



Berechnung Trapezgewinde

Tragfähigkeit von Trapezgewindetrieben

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

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

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

Tabelle 1: pv-Werte

Werkstoff	pv-Wert [$\text{N/mm}^2 \cdot \text{m/min}$]
G-CuSn 7 ZnPb	300
G-CuSn 12 (G SnBz 12)	400
Kunststoff	100
Grauguß GG 22/GG 25	200

Erforderlicher Flächentraganteil A_{erf} .

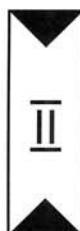


$$A_{\text{erf}} = \frac{F}{P_{\text{zul}}} \quad [\text{mm}^2]$$

F angreifende Axialkraft [N]

P_{zul} max. zulässige Flächenpressung
= 5 N/mm^2

Maximal zulässige Gleitgeschwindigkeit v_{Gzul}



$$v_{Gzul} = \frac{\text{pv-Wert}}{P_{\text{zul}}} \quad [\text{m/min}]$$

pv-Wert ► Tabelle 1

P_{zul} max. zulässige Flächenpressung
= 5 N/mm^2

Maximal zulässige Drehzahl n



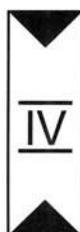
$$n = \frac{v_{Gzul} \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad [1/\text{min}]$$

v_{Gzul} max. zulässige Gleitgeschwindigkeit [m/min]



D Flanken-Ø [mm] ► d₂ aus Tabelle, Seite 7

Vorschubgeschwindigkeit s



$$s = \frac{n \cdot P}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

P Gewindesteigung [mm]

n_{zul} Drehzahl [1/min] ► 



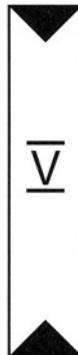
Berechnung Trapezgewinde

Kritische Drehzahl von Trapezgewindespindeln

Bei schlanken, schnellaufenden Spindeln besteht die Gefahr der Resonanzbiegeschwingung. Das nachfolgend beschriebene Verfahren ermöglicht die Abschätzung der Resonanzfrequenz unter der Voraussetzung hinreichend starren Einbaus.

Drehzahlen nahe der kritischen Drehzahl erhöhen zudem in erheblichem Maße die Gefahr seitlichen Ausknickens – die kritische Drehzahl geht somit in die Berechnung der kritischen Knicklängen mit ein ► »Kritische Knickkraft«.

Maximal zulässige Spindeldrehzahl n_{zul}



$$n_{zul} = n_{kr} \cdot f_{kr} \cdot c_{kr} [1/\text{min}]$$

n_{kr} theoretische kritische Spindeldrehzahl [1/min], die zu Resonanzerscheinungen führen kann ► Diagramm 1

f_{kr} Korrekturfaktor, der die Art der Spindellagerung berücksichtigt ► Tabelle 2

c_{kr} ist ein Korrekturfaktor, der den Einfluß der kritischen Knickkraft berücksichtigt. Zweckmäßigerweise wird zunächst $f_{kr} \cdot n_{kr}$ ermittelt und dann zu n_{zul} **willkürlich** gleich der tatsächlichen Drehzahl n gesetzt. Hieraus ergibt sich dann $c_{kr} n / (n_{kr} \cdot f_{kr})$, womit nach dem Diagramm c_k (c_{kr}) auf Seite 23 die dazugehörige maximale **Axial-Druckbelastung** ermittelt werden kann.

Diagramm 1:
Theoretische kritische Drehzahl n_{kr} [1/min]

