

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Konstruktiver Aufbau

Gewinderollenschraubtriebe, nachfolgend auch GRT genannt, besitzen statt Kugeln Rollen als Wälzelemente. Es gibt sie in der Ausführung ohne Rollenrückführung (Bauformen RV und BRV) und mit Rollenrückführung (Bauform RVR) sowie als RVI, in der die Rollen in der Mutter um die Spindel kreisen (invertierte Spindel).

Eine weitere Bauform ist die RVD, die als Sonderbauform der RV eine Differentialspindel darstellt. Hierbei werden kleinste Steigungen bis hin zu 0,02 mm erreicht.

Bauformen RV und BRV

Die Hauptelemente der Gewinderollenschraubtriebe RV und BRV (Bild 1) sind die Gewindespindel, die Mutter und die dazwischen angeordneten Planetenrollen. Die Spindel (1) weist ein mehrgängiges Gewinde auf, wobei der Flankenwinkel 90° beträgt und das Gewinde-Profil ist dreieckig ist.

Die Mutter (2) hat ein mit dem Spindelgewinde identisches Innengewinde.

Die Rollen (3) besitzen ein eingängiges Gewinde, dessen Steigungswinkel dem des Mutterngewindes entspricht. Dadurch tritt keine Relativbewegung in axialer Richtung zwischen Mutter und Rolle auf. Eine Rollenrückführung ist daher nicht erforderlich. Die Flanken des Rollengewindes sind ballig ausgeführt.

Jedes Ende der Rollen weisen eine Verzahnung und einen zylindrischen Zapfen auf, welche in den Bohrungen der Endringe (5) gelagert sind. Damit werden die Rollen auf gleichmässigem Abstand gehalten. Die Endringe sind schwimmend im Mutterkörper angeordnet und werden durch Sprengringe (6) axial gehalten. Die Verzahnung greift in die Innenverzahnung die in der Mutter befestigten Zahnkränze (4) ein, wodurch die Rollen achsparallel geführt werden und eine einwandfreie Funktion sichergestellt ist.

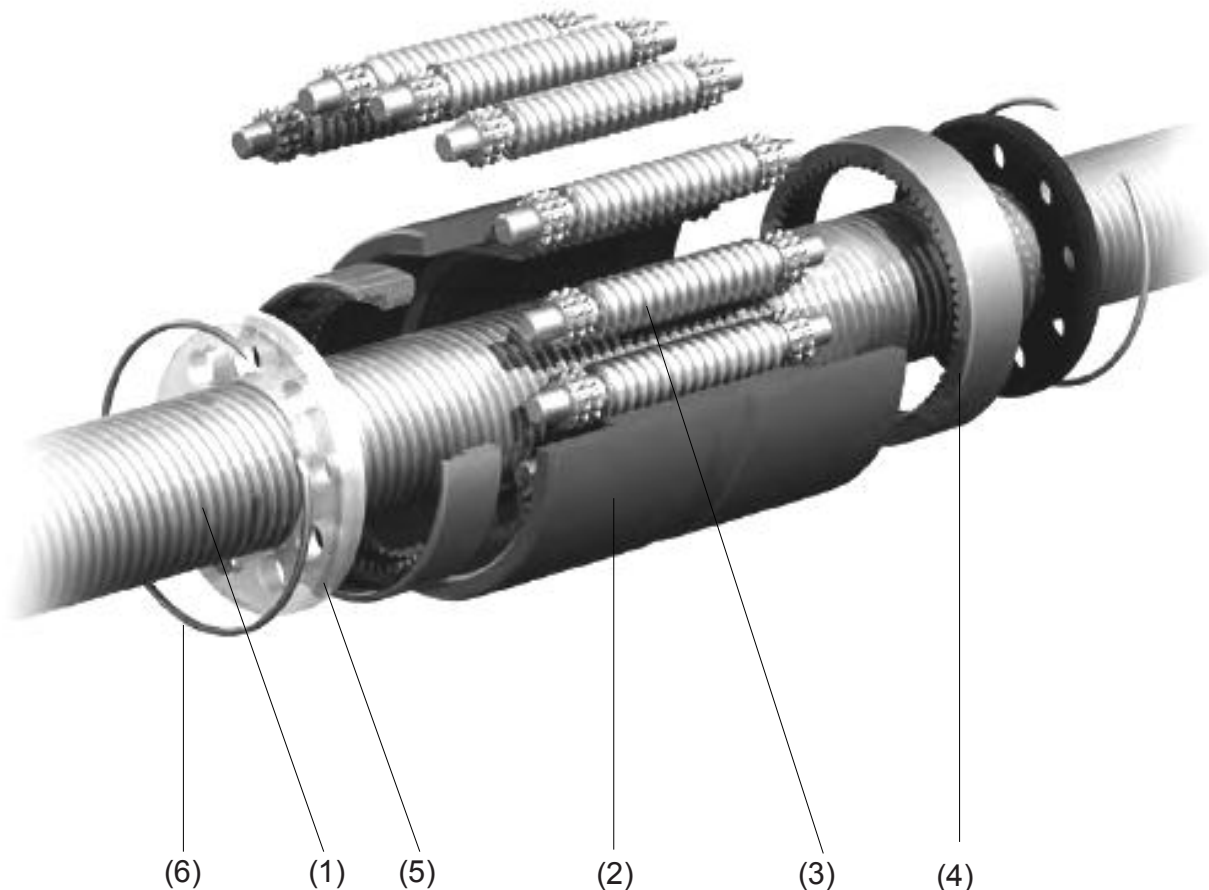
Die Bauformen RV und BRV unterscheiden sich durch die Ausführung der Gewindespindel.

Bei der Bauform RV ist das Spindelgewinde ebenso geschliffen wie das Mutter- und das Rollengewinde.

Diese Bauform wird in den Genauigkeitsklassen G 1 bis G5 geliefert¹.

Bei der Bauform BRV ist das Spindel Gewinde gerollt und sie werden nur in der Genauigkeitsklasse G9 gefertigt.

Da das Gewinde nach dem Härten nicht geschliffen wird, sind die Spindeln schwarz.



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

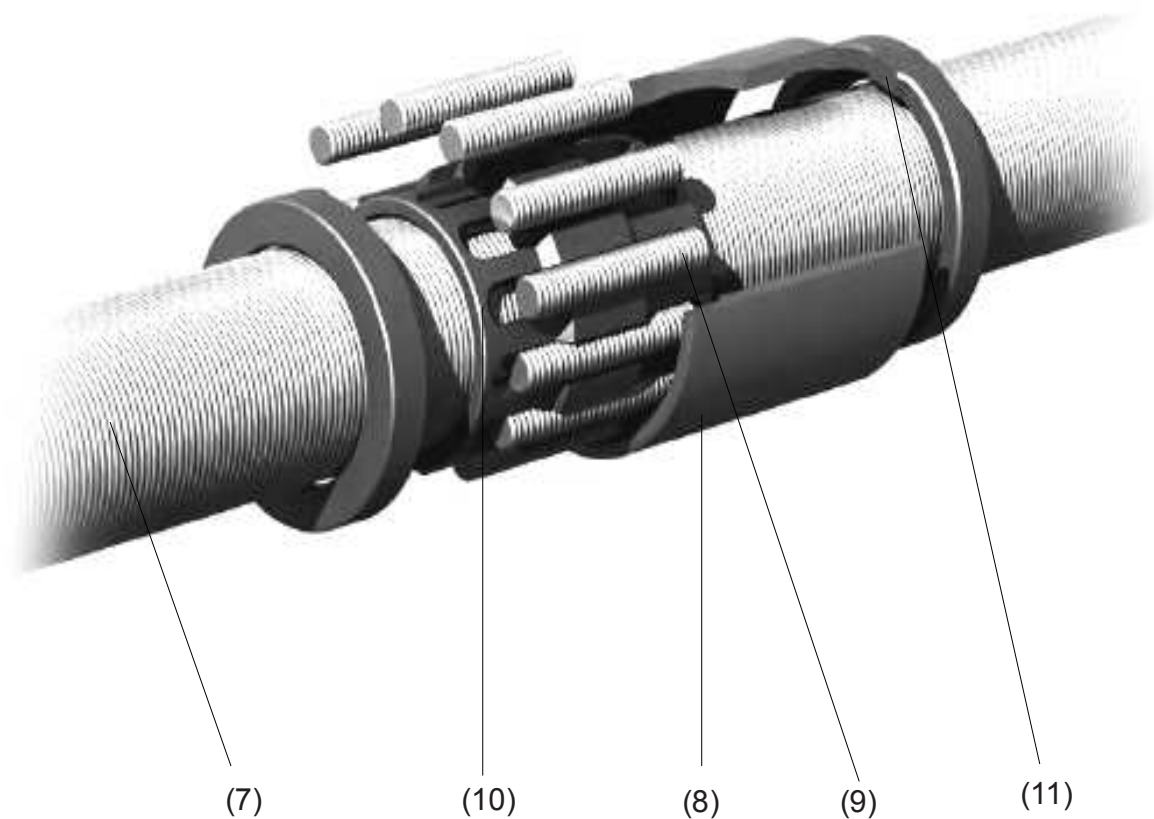
Bauform RVR

Gewinderollenschraubtriebe der Bauform RVR (Bild 2) weisen sehr kleine Steigungen auf und werden hauptsächlich dort eingesetzt, wo eine hohe Positioniergenauigkeit bei hoher Steifigkeit und Tragfähigkeit benötigt wird.

