

# Genauigkeit von Rollvis Gewinderollenschraubtrieben

## Genauigkeit von Rollvis Gewinderollenschraubtrieben

Rollvis Gewinderollenschraubtriebe sind in Toleranzklassen unterteilt, die an die DIN 69051, Teil 3 (Kugelgewindetriebe) angepasst sind. Massgebend ist die Steigungsabweichung  $V_{300p}$ , die sich auf eine Gewindelänge von 300 mm bezieht. Aus Bild 7 sind die von Rollvis angebotenen Toleranzklassen ersichtlich.

Toleranzklasse	$V_{300p}$
G1	6 $\mu\text{m}/300\text{ mm}$
G3	12 $\mu\text{m}/300\text{ mm}$
G5	23 $\mu\text{m}/300\text{ mm}$
G9	200 $\mu\text{m}/1000\text{ mm}$

Bild 7

Die geschliffenen Rollvis Positionier-Gewinderollenschraubtriebe sind in den Toleranzklassen G1, G3 und G5 erhältlich, die gerollten Rollvis Transport-Gewinderollenschraubtriebe (Typ BRV) in der Toleranzklasse G9.

## Steigungsabweichung

Die Steigungsabweichung  $e_p$ , bezogen auf den Nutweg  $l_u$ , wird bei den Transport-GRT nach folgender Formel berechnet :

$$e_p = 2 \cdot \frac{l_u}{1000} \cdot v_{300p}$$

Die Steigungsabweichung  $e_p$  von Positionier- Gewinderollenschraubtrieben ist aus Bild 8 ersichtlich. Für die Toleranzklassen G1 und G3 werden allen Rollvis Positionier-Gewinderollenschraubtrieben Steigungs- und Drehmoment-Diagramme beigelegt. Die Steigungsprüfung erfolgt mit einer hochpräzisen und rechnerunterstützten Prüfmaschine. Die Protokollierung entspricht DIN 69051.

## Genauigkeitssymbole nach DIN 69051, Teil 3

- P Nennsteigung des Gewindes
- $e_p$  Abweichung der Sollsteigung von der Nennsteigung
- $v_{300p}$  Abweichung der Steigung von der Nennsteigung bezogen auf 300 mm Gewindelänge
- $e_p$  Abweichung der Steigung von der Nennsteigung bezogen auf den Nutweg  $l_u$
- $v_{up}$  Wegschwankung über den Nutweg  $l_u$
- $v_{2\pi p}$  Wegschwankung innerhalb einer Umdrehung

über	$l_u$ bis	ep in $\mu\text{m}$ für Toleranzklasse		
		G1	G3	G5
	315 mm	6	12	23
315 mm	400 mm	7	13	25
400 mm	500 mm	8	15	27
500 mm	630 mm	9	16	30
630 mm	800 mm	10	18	35
800 mm	1000 mm	11	21	40
1000 mm	1250 mm	13	24	46
1250 mm	1600 mm	15	29	54
1600 mm	2000 mm			65
2000 mm	2500 mm			77
2500 mm	3150 mm			93

Bild 8

## Mittlere Drehzahl und mittlere axiale Belastung

Bei veränderlicher Drehzahl und Belastung müssen bei der Berechnung der Lebensdauer die mittleren Werte  $n_m$  und  $F_m$  verwendet werden.

Bei veränderlicher Drehzahl und konstanter Belastung während der Drehzahl  $n$  gilt für die mittlere Drehzahl  $n_m$  (Bild 10).

$$n_m = \frac{q_1}{100} \cdot n_1 + \frac{q_2}{100} \cdot n_2 + \dots \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Bei veränderlicher Belastung und konstanter Drehzahl gilt für die mittlere Belastung  $F_m$  (Bild 11).

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{q_1}{100} + F_2^3 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots} \text{ [N]}$$

Bei veränderlicher Belastung und veränderlicher Drehzahl gilt für die mittlere Belastung  $F_m$ .

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{q_1}{100} \cdot \frac{n_1}{n_m} + F_2^3 \cdot \frac{q_2}{100} \cdot \frac{n_2}{n_m} + \dots} \text{ [N]}$$

Bei linear veränderlicher Belastung und konstanter Drehzahl gilt für die mittlere Belastung  $F_m$  (Bild 12).

$$F_m = \frac{F_{\min} + 2 \cdot F_{\max}}{3} \text{ [N]}$$

wobei :

$n_m$	[min <sup>-1</sup> ]	: mittlere Drehzahl
$n_1 \dots n_n$	[min <sup>-1</sup> ]	: Einzel-Drehzahlen
$q_1 \dots q_n$	[%]	: Zeitanteile
$F_m$	[N]	: mittlere Belastung
$F_1; F_2; \dots; F_n; F_{\min}; F_{\max}$	[N]	: wirksame Kräfte

