



Trapezgewinde

Spindeln und Muttern



Lineartechnik Stuttgart GmbH

**Stattmannstr. 23
72644 Oberboihingen**

Tel: +49 7022 2629384

Fax: +49 7022 2629395

info@lineartechnik-stuttgart.de

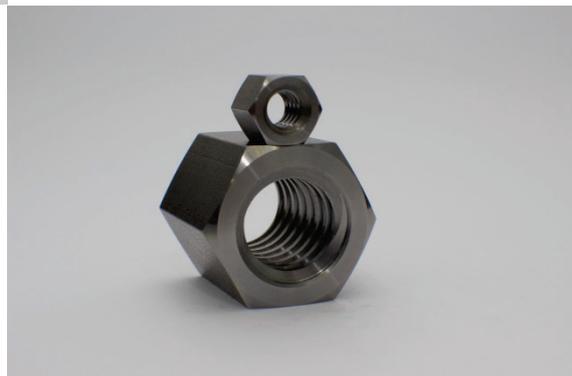
www.lineartechnik-stuttgart.de

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist ohne unsere Genehmigung nicht gestattet.

Dieser Katalog wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Technische Änderungen sowie Irrtümer hierzu behalten wir uns vor und können ohne Vorankündigung geändert werden



Inhaltsverzeichnis	Seite	3
Auswahlkriterien	Seite	4
Geradheit	Seite	5
Produkte		
Trapezgewinde Spindeln - RECHTS	Seite	6
Trapezgewinde Spindeln – LINKS	Seite	7
Trapezgewindemutter mit Flansch	Seite	8
Trapezgewindemutter Zylindrisch	Seite	9
Allgemeine Bemessungskriterien	Seite	10
Auswahl der Bronzemutter	Seite	11-12
Berechnung der Bronzemutter	Seite	13
Knickbelastung	Seite	14
Kritische Umdrehung	Seite	15
Wirkungsgrad	Seite	16
Drehmoment	Seite	17



Generelle Kriterien für die Auswahl

Die Auswahl unter den verschiedenen, zur Verfügung stehenden Ausführungen von Gewindespindeln und Gewindemuttern kann auf Grund folgender Regeln erfolgen:

Auswahl der Gewindespindel

Betriebsbedingungen

Bei Betriebsbedingungen in denen keine besonderen Oxydations- und Korrosionselemente vorhanden sind, ist der Einsatz von Gewindespindeln in C15/C45 möglich. Wenn diese Bedingungen nicht vorhanden sind, ist es ratsam Spindeln aus rostfreiem Stahl A2 oder A4 einzusetzen. Diese sind in folgenden Fällen besonders geeignet:

- Bei einer relativen Feuchtigkeit von über 70-80%
- Für den Einsatz unter Wasser, auch in Meerwasser
- Wenn besonders korrosive Elemente vorhanden sind, zum Beispiel Chlorid. Sind besonders korrosive Elemente vorhanden, konsultieren Sie uns bitte.
- Wenn für besondere Anforderungen einer Konstruktion die Oxydation von Bauteilen unzulässig ist, zum Beispiel im Lebensmittelsektor.
- Wenn die Gewindespindel unzugänglich ist für die Schmierung, besonders in Verbindung mit wartungsfreien, selbstschmierenden Kunststoffmuttern.
- Bei relativ hohen Betriebstemperaturen, weil bei den rostfreien Stählen A2 und A4 die Schlackenbildung an der Oberfläche durch Sauerstoffaufnahme erst bei verhältnismäßig hohen Temperaturen eintritt. Diese Eigenschaft beruht auf der austenitischen Struktur des Werkstoffes, welche der rostfreie Stahl auch bei Raumtemperatur beibehält.

Positioniergenauigkeit

Für Positionerspindeln ist es nötig den Steigungsfehler der Spindel zu beachten. Wir stellen unseren Kunden Spindeln in den Genauigkeitsklassen von 0,1mm auf 300 mm (auf Wunsch in 0,05mm/300 mm und 0,2mm/300 mm) in C15, C45 und rostfreiem Stahl A2 zur Verfügung. Für normale Bewegungsantriebe können Spindeln der Materialklasse 200 eingesetzt werden.

Selbsthemmung

Bei Trapezspindeln ist eine totale Selbsthemmung bei einem Steigungswinkel ab $< 2^{\circ}30'$ gewährleistet. In allen anderen Fällen ist es möglich, dass dem Antriebselement bei ruhender, belasteter Spindel und Gewindemutter das Drehmoment übertragen wird (vor allem im Zusammenhang mit Schwingungen). Eine gute Selbsthemmung ist jedenfalls bis 5° - 6° gewährleistet.

Auswahl der Gewindemutter

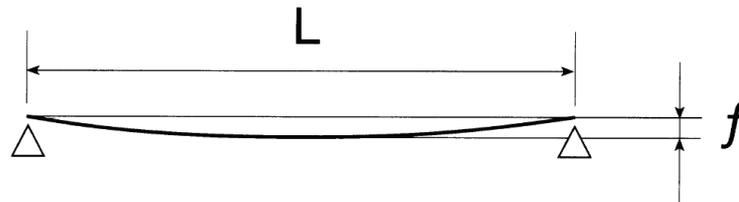
Betriebsbedingungen

Die für die Fertigung der Gewindemuttern eingesetzten Werkstoffe, sowohl Bronze wie rostfreier Stahl, sind sehr widerstandsfähig gegen normale Korrosionseinflüsse die in den verschiedenen Anwendungsgebieten von Trapezgewinde-Antrieben vorhanden sein können. Für Anwendungsfälle in denen besonders korrosive Elemente anwesend sind, bitten wir sie uns zu konsultieren.

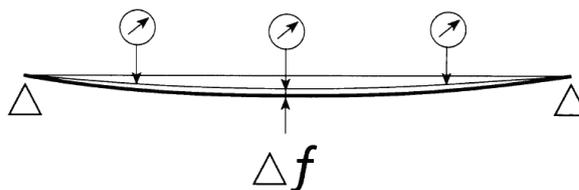
Bei Anwendungen in denen zusätzliche Schmiermittel (Fett oder Öl) nicht zulässig sind, ist der Einbau von Gewindemuttern aus selbstschmierendem Kunststoff empfehlenswert. Der Einsatz von Kunststoffen ist weitgehend von den effektiven Betriebsbedingungen abhängig; es ist folglich unerlässlich die Problemlösung gemeinsam mit uns zu besprechen. Kunststoffe haben oft sehr gute Selbstschmierungseigenschaften, aber gleichzeitig nur eine beschränkte Eignung in Bezug auf Betriebstemperatur und hygroskopische Anpassung, oder sie besitzen einige mechanische Eigenschaften die für den vorgesehenen Einsatzzweck nicht geeignet sind. Ein eingehende Betrachtung des Einsatzes ist in diesen Fällen eine Notwendigkeit um ein positives und zufrieden stellendes Ergebnis zu erreichen.