Die Hauptelemente der Gewinderollenschraubtriebe RVR sind die Gewindespindel (7), die Gewindemutter (8) und die dazwischen angeordneten Rollen (9). Die Rollen werden in einem Käfig (10) geführt und auf Abstand gehalten.

Die Gewindespindel besitzt ein ein- oder zweigängiges Gewinde mit dreieckigem Gewindeprofil, wobei der Flankenwinkel 90° beträgt. Die Mutter besitzt ein Innengewinde mit der gleichen Steigung wie das Spindelgewinde. Dagegen haben die Rollen kein Gewinde, sondern abstandsgleiche und zur Spindelachse senkrecht angeordnete Rillen. Der Rillenabstand entspricht der Gewindesteigung von Spindel und Mutter. Ballig sind die Flanken ausgeführt, der Winkel zwischen den Flanken beträgt 90° .

Bei einer Drehbewegung der Spindel oder der Mutter bewegen sich die Rollen axial in der Mutter. Jede Rolle wird nach einem Umlauf in einer Längsnut in der Mutter zurückgeführt, wobei die Käfigtaschen etwas länger sind als die Rollen, um die axiale Bewegung der Rolle in der Mutter zu ermöglichen. Die Rückführung wird durch Nocken bewirkt, die an den zwei jeweils am Muttermende befestigten Ringen (11) angesetzt sind.



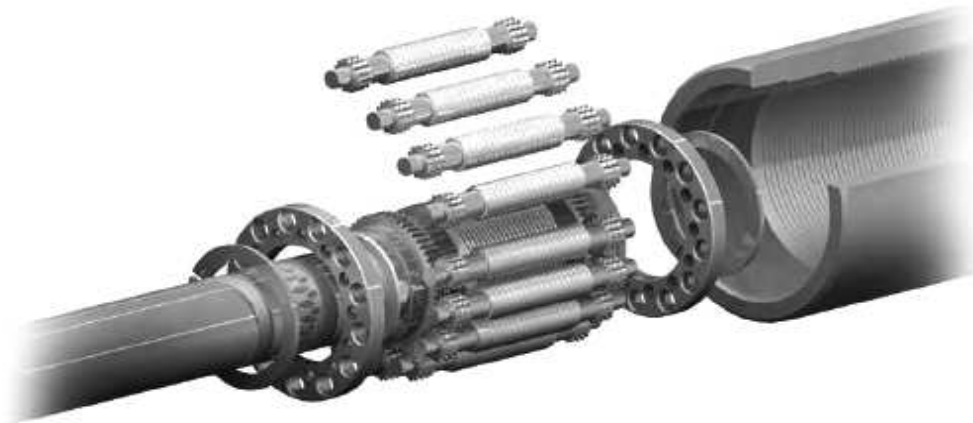
GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Bauform RVI

Gewinderollenschraubtriebe der Bauform RVI (Bild 3) arbeiten nach demselben Prinzip wie die Bauform RV, wobei lediglich das System invertiert ist; d.h. das die Rollen sich um die Spindel drehen und nicht wie bei der RV die Mutter um die Spindel. Dabei bewegen sich die Rollen axial in der Mutter.

Ausgenommen nur der Teil der Spindel, um die sich die Rollen drehen müssen, kann die Spindel als austreibender Lagerzapfen ausgeführt sein und jegliche Form besitzen (z.Bsp. Verdrehsicherung bei Aktuatoren).

Die Mutter ist auf ihrer gesamten Länge mit einem Gewinde versehen und ist sehr viel länger als bei den RV-Typen. Sie bestimmt die Länge des Hubes der Spindel und limitiert durch ihre Länge diesen.



Bauform RVD

Die Type RVD ist eine aktuelle Variante der RV-Reihe. Ihre Bauteile werden, absolut genau nach dem Anwendungsfall berechnet und eingestellt, dazu benutzt, extrem kleine Steigungen ($< 0,02$ mm) zu realisieren.

Die Bewegungen der Rollen in diesem hochkomplexen System verhindern eine große Bandbreite an Anwendungen. Muttern der RVI-Type sind im Durchmesser größer als die der RV-Reihe.

Auswahl des Gewindetyps :

	Ist geeignet für :	Ist nicht geeignet für :
RV	- hohe Geschwindigkeiten - große Steigungen - hohe Genauigkeit	große Durchmesser mit kleiner Steigung
BRV	- hohe Geschwindigkeiten - große Steigungen - mittlere Genauigkeit (G9)	große Durchmesser mit kleiner Steigung
RVR	- geringen Platzbedarf - kleine Steigungen (von 0,5 bis 5 mm)	hohe Geschwindigkeiten

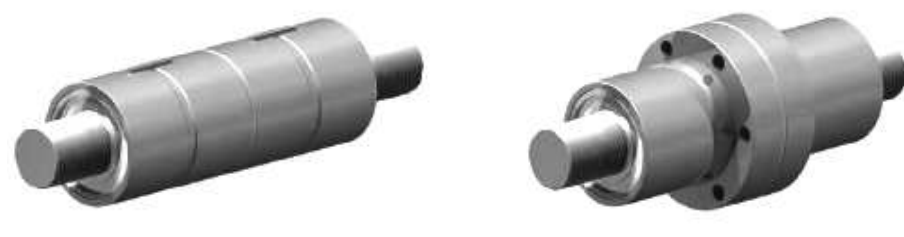
GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Mutternausführungen

Die Gewinderollenschraubtriebe sind standardmässig mit 3 verschiedenen Mutternausführungen lieferbar, nämlich mit:

- Einzelmutter (ES)
- Geteilte Mutter (EF)
- Doppelmutter (ED)

Die Einzelmutter weisen ein geringes Axialspiel von (0,01 - 0,03 mm auf). Geteilte Zylindermuttern werden im Gehäuse durch Zusammenspannen der beiden Mutternhälften vorgespannt. Damit die vorgesehene Vorspannung eingehalten wird, ist zwischen den beiden Mutternhälften ein werkseitig genau eingepasster Distanzring vorgesehen. Bei den geteilten Flanshmutter ist ebenfalls ein eingepasster Distanzring vorgesehen, dessen Breite jedoch so ausgelegt ist, dass die beiden Mutternhälften auseinander gedrückt werden. Die Mutternhälften werden jeweils mit einer gemeinsamen Passfeder gegeneinander ausgerichtet. Die Vorspannung von Doppelmutter erfolgt grundsätzlich auf die gleiche Weise wie diejenige von geteilten Mutter.

			Einzelmutter mit Axialspiel mit Abstreifern, wenn gewünscht
			geteilte Mutter vorgespannt, ohne Axialspiel, gleiche Abmessungen wie Einzelmutter, reduzierte Tragzahlen, mit Abstreifern, wenn gewünscht
			Doppelmutter Zwei Einzelmutter, vorgespannt, ohne Axialspiel, gleiche Tragzahlen wie Einzelmutter, ca. doppelte Länge, mit Abstreifern, wenn gewünscht
<i>Form A</i> 	<i>Form B</i> 		
Flanschformen			

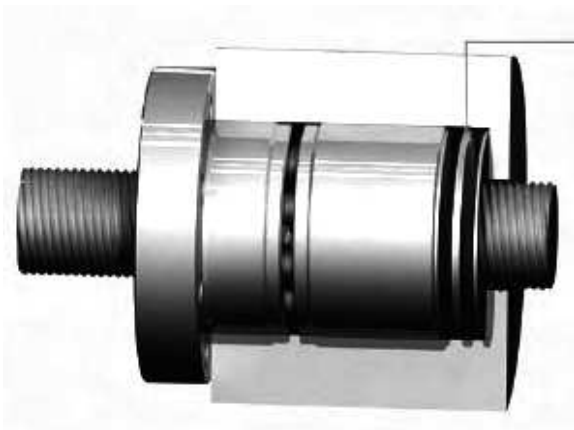
GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Vorspannung durch geschliffenen Distanzring

