

DIN ISO 3408-4

ICS 25.060.99

**Kugelgewindetriebe –
Teil 4: Statische axiale Steifigkeit (ISO 3408-4:2006)**

Ball screws –
Part 4: Static axial rigidity (ISO 3408-4:2006)

Vis à billes –
Partie 4: Rigidité axiale statique (ISO 3408-4:2006)

Gesamtumfang 20 Seiten

Normenausschuss Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Symbole und Indizes	4
4.1 Symbole	4
4.2 Indizes	5
5 Bestimmung der statischen axialen Steifigkeit, R	6
5.1 Allgemein	6
5.2 Statische axiale Steifigkeit, R	8
5.3 Statische axiale Steifigkeit des Kugelgewindetriebes, R_{bs}	8
5.4 Statische axiale Steifigkeit der Kugelgewindespindel, R_s	8
5.4.1 Allgemein	8
5.4.2 Einseitige Festlagerung der Kugelgewindespindel	8
5.4.3 Beidseitige Festlagerung der Kugelgewindespindel	9
5.5 Statische axiale Steifigkeit der Kugelgewindemutter, R_{nu}	9
5.5.1 Statische axiale Steifigkeit der Kugelgewindemutter mit axialem Spiel, R_{nu1}	9
5.5.2 Statische axiale Steifigkeit der symmetrisch vorgespannten Kugelgewindemutter, $R_{nu2,4}$	13
5.5.3 Korrekturfaktor für Genauigkeitsklassen, f_{ar}	15
Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiel der statischen axialen Steifigkeit eines Kugelgewindetriebes mit symmetrisch vorgespannter Doppel-Kugelgewindemutter	17
A.1 Gegeben	17
A.2 Darstellung der statischen axialen Steifigkeit der Kugelgewindespindel	17
A.3 Statische axiale Steifigkeit der Gewindespindel und des Mutternkörpers, $R_{n/s}$ unter der resultierenden radialen Last	18
A.4 Berechnung der axialen Verformung $\Delta_{b/t,pr}$ bei Vorspannung	18
A.5 Statische axiale Steifigkeit $R_{nu,ar}$ des Kugelgewindespindel-/Kugelgewinde-mutter- Systems im Bereich der belasteten Kugelgewindemuttereinheit.....	19
Anhang B (informativ) Korrekturfaktor für aufgebrauchte Belastung, f_{al}	20

Nationales Vorwort

ISO 3408-4 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 39 „Machine tools“, Working Group 7 „Ball screws“ unter Mitwirkung deutscher Fachleute des Normenausschusses Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN erstellt.

Die ISO 3408 besteht unter dem Haupttitel *Ball screws* aus folgenden Teilen:

- *Part 1: Vocabulary and designation*
- *Part 2: Nominal diameters and nominal leads — Metric series*
- *Part 3: Acceptance conditions and acceptance tests*
- *Part 4: Static axial rigidity*
- *Part 5: Static and dynamic axial load ratings and operational life*

Die Anhänge A und B dieses Teils von ISO 3408 dienen nur der Information.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 3408-1 siehe DIN ISO 3408-1

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3408-1, *Kugelgewindetriebe — Teil 1: Begriffe und Bezeichnungssystem (ISO 3408-1:2006)*

Kugelgewindetriebe — Teil 4: Statische axiale Steifigkeit

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 3408 beschreibt die Terminologie und das Berechnungsverfahren für die Steifigkeit von Kugelgewindetrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3408-1:2006, *Ball screws — Part 1: Vocabulary and designation*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach ISO 3408-1.

4 Symbole und Indizes

4.1 Symbole

Symbol	Beschreibung	Einheit
α	Kontaktwinkel zwischen Kugel und Laufbahn	Grad, °
ρ	reziproker Krümmungsradius	mm ⁻¹
τ	Hilfswert nach <i>Hertz</i> , Verhältnis der Druckellipsenachsen	—
φ	Steigungswinkel	Grad, °
Δl	elastische Verformung	µm
c_E	Materialkonstante	—
c_k	Geometriefaktor	N ^{-2/3} µm
d_{bo}	Bohrungsdurchmesser an der Kugelgewindespindel	mm
d_c	Durchmesser an dem die Kraft auf die Kugelgewindespindel wirkt	mm
D_c	Durchmesser an dem die Kraft auf die Kugelgewindemutter wirkt	mm
D_{pw}	Kugelmittendurchmesser	mm
D_w	Nennendurchmesser der Kugel	mm
D_1	Außendurchmesser der Kugelgewindemutter	mm
E	Elastizitätsmodul	N/mm ²
f_{ar}	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung von Fertigungstoleranzen (Steifigkeit)	—
f_{al}	Korrekturfaktor für aufgebrachte Belastung	—