Geradheit

Unsere Gewindespindeln werden mit einer definierten Geradheit gefertigt. Die Geradheit der Spindeln wird beurteilt, indem sie unter leichtem Drehen bei beidseitig abgestützten Spindelenden die Durchbiegung " f " gemessen wird. Zum Beispiel hat die Spindel Tr 30X06 eine Geradheit von 0,3 mm auf 300 mm Länge. Dies bedeutet, dass die Durchbiegung " f " dieser Spindel in jedem Punkt innerhalb 0,3 mm liegt, wenn sie mit aufliegenden Enden in leichte Drehung versetzt wird.



f = Durchbiegung infolge des Eigengewichtes



für eine Trapezspindel Tr 30 x 6 mit einer Länge von 3000 mm.
 Δf max. = 0.3 mm

Eine gute Geradheit der Spindel gewährleistet eine saubere Funktion und mit einer Konstanz in der Achse bei zentraler Belastung. Die Flächenpressung zwischen Spindel und Mutter ist folglich gleichmäßig verteilt und gestattet eine leichtgängige und geräuscharme Dreh- und Längsbewegungen.

Gewindespindeln gefertigt in Anlehnung an DIN103 - Toleranz 7e



1-gängige Spindeln in gerollter (alternativ gewirbelter Qualität)

Steigungsgenauigkeit 0,1mm auf 300 mm

Geradheit 0,3 mm auf 300 mm

Werkstoffe: C15 (oder C45 bzw. V2 und V4)

Trapezgewindetrieb - Rechtsgängig					
Abmessung	Drehrichtung	Werkstoff	Durchmesser mm	Steigung P	max. Länge
TR8x1,5	rechts	C15	8	1,5	1000
TR10x2	rechts	C15	10	2	1000
TR10x3	rechts	C15	10	3	1000
TR12x3	rechts	C15	12	3	2000
TR14x3	rechts	C15	14	3	3000
TR14x4	rechts	C15	14	4	3000
TR16x2	rechts	C15	16	2	3000
TR16x4	rechts	C15	16	4	3000
TR18x4	rechts	C15	18	4	3000
TR20x4	rechts	C15	20	4	3000
TR24x5	rechts	C15	24	5	3000
TR26x5	rechts	C15	26	5	3000
TR28x5	rechts	C15	28	5	3000
TR30x6	rechts	C15	30	6	3000
TR36x6	rechts	C15	36	6	3000
TR40x7	rechts	C15	40	7	3000
TR50x8	rechts	C15	50	8	3000
TR60x9	rechts	C15	60	9	3000
TR70x10	rechts	C15	70	10	3000
TR80x10	rechts	C15	80	10	3000

Auf Anfrage lieferbar:

Spindeln mit verbesserten Geradheiten und Steigungsgenauigkeiten.

Spindeln aus anderen Werkstoffen (wie z.B. Aluminium, Titan oder Kunststoff).

Gegenläufige Spindeln (Rechts- und Linksgewinde auf einer Spindel).

Mehrgängige Spindeln.



Gewindespindeln gefertigt in Anlehnung an DIN103 - Toleranz 7e

1-gängige Spindeln in gerollter (alternativ gewirbelter Qualität)

Steigungsgenauigkeit 0,1mm auf 300 mm

Geradheit 0,3 mm auf 300 mm

Werkstoffe: C15 (oder C45 bzw. V2 und V4)

Trapezgewindetrieb - Linksgängig					
Abmessung	Drehrichtung	Werkstoff	Durchmesser mm	Steigung P	max. Länge
TR8x1,5	links	C15	8	1,5	1000
TR10x2	links	C15	10	2	1000
TR10x3	links	C15	10	3	1000
TR12x3	links	C15	12	3	2000
TR14x3	links	C15	14	3	3000
TR14x4	links	C15	14	4	3000
TR16x2	links	C15	16	2	3000
TR16x4	links	C15	16	4	3000
TR18x4	links	C15	18	4	3000
TR20x4	links	C15	20	4	3000
TR24x5	links	C15	24	5	3000
TR26x5	links	C15	26	5	3000
TR28x5	links	C15	28	5	3000
TR30x6	links	C15	30	6	3000
TR36x6	links	C15	36	6	3000
TR40x7	links	C15	40	7	3000
TR50x8	links	C15	50	8	3000
TR60x9	links	C15	60	9	3000
TR70x10	links	C15	70	10	3000
TR80x10	links	C15	80	10	3000

Auf Anfrage lieferbar:

Spindeln mit verbesserten Geradheiten und Steigungsgenauigkeiten.

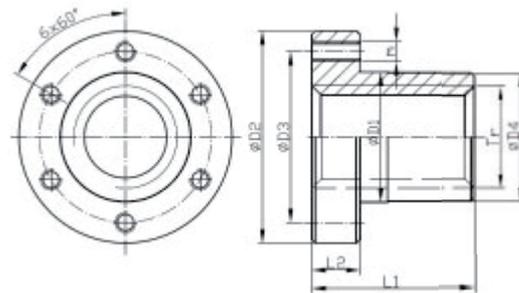
Spindeln aus anderen Werkstoffen (wie z.B. Aluminium, Titan oder Kunststoff).

Gegenläufige Spindeln (Rechts- und Linksgewinde auf einer Spindel).

Mehrgängige Spindeln.

Gewindemuttern gefertigt in Anlehnung an DIN103 - Toleranz 7H

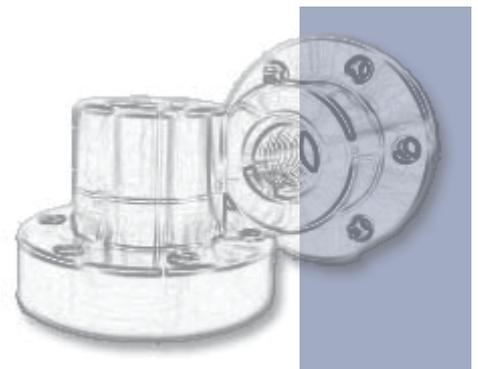
Alle Gewindemuttern in rechts- und linksgängig lieferbar.
Lieferbare Werkstoffe: Stahl, Bronze, POM