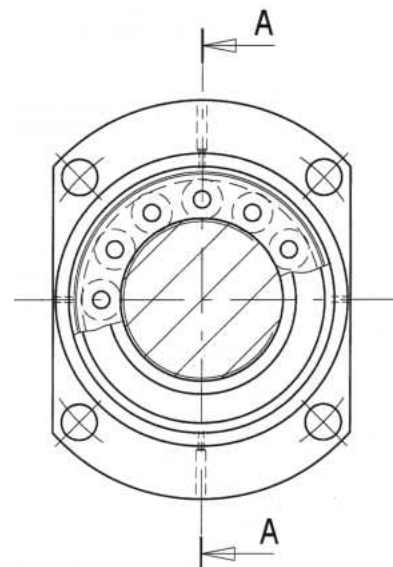
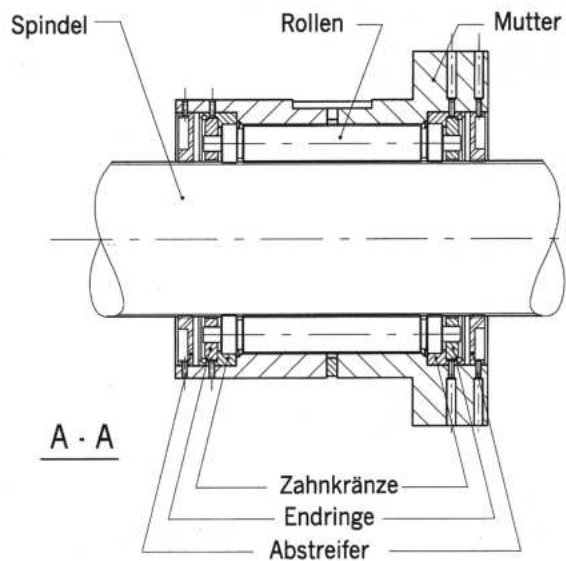


Vorspannung durch Tellerfeder

Tellerfeder



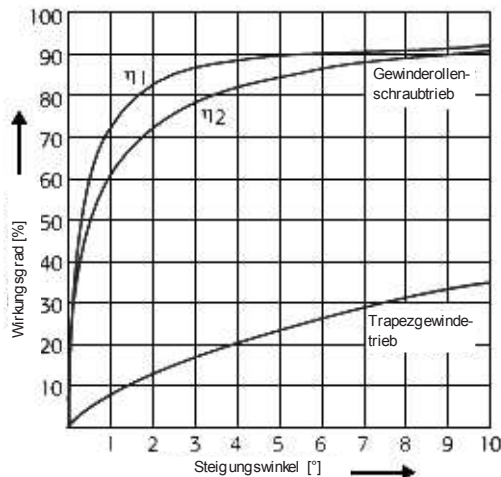
Interner Aufbau einer Mutter



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Wirkungsgrad

Durch eine Optimierung der Abrollgeometrie wird bei Gewinderollenschraubtrieben ein hoher mechanischer Wirkungsgrad erreicht. Zeigt die Krafrichtung gegen die Bewegungsrichtung, spricht man von Heben, der Wirkungsgrad η_1 , gilt. Liegt jedoch die Kraft in der Bewegungsrichtung, gilt der Wirkungsgrad η_2 für Senken. Unten aufgeführtes Diagramm zeigt die Wirkungsgrade η_1 für Heben und η_2 für Senken in Abhängigkeit des Steigungswinkels. Zum Vergleich ist der Wirkungsgrad eines Trapezgewindetriebes eingezeichnet. Der Gewinderollenschraubtrieb ist im Gegensatz zu einem Gleitschraubtrieb nicht selbsthemmend.



Vorteile von Gewinderollentrieben

- hohe axiale Belastung
- Genauigkeit bis zu 6 μm / 300 mm
- lange Lebensdauer
- hohe Umdrehungsgeschwindigkeit
- hoher Wirkungsgrad (bei RV und BRV)
- Spielfreiheit möglich
- kleine Steigungen möglich (ab 0,02 mm bei RVD)
- hohe Steifigkeit mit großen Durchmesser (bei RVR)

Anwendungen

Die Eigenschaften der Satelliten-Rollenspindel haben sich in vielen Fällen bewährt. Hier einige Einsatzfelder :

- Werkzeugmaschinen
- Raumfahrt (Funkantennenausrichtung bei Satelliten)
- Optik
- Messmaschinen
- Verteidigungstechnik (Lafettenverstellung)
- Kinematik
- Spezialmaschinen
- Graphische Maschinen
- Ölindustrie (Abdrückanlagen für Pipelinerohre)
- Lasermaschinen
- Robotik
- Nuklearindustrie
- Spritzgußmaschinen
- Luftfahrt (Rotorverstellung von Hubschraubern, Flügelverstellung von Schwenkflügeln)
- Medizintechnik
- Automobilindustrie (Schweißzangen von Blechschweißanlagen)
- Chemieanlagen (Dosiereinheiten)

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

	RV	2	1	0	/	30.	5.	R	3	.	600 000
Ausführung RV = ohne Rollenrückführung geschliffenes Spindelgewinde BRV = ohne Rollenrückführung gerolltes Spindelgewinde RVR = mit Rollenrückführung geschliffenes Spindelgewinde RVI = Reversiersystem geschliffenes Spindelgewinde RVD = Differentialspindel, geschliffenes Spindelgewinde	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Muttertyp 1 = Einzelmutter 2 = geteilte Mutter 3 = Doppelmutter		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Mutternausführung in Klammern () alte Nummer 1 (1) = Zylindermutter 6 (2) = Flanscmutter mit Endenflansch 7 (3) = Flanscmutter mit Mittenflansch 8 (4) = Sonderausführung			↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Abstreifer 0 = ohne Abstreifer 1 = mit Abstreifer				↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Spindel-Durchmesser d₀ Angaben in mm					↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Nenn-Steigung P Angaben in mm						↑	↑	↑	↑	↑	↑
Steigungsrichtung R = rechts L = links B = links-rechts							↑	↑	↑	↑	↑
Genauigkeit G1 = 6 µm / 300 mm G3 = 12 µm / 300 mm G5 = 23 µm / 300 mm G9 = 200 µm / 1000 mm (BRV)								↑	↑	↑	↑
6 – stellige Nummer zur Definition der Kundenspezifikation											↑

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Montage

Mutter und Spindel sollten nach Möglichkeit nicht demontiert werden.

Ist dies dennoch erforderlich, muss eine Montagehülse verwendet werden.

Aussendurchmesser d_3 der Montagehülse :

$$d_3 = d_2 + 0,005$$

(d_2 = Spindelkern Durchmesser)

Vorgehen :

1. Montagehülse auf Lagerzapfen setzen.
2. Mutter vorsichtig von der Spindel auf die Montagehülse drehen.

3. Montagehülse mit der Mutter vom Lagerzapfen ziehen.
4. Mutter auf der Montagehülse lagern.
5. Montage der Mutter in umgekehrter Reihenfolge.

Vorsicht

RV-Spindeln weisen immer ein mehrgängiges Gewinde auf. Stellt man bei der Montage der Mutter ein verändertes Leerlaufmoment fest, muss die Mutter nochmals demontiert und um einen Gewindegang versetzt montiert werden !

Spindelmontage

Bei der Spindelmontage sind folgende Punkte zu beachten.

1. Spindel und Schlittenführungen möglichst achsparallel ausrichten.
2. Mutter an/im Gehäuse befestigen.
3. Ganze Gewindelänge mit der Mutter abfahren und den Gewinderollenschraubtrieb auf seine Leichtgängigkeit prüfen.

Handhabung Gewinderollenschraubtriebe

Bitte lesen Sie folgende Handhabungshinweise sorgfältig durch. Um einen optimalen Einsatz und eine lange Lebensdauer der Gewinderollenschraubtriebe zu garantieren, müssen sämtliche Punkte genau befolgt werden. Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an LTK Lineartechnik Korb.



Schmierung → Gewinderollenschraubtriebe werden vor dem Versand leicht mit Standardfett eingefettet (sofern nicht Ölschmierung verlangt ist). Das Fett muss nicht abgewaschen werden. Nachschmierung ausschliesslich mit diesem Fett.



Transport → Bitte Rollvis Gewinderollenschraubtriebe vorsichtig handhaben: nicht fallen lassen, GRT-Gewinde nicht beschädigen.



Montage → Mutter nicht herunterschrauben (oder nur mit Montagehülse → siehe Seite XX). Rollvis Gewinderollenschraubtriebe sorgfältig achsparallel zur Führung ausrichten. Fluchtungsfehler führen zur Beschädigung des GRT.



Lagerung → Gewinderollenschraubtriebe erst kurz vor dem Einbau aus der Originalverpackung entnehmen.



Durchbiegung → Radialkräfte auf die Mutter sind zu vermeiden..

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Genauigkeit von Gewinderollenschraubtrieben

Gewinderollenschraubtriebe sind in Toleranzklassen unterteilt, die an die DIN 69051, Teil 3 (Kugelmotoren) angepasst sind. Maßgebend ist die Steigungsabweichung V_{300p} die sich auf eine Gewindelänge von 300 mm bezieht. Folgend sind die 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 $\mu\text{m}/1000\text{ mm}$

Die geschliffenen Positionier-Gewinderollenschraubtriebe sind in den Toleranzklassen G1, G3 und G5 erhältlich, die gerollten Transport-Gewinderollenschraubtriebe Typ BRV ausschließlich in G9.

