

# Genauigkeit von Kugelgewindetrieben

## Wegabweichung und Wegschwankung

Die Genauigkeit der Kugelgewindetriebe im Steigungswinkel unterliegt den japanischen JIS B 1192 (ISO 3408). Die Toleranzklassen C0 bis C5 werden nach der mittleren Wegabweichung und der Toleranz der Wegschwankung bestimmt. Dagegen sind die Toleranzklassen C7 bis C10 für die mittlere Wegabweichung über eine Länge von 300 mm definiert.

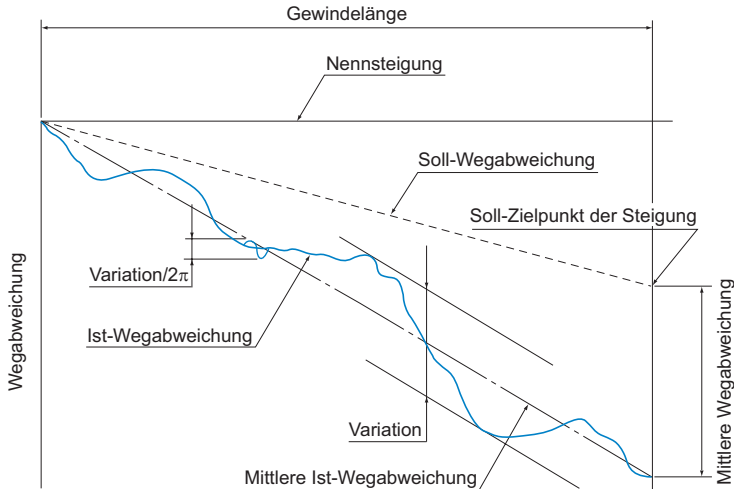


Abb. 1 Erläuterung zur Wegabweichung und Wegschwankung

### [Ist-Wegabweichung]

Die Ist-Wegabweichung ist die tatsächlich gemessene Wegabweichung des Kugelgewindetriebs.

### [Soll-Wegabweichung]

Die Soll-Wegabweichung entspricht im Allgemeinen der Nennsteigung, kann jedoch im Vergleich zur Nennsteigung ein entsprechend dem Anwendungszweck absichtlich korrigiertes Steigungsmaß besitzen.

### [Soll-Zielpunkt der Steigung]

Der Soll-Zielpunkt der Steigung wird zum Ausgleich einer durch Temperatur oder Belastung verursachten Längenänderung oder als Schutz gegen Spannungen durch Abweichungen der Nennsteigung gewählt und kann als positiver oder negativer Wert im voraus bei der Produktion berücksichtigt werden. Geben Sie bitte in diesem Fall einen Zielwert für den Soll-Zielpunkt der Steigung an.

### [Mittlere Ist-Wegabweichung]

Die mittlere Ist-Wegabweichung zeigt einen linearen Verlauf und stellt den tendenziellen Verlauf der Ist-Wegabweichung dar. Da diese grafisch einen gekrümmten Verlauf zeigt, wird die mittlere Ist-Wegabweichung durch das geometrische Mittel bestimmt.

### [Mittlere Wegabweichung ( $\pm$ )]

Differenz aus der mittleren Wegabweichung und der Soll-Wegabweichung.

### [Variation]

Toleranz der Wegschwankung, die graphisch mittels zweier parallel verlaufender Geraden am Maximum und Minimum der Ist-Wegabweichung ermittelt wird.

### [Variation/300]

Toleranz der Wegschwankung über eine Gewindelänge von 300 mm.

### [Variation/2 $\pi$ ]

Toleranz der Wegschwankung innerhalb einer Umdrehung der Gewindespindel.

Tab. 1 Wegabweichung und Wegschwankung (Maximalwerte)

Einheit:  $\mu\text{m}$ 

		Präzisions-Kugelgewindetriebe										Gerollte Kugelgewindetriebe		
		C0		C1		C2		C3		C5		C7	C8	C10
Genauigkeitsklassen		Mittlere Wegabweichung	Variation	Mittlere Wegabweichung	Variation	Mittlere Wegabweichung	Variation	Mittlere Wegabweichung	Variation	Mittlere Wegabweichung	Variation	Wegabweichung	Wegabweichung	Wegabweichung
über	bis													
—	100	3	3	3,5	5	5	7	8	8	18	18	$\pm 50/300 \text{ mm}$	$\pm 100/300 \text{ mm}$	$\pm 210/300 \text{ mm}$
100	200	3,5	3	4,5	5	7	7	10	8	20	18			
200	315	4	3,5	6	5	8	7	12	8	23	18			
315	400	5	3,5	7	5	9	7	13	10	25	20			
400	500	6	4	8	5	10	7	15	10	27	20			
500	630	6	4	9	6	11	8	16	12	30	23			
630	800	7	5	10	7	13	9	18	13	35	25			
800	1000	8	6	11	8	15	10	21	15	40	27			
1000	1250	9	6	13	9	18	11	24	16	46	30			
1250	1600	11	7	15	10	21	13	29	18	54	35			
1600	2000	—	—	18	11	25	15	35	21	65	40			
2000	2500	—	—	22	13	30	18	41	24	77	46			
2500	3150	—	—	26	15	36	21	50	29	93	54			
3150	4000	—	—	30	18	44	25	60	35	115	65			
4000	5000	—	—	—	—	52	30	72	41	140	77			
5000	6300	—	—	—	—	65	36	90	50	170	93			
6300	8000	—	—	—	—	—	—	110	60	210	115			
8000	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	260	140			