Abmessung	Drehrichtung	D2	D3	D4	m	L1	L2
TR8x1,5	rechts/links	36	28	20	4	20	8
TR10x2	rechts/links	42	34	25	5	25	10
TR10x3	rechts/links	42	34	25	5	25	10
TR12x3	rechts/links	48	38	28	6	35	12
TR14x3	rechts/links	48	38	28	6	35	12
TR14x4	rechts/links	48	38	28	6	35	12
TR16x2	rechts/links	48	38	28	6	35	12
TR16x4	rechts/links	48	38	28	6	35	12
TR18x4	rechts/links	48	38	28	6	35	12
TR20x4	rechts/links	55	45	32	7	44	12
TR24x5	rechts/links	55	45	32	7	44	12
TR26x5	rechts/links	62	50	38	7	46	14
TR28x5	rechts/links	62	50	38	7	46	14
TR30x6	rechts/links	82	68	50	7	44	12
TR36x6	rechts/links	110	85	55	7	55	15
TR40x7	rechts/links	130	95	60	9	60	15
TR50x8	rechts/links	160	120	80	11	65	15
TR60x9	rechts/links	160	120	80	11	65	15

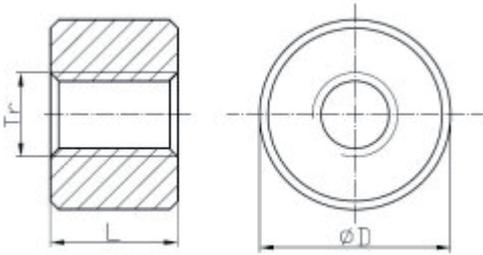
Auf Anfrage lieferbar:

Muttern aus anderen Werkstoffen (z.B. Rotguß, Messing, PA, Peek, gleitmodifizierte Kunststoffe).
Muttern in Sonderabmessungen (Zeichnungsteile).
Mehrgängige Gewindemuttern.



Gewindemuttern gefertigt in Anlehnung an DIN103 - Toleranz 7H

Alle Gewindemuttern in rechts- und linksgängig lieferbar.
Lieferbare Werkstoffe: Stahl, Bronze, POM



Abmessung	Drehrichtung	Ø D	L
TR8x1,5	rechts/links	18	12
TR10x2	rechts/links	22	15
TR10x3	rechts/links	22	15
TR10x2	rechts/links	22	20
TR10x3	rechts/links	22	20
TR12x3	rechts/links	26	18
TR12x3	rechts/links	26	24
TR14x4	rechts/links	30	21
TR16x4	rechts/links	30	24
TR20x4	rechts/links	30	25
TR18x4	rechts/links	30	27
TR14x3	rechts/links	30	24
TR14x4	rechts/links	30	28
TR16x2	rechts/links	36	24
TR16x4	rechts/links	36	24
TR16x2	rechts/links	36	32
TR16x4	rechts/links	36	32
TR18x4	rechts/links	40	27
TR18x4	rechts/links	40	36

Abmessung	Drehrichtung	Ø D	L
TR20x4	rechts/links	45	30
TR20x4	rechts/links	45	40
TR24x5	rechts/links	50	36
TR26x5	rechts/links	50	39
TR24x5	rechts/links	50	48
TR26x5	rechts/links	50	52
TR28x5	rechts/links	60	40
TR30x6	rechts/links	60	45
TR28x5	rechts/links	60	56
TR30x6	rechts/links	60	60
TR32x6	rechts/links	60	60
TR36x6	rechts/links	75	72
TR40x7	rechts/links	76	80
TR50x8	rechts/links	90	100
TR60x9	rechts/links	100	90
TR90x9	rechts/links	100	120
TR70x10	rechts/links	110	105
TR80x10	rechts/links	120	110

Auf Anfrage lieferbar:

Muttern aus anderen Werkstoffen (z.B. Rotguß, Messing, PA, Peek, gleitmodifizierte Kunststoffe).
Muttern in Sonderabmessungen (Zeichnungsteile).
Mehrgängige Gewindemuttern.



Generelle Kriterien für die Bemessung

Für die Auswahl eines Trapezgewindeantriebes sind folgende drei Kriterien maßgebend:

1. Beurteilung in Bezug auf den Verschleiß
2. Beurteilung der kritischen Knickbelastung
3. Beurteilung der kritischen Geschwindigkeiten

Damit eine Antriebseinheit Spindel / Mutter unter einwandfreien Bedingungen funktionieren kann, muss sie in Bezug auf die oben erwähnten drei Punkte ausreichend bemessen sein.

Beurteilung in Bezug auf Verschleiß

Der Trapezgewindeantrieb ist ein, für zahlreiche Anwendungen eingesetztes System für die Umsetzung von Drehbewegungen in eine Linearbewegungen. Die gesamte an der Spindel angewendete Kraft (P_t) entspricht der, an der Gewindemutter verfügbaren Kraft (P_u). Das Verhältnis $P_u/P_t = \eta$ definiert den Wirkungsgrad des Systems, der grundsätzlich vom Reibungskoeffizienten zwischen den Auflageflächen von Spindel und Mutter und vom Steigungswinkel des Gewindes abhängig ist. Auf Grund des vorhandenen Reibungswiderstandes wird bei jeder Bewegung ein Teil der Kraft in Wärme umgewandelt. Gerade die Betrachtung des Reibungswiderstandes ermöglicht die Festlegung von Parametern für eine gute Funktion und dessen beurteilen. Die angewendete Kriterium ermöglichen es, die Flächenpressung an den Gewindeflanken zu reduzieren und dadurch ein sanftes Gleiten zwischen den beiden Kontaktflächen zu gewährleisten und somit den Verschleiß der Gewindemutter zu reduzieren. Es wird auch der Wert $p \times v_{st}$ (p = Flächenpressung und v_{st} = Gleitgeschwindigkeit am mittleren Gewindedurchmesser) begrenzt und folglich der Kraftverlust infolge Wärmeentwicklung reduziert. Man erreicht somit eine niedrigere Temperatur der Kontaktflächen. Diese Einschränkung ist sehr wichtig, damit beim Einsatz von Bronzemuttern der Schmierfilm nicht beschädigt wird, während beim Einsatz von Muttern aus selbstschmierendem Kunststoff ohne Zusatz von Öl oder Fett bei höheren Temperaturen die zulässigen Werte $p \times v_{st}$ möglichst gering sind.