Steigungsabweichung

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

$$e_p = 2 * \left(\frac{\ell_u}{1000} \right) * V_{300p}$$

Die Steigungsabweichung e_p von Positionier-Gewinderollenschraubtrieben ist aus u.g. Bild 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_0	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 Nutzweg 1,
v_{up}	Wegschwankung über den Nutzweg 1.
$V_{2\pi p}$	Wegschwankung innerhalb einer Umdrehung

ℓ_u		e_p Toleranz-Klasse		
über	bis	G1	G3	G5
[mm]		[μm]		
	315	6	12	23
315	400	7	13	25
400	500	8	15	27
500	630	9	16	30
630	800	10	18	35
800	1000	11	21	40
1000	1250	13	24	46
1250	1600	15	29	54
1600	2000	65		
2000	2500	77		
2500	3150	93		

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Schmierung

Bei Gewinderollenschraubtrieben sind im Allgemeinen die gleichen Schmierstoffe wie bei Wälzlager zu verwenden.

Es kann sowohl mit Öl als auch mit Fett geschmiert werden.

Welche Schmierungsart gewählt wird, hängt hauptsächlich von den Betriebsbedingungen und den Voraussetzungen für die Wartung ab.

Wenn bei Bestellung vom Kunden keine Schmierangaben vorliegen, wird werkseitig das Rollvis Standardfett eingesetzt.

Ölschmierung

Zur Schmierung von Gewinderollenschraubtrieben sind Umlaufschmieröle auf Mineralölbasis mit EP-Zusätzen zur Erhöhung der Alterungsbeständigkeit und des Korrosionsschutzes gemäß CL nach DIN 51517, Teil 2, besonders geeignet. Für die Auswahl der Viskosität sind die Drehzahl, die Umgebungstemperatur und die Betriebstemperatur maßgebend.

Die erforderliche Ölmenge ist vom Spindeldurchmesser, der Anzahl der tragenden Rollen und der abzuführenden Wärmemenge abhängig.

Als Richtwerte können von $1 \text{ cm}^3/\text{h}$ (bei kleinen Spindeldurchmessern) bis zu $30 \text{ cm}^3/\text{h}$ (bei den größten Spindeldurchmessern) angesetzt werden.

Bei hoher Beanspruchung werden möglichst kurze Schmierintervalle (... 5 Minuten), bei geringeren Beanspruchungen längere (5 Minuten bis 1 h) empfohlen.

Bei hoher Last und Umfangsgeschwindigkeit sollte das Öl automatisch zugeführt werden.

Bei Tauchschmierung ist der Ölstand so vorzusehen, dass die unterste Rolle voll ins Öl eintaucht.

Die Ölmenge und die Ölwechselfrist sind abhängig von der Beanspruchung und dem Einbau.

Wir bitten, bei LTK rückzufragen.

Die Viskosität des Schmieröls ist so zu wählen, dass sich an den Berührungsflächen ein ausreichend tragfähiger Schmierfilm bilden kann.

Aus u.a. Diagramm erhält man die anzustrebende Betriebsviskosität ζ_k in Abhängigkeit von der mittleren Drehzahl des Gewinderollenschraubtriebes und dem Spindeldurchmesser.

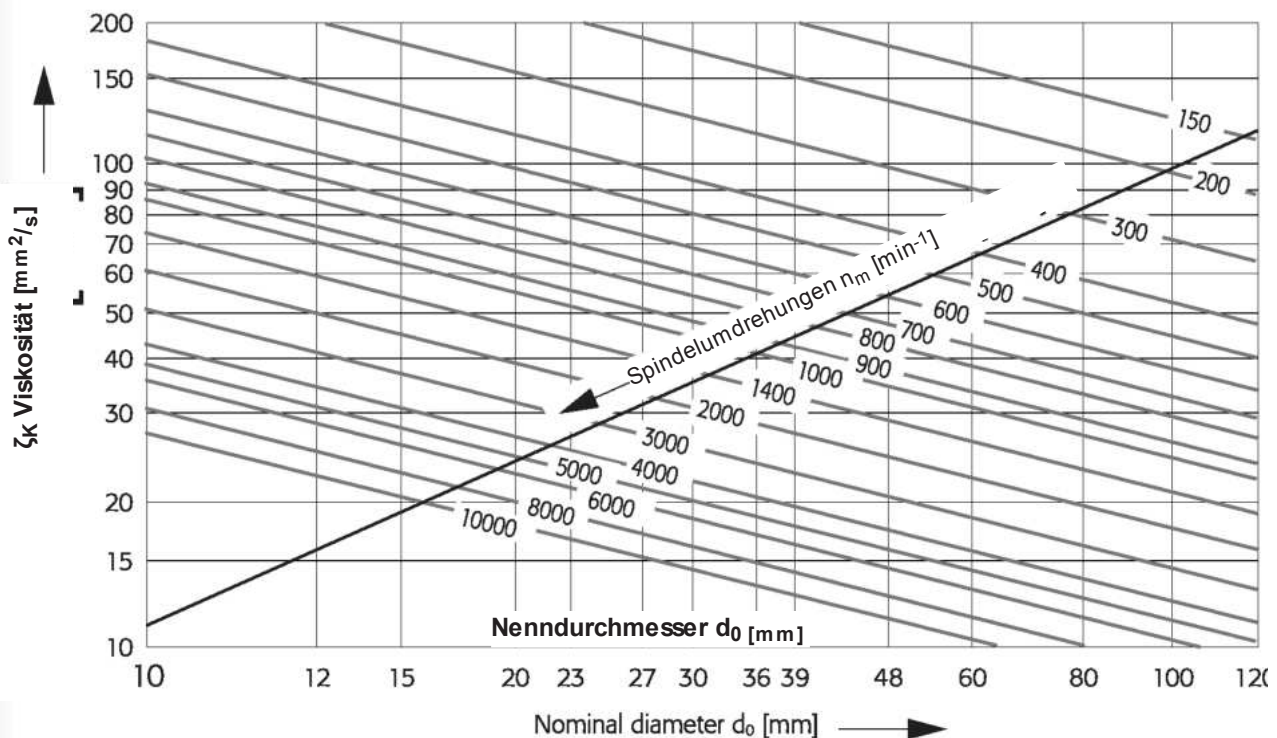
Diese Viskosität ζ_k stellt einen Schmierzustand sicher, der bei guter Sauberkeit im Schmierpalt problemlos die nominelle Lebensdauer erreichen lässt.

Aus der Viskosität ζ_k kann mit Hilfe des Viskositäts-Temperatur-Diagramms (V-t-Diagramm nächste Seite) und der Betriebstemperatur die Nennviskosität ermittelt werden.

Die Nennviskosität ist die Viskosität des Öls bei 40°C . In das V-t-Diagramm sind die Viskositätsklassen ISO VG (DIN 51519) eingetragen.

Im Diagramm unten sind die Nenndurchmesser für die Gewinderollenschraubtriebe RV eingetragen. Bei den Gewinderollenschraubtrieben RVR sind die Nenndurchmesser teilweise unterschiedlich.

Hier können die Werte für die erforderliche Betriebsviskosität durch Interpolation ermittelt werden.



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Wegen der Stufensprünge können sich Zwischenwerte ergeben; sie sind auf die nächst höhere oder nächst niedrigere Viskosität zu runden.

Zur Bestimmung der Nennviskosität muss die Betriebstemperatur bekannt sein oder geschätzt werden. Die Betriebstemperatur ist die an der stillstehenden Mutter gemessene Temperatur.

Mit der Nennviskosität bei 40°C kann aus den Listen der Ölhersteller ein geeignetes Öl ausgesucht werden. Im Allgemeinen ist es ausreichend, für die Festlegung des Schmierstoffes von einer Betriebstemperatur von 30°C auszugehen.

Nach dem Diagramm auf der vorherigen Seite ergibt sich für die Drehzahl $n_m = 1400 \text{ min}^{-1}$ und den Nenndurchmesser von 39 mm eine Betriebsviskosität $\zeta_k = 33 \text{ mm}^2/\text{s}$. Im V-t-Diagramm (Diagramm unten) schneiden sich die Temperaturachse 25°C und die Viskositätsachse bei $34 \text{ mm}^2/\text{s}$ zwischen ISO VG 15 und ISO VG 22.

Gewählt wird ein Öl der Viskositätsklasse ISO VG 22.

Mit dieser Viskositätsklasse kann ein geeignetes Öl CLP (DIN 51517) oder HLP (DIN 51525) ausgesucht werden.

Fettschmierung

Bei Fettschmierung sind Schmierfette KP (DIN 51825, Teil 3) der Konsistenzkennzahl 2 vorzusehen. Die Nachschmierfristen hängen von der Anordnung der Spindel, deren Grösse und Betriebsbedingungen ab.