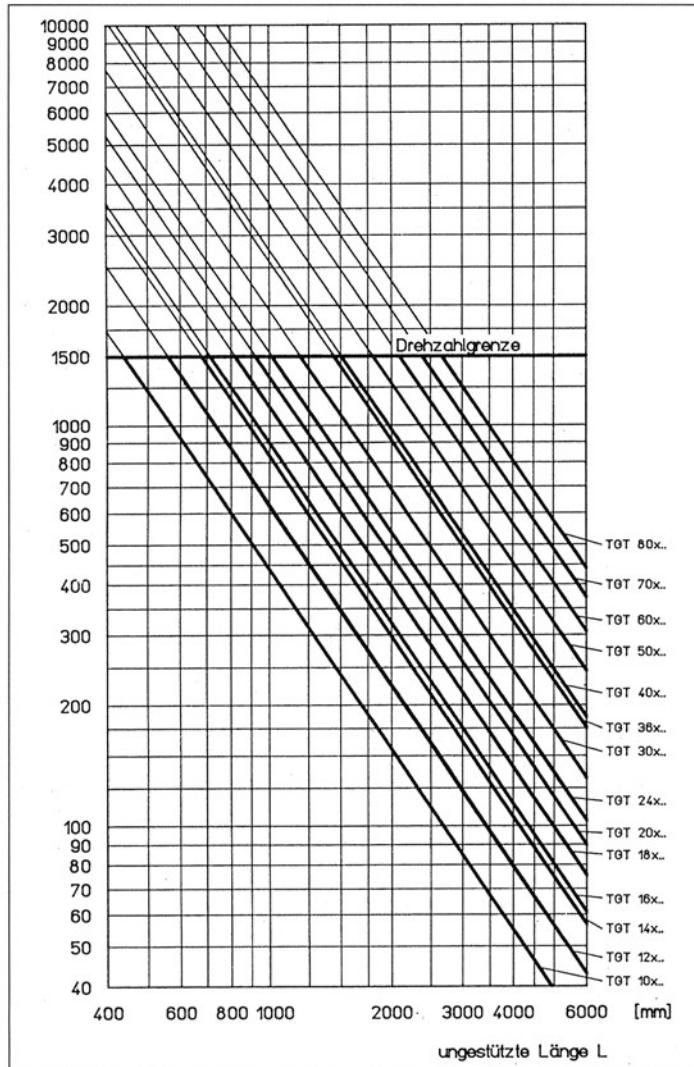
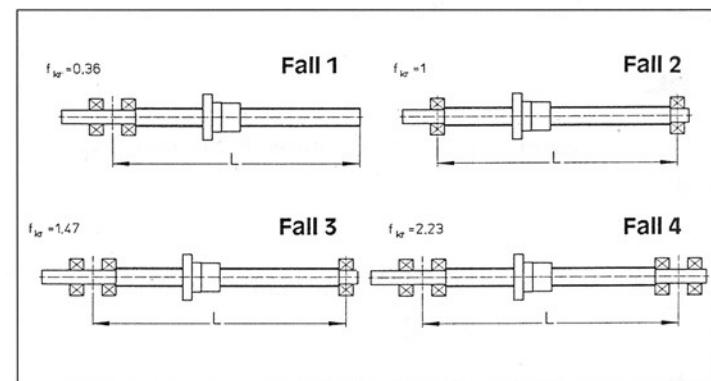


Tabelle 2:

Typische Werte des Korrekturfaktors f_{kr} (für die Berechnung der kritischen Drehzahl n_{kr}) entsprechend den klassischen Einbaufällen für Standardspindellagerungen.





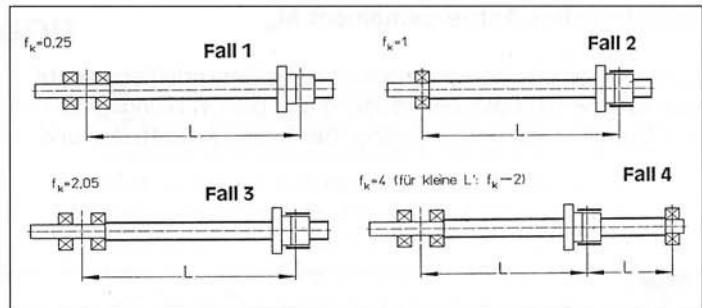
Berechnung Trapezgewinde

Kritische Knickkraft von Trapezgewindespindeln

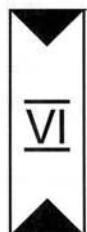
Bei schlanken Spindeln unter Druckbelastung besteht die Gefahr seitlichen Ausknickens. Vor der Festlegung der zulässigen Druckkraft sind die der Anlage entsprechenden Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen.

