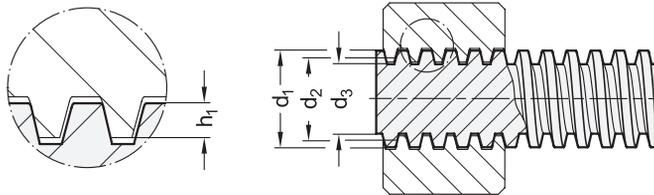


Technische Beschreibung

Trapezgewindespindeln sind aufgrund der geometrischen Form besonders gut zur Übertragung von Bewegungen und Kräften geeignet. Die breiten Gewindeflanken können hohe axiale Kräfte aufnehmen, während die große Steigung Bewegungen durch verhältnismäßig wenige Umdrehungen überträgt.

Die Trapezgewindespindeln GN 103 verfügen über gerollte Gewinde. Beim Gewinderollen wird die Geometrie des Gewindes über zwei rotierende Werkzeuge auf das Rohmaterial abgerollt. Aufgrund der Kaltverfestigung, dem nicht unterbrochenen Faserverlauf und der presspolierten Oberfläche verfügen gerollte Spindeln über eine höhere Festigkeit, bessere Verschleißigenschaften und eine größere Korrosionsbeständigkeit als spanend hergestellte Spindeln.

Gewindeabmessungen



d x P eingängig	d₁ Nenndurchmesser	d₂ Flankendurchmesser		d₃ Kerndurchmesser		h₁ Gewindetragtiefe
		min.	max.	min.	max.	
8 x 1,5	8	7,013	7,183	5,921	6,2	0,75
10 x 2	10	8,739	8,929	7,191	7,5	1
10 x 3	10	8,191	8,415	6,15	6,5	1,5
12 x 3	12	10,191	10,415	8,135	8,5	1,5
14 x 4	14	11,64	11,905	9,074	9,5	2
16 x 4	16	13,64	13,905	11,074	11,5	2
18 x 4	18	15,64	15,905	13,074	13,5	2
20 x 4	20	17,64	17,905	15,074	15,5	2
24 x 5	24	21,094	21,394	18,019	18,5	2,5
30 x 6	30	26,547	26,882	22,463	23	3
36 x 6	36	32,547	32,882	28,463	29	3
40 x 7	40	36,02	36,375	31,431	32	3,5
50 x 8	50	45,468	45,868	40,368	41	4

d x Ph mehrgängig	P_T Teilung	d₁ Nenndurchmesser	d₂ Flankendurchmesser		d₃ Kerndurchmesser		h₁ Gewindetragtiefe
			min.	max.	min.	max.	
12 x 6	P3	12	10,191	10,415	8,135	8,5	1,5
16 x 8	P4	16	13,640	13,905	11,074	11,5	2
20 x 8	P4	20	17,640	17,905	15,074	15,5	2
24 x 10	P5	24	21,094	21,394	18,019	18,5	2,5
30 x 12	P6	30	26,547	26,882	22,463	23,0	3
40 x 14	P7	40	36,020	36,375	31,431	32	3,5

Steigungsgenauigkeit

Die Steigungsgenauigkeit beschreibt die max. zulässige Abweichung zwischen theoretischem und tatsächlichem Verstellweg. Bei Trapezgewindespindeln liegt die max. zulässige Steigungsabweichung bei 0,1 mm / 300 mm Verstellweg.