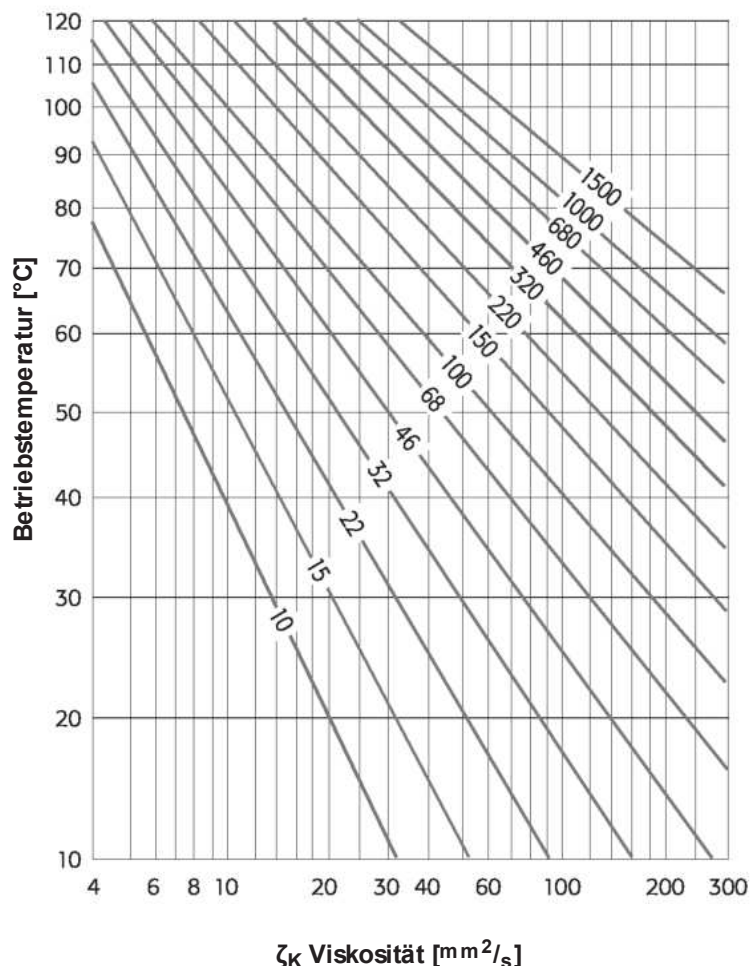
LTK gibt auf Wunsch Empfehlungen für den jeweiligen Einsatzfall.

Beispiel :

Gewinderollenschraubtrieb
RV 39 x 10

Mittlere Betriebsdrehzahl :
 $n_m = 1400 \text{ min}^{-1}$

Betriebstemperatur (geschätzt) :
= 25°C



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Berechnungsrichtlinien

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 .

$$n_m = \left(\frac{q_1}{100} * n_1 \right) + \left(\frac{q_2}{100} * n_2 \right) + \left(\frac{q_n}{100} * n_n \right) \quad [\text{min}^{-1}]$$

Bei veränderlicher Belastung und konstanter Drehzahl n gilt für die mittlere Belastung F_m :

$$F_m = \sqrt[3]{\left(F_1^3 * \left(\frac{q_1}{100} \right) + F_2^3 * \left(\frac{q_2}{100} \right) + F_n^3 * \left(\frac{q_n}{100} \right) \right)} \quad [N]$$

Bei veränderlicher Belastung und veränderlicher Drehzahl n gilt für die mittlere Belastung F_m :

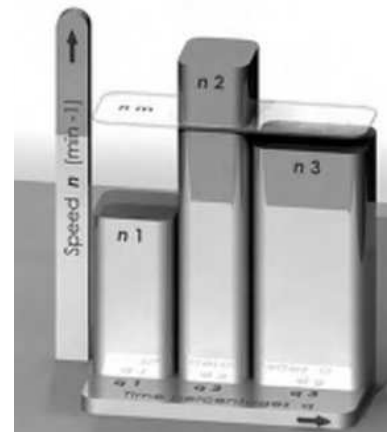
$$F_m = \sqrt[3]{\left(F_1^3 * \left(\frac{q_1}{100} * \left(\frac{n_1}{n_m} \right) \right) + F_2^3 * \left(\frac{q_2}{100} * \left(\frac{n_2}{n_m} \right) \right) + F_n^3 * \left(\frac{q_n}{100} * \left(\frac{n_n}{n_m} \right) \right) \right)} \quad [N]$$

Bei linear veränderlicher Belastung und konstanter Drehzahl gilt für die mittlere Belastung F_m :

$$F_m = \frac{(F_{\min} + 2 * F_{\max})}{3} \quad [N]$$

wobei :

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



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

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.

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 $F_{1v} \dots F_{nv}$.

Besteht beispielsweise die Forderung nach Spielfreiheit bei allen Betriebslasten, dann muss die Vorspannung F_v nach der maximalen Betriebslast F_{max} ausgelegt werden.

$$F_v = \left(\frac{F_{max}}{2,83} \right) [N]$$

Ist ein Gewinderollenschraubtrieb nur für eine bestimmte Betriebslast spiel-frei auszulegen, dann wird die Vorspannung F_v für die entsprechende Belastung F_{max} gewählt.

$$F_v = \left(\frac{F_n}{2,83} \right) [N]$$

Standardmässig werden geteilte Muttern und Doppelmuttern 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 :

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

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

Entlastete Mutterhälfte :

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

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

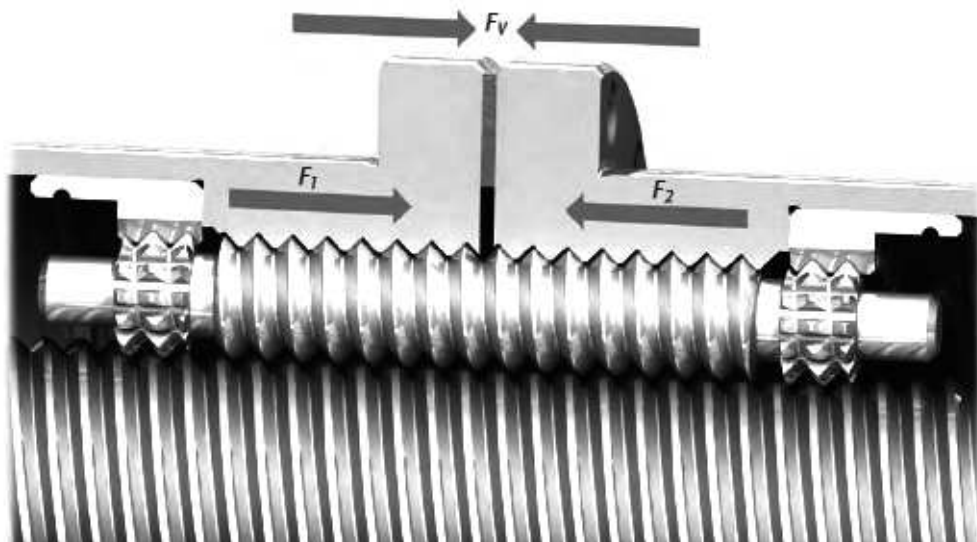
wobei :

$F_1 \dots F_n [N]$: 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



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Berechnungsrichtlinien

Nominelle Lebensdauer

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

Nominelle Lebensdauer spielbehafteter Einzelmuttern

Die nominelle Lebensdauer einer spielbehafteten Einzelmutter berechnet sich nach folgender Formel :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_m} \right)^3 * 10^6 \quad [min^{-1}]$$

bzw.

$$L_h = \frac{L_{10}}{(n_m * 60)} \quad [h]$$

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

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

Zum Berechnen der Lebensdauer in Nutzustunden L_{hN} kommt folgende Formel zur Anwendung: :

$$L_{hN} = \frac{L_h}{f_N} \quad [h]$$

wobei :

L_{10}	[Umdr.]	: modifizierte Lebensdauer
C	[N]	: dynamische Tragzahl
L_{hN}	[h]	: modifizierte Lebensdauer
f_r	[-]	: Zuverlässigkeitsfaktor
F_m	[N]	: mittlere Belastung (spielbehaftete Einzelmutter)
L_{10}	[Umdr.]	: nominelle Lebensdauer
F_{ma}	[N]	: mittlere Belastung (vorgespannte Mutter)
L_h	[h]	: nominelle Lebensdauer
n_m	[min ⁻¹]	: mittlere Drehzahl
f_N	[-]	: Nutzfaktor
L_{hN}	[h]	: Lebensdauer in Nutzustunden

Der Nutzfaktor f_N errechnet sich dabei wie folgt :

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

Nominelle Lebensdauer vorgespannter Muttern

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

$$L_{10(1)} = \left(\frac{C}{F_{ma1}} \right)^3 * 10^6 \quad [min^{-1}]$$

$$L_{10(2)} = \left(\frac{C}{F_{ma2}} \right)^3 * 10^6 \quad [min^{-1}]$$

$$L_{10} = ((L_{10(1)})^{-(10/9)} + (L_{10(2)})^{-(10/9)})^{-(9/10)} \quad [min^{-1}]$$