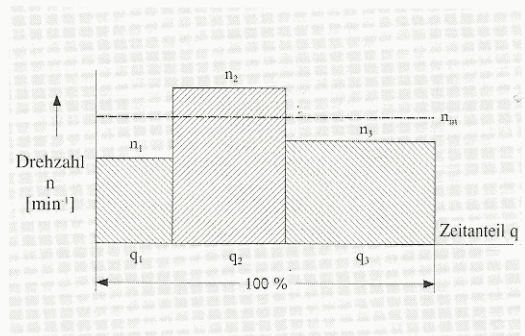


Bild 10

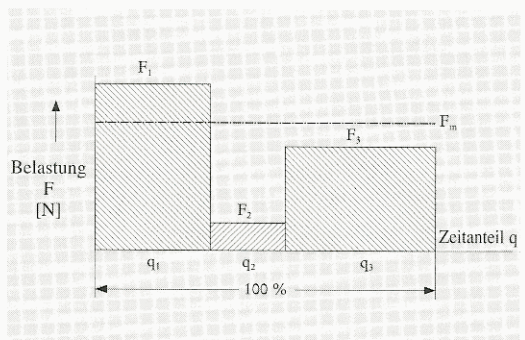


Bild 11

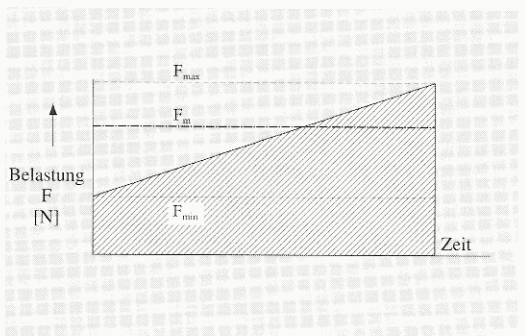


Bild 12

# Berechnungsrichtlinien

## Vorspannung

Zur Vermeidung von Axialspiel und zur Erhöhung der Steifigkeit werden vorgespannte Muttern verwendet. Die Vorspannung sollte so hoch wie nötig und so niedrig wie möglich sein, damit der bestmögliche Wirkungsgrad und die längste Lebensdauer erreicht werden (siehe Bild 13). Zur Ermittlung der mittleren Belastung  $F_{ma}$  bei vorgespannten Muttern ist ausser den Einzelbelastungen  $F_1 \dots F_n$  auch die Vorspannung  $F_v$  zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich die neuen Einzelbelastungen  $F_{iv} \dots F_{nv}$ . Besteht beispielsweise die Forderung nach Spielfreiheit bei allen Betriebslasten, dann muss die Vorspannung  $F_v$  nach der maximalen Betriebslast  $F_{max}$  ausgelegt werden.

$$F_v = \frac{F_{max}}{2,83} \text{ [N]}$$

Ist ein Gewinderollenschraubtrieb nur für eine bestimmte Betriebslast spielfrei auszulegen, dann wird die Vorspannung  $F_v$  für die entsprechende Belastung  $F_n$  gewählt.

$$F_v = \frac{F_n}{2,83} \text{ [N]}$$

Standardmässig werden geteilte Muttern und Doppelmutter mit 5% der dynamischen Tragzahl vorgespannt, wenn keine Angaben über die gewünschte Vorspannung vorliegen.

## Resultierende Belastung unter Berücksichtigung der Vorspannung $F_v$

Durch axiale Belastung eines vorgespannten Mutternsystems wird eine Mutterhälfte zusätzlich zur Vorspannkraft belastet, die andere entlastet. Die resultierende Belastung kann überschlägig nach folgenden Gleichungen bestimmt werden.

Belastete Mutterhälfte :

$$F_{nv(1)} = F_n + 0,65 \cdot F_v \text{ [N] wenn } F_n < 2,83 \cdot F_v \text{ [N]}$$

$$F_{nv(1)} = F_n \text{ [N] wenn } F_n \geq 2,83 \cdot F_v \text{ [N]}$$

Entlastete Mutterhälfte :

$$F_{nv(2)} = F_n - 0,35 \cdot F_v \text{ [N] wenn } F_n < 2,83 \cdot F_v \text{ [N]}$$

$$F_{nv(2)} = 0 \text{ [N] wenn } F_n \geq 2,83 \cdot F_v \text{ [N]}$$

wobei :