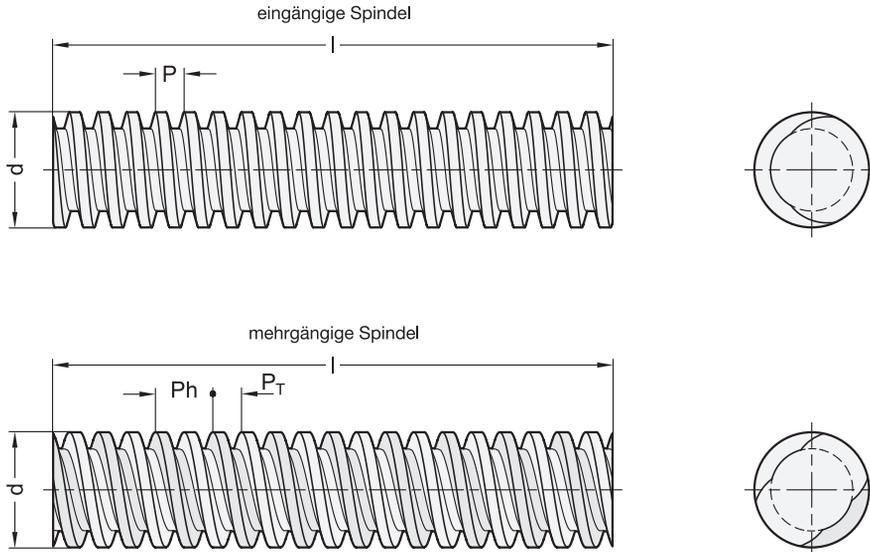


Geradheit

Die Geradheit von Trapezgewindespindeln ist maßgeblich von der Herstellmethode, dem Material und den Abmessungen abhängig. Bei Spindeln mit gerolltem Gewinde liegt die Geradheit üblicherweise bei 0,3 mm / 300 mm Länge.

Werden höhere Anforderungen an die Geradheit gestellt, kann die Spindel nach der Herstellung gerichtet werden.

Mehrgängige Gewinde



Mehrgängige Spindeln haben mehrere unabhängige Gewindegänge mit dem gleichen Gewindeprofil wie eingängige Gewindespindeln. Die einzelnen Gewindegänge verlaufen parallel und haben dieselbe Steigung. Die Steigung wird mit **Ph** angegeben und ist ein Vielfaches der Teilung **P**, die den Abstand zwischen zwei benachbarten Gewindegängen beschreibt.

Steigung P_h / Teilung P = Anzahl der Gewindegänge

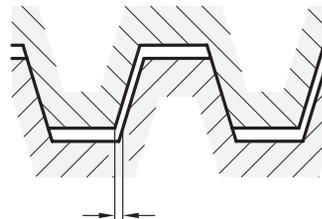
Mehrgängige Gewinde werden eingesetzt, wenn größere Verstellwege pro Umdrehung erreicht werden sollen oder keine Selbsthemmung gewünscht ist. Bei vorgegebenen Werten für Vorschub und Drehzahl erlauben mehrgängige Gewinde die Reduzierung des Spindeldurchmessers.

Umkehrspiel

Durch das Spiel zwischen den Gewindeflanken von Spindel und Spindelmutter entsteht beim Richtungswechsel der Antriebsdrehbewegung ein Umkehrspiel.

Bevor sich die Spindelmutter in die entgegengesetzte Richtung bewegt, muss dieses Spiel überwunden werden.

Dieses Umkehrspiel verhindert, dass sich Spindelmutter und Spindel verklemmen. Mit zunehmendem Durchmesser erhöht sich das Umkehrspiel wie in der DIN 103 beschrieben.



Theoretische kritische Knickkraft

Bei Gewindespindeln besteht aufgrund des ungünstigen Verhältnisses von Länge zu Durchmesser unter axialer Druckbeanspruchung die Gefahr des seitlichen Knickens.

Mithilfe der nachfolgenden Belastungsfälle (nach Euler) und dem Diagramm zur Ermittlung der theoretisch kritischen Knickkraft kann die max. zulässige Axialkraft für die jeweilige Spindellagerung bestimmt werden. Sicherheitsfaktoren sind je nach Anwendung zu berücksichtigen.

Maximal zulässige Axialkraft

$$F_{A \max} = F_k \times f_k \times v$$

- $F_{A \max}$ max. zulässige Axialkraft [kN]
- F_k theoretisch kritische Knickkraft [kN]
- f_k Korrekturfaktor des Belastungsfalls
- v Sicherheitsfaktor

Belastungsfälle (nach Euler)