Hinweis: Der Nutzweg wird angegeben in: mm

Tab. 2 Toleranz der Wegschwankung innerhalb eines Intervalls von 300 mm und einer Umdrehung (Maximalwerte)

Einheit:  $\mu\text{m}$ 

Genauigkeitsklassen	C0	C1	C2	C3	C5	C7	C8	C10
Variation/300	3,5	5	7	8	18	—	—	—
Variation/2 $\pi$	3	4	5	6	8	—	—	—

Tab. 3 Typen und Genauigkeitsklassen

Typ	Klasse	Anmerkungen
Positionierung	0, 1, 3, 5	ISO konform
Transport	0, 1, 3, 5, 7, 10	

Beispiel: Bei der Steigungsmessung eines Kugelgewindetriebs mit dem Soll-Zielpunkt der Steigung von  $-9 \mu\text{m}$  auf 500 mm wurden folgende Messwerte ermittelt:

Tab. 4 Messergebnisse zur Wegabweichung

Einheit: mm

Vorgegebene Position (A)	0	50	100	150
Nutzweg (B)	0	49,998	100,001	149,996
Wegabweichung (A - B)	0	-0,002	+0,001	-0,004
Vorgegebene Position (A)	200	250	300	350
Nutzweg (B)	199,995	249,993	299,989	349,985
Wegabweichung (A - B)	-0,005	-0,007	-0,011	-0,015
Vorgegebene Position (A)	400	450	500	
Nutzweg (B)	399,983	449,981	499,984	
Wegabweichung (A - B)	-0,017	-0,019	-0,016	

Die gemessenen Werte sind in Abbildung Abb. 2 grafisch dargestellt.

Der Positionierfehler (A-B) wird als Ist-Wegabweichung dargestellt, während die gerade Linie für die Tendenz der (A-B)-Linie der mittleren Ist-Wegabweichung entspricht.

Die Differenz zwischen der Soll-Wegabweichung und der mittleren Ist-Wegabweichung ergibt die mittlere Wegabweichung.

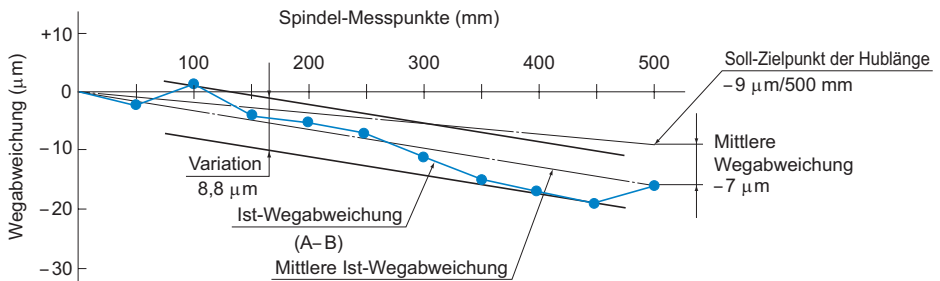


Abb. 2 Messergebnisse zur Wegabweichung

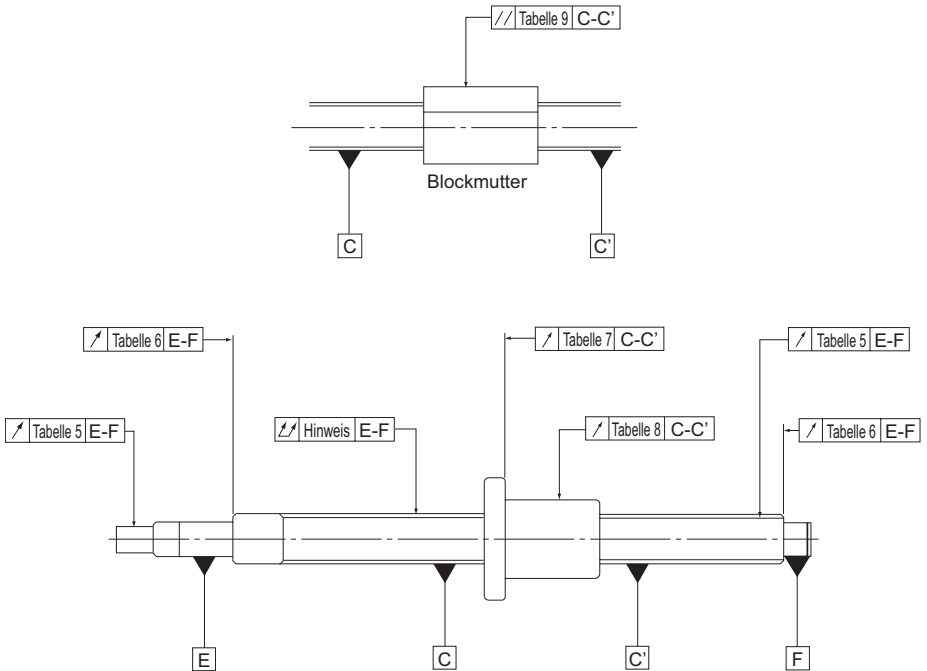
[Messungen]

Mittlere Wegabweichung:  $-7 \mu\text{m}$

Variation:  $8,8 \mu\text{m}$

## Genauigkeit der Montageoberfläche

Die Toleranzen der Montageoberflächen für Kugelgewindetriebe entsprechen der japanischen Norm JIS B 1192 (ISO 3408).