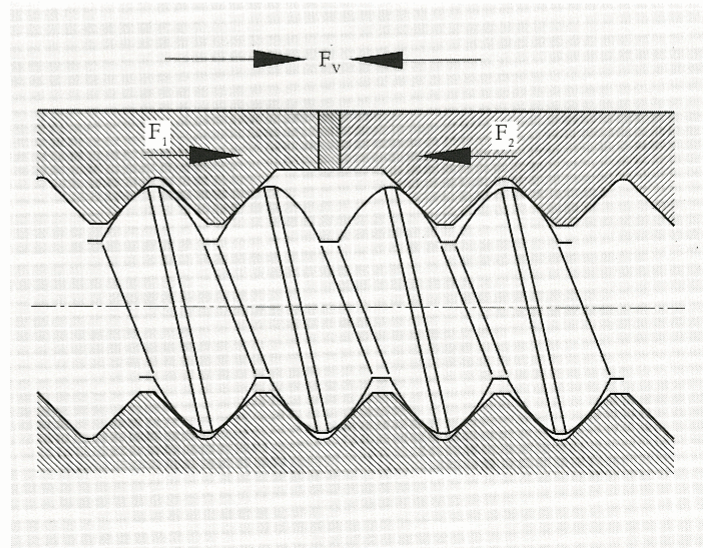
$F_1 \dots F_n$  [N] : Einzelbelastungen mit verschiedenen oder gleichen Zeitanteilen und Drehzahlen aus einem Kollektiv, mit dem der GRT beansprucht wird.

$F_v$  [N] : Vorspannkraft

$F_{nv}$  [N] : Resultierende Belastung aus Einzellast und Vorspannung.

$F_{ma}$  [N] : Mittlere Belastung unter Berücksichtigung der Vorspannung

Bild 13



## Nominelle Lebensdauer

Unter der nominellen Lebensdauer  $L_{10}$  bzw.  $L_n$  versteht man die Lebensdauer eines Gewinderollenschraubtriebes, die mit einer Erlebenswahrscheinlichkeit von 90% erreicht wird.

Ist eine höhere Zuverlässigkeit gefordert, so muss die nominelle Lebensdauer  $L_{10}$  bzw.  $L_n$  mit dem Zuverlässigkeitsfaktor  $f_r$  (Bild 14) multipliziert werden.

Modifizierte Lebensdauer :

$$L_m = L_{10} \cdot f_r \quad [\text{Umdrehungen}]$$

bzw.

$$L_{mN} = L_n \cdot f_r \quad [h]$$

Zuverlässigkeit %	$f_r$
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21

Bild 14

## Nominelle Lebensdauer spielbehalteter Einzelmuttern

Die nominellen Lebensdauer einer spielbehalteten Einzelmutter berechnet sich nach folgender Formel :

$$L_{10} = \left( \frac{C}{F_m} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{Umdrehungen}]$$

bzw.

$$L_n = \frac{L_{10}}{n_m \cdot 60} \quad [h]$$

Bei vorgegebener Lebensdauer lässt sich die erforderliche dynamische Tragzahl wie folgt rechnen :

$$C = F_m \cdot \sqrt[3]{\frac{L_{10}}{10^6}} \quad [N]$$

Zum Berechnen der Lebensdauer in Nutztunden  $L_{mN}$  kommt folgende Formel zur Anwendung :

$$L_{mN} = \frac{L_m}{f_N} \quad [h]$$

Der Nutzfaktor  $f_N$  errechnet sich dabei wie folgt :

$$f_N = \frac{\text{Einsatzdauer des GRT}}{\text{geplante Einsatzdauer der Maschine}}$$

## Nominelle Lebensdauer vorgespannter Muttern

Bei vorgespannten Muttern muss zunächst mit der entsprechenden dynamischen Tragzahl  $C$  und der mittleren Axialbelastung  $F_m$  (unter Berücksichtigung der Vorspannung) die Lebensdauer für jede Mutterhälfte berechnet werden. Mit den beiden Lebensdauerwerten  $L_{10(1)}$  und  $L_{10(2)}$  (in Umdrehungen) erhält man die Gesamtlebensdauer  $L_{10}$  der vorgespannten Mutter.

$$L_{10(1)} = \left( \frac{C}{F_{m(1)}} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{Umdr.}]$$

$$L_{10(2)} = \left( \frac{C}{F_{m(2)}} \right)^3 \cdot 10^6 \quad [\text{Umdr.}]$$

$$L_{10} = \left( L_{10(1)}^{-10/9} + L_{10(2)}^{-10/9} \right)^{-9/10} \quad [\text{Umdr.}]$$

wobei :

$L_m$	[Umdr.]	: modifizierte Lebensdauer (Umdrehungen)	$f_r$	[-]	: Zuverlässigkeitsfaktor
$L_{mN}$	[h]	: modifizierte Lebensdauer (Stunden)	$C$	[N]	: dynamische Tragzahl
$L_{10}$	[Umdr.]	: nominelle Lebensdauer (Umdrehungen)	$F_m$	[N]	: mittlere Belastung (spielbehaltete Einzelmutter)
$L_n$	[h]	: nominelle Lebensdauer (Stunden)	$F_{m0}$	[N]	: mittlere Belastung (vorgespannte Mutter)
$L_{mN}$	[h]	: Lebensdauer in Nutztunden	$n_m$	[min <sup>-1</sup> ]	: mittlere Drehzahl
			$f_N$	[-]	: Nutzfaktor