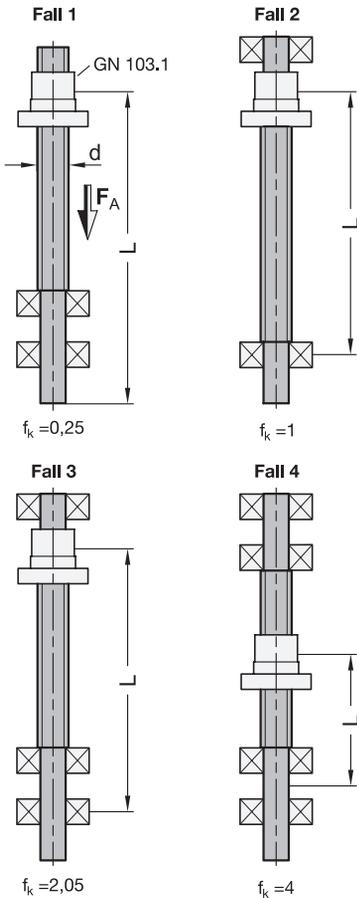
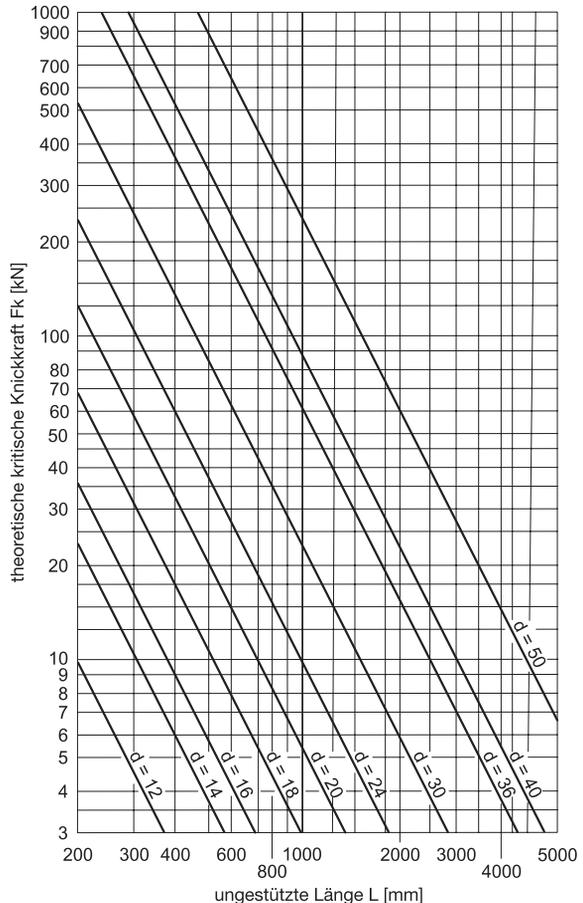


Diagramm theoretische kritische Knickkraft



Theoretische kritische Drehzahl

Gewindespindeln neigen aufgrund der Geometrie neben Knickung auch zu Resonanzbiegeschwingung. Durch Resonanzbiegeschwingung erhöht sich zudem die Gefahr des Kickens erheblich. Die theoretisch kritische Drehzahl muss deshalb auch unter Berücksichtigung der kritischen Knickkraft betrachtet werden.

Mit dem nachfolgenden Berechnungsschema und dem Diagramm kann eine Abschätzung zur kritischen Drehzahl unabhängig von der kritischen Knickkraft und unter Berücksichtigung der jeweiligen Spindellagerung getroffen werden. Sicherheitsfaktoren sind je nach Anwendung zu berücksichtigen.

Maximal zulässige Drehzahl

$$n_{\max} = n_k \times f_k \times v$$

- n_{\max} max. zulässige Drehzahl [1/min]
- n_k theoretisch kritische Spindeldrehzahl [1/min]
- f_k Korrekturfaktor des Belastungsfalls
- v Sicherheitsfaktor