Tabelle 3:

Typische Werte des Korrekturfaktors f_k (für die Berechnung der kritischen Knickkraft F_k) entsprechend den klassischen Einbaufällen für Standardspindellagerungen.



Maximal zulässige Axialkraft F_{zul}



$$F_{zul} = F_k \cdot f_k \cdot c_k \text{ [kN]}$$

- F_k theoretische kritische Knickkraft [kN]
► Diagramm 3
- f_k Korrekturfaktor der Spindellagerung
► Tabelle 3
- c_k Korrekturfaktor, der den Einfluß der kritischen Drehzahl berücksichtigt ► Diagramm 2

Korrekturfaktor C_{kr}



$$C_{kr} = \frac{n}{n_{kr} \cdot f_{kr}}$$

- n ist die tatsächliche Spindeldrehzahl in min^{-1}
- n_{kr} ist die kritische Spindeldrehzahl in min^{-1} nach dem Diagramm von Seite 12
- f_{kr} ist der Korrekturfaktor der kritischen Spindeldrehzahl, der die Art der Spindellagerung berücksichtigt. Werte von f_{kr} siehe Seite 12.

Diagramm 2: Korrekturfaktor c_k

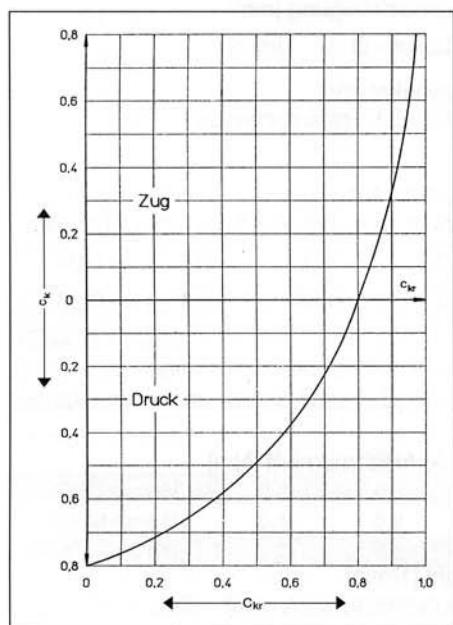
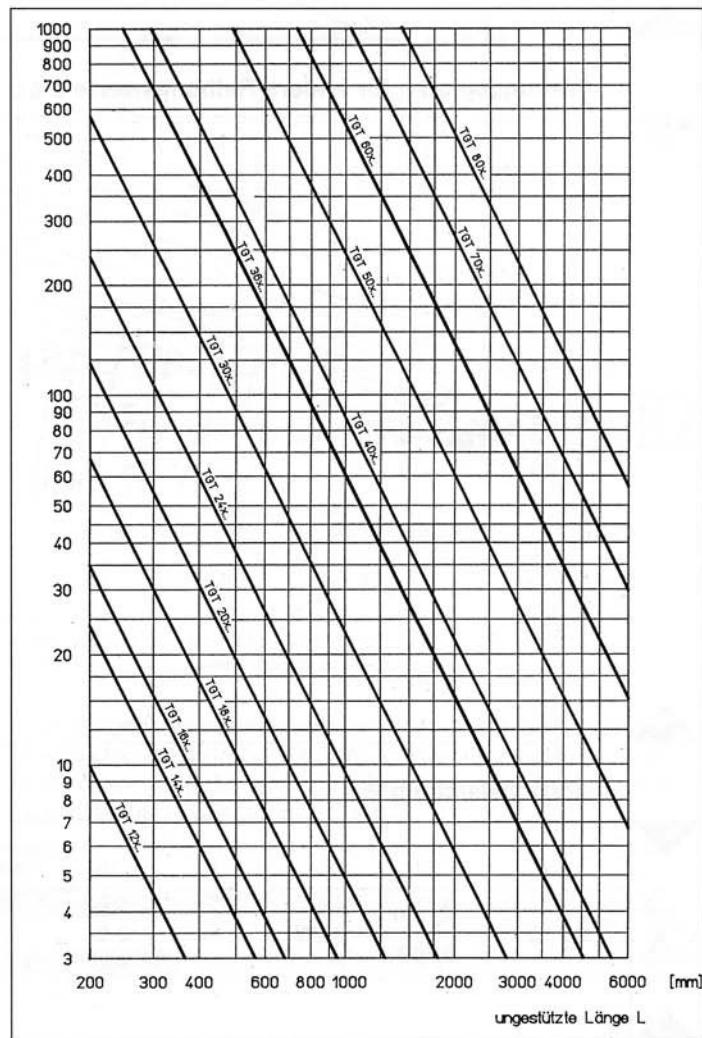