Hinweis: Siehe JIS B 1192 (ISO 3408-3) für den zulässigen Gesamtrundlauf der Gewindespindel in Bezug auf die Achse der Lagerzapfen.

Abb. 3 Genauigkeit der Montageoberfläche für Kugelgewindetriebe

**[Genauigkeitsklassen für die Montageoberfläche]**

Tab. 5 bis Tab. 9 enthalten die Genauigkeitsklassen für die Montageoberflächen von Positionier-Kugelgewindrieben.

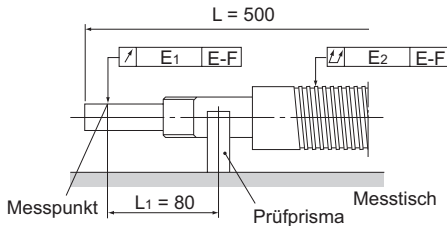
Tab. 5 Der zulässige radiale Rundlauf der Laufrille sowie des Spindelendes bezogen auf die Linie der beiden gestutzten Spindelenden

Einheit:  $\mu\text{m}$

Spindel- außendurchmesser (mm)		max. Rundlauf					
über	bis	C0	C1	C2	C3	C5	C7
—	8	3	5	7	8	10	14
8	12	4	5	7	8	11	14
12	20	4	6	8	9	12	14
20	32	5	7	9	10	13	20
32	50	6	8	10	12	15	20
50	80	7	9	11	13	17	20
80	100	—	10	12	15	20	30

Hinweis: Die Messungen dieser Werte erfassen auch die Auswirkungen des Rundlaufs des Spindelendes. Deshalb muss aus dem Gesamtrundlauf der Gewindespindel der Korrekturwert ermittelt werden. Dafür wird das Verhältnis der Spindel-Gesamtlänge und der Lage des Messpunkts zur Auflagefläche gebildet und zum jeweiligen Wert aus der obigen Tabelle addiert.

Beispiel: Baugröße DIK2005-6RRGO+500LC5



$$E_1 = e + \Delta e$$

$e$  : Standardwert aus Tab. 5 (0,012)

$\Delta e$  : Korrekturwert

$$\Delta e = \frac{L_1}{L} \times E_2$$

$$= \frac{80}{500} \times 0,06$$

$$= 0,01$$

$L$  : Gesamtlänge der Gewindespindel

$L_1$  : Abstand zwischen der Abstützung und dem Meßpunkt

$E_2$  : Gesamtrundlauftoleranz der Gewindespindel (0,06)

$$E_1 = 0,012 + 0,01$$

$$= 0,022$$

Hinweis: Der zulässige radiale Rundlauf des Spindel-Außenmantels bezogen auf die Linie der beiden gestutzten Spindelenden gemäß JIS B 1192 (ISO 3408-3).

Tab. 6 Die zulässige Rechtwinkligkeit der Stirnseite der ersten Abstufung bezogen auf die Linie der beiden gestützten Spindelenden  
Einheit:  $\mu\text{m}$

Spindel- außendurchmesser (mm)		Max. zulässige Rechtwinkligkeit					
über	bis	C0	C1	C2	C3	C5	C7
—	8	2	3	3	4	5	7
8	12	2	3	3	4	5	7
12	20	2	3	3	4	5	7
20	32	2	3	3	4	5	7
32	50	2	3	3	4	5	8
50	80	3	4	4	5	7	10
80	100	—	4	5	6	8	11

Tab. 7 Die zulässige Rechtwinkligkeit der Montagefläche am Flansch bezogen auf die fiktive Spindelmittelachse  
Einheit:  $\mu\text{m}$

Durchmesser der Mutter (mm)		Max. zulässige Rechtwinkligkeit					
über	bis	C0	C1	C2	C3	C5	C7
—	20	5	6	7	8	10	14
20	32	5	6	7	8	10	14
32	50	6	7	8	8	11	18
50	80	7	8	9	10	13	18
80	125	7	9	10	12	15	20
125	160	8	10	11	13	17	20
160	200	—	11	12	14	18	25

Tab. 8 Der zulässige radiale Rundlauf des Mutter-Außenmantels bezogen auf die fiktive Spindelmittelachse  
Einheit:  $\mu\text{m}$