Berechnung der Flächenpressung "p" (Formel 1)

F = Axialkraft [N]

A_t = Gesamte Auflagefläche zwischen Zahnflanken der Spindel und Zahnflanken der Gewindemutter auf der, zur Achse senkrechten Ebene (mm^2)

$$p = \frac{F}{A_t}$$

dm = mittlerer Gewindedurchmesser [mm] (Formel 2)

H_1 = Radiale Auflage zwischen den Zähnen der Spindel und der Mutter [mm]

Z = Anzahl der eingreifenden Zähne

$$A_t = \pi \cdot d_m \cdot Z \cdot H_1$$

$$Z = \frac{h \text{ Gewindemutter [mm]}}{\left(\frac{\text{effektive Steigung [mm]}}{\text{Gangzahl}} \right)}$$

Für die Standard-Gewindemuttern ist in der Tabelle der Wert A_t für jede einzelne Mutter angegeben.

Berechnung der Gleitgeschwindigkeit "v_{st}"

- wenn die Drehzahl der Spindel schon festgelegt ist:

n = Spindeldrehzahl / min [U/min]

P = Gewindesteigung [mm]

α = Steigungswinkel des Gewindes

(Formel 3)

$$v_{st} = \frac{n \cdot P}{1000 \cdot \sin \alpha}$$

- wenn die Verfahrgeschwindigkeit der Gewindemutter schon festgelegt ist:

v_{st} = Gleitgeschwindigkeit auf dem mittleren Durchmesser [m/min]

v_{tr} = Verfahrgeschwindigkeit [m/min]

α = Steigungswinkel des Gewindes

(Formel 4)

$$v_{st} = \frac{v_{tr}}{\sin \alpha}$$

-beachten wir dass die Spindeldrehzahl /min und die Verfahrgeschwindigkeit in folgendem Verhältnis stehen:

n = Drehzahl / min

v_{tr} = Verfahrgeschwindigkeit [m/min]

P = Gewindesteigung [mm]

(Formel 5)

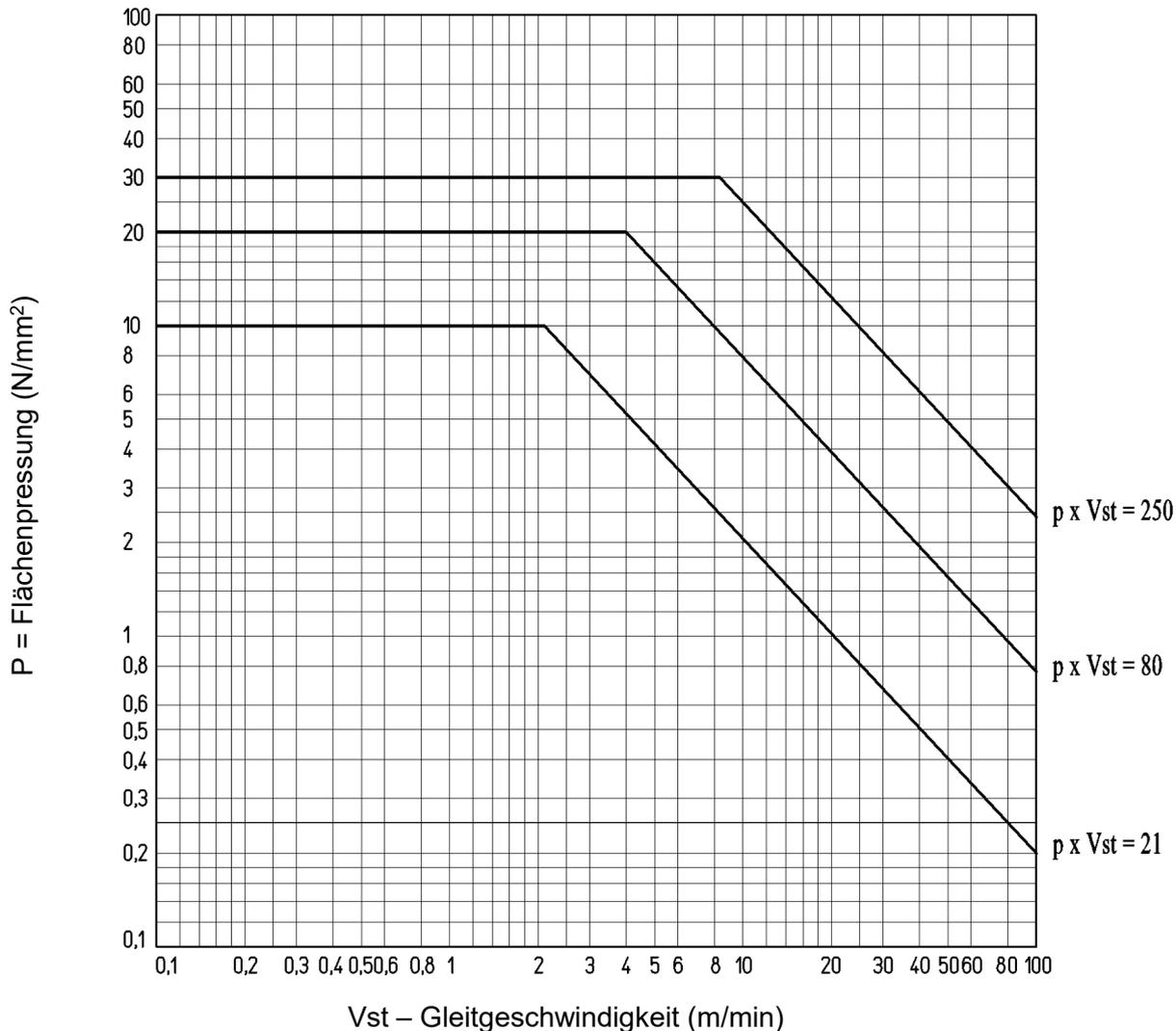
$$n = \frac{1000 \cdot v_{tr}}{P}$$



Auswahl der Gewindemuttern aus Bronze

In Bezug auf die Gewindemuttern aus Bronze ermöglicht die Analyse des Parameters $p \times V_{st}$ das Erstellen eines Diagramms, in dem drei Zonen erkenntlich sind, wovon jede durch eine spezifische Betriebsbedingung gekennzeichnet ist und die in Bezug auf die Gleiteigenschaften der Kontaktflächen gestatten, eine Bewertungen vorzunehmen, mit den vorhandenen Ergebnissen. Unerlässlich ist in jedem Fall eine gute Schmierung, wenn möglich mit Öl. Beachten Sie unbedingt, dass bei zu geringer oder mangelnder Schmierung die Bedingungen stark variieren können.

Gleitbedingungen für Bronze – Diagramm Nr. 1



Bereich A - ist auf $p \times V_{st} = 21$ [N/mm² x m/min] begrenzt. In diesem Bereich erfolgt die Funktion unter besten Bedingungen. Der Dauerbetrieb ist möglich, weil die Wärmeentwicklung in diesem Bereich für $p \times V_{st}$ ziemlich gering ist. Die Lebensdauer der Gewindemutter ist sehr zufrieden stellend.