Diagramm 3:
Theoretische kritische Knickkraft F_k [kN]



Berechnung Trapezgewinde



Erforderliches Antriebsmoment M_d

Das erforderliche Antriebsmoment eines Gewindetriebs ergibt sich aus der Axiallast, der Steigung und dem Wirkungsgrad von Gewindetrieb und Lagerung. Bei kurzen Anlaufzeiten und

hohen Geschwindigkeiten ist das Beschleunigungsmoment, bei Gleitführungen und Trapezgewindetrieben das Losbrechmoment zu überprüfen.



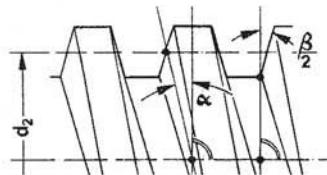
$$M_d = \frac{F \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_A} + M_{rot} [\text{Nm}]$$

F	gesamte Axiallast [N]
P	Spindelsteigung [mm]
η_A	(eta) Wirkungsgrad des gesamten Antriebs
	= $\eta_{TGT} \cdot \eta_{Festlager} \cdot \eta_{Loslager}$
	$\eta_{TGT} (\mu = 0,1)$ ► Technische Daten TGS
	$\eta_{Festlager} = 0,9 \dots 0,95$
	$\eta_{Loslager} = 0,95$
M_{rot}	rotatorisches Beschleunigungsmoment [Nm]
	= $J_{rot} \cdot \alpha_0$
	J_{rot} rotatorisches Massenträgheitsmoment [kgm ²]
	= $7,7 \cdot d^4 \cdot l \cdot 10^{-13}$
	d Spindelnenn-Ø [mm]
	l Spindellänge [mm]
	α_0 Winkelbeschleunigung [1/s ²]

Wirkungsgrad η für andere Reibungswerte als $\mu = 0,1$



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



η Wirkungsgrad (etc.) für die Umwandlung einer Drehbewegung in eine Längsbewegung

α Steigungswinkel des Gewindes
► Technische Daten TGS oder allgemein

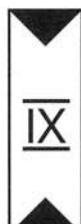
$$\tan \alpha = \frac{P}{d_2 \cdot \pi}$$

$$\frac{P}{d_2} \text{ Spindelsteigung [mm]} \\ \frac{d_2}{\text{Flanken-Ø [mm]}}$$

Gewindereibungswinkel (rho)
 $\tan \rho' = \mu \cdot 1,07$ für ISO-Trapezgewinde
 μ (mu) Reibwert

	μ im Anlauf (= μ_0) trocken	μ in Bewegung trocken	μ in Bewegung geschmiert
Metallmuttern	≈ 0,3	≈ 0,1	≈ 0,1
Kunststoffmuttern	≈ 0,1	≈ 0,04	≈ 0,1

Antriebsleistung P_a



$$P_a = \frac{M_d \cdot n}{9550} [\text{kW}]$$

M_d erforderliches Antriebsmoment [Nm]



n Spindeldrehzahl [1/min]



Berechnung Kugelgewindetriebe

Lebensdauer L

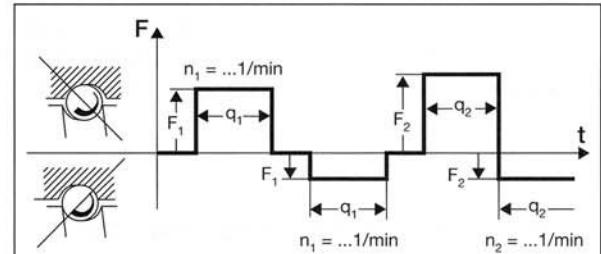
Die (nominelle) Lebensdauer eines Kugelgewindetriebes berechnet sich analog der Lebensdauer eines Kugellagers. Sie wird durch die Umdrehungen ausgedrückt, die von 90%

einer hinreichend großen Menge offensichtlich gleicher Kugelgewindetriebe erreicht oder überschritten wird, bevor die ersten Anzeichen einer Materialermüdung auftreten.