Durchmesser der Mutter (mm)		Max. Rundlauf					
über	bis	C0	C1	C2	C3	C5	C7
—	20	5	6	7	9	12	20
20	32	6	7	8	10	12	20
32	50	7	8	10	12	15	30
50	80	8	10	12	15	19	30
80	125	9	12	16	20	27	40
125	160	10	13	17	22	30	40
160	200	—	16	20	25	34	50

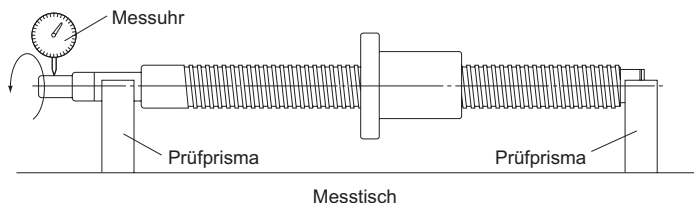
Tab. 9 Der zulässige Parallelität der abgeflachten Montagefläche der Mutter bezogen auf die fiktive Spindelmittelachse  
Einheit:  $\mu\text{m}$

Montage- Bezugslänge (mm)		Max. zulässige Parallelität					
über	bis	C0	C1	C2	C3	C5	C7
—	50	5	6	7	8	10	17
50	100	7	8	9	10	13	17
100	200	—	10	11	13	17	30

### [Methoden zur Messung der Genauigkeit der Montageoberfläche]

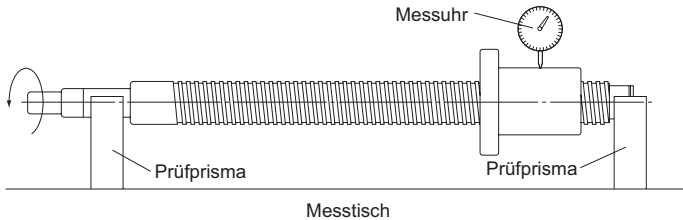
#### ● Rundlauf des geschliffenen Spindelendes bezogen auf den Passsitz der Gewindespindel (siehe Tab. 5 auf **A15-15**)

Die Gewindespindel wird mit Prüfprismen an den Lagersitzen gelagert. Nach dem Ausrichten einer Messuhr an der Mantelfläche des geschliffenen Spindelendes wird die Gewindespindel einmal gedreht. Die Rundlaufabweichung ergibt sich aus der Differenz des größten und kleinsten angezeigten Wertes während einer Umdrehung.



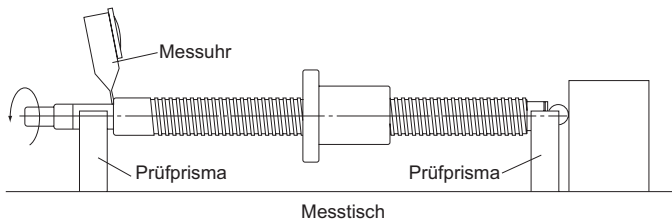
● **Rundlauf der Kugellaufbahn bezogen auf den Passsitz der Gewindespindel (siehe Tab. 5 auf **A15-15**)**

Die Gewindespindel wird mit Prüfprismen an den Lagersitzen gelagert. Nachdem die Mutter gegen Verdrehen gesichert und eine Messuhr an der Mantelfläche der Mutter ausgerichtet wurde, wird die Gewindespindel einmal gedreht. Die Rundlaufabweichung ergibt sich aus der Differenz des größten und kleinsten angezeigten Wertes während einer Umdrehung.



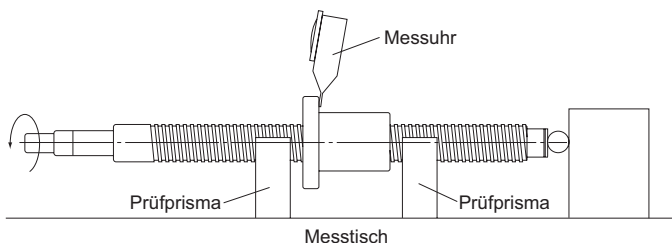
● **Rechtwinkligkeit der Schultern bezogen auf die Bezugsachse (siehe Tab. 6 auf **A15-16**)**

Die Gewindespindel wird mit Prüfprismen an den Lagersitzen gelagert. Nach dem Ausrichten einer Messuhr senkrecht zur Planfläche der Lagerzapfenschulter wird die Gewindespindel einmal gedreht. Der Messwert ergibt sich aus der Differenz des größten und kleinsten angezeigten Wertes während einer Umdrehung.



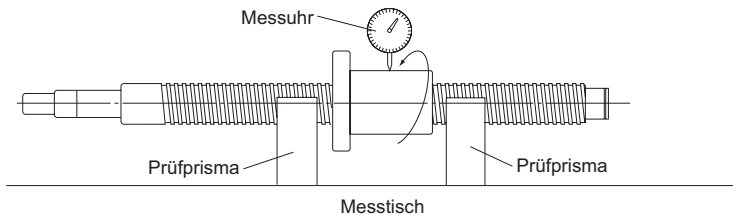
● **Rechtwinkligkeit des Mutternflansches zur Mittelachse der Gewindespindel (siehe Tab. 7 auf **A15-16**)**

Die Spindel wird mit nahe der Mutter stehenden Prüfprismen auf den Gewingegängen gelagert. Zusätzlich wird die Spindel gegen Verschieben in axiale Richtung und die Mutter gegen Verdrehen auf der Spindel gesichert. Nach dem Ausrichten einer Messuhr an der Flanschanlagefläche wird die Gewindespindel mit der Mutter einmal gedreht. Der Messwert ergibt sich aus der Differenz des größten und kleinsten angezeigten Wertes während einer Umdrehung.



