umwandlung einer Drehbewegung in eine Längsbewegung.

$F_{ax}$	Gesamte angreifende Axialkraft [N]
P	Gewindesteigung [mm]
$\eta'$	Wirkungsgrad für die Umwandlung einer Längsbewegung in eine Drehbewegung = $\frac{\tan (\alpha - \rho')}{\tan \alpha}$ = $0,7 \cdot \eta$ Einfluss der Wirkungsgrade der Lagerung kann vernachlässigt werden.
$M_d'$	Erforderliches Haltemoment [Nm]
$M_{rot}$	Rotatorisches Beschleunigungsmoment [Nm] = $J_{rot} \cdot \alpha_0$ = $7,7 \cdot d^4 \cdot L \cdot 10^{-13}$ $J_{rot}$ Rotatorisches Massenträgheitsmoment [kgm <sup>2</sup> ] d Spindelinnendurchmesser [mm] L Spindellänge [mm] $\alpha_0$ Winkelbeschleunigung [1/s <sup>2</sup> ]