C = dynamische Tragzahl; axial, zentrisch wirkende Beanspruchung [N] unveränderlicher Größe und Richtung, bei der eine genügend große Anzahl gleicher Kugelgewindetriebe eine nominelle Lebensdauer von einer Million Umdrehungen erreicht.

► Technische Daten KGM/KGF

F_m = äquivalente Lagerbelastung [N]
Da ein Kugelgewindetrieb in zwei Richtungen belastet werden kann, ist F_m zunächst für jede der beiden Belastungsrichtungen zu ermitteln. Der größere Wert geht dann in die Berechnung von L ein. Im allgemeinen ist es nützlich, sich folgendes Schema zu erstellen.



Dabei ist zu beachten, daß eine eventuelle Vorspannung eine ständige Belastung darstellt.

$$= \sqrt[3]{\left(F_1^3 \cdot \frac{n_1 \cdot q_1}{Nm \cdot 100} + F_2^3 \cdot \frac{n_2 \cdot q_2}{Nm \cdot 100} + \dots \right)} \cdot fd$$

Nm = mittlere Drehzahl [1/min]

$$= \frac{n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_n \cdot q_n}{100}$$

q₁, q₂... Anteile der Belastungsdauer in einer Belastungsrichtung [%]
(q₁ + q₂ + q₃ + ... + q_n = 100%)

n₁, n₂... Drehzahlen während der q₁, q₂... [1/min]

F₁, F₂... Axiallasten [N] in einer Belastungsrichtung während q₁, q₂

fd = maschinenspezifischer Zuschlagsfaktor

= 1 bei geringen Beschleunigungen und Vibrationsfreiheit

= 1,5 bei stärkeren Beschleunigungen, Schwingungen und mäßigen Stoßbelastungen

XI

$$L = \left(\frac{C}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6$$

Berechnung Kugelgewindetriebe



Aus Lebensdauer für jede Einzelmutter

Lebensdauer eines Kugelgewindetriebs mit vorgespannten Mutternsystemen



$$L = \left(F_{m1}^{10/3} + F_{m2}^{10/3} \right)^{-0,9} C^3 \cdot 10^6$$

F_{m1}/F_{m2} = Belastung der Mutter 1 bzw. 2
in der jeweiligen Belastungsrichtung

C = dynamische Tragzahl

Definition ►

► Technische Daten KGM/KGF

Die Berechnungsverfahren sind nur gültig bei einwandfreien Schmierverhältnissen. Bei Verschmutzung und Schmierstoffmangel kann sich die Lebensdauer auf ein Bruchteil verkürzen. Ebenso ist bei sehr kurzen Hüben mit einer Verringerung der Lebensdauer zu rechnen – hier bitten wir um Rücksprache.

Wichtig!

Kugelgewindemuttern können keine Radialkräfte und Kippmomente aufnehmen!

Kritische Drehzahl von Kugelgewindespindeln

Bei schlanken, schnellaufenden Spindeln besteht die Gefahr der Resonanzbiegeschwingung. Das nachfolgend beschriebene Verfahren ermöglicht die Abschätzung der Resonanzfrequenz unter der Voraussetzung hinreichend starren Einbaus.

Drehzahlen nahe der kritischen Drehzahl erhöhen zudem in erheblichem Maße die Gefahr seitlichen Ausknickens – die kritische Drehzahl geht somit in die Berechnung der kritischen Knicklänge mit ein ► »Kritische Knickkraft«.