Bereich B - ist auf $p \times V_{st} = 80$ [N/mm² x m/min] begrenzt. In diesem Bereich erfolgt die Funktion unter bedeutend strengeren Bedingungen. Die Gleitbedingungen verlangen eine konstante Schmierung um den Verschleiß des Bronzematerials zu begrenzen und noch eine gute Lebensdauer der Gewindemutter zu gewährleisten. Der Dauerbetrieb ist nur für begrenzte Zeitabschnitte möglich, weil die entwickelte Wärme, auch von der effektiv verwendeten Ölmenge abhängig, eine markante Erwärmung der Gewindemutter zur Folge hat; denn die Ölmenge trägt außer der Schmierung auch zur Wärmeabfuhr bei. Die Lebensdauer der Gewindemutter ist jedoch beschränkt.

Bereich C - ist auf $p \times V_{st} = 250$ [N/mm² x m/min] begrenzt. In diesem Bereich erfolgt die Funktion unter sehr schweren Bedingungen. Mit diesen Werten $p \times V_{st}$ ist der Dauerbetrieb mit Sicherheit ausgeschlossen. Auch bei guter Schmierung sind eine beachtliche Erwärmung und ein hoher Verschleiß der Gewindemutter infolge starker Reibung zwischen den Kontaktflächen unvermeidlich.

Allgemeine Betrachtungen für Gewindemuttern aus Bronze

In allen drei beschriebenen Betriebsbedingungen ist der Verschleiß der Bronzemutter weitgehend von der effektiven Schmierung während des Betriebes abhängig; es ist demzufolge nicht möglich in der Konstruktionsphase verbindliche Bezugswerte in Bezug auf die Lebensdauer der Gewindemutter festzulegen. Besondere Beachtung ist Anwendungsfällen zu widmen bei denen die Betriebstemperatur 140/150°C überschreiten kann, weil diese hohen Temperaturen das Schmiermittel zersetzen können und dadurch die Betriebsbedingungen und die Lebensdauer negativ beeinflussen. In diesen Fällen ist der Einsatz von Schmiermitteln für hohe Temperaturen empfehlenswert.

Sicherheits-Koeffizient in Bezug auf die Massenträgheit " f_i "

In der Konstruktionsphase ist auch anzustreben, dass die Massenträgheit während der Beschleunigungs- und Bremsphase möglichst gering ist, damit der Wert $p \times V_{st}$ in kontrollierbaren Grenzen liegt. Wenn die Berechnung infolge ungleicher Bewegungen oder stark veränderlicher Belastungen erschwerlich ist, sind in der Tabelle die aufgeführten Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen.

Sicherheitskoeffizienten in Bezug auf die Massenträgheit

Belastungsart	f_i
Konstante Belastungen mit kontrollierten Beschleunigungs- / Bremsrampen	1 – 0,5
Konstante Belastungen mit schlagartigem Anlauf und Stop	0,5 – 0,33
Stark veränderliche Belastungen und stark veränderliche Geschwindigkeiten	0,33 – 0,25
Schlagartige Belastungen und Schwingungen	0,25 – 0,17

Tabelle1

Belastungsart f_i

Konstante Belastungen mit kontrollierten Beschleunigungs- / Bremsrampen 1 - 0,5

Konstante Belastungen mit schlagartigem Anlauf und Stop 0,5 - 0,33

Stark veränderliche Belastungen und stark veränderliche Geschwindigkeiten 0,33 - 0,25

Schlagartige Belastungen und Schwingungen 0,25 - 0,17

Der Koeffizient " f_i " dient zur Korrektur des vorangegangenen Diagramms gewählten Wertes " $(p \times V_{st})_{max}$ " wobei die maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit für die Flächenpressung des spezifischen Anwendungsfalles zu berücksichtigen ist. Auch ist die Begrenzung der Arbeitsbereiche (A, B oder C) in der gearbeitet werden soll, ist zu beachten. Der zulässige Wert $p \times V_{st}$ des spezifischen Anwendungsfalles wird mit der nächsten Formel berechnet.

$$\text{(Formel 6) - } P \times V_{st \text{ am}} = (p \times V_{st})_{max} \times f_i$$



Berechnungsbeispiel für Gewindemutter aus Bronze

Berechnung einer Gewindemutter aus Bronze in Bezug auf den Verschleiß, die mit einer guten Schmierung im Dauerbetrieb arbeiten soll und den maximalen Grenzwert $p \times V_{st} = 21$ (Bereich A) nicht überschreiten darf. Eine Konstante Axialbelastung ohne nennenswerte Schwankungen, Massenträgheit durch überwachte Beschleunigungs- und Bremsrampen begrenzt.

Axialbelastung $F = 1200 \text{ N}$ (1 Kg $f = 9,81\text{N}$)
 Konstante Verfahrgeschwindigkeit $V_{tr} = 2,8 \text{ m/min}$

Überprüfung des Parameters $p \times V_{st}$ beim Einsatz einer Gewindemutter 30 (Flanschmutter aus Bronze mit eingängigem Rechtsgewinde TR 30x6)

Man berechnet die Flächenpressung nach der Formel 1 (siehe Seite 10)

$F =$ Axialkraft [N]

$A_t =$ Gesamte Auflagefläche zwischen den Zahnflanken der Spindel und den Zahnflanken der Mutter auf der, zur Achse senkrechten Ebene (mm^2)

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1200 \text{ [N]}}{2120 \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,57 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Die Gleitgeschwindigkeit ergibt sich aus der Formel 4 (siehe Seite 10)

$V_{tr} =$ Verfahrgeschwindigkeit (m/min)

$\alpha =$ Steigungswinkel des Gewindes

$$V_{st} = \frac{V_{tr}}{\sin \alpha} = \frac{2,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]}{\sin 4^\circ 03'} \quad V_{st} \cong 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Der Wert von $p \times V_{st}$ entspricht:

$$p \cdot V_{st} = 0,57 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \cdot 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \cong 22,57 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Der maximal zulässige Wert von $p \times V_{st}$ um die Bedingungen für den Dauerbetrieb zu gewährleisten, mit dem in Tabelle Nr. 1 empfohlenen Sicherheitskoeffizienten f_i korrigiert, in diesem Fall 0,77, ergibt nach Formel 6 (siehe Seite 12)

$$p \cdot V_{st \text{ am}} = (p \cdot V_{st})_{\max} \cdot f_i = 21 \cdot 0,77 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \quad p \cdot V_{st \text{ am}} = 16,15 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Da der maximal zulässige Wert $p \times V_{st}$ geringer ist als derjenige, der beim Einsatz der Gewindemutter 30 effektiv vorhanden wäre, prüfen wir das Ergebnis beim alternativen Einsatz der Gewindemutter 30 (Flanschmutter aus Bronze mit einer Länge von 3xTr und Rechtsgewinde Tr 30x6).