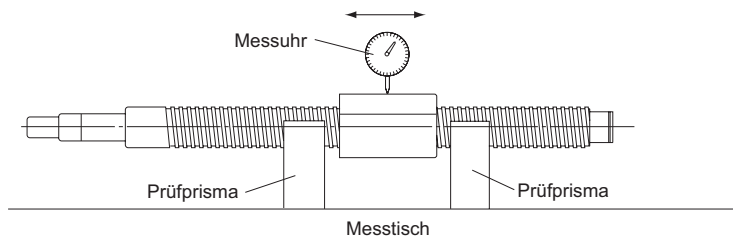
● **Rundlauf des Mutteraußendurchmessers bezogen auf die Mittelachse der Gewindespindel (siehe Tab. 8 auf A15-16)**

Die Spindel wird mit nahe der Mutter stehenden Prüfprismen auf den Gewindegängen gelagert und gegen Verdrehung gesichert. Nachdem eine Messuhr an der Mantelfläche der Mutter ausgerichtet wurde, wird die Mutter auf der Gewindespindel einmal gedreht. Die Rundlaufabweichung ergibt sich aus der Differenz des größten und kleinsten angezeigten Wertes während einer Umdrehung.



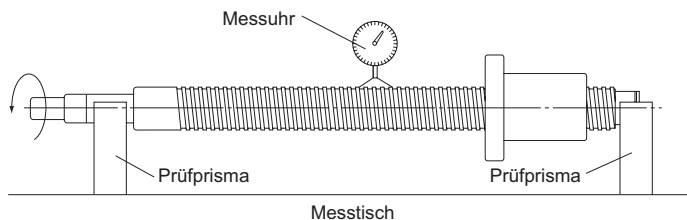
● **Parallelität des Außendurchmessers der Mutter (Auflagefläche) zur Mittelachse der Gewindespindel (siehe Tab. 9 auf A15-16)**

Die Spindel wird mit nahe der Mutter stehenden Prüfprismen auf den Gewindegängen gelagert. Nachdem eine Messuhr an der Mantelfläche der Mutter (Auflagefläche) ausgerichtet wurde, wird die Messuhr parallel an der Gewindespindel entlang gezogen. Die Abweichung ergibt sich aus der Differenz des größten und kleinsten angezeigten Wertes.



● **Zulässiger Gesamtrundlauf der Gewindespindel in Bezug auf die Achse der Lagerzapfen**

Die Gewindespindel wird mit Prüfprismen an den Lagersitzen gelagert. Nachdem eine Messuhr mit planem Messeinsatz senkrecht zur Spindel ausgerichtet wurde, wird die Gewindespindel einmal gedreht. Dies wird an mehreren Punkten wiederholt. Der Gesamtrundlauf ergibt sich aus der Differenz des größten und kleinsten angezeigten Wertes während einer Umdrehung.



Hinweis: Der zulässige radiale Rundlauf des Spindel-Außenmantels bezogen auf die Linie der beiden gestützten Spindelenden gemäß JIS B 1192 (ISO 3408-3).



## Axialspiel

### [Axialspiel von Präzisions-Kugelgewindrieben]

In Tab. 10 ist das Axialspiel für Präzisions-Kugelgewindriebe angegeben. Bitte beachten Sie, dass bei längeren Spindellängen als in Tab. 11 angegeben das resultierende Spiel teilweise negativ sein kann (mit Vorspannung). Die maximalen Fertigungslängen von DIN-Kugelgewindrieben sind in Tab. 12 aufgeführt. Zum Axialspiel der Präzisions-Kugelgewindriebe mit Caged Ball Technology siehe Maßstabellen.

Tab. 10 Axialspiel von Präzisions-Kugelgewindrieben

Einheit: mm

Symbol für Axialspiel	G0	GT	G1	G2	G3
Axialspiel	0 oder weniger	0 bis 0,005	0 bis 0,01	0 bis 0,02	0 bis 0,05

Tab. 11 Axialspiel für Präzisions-Kugelgewindriebe/Gneauigkeitsklasse und max. Fertigungslänge