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Berechnungsrichtlinien

Steifigkeit eines Gewinderollenschraubtriebes

Die Gesamtsteifigkeit C_{ges} eines Gewinderollenschraubtriebes setzt sich aus folgenden Einzelsteifigkeiten zusammen :

- C_{me} Steifigkeit der Mutter
- C_{sp} Spindelsteifigkeit
- C_L Steifigkeit der Lagerung
- C_U Steifigkeit der Umgebungs-konstruktion

Steifigkeit C_{me} der Mutter

Die Steifigkeit C_{me} der gesamten Gewinderollenschraubmutter kann annähernd mit folgender Formel ermittelt werden :

$$C_{me} = f_m * f_k * F_n^{(1/3)} \quad [N/\mu m]$$

- f_m für Einzelmutter ES = 0,75
- f_m für geteilte Mutter EF = 1
- f_m für Doppelmutter ED = 1,5

Für die im Tabellenteil angegebenen C_{me} -Werte bei Standardvorspannung wurde für F_n folgende Bedingung festgelegt :

$$F_n = 2,83 * F_v \quad [N]$$

Steifigkeit C_s der Spindel

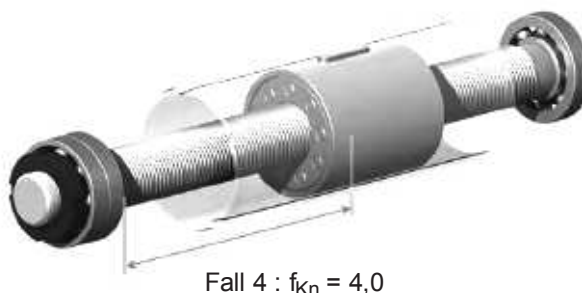
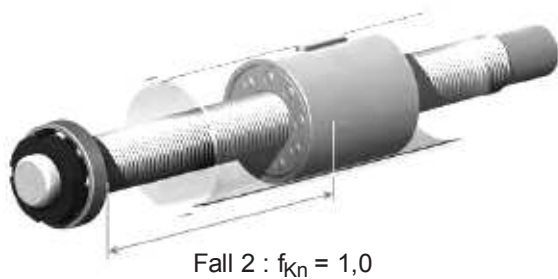
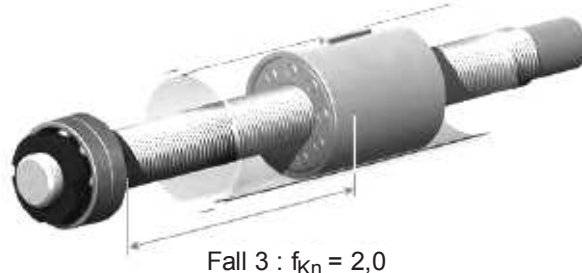
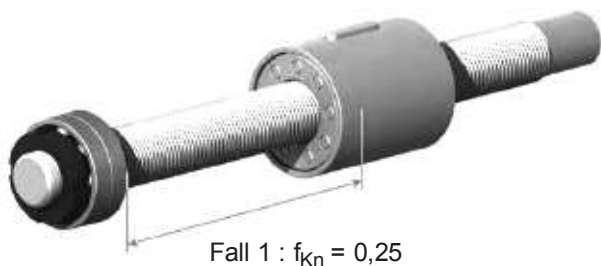
Die Spindelsteifigkeit C_s kann mit folgender, vereinfachter Formel berechnet werden :

$$C_s = 164 * \left(\frac{d_0}{l}\right) \quad [N/\mu m]$$

Zulässige Knickkraft F_{knzul} bei der Drehzahl $n = 0$

Zur Bestimmung der zulässigen Knickkraft gilt folgende Formel :

$$F_{Knzul} = 0,8 * 101,6 * f_{kn} * \left(\frac{d_0^4}{l}\right) \quad [kN]$$



wobei :

- F_v [N] : Vorspannkraft
- F_n [N] : Axialbelastung
- C_{me} [$N/\mu m$] : Steifigkeit der Mutter
- C_s [$N/\mu m$] : Steifigkeit der Spindel
- F_k [$N^{2/3}/\mu m$] : Steifigkeitsfaktor

- f_m [-] : Korrekturfaktor
- l [mm] : freie Spindellänge
- d_0 [mm] : Spindel-Nenndurchmesser
- F_{knzul} [N] : zulässige Knickkraft
- f_{kn} [-] : Korrekturfaktor für die Lagerungsart

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Montage

Mutter und Spindel sollten nach Möglichkeit nicht demontiert werden.

Ist dies dennoch erforderlich, muss eine Montagehülse verwendet werden.

Aussendurchmesser d_3 der Montagehülse :

$$d_3 = d_2 + 0,005$$

(d_2 = Spindelkern Durchmesser)

Vorgehen :

1. Montagehülse auf Lagerzapfen setzen.
2. Mutter vorsichtig von der Spindel auf die Montagehülse drehen.

3. Montagehülse mit der Mutter vom Lagerzapfen ziehen.

4. Mutter auf der Montagehülse lagern.

5. Montage der Mutter in umgekehrter Reihenfolge.

Vorsicht

RV-Spindeln weisen immer ein mehrgängiges Gewinde auf. Stellt man bei der Montage der Mutter ein verändertes Leerlaufmoment fest, muss die Mutter nochmals demontiert und um einen Gewindegang versetzt montiert werden !

Spindelmontage

Bei der Spindelmontage sind folgende Punkte zu beachten.

1. Spindel und Schlittenführungen möglichst achsparallel ausrichten.
2. Mutter an/im Gehäuse befestigen.
3. Ganze Gewindelänge mit der Mutter abfahren und den Gewinderollenschraubtrieb auf seine Leichtgängigkeit prüfen.

Handhabung Gewinderollenschraubtriebe

Bitte lesen Sie folgende Handhabungshinweise sorgfältig durch. Um einen optimalen Einsatz und eine lange Lebensdauer der Gewinderollenschraubtriebe zu garantieren, müssen sämtliche Punkte genau befolgt werden. Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an LTK Lineartechnik Korb.



Schmierung → Gewinderollenschraubtriebe werden vor dem Versand leicht mit Standardfett eingefettet (sofern nicht Ölschmierung verlangt ist). Das Fett muss nicht abgewaschen werden. Nachschmierung ausschliesslich mit diesem Fett.



Transport → Bitte Rollvis Gewinderollenschraubtriebe vorsichtig handhaben: nicht fallen lassen, GRT-Gewinde nicht beschädigen.



Montage → Mutter nicht herunterschrauben (oder nur mit Montagehülse → siehe Seite XX). Rollvis Gewinderollenschraubtriebe sorgfältig achsparallel zur Führung ausrichten. Fluchtungsfehler führen zur Beschädigung des GRT.



Lagerung → Gewinderollenschraubtriebe erst kurz vor dem Einbau aus der Originalverpackung entnehmen.



Durchbiegung → Radialkräfte auf die Mutter sind zu vermeiden..

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Berechnungsrichtlinien

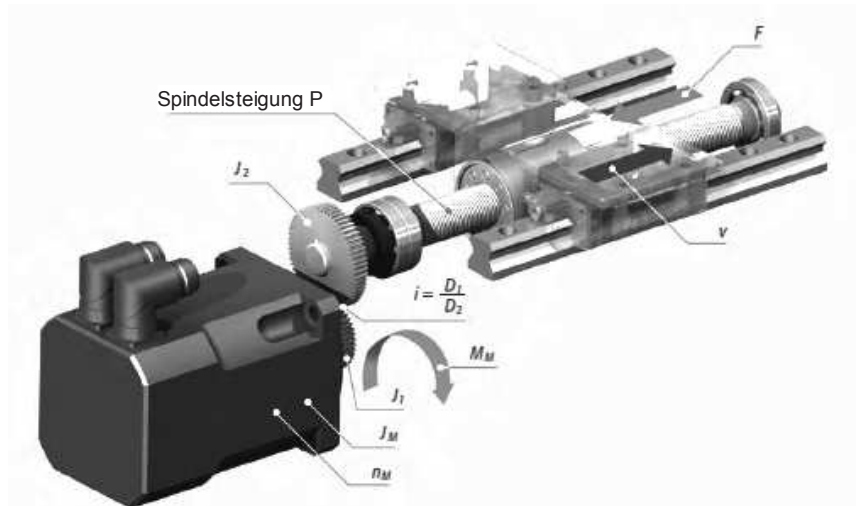
Antriebsmoment

Mit folgenden Formeln können sämtliche Größen berechnet werden, die zur Motorauslegung benötigt werden.

Zu beachten ist, dass bei vorgespannten Muttern das Leerlaufmoment M_V aufgrund der Vorspannkraft F_V mit berücksichtigt werden muss.