Belastungsfälle

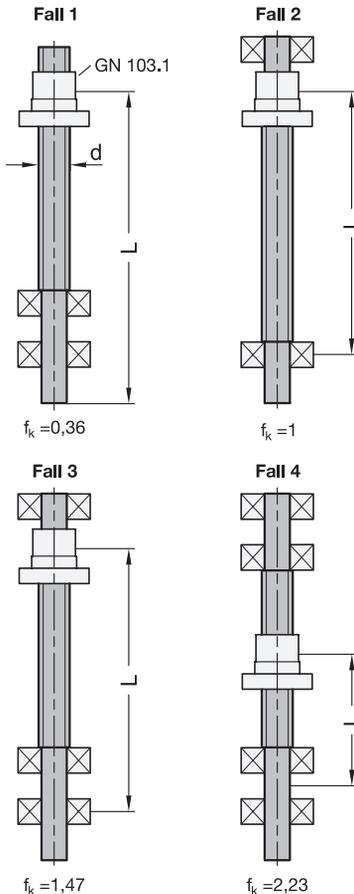
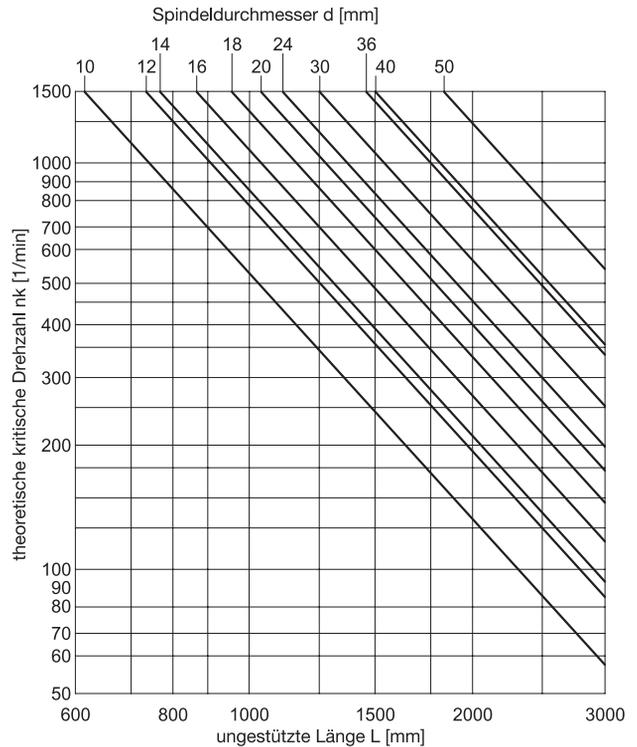


Diagramm theoretische kritische Drehzahl



Flankenpressung

Durch die axiale Belastung des Spindeltriebs entsteht zwischen den Gewindeflanken von Spindel und Mutter eine Flanken- bzw. Flächenpressung. Da die Gewindeflanken im Betrieb aufeinander gleiten, verschleifen die Gewindeflanken mit zunehmender Betriebszeit. Um den Verschleiß weitestgehend zu reduzieren, sollte, neben einer ausreichenden Schmierung, die Flankenpressung gewisse Grenzwerte nicht überschreiten.

Die Flankenpressung zwischen den Gewindeflanken lässt sich wie folgt berechnen.

$$p = \frac{F_a \times P}{m \times d_2 \times \pi \times h_1 \times k}$$

p	Flankenpressung [N/mm ²]
F _a	Axialkraft [N]
P	Steigung / Teilung
m	tragende Mutterlänge [mm]
d ₂	Flankendurchmesser Gewinde [mm]
h ₁	Gewindetragtiefe [mm]
k	Gewindefaktor (Allgemein = 0,75)

Reibungswärme

Alle Verluste, die bei der Umwandlung der rotatorischen Bewegung in die translatorische Bewegung entstehen, erwärmen den Gewindetrieb. Die Reibungswärme wird direkt durch die Flankenpressung der Gewindeflanken, die Geschwindigkeit und die Einschaltdauer beeinflusst. Um Überhitzung zu vermeiden, sollten alle externen Einflüsse berücksichtigt werden. Dazu gehört neben der richtige Schmierung beispielsweise auch die Umgebungstemperatur.

Lebensdauer

Die Lebensdauer von Trapezgewindetrieben ist je nach Einsatzfall von den zu erwartenden Umgebungsbedingungen abhängig. Faktoren wie die Einbaulage, die zu bewegende Last, die Verstellgeschwindigkeit, die Verstellhäufigkeit und die Umgebungstemperatur haben Einfluss auf die Lebensdauer.

Selbsthemmung

Ist der Reibungswinkel der Trapezgewindespindel größer als der Steigungswinkel, ist der Trapezgewindetrieb selbsthemmend. Der Reibungswinkel wird von der Materialpaarung, der Schmierung und der Oberflächenrauheit beeinflusst.

Es wird zusätzlich zwischen statischer und dynamischer Selbsthemmung unterschieden. Bei statischer Selbsthemmung beginnt sich die Mutter nur durch äußere Einflüsse zu bewegen. Bei dynamischer Selbsthemmung kommt eine sich bewegende Mutter zum Stillstand, sobald der Antrieb wegfällt.

Theoretisch sind alle eingängigen Spindeltriebe statisch selbsthemmend, mit Ausnahme der Kunststoffmutter. In der Praxis kann die Selbsthemmung aufgrund von Oberflächenrauheit, Schmierung und Vibration oft nicht gewährleistet werden. Daher sollte aus Sicherheitsgründen immer eine Feststellmöglichkeit vorgesehen werden.

Mehrgängige Spindeltriebe sind aufgrund der großen Steigung nie selbsthemmend.