Einheit: mm

Gewindespindel- Außendurch- messer	Axialspiel GT				Axialspiel G1				Axialspiel G2						
	C0	C1	C2-C3	C5	C0	C1	C2-C3	C5	C0	C1	C2	C3	C5	C7	
4•6	80	80	80	100	80	80	80	100	80	80	80	80	100	120	
8	230	250	250	200	230	250	250	250	230	250	250	250	300	300	
10	250	250	250	200	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	
12•13	440	500	500	400	440	500	500	500	440	500	630	680	600	500	
14	500	500	500	400	500	500	500	500	530	620	700	700	600	500	
15	500	500	500	400	500	500	500	500	570	670	700	700	600	500	
16	500	500	500	400	500	500	500	500	620	700	700	700	600	500	
18	720	800	800	700	720	800	800	700	720	840	1000	1000	1000	1000	
20	800	800	800	700	800	800	800	700	820	950	1000	1000	1000	1000	
25	800	800	800	700	800	800	800	700	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
28	900	900	900	800	1100	1100	1100	900	1300	1400	1400	1400	1200	1200	
30•32	900	900	900	800	1100	1100	1100	900	1400	1400	1400	1400	1200	1200	
36•40•45	1000	1000	1000	800	1300	1300	1300	1000	2000	2000	2000	2000	1500	1500	
50•55•63•70	1200	1200	1200	1000	1600	1600	1600	1300	2000	2500	2500	2500	2000	2000	
80•100	—	—	—	—	1800	1800	1800	1500	2000	4000	4000	4000	3000	3000	

\* Bei der Toleranzklasse C7 wird das GT- und G1-Axialspiel fertigungsbedingt teilweise negativ.

Das Spiel G0 ist für die Typen HBN-V, HBN-K(KA), HBN und SBKH nicht verfügbar.

Bei Miniatur-Kugelgewindrieben mit Spindeldurchmessern 14 mm oder weniger kann die Genauigkeitsklasse C7 nicht verwendet werden. Präzisions-Kugelgewindriebe mit fertig bearbeiteten Wellenenden finden Sie in der Tabelle auf S.

Tab. 12 Maximale Fertigungslängen bei Präzisions-Kugelgewindrieben mit Axialspiel (DIN-Kugelgewindriebe)

Einheit: mm

Wellen- durchmesser	Axialspiel GT		Axialspiel G1		Axialspiel G2		
	C3, Cp3	C5, Cp5, Ct5	C3, Cp3	C5, Cp5, Ct5	C3, Cp3	C5, Cp5, Ct5	C7, Cp7
16	500	400	500	500	700	600	500
20, 25	800	700	800	700	1000	1000	1000
32	900	800	1100	900	1400	1200	1200
40	1000	800	1300	1000	2000	1500	1500
50, 63	1200	1000	1600	1300	2500	2000	2000

\* Bei der Toleranzklasse C7 (Ct7) wird das GT- und G1-Axialspiel fertigungsbedingt teilweise negativ.

### [Axialspiel von gerollten Kugelgewindrieben]

In Tab. 13 ist das Axialspiel von gerollten Kugelgewindrieben angegeben.

Tab. 13 Axialspiel von gerollten Kugelgewindrieben

Einheit: mm

Gewindespindel- Außendurchmesser	Max. Axialspiel
6 bis 12	0,05
14 bis 28	0,1
30 bis 32	0,14
36 bis 45	0,17
50	0,2

## Vorspannung

Durch die Vorspannung wird das Axialspiel des Kugelgewindetriebs eliminiert und die Steifigkeit erhöht.

Für eine hochpräzise Positioniergenauigkeit wird generell eine Vorspannung aufgebracht.

### [Steifigkeit von Kugelgewindetrieben bei Vorspannung]

Durch eine Vorspannung des Kugelgewindetriebs wird die Steifigkeit der Mutter erhöht.

Abb. 4 zeigt den Verlauf der elastischen Verformung eines vorgespannten und eines nicht vorgespannten Kugelgewindetriebs.

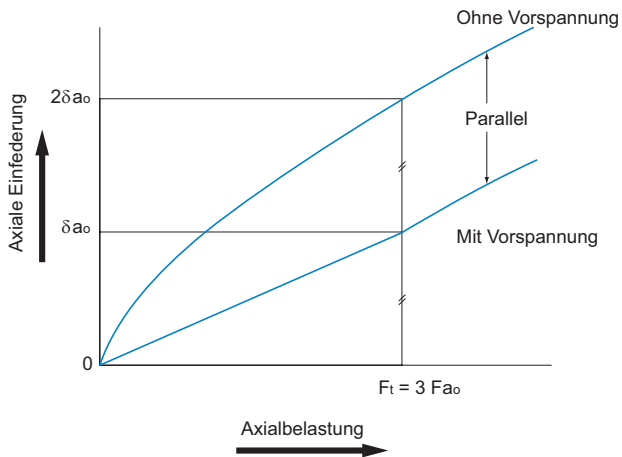


Abb. 4 Elastische Verformung des Kugelgewindetriebs

Abb. 5 zeigt einen Kugelgewindtrieb mit Einzelmutter.