Für spielbehaftete Einzelmuttern gilt :

$$M_V = 0 \quad [Nm]$$



Motorenantriebsmoment M_M bei konstanter Geschwindigkeit :

$$\text{Leerlaufmoment} : M_V = \frac{(F_v * p * i * c)}{(2000 * \pi)} \quad [Nm]$$

$$\text{Lastmoment <<Heben>> : M_{L1} = \frac{(p * i * F)}{(2000 * \pi * \eta_1)} \quad [Nm]$$

$$\text{Lastmoment <<Senken>> : M_{L2} = \frac{(p * i * F * \eta_2)}{(2000 * \pi)} \quad [Nm]$$

In der Vorschubkraft F müssen die Reibkräfte der Schlittenführung berücksichtigt werden :

$$\text{Motorenantriebsmoment} : M_M = (M_V + M_{L1,2} + M_R * i) \quad [Nm]$$

Wird das Motorantriebsmoment negativ (im Fall « Senken » möglich), so muss der Motor gebremst werden.

$$\text{Motorenantriebsleistung} : P_M = \frac{(M_M * n_M)}{9,55} \quad [W]$$

Motorenantriebsmoment M_{ma} bei Beschleunigung

Die Berechnung des rotatorischen Massenträgheitsmomentes der Spindel J_R erfolgt hier überschlagsmässig. LTK berechnet für den Anwender gerne den exakten Wert.

$$\text{Lastmoment} : M_{La} = \frac{(P * i * (F + F_2))}{(2000 * \pi * \eta_1)} \quad [Nm]$$

$$\text{translatorisches Massenträgheitsmoment} : J_T = m_T * \left(\frac{P}{(2 * \pi)} \right)^2 * 10^6 \quad [kgm^2]$$

$$\text{rotatorisches Massenträgheitsmoment (Spindel)} : J_R = 4,8 * (d_1 + d_2)^4 * \ell * 10^{-14} \quad [kgm^2 \text{ für Stahl}]$$

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Berechnungsrichtlinien

Summe der reduzierten Massenträgheitsmomente	:	$J = J_M + J_1 + i^2 \cdot (J_R + J_2 + J_T)$	$[kgm^2]$
Motordrehzahl	:	$n_M = \frac{(v \cdot 6 \cdot 10^4)}{(P \cdot i)}$	$[min^{-1}]$
Beschleunigungsmoment	:	$M_B = \frac{(n_M \cdot J)}{(9,55 \cdot t_B \cdot \eta)}$	$[Nm]$
Beschleunigungsmoment	:	$M_B = \frac{(4 \cdot \pi \cdot s_B \cdot J)}{(P \cdot i \cdot t_B^2 \cdot \eta)}$	$[Nm]$
Beschleunigungszeit	:	$t_B = \frac{(n_M \cdot J)}{(9,55 \cdot M_B \cdot n)}$	$[s]$
Beschleunigungszeit	:	$t_B = \sqrt{\frac{(4 \cdot \pi \cdot s_B \cdot J)}{(P \cdot i \cdot M_B \cdot \eta)}}$	$[s]$
nach der Beschleunigung erreichte Drehzahl	:	$n_m = \frac{(120 \cdot s_B)}{(P \cdot i \cdot t_B)}$	$[min^{-1}]$
während der Beschleunigung zurückgelegter Weg	:	$s_B = \frac{(n_m \cdot t_B \cdot P \cdot i)}{120}$	$[mm]$
Motorantriebsmoment	:	$M_{Ma} = (M_v + M_{La} + M_R \cdot i + M_B)$	$[Nm]$
Motorantriebsleistung wobei :	:	$P_{Ma} = \frac{(M_{Ma} \cdot n_m)}{9,55}$	$[W]$
d_1 [mm] : Spindel-Aussendurchmesser bei	M_B [Nm] : Beschleunigungsmoment	P_{Ma} [W] : Motorenantriebsleistung	
d_2 [mm] : Spindel-Kerndurchmesser	M_{Ma} [Nm] : Motorantriebsmoment bei	Beschleunigung	
P [mm] : Spindelsteigung	Beschleunigung	s_B [mm] : Beschleunigungsweg	
l [mm] : Länge des Gewindetriebes	M_R [Nm] : Reibmoment der	t_B [s] : Beschleunigungszeit	
m_T [kg] : zu bewegend Masse	Spindellagerung	v [m/s] : Vorschubgeschwindigkeit	
D_1 [mm] : Durchmesser treibendes Rad	J_m [kgm ²] : Massenträgheitsmoment	n_M [min ⁻¹] : Motorendrehzahl	
D_2 [mm] : Durchmesser getriebenes Rad des	des Motors	η [-] : mech. Wirkungsgrad	
i [-] : Untersetzung	J_R [kgm ²] : rotatorisches Massenträg-	Getriebes	
F [N] : Vorschubkraft	heitsmoment der Spindel	η_1 [-] : mech. Wirkungsgrad des	
F_v [N] : Vorspannkraft	J_T [kgm ²] : translatorisches Massenträg-	GRT's für « Heben »	
F_a [N] : Beschleunigungskraft	heitsmoment der Spindel	$\eta_1 = 0,71 \dots 0,89$	
M_v [Nm] : Leerlaufmoment	J [kgm ²] : Massenträgheitsmoment	η_2 [-] : mech. Wirkungsgrad	
des			
M_{L1} [Nm] : Lastmoment « Heben » bei	J_1 [kgm ²] : Massenträgheitsmoment	GRT's für « Senken »	
konstanter Geschwindigkeit	des treibenden Rades	$\eta_2 = 0,61 \dots 0,85$	
M_{L2} [Nm] : Lastmoment « Senken » bei	J_2 [kgm ²] : Massenträgheitsmoment	c [-] : Reibwert bezogen auf	
die			
konstanter Geschwindigkeit	des angetriebenen Rades	Vorspannung	
M_M [Nm] : Motorantriebsmoment	P_M [W] : Motorenantriebsleistung bei	$c = 0,1 \dots 0,19$	
M_{La} [Nm] : Lastmoment bei Beschleunigung	konstanter Geschwindigkeit		
(Wirkungsgrade $\eta_1 + \eta_2$ siehe Seite 8)			

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Berechnungsbeispiel

Gewinderollenschraubtrieb RV 20 x 5

Nenndurchmesser : $d_0 = 19,5 \text{ mm}$
 Steigung : $P = 5 \text{ mm}$
 Mutter : geteilte Mutter (EF) vorgespannt
 Einbaulage : horizontal
 Belastungsrichtung : beidseitig
 Eilgang : einseitig entgegen Arbeitslasten

Nr.	Betriebsart	Zeitanteil $q [\%]$	Drehzahl $n [\text{min}^{-1}]$	Axiallast $F_n [\text{N}]$
1	Spitzenlast	$q_1 = 5$	$n_1 = 15$	$F_1 = 8300$
2	Vorschub Schruppen	$q_2 = 40$	$n_2 = 110$	$F_2 = 4500$
3	Vorschub Schlichten	$q_3 = 50$	$n_3 = 70$	$F_3 = 4200$
4	Eilgang	$q_4 = 5$	$n_4 = 1700$	$F_4 = 1150$

Mittlere Drehzahl : $n_m = \left(\frac{5}{100}\right) * 15 + \left(\frac{40}{100}\right) * 110 + \left(\frac{50}{100}\right) * 70 + \left(\frac{5}{100}\right) * 1700 = 165 \text{ min}^{-1}$

Vorspannung

$$F_v = \frac{4200}{2,83} = 1484 \text{ N}$$

Die Vorspannung wird für die Betriebsart « Vorschub Schlichten » auf $F_3 = 4200 \text{ N}$ festgelegt.

Belastung der Mutterhälfte 1

Die Mutterhälfte 1 wird durch die Betriebsarten 1, 2 und 3 beansprucht.

Da F_1, F_2 und $F_3 \geq 2,83 * F_v$ gilt : $F_{nv} = F_n$ somit ist : $F_{1v} = 8300 \text{ N}$
 $F_{2v} = 4500 \text{ N}$
 $F_{3v} = 4200 \text{ N}$

Durch die Betriebsart 4 wird die Mutter 1 teilweise entlastet.