Die Flächenpressung ergibt nach Formel 1 (siehe Seite 10)

$F =$ Axialkraft [N]

$A_t =$ Gesamte Auflagefläche zwischen den Zahnflanken der Spindel und den Zahnflanken der Mutter auf der, zur Achse senkrechten Ebene (mm^2)

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1200 \text{ [N]}}{3816 \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,31 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Die Gleitgeschwindigkeit bleibt gegenüber der vorherigen Berechnung unverändert.

$$V_{st} = 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

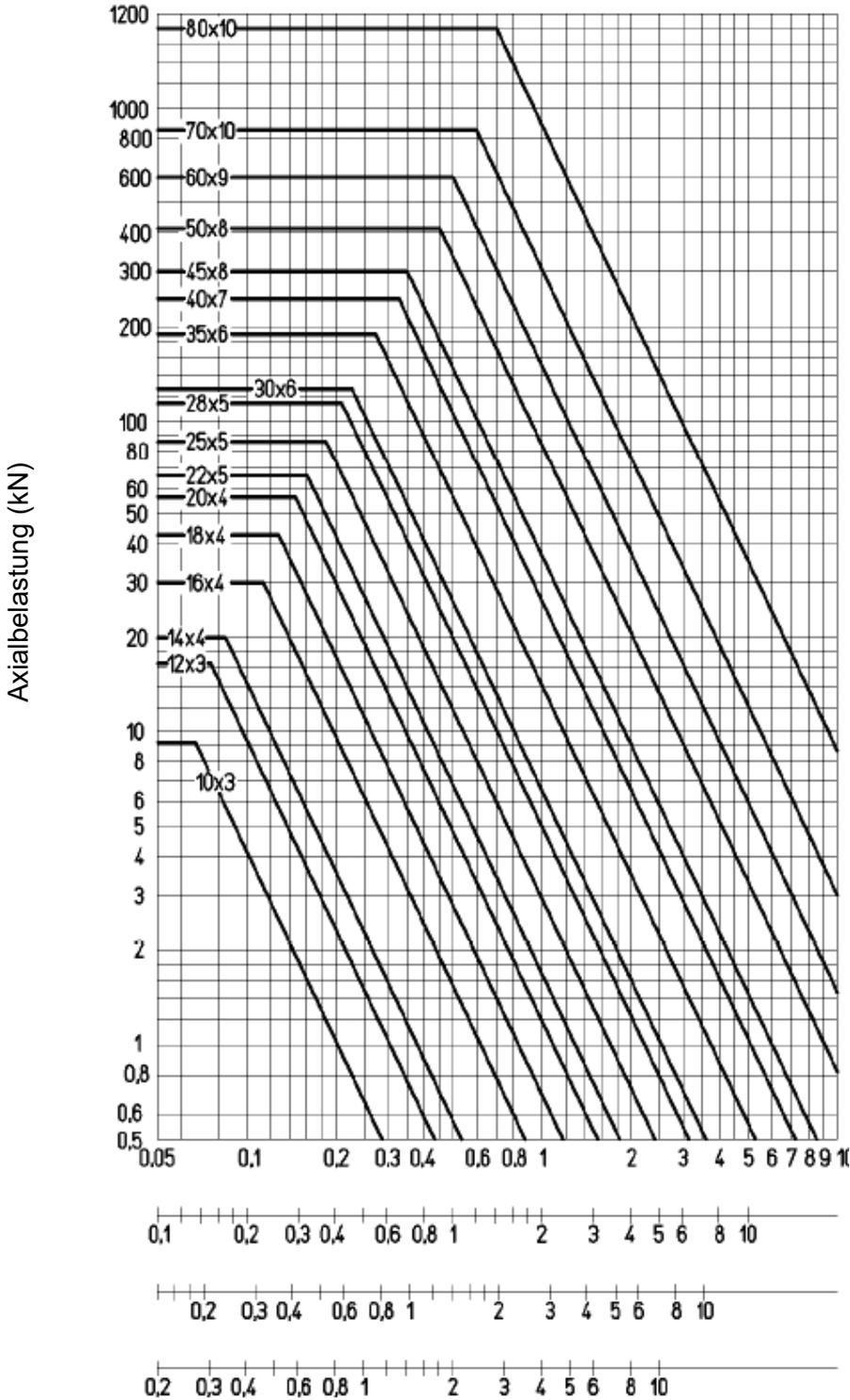
Der Wert $p \cdot V_{st}$ ergibt nun:

$$p \cdot V_{st} = 0,31 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \cdot 39,6 \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \cong 12,28 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

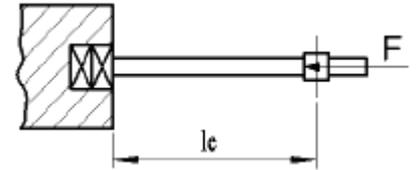
der nun errechnete Wert ist geringer als der zulässige Wert, folglich wählen wir eine 30er Mutter.

Wenn eine Gewindespindel mit einer axialen Drucklast beaufschlagt wird, ist zu beachten dass die Spitzenlast nicht überschritten wird, um die unzulässige Knickbeanspruchungen zu vermeiden. Die zulässige Axialbelastung ist abhängig vom Kerndurchmesser (d_3) der Spindel und von der Art der Lagerung bzw. der ungestützten Länge "le". Für die im Diagramm Nr. 6 ersichtlichen Werte ist ein Sicherheitsfaktor mit ≥ 2 zu berücksichtigen.

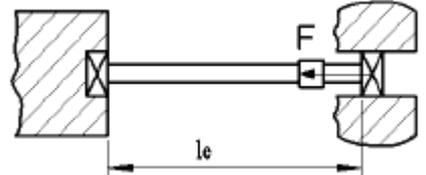
Spitzenbelastung - Diagramm Nr. 2



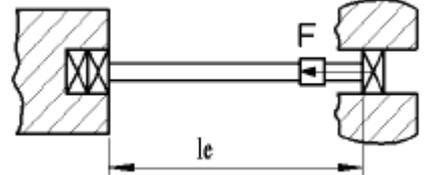
1) Fest – Lose



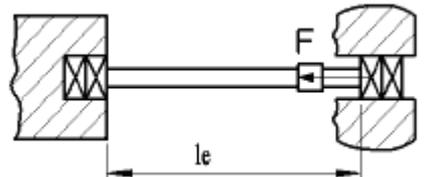
2) Lose – Lose



3) Fest – Lose



4) Fest – Fest



1) Ungestützte „le“ (m)

2)

3)

4)

Beispiel: Ermittlung der zulässigen Axialbelastung einer Spindel Tr 30x6, Länge 3000 mm, für die Lagerung nach Abb. 4.