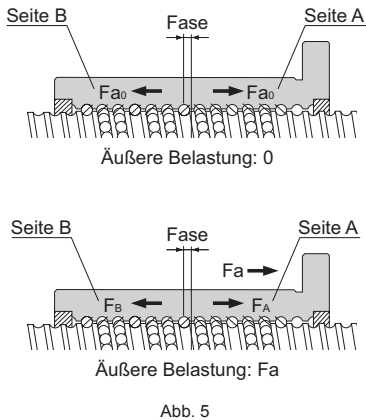


Abb. 5

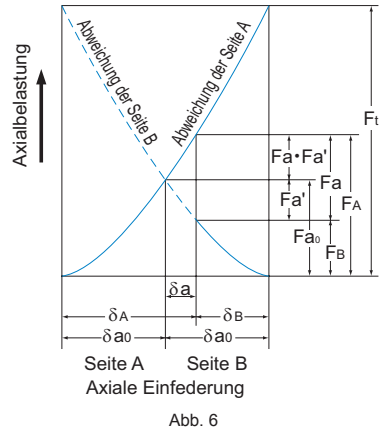


Abb. 6

Die A- und B-Seiten der Mutter weisen aufgrund einer Steigungsverschiebung in der Muttermitte durch die Vorspannkraft  $F_{a0}$  einen entsprechenden Vorspannweg  $\delta_{a0}$  auf. Beim Einwirken einer äußeren Axialkraft ( $F_a$ ) ergibt sich folgende Einfeldung der A- und B-Seiten:

$$\delta_A = \delta_{a0} + \delta a \quad \delta_B = \delta_{a0} - \delta a$$

Die auf die beiden Mutterseiten A und B einwirkenden Kräfte werden also wie folgt ausgedrückt:

$$F_A = F_{a0} + (F_a - F_a') \quad F_B = F_{a0} - F_a'$$

Bei Vorspannung entspricht die auf Seite A einwirkende Belastung  $F_a - F_a'$ . Da also die Belastung  $F_a'$ , die ohne Vorspannung der Seite A wirkt, von  $F_a$  abgezogen wird, ist die Einfeldung der Seite A geringer.

Dieser Effekt setzt sich bis zu dem Punkt fort, an dem die Verformung ( $\delta_{a0}$ ) durch die Vorspannung von Seite B den Wert Null erreicht.

Wie stark ist die Verringerung der elastischen Verformung? Die Beziehung zwischen der axialen Belastung des nicht vorgespannten Kugelgewindetriebs und der elastischen Verformung kann ausgedrückt werden durch:  $\delta a \propto F_a^{2/3}$ . Gemäß Abb. 6 gelten die folgenden Gleichungen:

$$\delta_{a0} = K F_{a0}^{2/3} \quad (K : \text{Konstant})$$

$$2\delta_{a0} = K F_t^{2/3}$$

$$\left( \frac{F_t}{F_{a0}} \right)^{2/3} = 2 \quad F_t = 2^{3/2} \times F_{a0} = 2,8 F_{a0} \doteq 3 F_{a0}$$

Aus diesem Grunde entsteht bei einem vorgespannten Kugelgewindtrieb bei einer externen äußeren Kraft ( $F_t$ ), die den dreifachen Wert der Vorspannkraft hat, die elastische Verformung  $\delta_{a0}$ . Diese elastische Verformung entspricht dem halben Betrag ( $2\delta_{a0}$ ) eines nicht vorgespannten Kugelgewindetriebs. Aus diesem Zusammenhang kann die Vorspannung auf das Dreifache der Vorspannkraft erhöht werden, wobei bei 1/3 der max. Axialbelastung ein Optimum erreicht wird.

Hinweis: Eine zu große Vorspannung reduziert die zu erwartende Lebensdauer und erhöht die Wärmeentwicklung. Die maximale Vorspannung sollte auf 10 % der dynamischen Tragzahl ( $C_a$ ) in axialer Richtung eingestellt werden.

## Vorspannmoment

Das Vorspannmoment für Kugelgewindetriebe ist nach der japanischen Norm JIS B 1192 (ISO 3408) festgelegt.

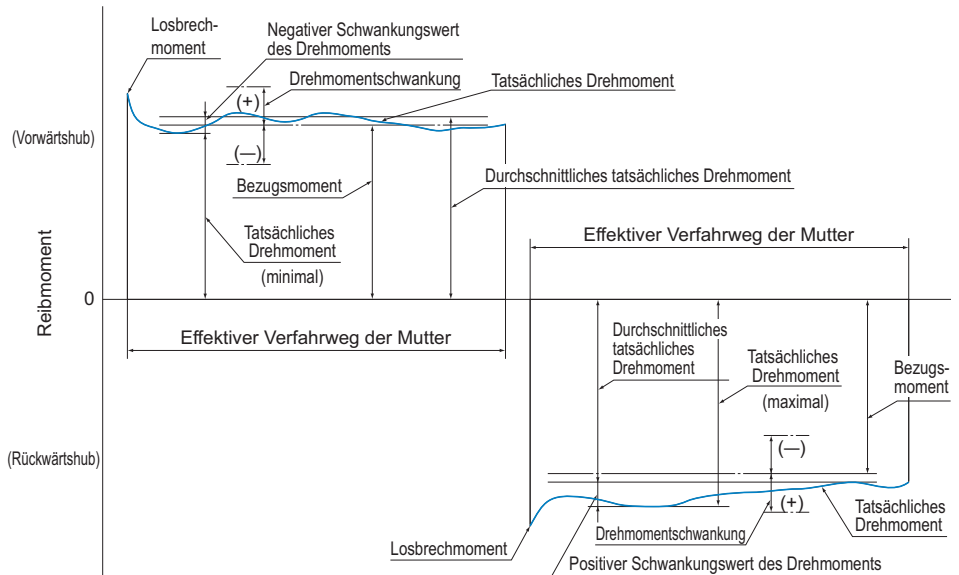


Abb. 7 Erläuterungen zum Drehmoment eines vorgespannten Kugelgewindetriebs

### ● Leerlaufdrehmoment unter Vorspannung

Das Drehmoment, das erforderlich ist, um die Kugelgewindespindel eines Kugelgewindetriebs mit einer bestimmten Vorspannung kontinuierlich ohne äußere Belastung zu drehen.