Maximal zulässige Drehzahl n_{zul}



$$n_{zul} = n_{kr} \cdot f_{kr} \cdot c_{kr}$$

n_{kr} = theoretische kritische Spindeldrehzahl [1/min],
die zu Resonanzerscheinungen führen kann
► Diagramm 4

f_{kr} = Korrekturfaktor, der die Art der Spindellagerung berücksichtigt
► Tabelle 4

c_{kr} = Korrekturfaktor, der den Einfluß der kritischen Knickkraft F_k berücksichtigt
► Diagramm 5



Berechnung Kugelgewindetriebe

Diagramm 4:
Theoretische kritische Drehzahl n_{kr} [1/min]

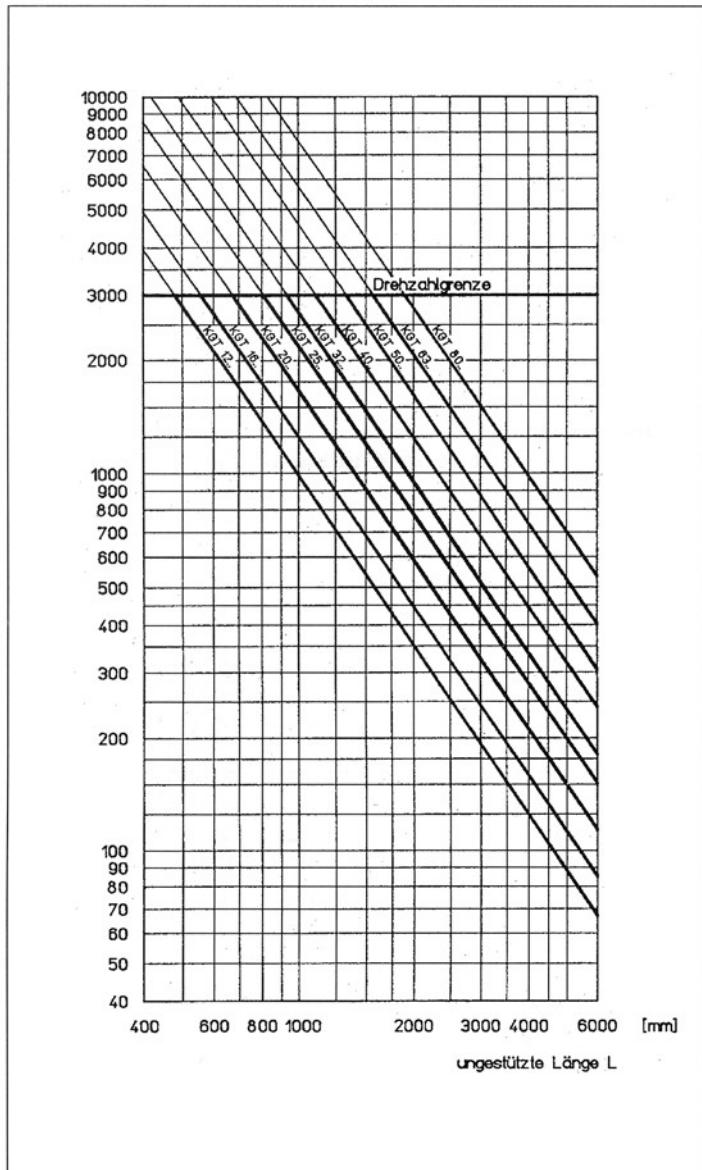


Diagramm 5:
Korrekturfaktor c_k (c_{kr})