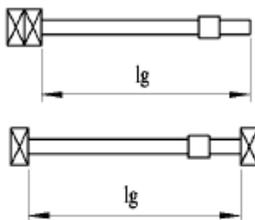
Im Diagramm Nr. 6 entnehmen wir $F_{\text{max.}} = 11 \text{ kN}$; bei Sicherheitsfaktor = 2 ergibt sich eine zulässige Axialkraft $F_{\text{zul.}}$ von 5,5 kN.

Die Kritische Drehzahl ist jene Geschwindigkeitsfrequenz bei der an einer rotierenden Welle Resonanzbiegeschwingungen auftreten. Diese Geschwindigkeit darf nie erreicht werden, weil die Vibrationen schweren Schaden zur Folge haben. Die kritische Drehzahl hängt vom Durchmesser der Spindel, von der Art der Lagerung, von der ungestützten Länge "lg" und von der Präzision des Einbaus ab.

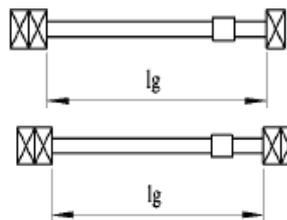
Von den im Diagramm Nr. 3 ersichtlichen Werten ist ein Sicherheitsfaktor bezüglich die Präzision des Einbaus wie nach folgender Tabelle zu berücksichtigen.

Einbaupräzisionskoeffizient - Tabelle Nr. 3

Einbaupräzision	Bedingungen	Sicherheitskoeffizient
Einbauen mit guter Präzision: Ausrichten Mutter/Spindel innerhalb 0,05mm	Bearbeitung des Kugellagersitzes und des Muttersitzes durch eine CNC Maschine mit optimaler Koaxialität und Winkligkeit.	1,3 - 1,6
Einbauen mit mittlerer Präzision Ausrichten Mutter/Spindel Innerhalb 0,10mm	Bearbeitung des Kugellagersitzes und des Muttersitzes in getrennter Fertigung, die nach der Bearbeitung zusammen montiert werden. Kontrolle über das Ausrichtens wären der Montage.	1,7 - 2,5
Einbauen mit niedrigerer Präzision Ausrichten Mutter/Spindel Innerhalb 0,25mm	Bearbeitung des Kugellagersitzes und der Muttersitz in getrennter Fertigung. Teile können nach der Bearbeitung zusammen montiert oder verschweißt werden. Kontrolle über das Ausrichtens wären der Montage.	2,6 - 4,5



1) Fest – Lose

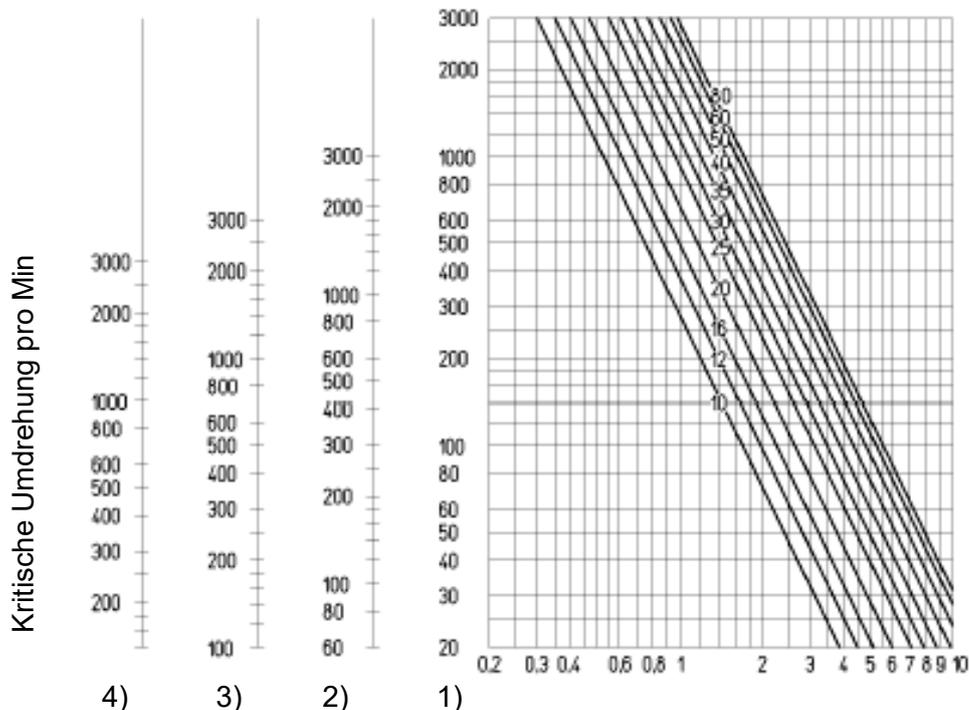


3) Fest – Lose

2) Lose – Lose

4) Fest – Fest

Kritische Drehzahl - Diagramm Nr. 3



Beispiel: Ermittlung der kritischen Drehzahl bei einer Spindel Tr 40 x 7, Länge 3000 mm, für die Lagerung nach Abb. 3 und Einbaupräzision in mittleren Präzisionsfeld. Im Diagramm Nr. 3 entnehmen wir als Wert für die kritische Drehzahl den Wert 1000 U/min. In der Tabelle 3 entnehmen wir als Sicherheitskoeffizient den Wert 2,2. Im Betrieb können wir somit eine maximale Drehzahl von $1000/2,2 = 454$ U/Min. zulassen.

Unter Wirkungsgrad versteht man die Eigenschaft des Gewindetriebes, eine Drehbewegung in eine Längsbewegung umzuwandeln. Mit diesem Parameter kann festgelegt werden, welcher Anteil des Drehmomentes in Bewegungsenergie für die Längsbewegung umgewandelt wird.

Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

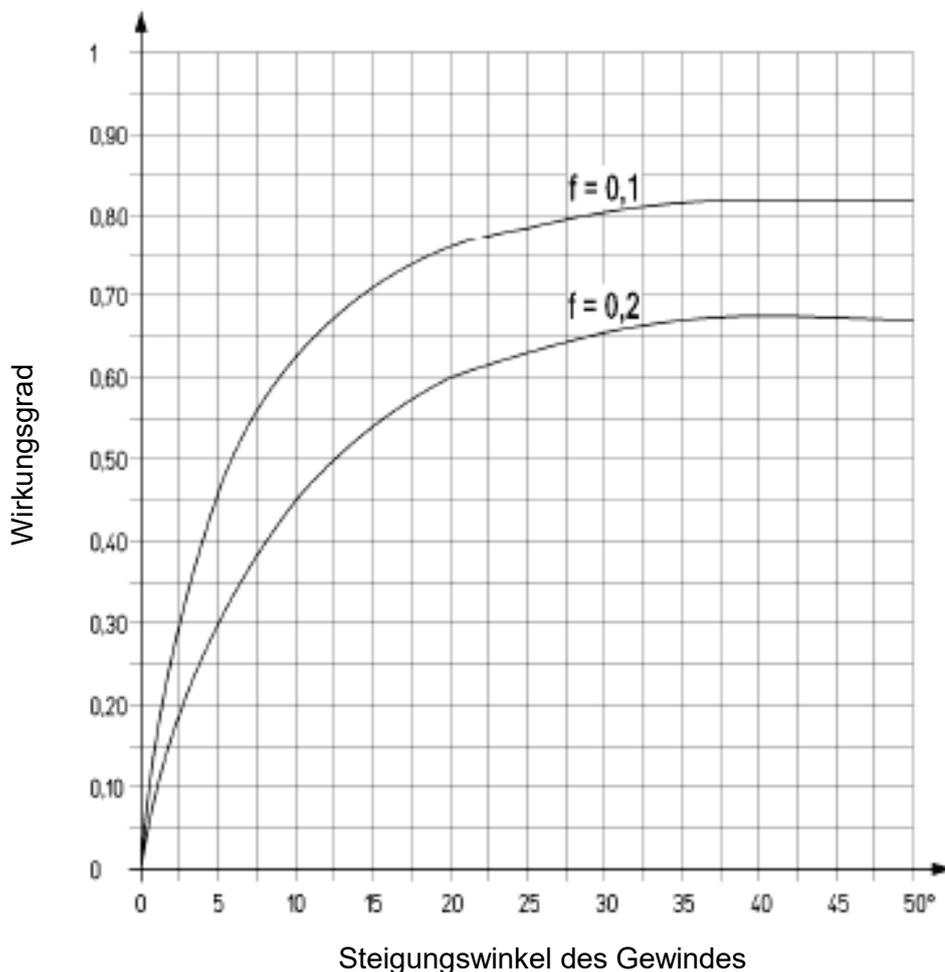
$$\eta = \frac{1 - f \cdot \operatorname{tga}}{1 + \frac{f}{\operatorname{tga}}}$$

η = Wirkungsgrad

f = dynamischer Reibungskoeffizient zwischen Werkstoff der Spindel und Werkstoff der Mutter

α = Steigungswinkel des Gewindes

Wirkungsgrad Diagramm Nr. 4



Das Diagramm Nr. 4 zeigt, dass einem grösseren Steigungswinkel des Gewindes ein grösserer Wirkungsgrad entspricht. Um folglich weniger Energie in Wärme umzusetzen, ist es ratsam, Spindeln mit dem grösst möglichen Steigungswinkel in Bezug auf den Verwendungszweck einzusetzen. Der Wirkungsgrad verhält sich umgekehrt proportional zum dynamischen Reibungskoeffizienten; dies bedeutet, dass der Einsatz eines Werkstoffes mit niedrigem Reibungskoeffizienten geringere Energieverluste zur Folge hat. Gerade aus diesem Grunde empfehlen sich Präzisions Trapezgewindespindeln mit einer sehr niedriger Rauigkeit an den Gewindeflanken mit unter $1\mu\text{m}$ (normalerweise $0,2 - 0,7\mu\text{m}$). Hierzu haben wir dauergeschmierte Flanschmuttern aus äusserst verschleissfestem Kunststoff, welche ohne jegliche Schmierung einen sehr niedrigen Reibungskoeffizienten garantieren. Der Dynamische Reibungskoeffizient liegt bei $f \cong 0,1$ - bei Anlauf $\cong 0,15$.

Das erforderliche Drehmoment eines Gewindetriebes wird nach folgender Formel berechnet.

$$C = \frac{F \cdot P}{2 \pi \eta 1000}$$

C = Drehmoment [Nm]
 F = Axialbelastung der Mutter [N]
 P = Effektive Spindelsteigung [mm]
 η = Wirkungsgrad (dafür ist als Reibungskoeffizient der Wert bei Anlauf $f = 0.2$ anzunehmen)

Berechnungsbeispiel :

Ermittlung des nötigen Drehmoment für eine Spindel Tr 30 x 6 in Verbindung mit einer rechtsgängigen Gewindemutter

Gesamte Axiallast = 10.000 N
 Spindelsteigung = 6 mm
 η = 0,26

$$\text{Drehmoment} = \frac{F \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot 1000} = \frac{10.000 \text{ [N]} \cdot 6 \text{ [mm]}}{2 \cdot \pi \cdot 0,26 \cdot 1000} = 36,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Nicht Berücksichtigt ist in diesem Wert der Wirkungsgrad von Komponenten , die mit der Spindel in Bewegung sind, wie Wälzlager, Treibriemen oder sonstige Antriebelemente. Der theoretische Wert ist deshalb in der Konstruktionsphase erfahrungsgemäß um 20-30% zu erhöhen. Wenn Elektromotoren mit niedrigem Anlaufmoment eingesetzt werden, sind weitere 50% einzurechnen um den Nennwert des Drehmomentes zu bestimmen.

$$C = 36,7 \text{ [N x m]} \times 1,3 \times 1,5 \cong 71,6 \text{ [N x m]}$$

Antriebsleistung

Die erforderliche Antriebsleistung eines Gewindetriebes wird nach folgender Formel berechnet.

$$P = \frac{C \cdot n}{9550}$$

P = Antriebsleistung [kW]
 C = Antriebsmoment [Nm]
 n = Umdrehung

Berechnungsbeispiel :

Ermittlung der nötigen Antriebsleistung für eine Spindel TR 30 x 6 entsprechend vorgehendem Beispiel bei einer Umdrehung von 600 U/min.

$$P = \frac{C \cdot n}{9550} = \frac{71,6 \text{ [N} \cdot \text{m]} \cdot 600 \text{ [Upm]}}{9550} \cong 4,5 \text{ kW}$$

Dieser Wert entspricht der minimalen, nötigen Antriebsleistung.





Schnell Innovativ Wirtschaftlich



Präzision in Ihrer Anwendung

Lineartechnik Stuttgart GmbH
 Statmannstr. 23
 72644 Oberboihingen

Tel: +49 7022 2629384
 Fax: +49 7022 2629395

info@lineartechnik-stuttgart.de
www.lineartechnik-stuttgart.de