### ● Tatsächliches Drehmoment

Das tatsächlich am Kugelgewindetrieb gemessene Leerlaufdrehmoment unter Vorspannung.

### ● Drehmomentschwankung

Verhältnis der Drehmomentschwankung zum mittleren Drehmoment. Kann gegenüber dem Bezugsmoment ein negativer oder positiver Wert sein.

### ● Drehmomentschwankungsgrad

Verhältnis der Drehmomentschwankung zum Bezugsmoment.

### ● Bezugsmoment

Vorgegebenes Leerlaufdrehmoment unter Vorspannung.

### ● Berechnung des Bezugsmoments

Das Bezugsmoment eines vorgespannten Kugelgewindetriebs wird aus folgender Formel berechnet (4):

$$T_p = 0,05 (\tan\beta)^{-0,5} \frac{F_{a0} \cdot Ph}{2\pi} \dots\dots(4)$$

$T_p$  : Bezugsmoment (Nmm)

$\beta$  : Steigungswinkel

$F_{a0}$  : Vorspannkraft (N)

$Ph$  : Steigung (mm)

Beispiel: Wird der Kugelgewindetrieb Typ BIF4010-10G0 + 1500LC3 bei einer Gewindelänge von 1.300 mm (Spindeldurchmesser: 40 mm, Kugelmittkreis: 41,75 mm, Steigung: 10 mm) mit einer Vorspannung von 3.000 N vorgespannt, wird das Vorspannmoment des Kugelgewindetriebs nach den folgenden Schritten berechnet:

### ■ Berechnung des Bezugsmoments

$\beta$  : Steigungswinkel

$$\tan\beta = \frac{\text{Steigung}}{\pi \times \text{Kugelmittkreis}} = \frac{10}{\pi \times 41,75} = 0,0762$$

$F_{a_0}$  : Vorspannkraft = 3.000 N

$Ph$  : Steigung = 10 mm

$$T_p = 0,05 (\tan\beta)^{-0,5} \frac{F_{a_0} \cdot Ph}{2\pi} = 0,05 (0,0762)^{-0,5} \frac{3000 \times 10}{2\pi} = 865 \text{ Nmm}$$

### ■ Berechnung der Drehmomentschwankung

$$\frac{\text{Gewindelänge}}{\text{Spindeldurchmesser}} = \frac{1300}{40} = 32,5 \leq 40$$

Nach Tab. 14 beträgt der Drehmomentschwankungsgrad  $\pm 30\%$  bei einem Bezugsmoment zwischen 600 und 1.000 Nmm, einer Gewindelänge von bis zu 4.000 mm und einer Genauigkeitsklasse von C3.

Dementsprechend wird die Drehmomentschwankung wie folgt berechnet:

$$865 \times (1 \pm 0,3) = 606 \text{ Nmm bis } 1.125 \text{ Nmm}$$

### ■ Ergebnis

Bezugsmoment : 865 Nmm

Drehmomentschwankung : 606 Nmm bis 1.125 Nmm

Tab. 14 Toleranzbereiche für die Drehmomentschwankung

Bezugsmoment Nmm		Gewindelänge													
		max. 4.000 mm											Über 4.000 mm bis 10.000 mm		
		Gewindelänge Spindeldurchmesser $\leq 40$						40 < Gewindelänge Spindeldurchmesser < 60					—		
		Toleranzklasse						Toleranzklasse					Toleranzklasse		
über	bis	C0	C1	C3	C5	C7	C0	C1	C3	C5	C7	C3	C5	C7	
200	400	±30 %	±35 %	±40 %	±50 %	—	±40 %	±40 %	±50 %	±60 %	—	—	—	—	
400	600	±25 %	±30 %	±35 %	±40 %	—	±35 %	±35 %	±40 %	±45 %	—	—	—	—	
600	1000	±20 %	±25 %	±30 %	±35 %	±40 %	±30 %	±30 %	±35 %	±40 %	±45 %	±40 %	±45 %	±50 %	
1000	2500	±15 %	±20 %	±25 %	±30 %	±35 %	±25 %	±25 %	±30 %	±35 %	±40 %	±35 %	±40 %	±45 %	
2500	6300	±10 %	±15 %	±20 %	±25 %	±30 %	±20 %	±20 %	±25 %	±30 %	±35 %	±30 %	±35 %	±40 %	
6300	10000	—	—	±15 %	±20 %	±30 %	—	—	±20 %	±25 %	±35 %	±25 %	±30 %	±35 %	