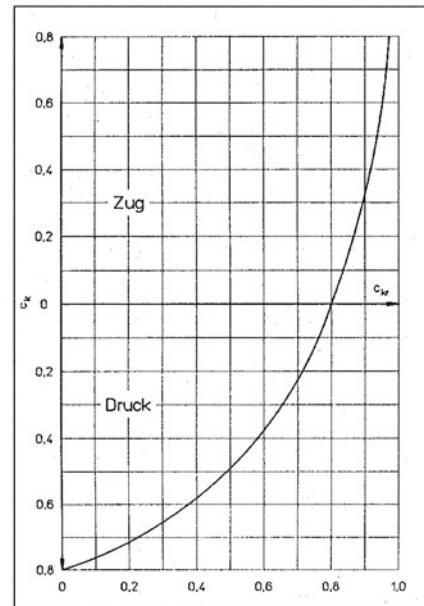
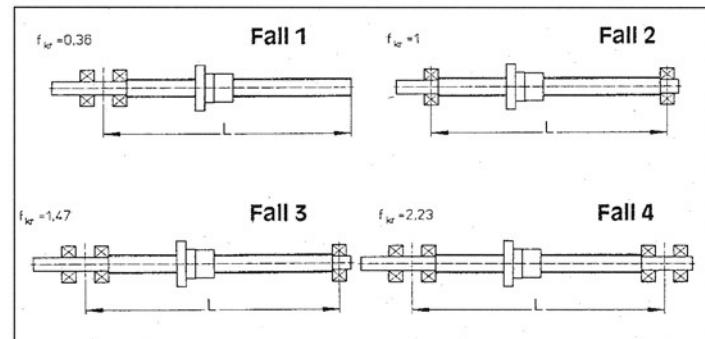


Tabelle 4:

Typische Werte des Korrekturfaktors f_{kr} (für die Berechnung der kritischen Drehzahl n_{kr}) entsprechend den klassischen Einbaufällen für Standardspindellagerungen.



Berechnung Kugelgewindetriebe



Kritische Knickkraft von Kugelgewindespindeln

Bei schlanken Spindeln unter Druckbelastung besteht die Gefahr seitlichen Ausknickens. Vor der Festlegung der zulässigen Druckkraft sind die der Anlage entsprechenden Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen.

Maximal zulässige Axialkraft F_{zul}



$$F_{zul} = F_k \cdot f_k \cdot c_k$$

F_k = theoretische kritische Knickkraft [kN]
► Diagramm 6

f_k = Korrekturfaktor, der die Art der Spindellagerung Berücksichtigt ► Tabelle 5

c_k = Korrekturfaktor, der den Einfluß der kritischen Drehzahl berücksichtigt ► Diagramm 5



$$c_{kr} = \frac{n}{n_{kr} \cdot f_{kr}}$$

Tabelle 5:

Typische Werte des Korrekturfaktors f_k (für die Berechnung der kritischen Knickkraft F_k) entsprechend den klassischen Einbaufällen für Standardspindellagerungen.

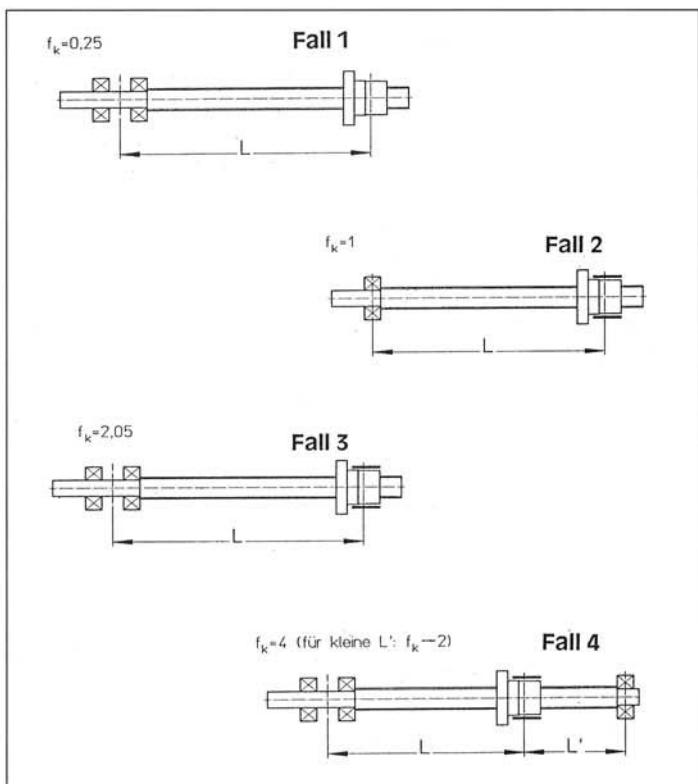


Diagramm 6:
Theoretische kritische Knickkraft F_k [kN]