Da $F_4 = 1150 \text{ N} < 2,83 * F_v$ gilt : $F_{4v} = 1484 - 0,35 * 1150 = 1082 \text{ N}$

Belastung der Mutterhälfte 2

Mutterhälfte 2 wird durch die Betriebsart 4 beansprucht. Bei den Betriebsarten 1, 2 und 3 ist die Mutterhälfte 2 unbelastet.

$$F_{1v} = F_{2v} = F_{3v} = 0$$

Da $F_4 < 2,83 * F_v$ gilt : $F_{4v} = 1484 + 0,65 * 1150 = 2232 \text{ N}$

Mittlere Belastung

Mutter 1

$$F_{ma1} = \sqrt[3]{(8300^3 * \left(\frac{15}{165}\right) * \left(\frac{5}{100}\right)) + (4500^3 * \left(\frac{110}{165}\right) * \left(\frac{40}{100}\right)) + (1082^3 * \left(\frac{1700}{165}\right) * \left(\frac{5}{100}\right))} = 3511 \text{ N}$$

Mutter 2

$$F_{ma2} = \sqrt[3]{(2232^3 * \left(\frac{1700}{165}\right) * \left(\frac{5}{100}\right))} = 1789 \text{ N}$$

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Berechnungsbeispiel

Dynamische Tragzahl für eine geteilte Mutter des Typs 20x5 : $C_{dyn} = 23\,400\text{ N}$

Lebensdauer Mutterhälfte 1 : $L_{(10(1))} = \left(\frac{23400}{3511}\right)^3 * 10^6 = \underline{296 * 10^6 min^{-1}}$

Lebensdauer Mutterhälfte 2 : $L_{(10(1))} = \left(\frac{23400}{1789}\right)^3 * 10^6 = \underline{2237 * 10^6 min^{-1}}$

Gesamte Lebensdauer : $L_{10} = [(296 * 10^6)^{-(10/9)} + (2237 * 10^6)^{-(10/9)}]^{-(9/10)} = \underline{270 * 10^6 min^{-1}}$

Lebensdauer in h
mit Einschaltdauer $f_N = 0,6$: $L_{hN} = \frac{(270 * 10^6)}{(165 * 0,6 * 60)} = \underline{45450 h}$

Muttersteifigkeit des GRT's : $C_{me} = 1 * 42,5 * 4200^{(1/3)} = \underline{686\text{ N}/\mu m}$

Spindelsteifigkeit des GRT's : $C_S = 164 * \left(\frac{19,5^2}{1000}\right) = \underline{62\text{ N}/\mu m}$
Annahme :
freie Spindellänge = 1000 mm
Spindel- $\emptyset$ = 20 mm

Lagersteifigkeit (angenommen) : $C_L = \underline{850\text{ N}/\mu m}$

Gesamtsystemsteifigkeit : $\frac{1}{C_{Ges}} = \frac{1}{686} + \frac{1}{62} + \frac{1}{850} \Rightarrow C_{Ges} = \underline{56\text{ N}/\mu m}$

Antriebsmoment
wird gerechnet für Spitzenlast
 $F_1 = 8300\text{ N}$ mit $i = 1$

Leerlaufmoment : $M_v = \frac{(1484 * 5 * 0,43)}{(2000 * \pi)} = \underline{0,5\text{ Nm}}$

Lastmoment : $M_{Li} = \frac{(8300 * 5)}{(2000 * \pi * 0,87)} = \underline{7,6\text{ Nm}}$

Lagerreibmoment (angenommen): $M_r = \underline{0,2\text{ Nm}}$

max.Motorantriebsmoment bei
Konstanter Geschwindigkeit : $M_{max} = 0,5 + 7,6 + 0,2 = \underline{8,3\text{ Nm}}$

max. Motorantriebsleistung im
Eilgang mit $F_4 = 1150\text{ N}$

Lastmoment :

max.Motorantriebsleistung bei
Konstanter Geschwindigkeit : $P_{Mmax} = \frac{(1,05 + 0,5 + 0,2) * 1700}{9,55} = \underline{312\text{ W}}$

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Vorzugsprogramm

Type RV	Durchmesser ø 3,5 mm bis ø 12 mm
	Durchmesser ø 15 mm bis ø 23 mm
	Durchmesser ø 25 mm bis ø 36 mm
	Durchmesser ø 39 mm bis ø 48 mm
	Durchmesser ø 51 mm bis ø 75 mm
	Durchmesser ø 80 mm bis ø 150 mm
Type BRV	Durchmesser ø 8 mm bis ø 44 mm
Type RVR	Durchmesser ø 8 mm bis ø 125 mm

- Bemerkungen :**
- 1) maximales Axialspiel von Einzelmuttern beträgt 0,03 mm. Auf Anfrage weniger.
 - 2) Wenn möglich, bitte eine Schmierzuführungsbohrung in der Mutter vorsehen.
Hierzu bitte LTK kontaktieren.
 - 3) Grau unterlegte Spindeltypen sind als Höchstlastspindeln ausgelegt.

Tabellendefinitionen :

P	[mm]	: Steigung
D	[mm]	: Referenzdurchmesser
N	[-]	: Anzahl der tragenden Gänge
η	[-]	: Wirkungsgrad
d_0	[mm]	: Nominaldurchmesser
d_1	[mm]	: Außendurchmesser
d_2	[mm]	: Kerndurchmesser
C_{dyn}	[kN]	: dynamische Tragzahl
C_0	[kN]	: statische Tragzahl
F_k	$[N^{2/3}/\mu m]$	: Steifigkeitsfaktor
F_v	[N]	: Vorspannkraft
M_v	[Nm]	: lastfreies Moment bedingt durch die Vorspannkraft

GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

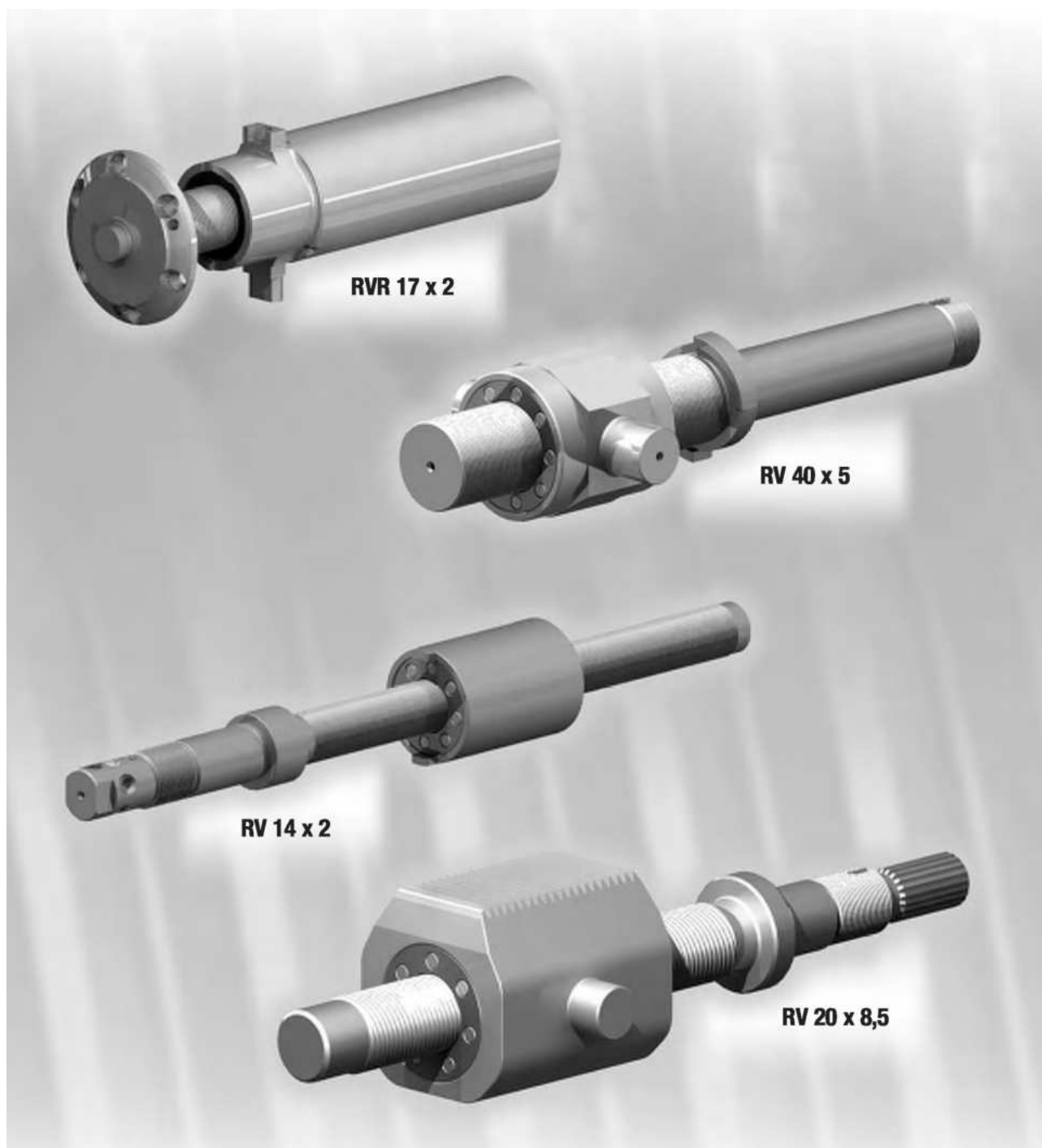
Anwendungen

Die große Flexibilität von LTK zeigt sich in der Vielfalt der Spindelformen. Hier ein paar Beispiele :



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Anwendungen



GEWINDEROLLENSCHRAUBTRIEBE

Anwendungen