Symbol	Beschreibung	Einheit
f_{rs}, f_{rn}	Schmiegung, Verhältnis des Kugellaufbahnradius der Kugelgewindespindel (f_{rs}) bzw. der Kugelgewindemutter (f_{rn}) zum Nenndurchmesser der Kugel	–
F	axiale Kraft, Belastung	N
i	Anzahl der tragenden Umläufe	–
k	Steifigkeitskennzahl	N/ $\mu\text{m}^{3/2}$
l	Länge	mm
l_s	ungestützte Länge der Kugelgewindespindel	mm
m	<i>Poissonsche</i> Zahl (z. B. für Stahl: $m = 10/3$)	–
n	Drehzahl	min^{-1}
P_h	Steigung	mm
q	Zeitanteil	%
R	Steifigkeit	N/ μm
s_a	Axialspiel	μm
Y	Hilfswert nach <i>Hertz</i> zur Berechnung der elliptischen Integrale 1. und 2. Ordnung	$\text{N}^{-2/3} \cdot \mu\text{m}^{4/3}$
z_1	Anzahl der tragenden Kugeln pro Umlauf	–
z_2	Anzahl der unbelasteten Kugeln im Kugelrückführsystem (nur für Systeme, bei denen die Kugeln nach einem Umlauf zurückgeführt werden)	–

4.2 Indizes

Symbol	Beschreibung
ar	Einfluss der Toleranzklassen
b	bezieht sich auf die Kugel
bs	bezieht sich auf den Kugelgewindetrieb
c	bezieht sich auf den Kugelmutterkörper/die Kugelgewindespindel
e	bezieht sich auf die äußere Belastung bzw. auf die sich daraus ergebende Verformung
lim	bezieht sich auf die Grenzlast bzw. auf die sich daraus ergebende Verformung (bei dieser Belastung geht bei vorgespannten Systemen der Kugelkontakt an den Laufbahnen der Kugelgewindespindel und der Kugelgewindemutter verloren)
m	bezieht sich auf die äquivalente Belastung bzw. äquivalente Drehzahl
N	bezieht sich auf die Normalkraft, die unter dem Kontaktwinkel zwischen Kugel und der Laufbahn an Kugelgewindespindel bzw. Kugelgewindemutter angreift
n	bezieht sich auf die Kugelgewindemutter
pr	bezieht sich auf die Vorspannung
s	bezieht sich auf die Kugelgewindespindel
b/t	bezieht sich auf den Bereich von Kugeln und Kugellaufbahnen
nu	bezieht sich auf den Kugelgewindetrieb innerhalb des belasteten Bereichs der Kugelgewindemutter
1	bezieht sich auf die Kugelgewindemutter 1
2	bezieht sich auf die Kugelgewindemutter 2

5 Bestimmung der statischen axialen Steifigkeit, R

5.1 Allgemein

Die statische axiale Steifigkeit von Kugelgewindetrieben hat maßgeblichen Einfluss auf die Positioniergenauigkeit einer Maschinenachse. Dabei ist die Steifigkeit abhängig von der Gestaltung, der Einspannung und der Lagerung des Gewindetriebes. Das unten beschriebene Berechnungsverfahren berücksichtigt nicht die Einflüsse der Lagerung.

Die statische axiale Steifigkeit der Kugelgewindetriebe ist nicht linear. Für die Untersuchung der Steifigkeit kann man sich den Gewindetrieb als Kombination mehrerer linearer und nicht linearer Federelemente vorstellen. Deshalb gelten die angegebenen Werte der Steifigkeit nur für eine Belastungssituation. Die zu berechnende axiale Verformung wird verursacht durch:

- axiale Verformung der Kugelgewindespindel und des Kugelmutterkörpers;
- radiale Verformung der Kugelgewindespindel und des Kugelmutterkörpers;
- Verformungen der Kugeln und der Laufbahnen.

Die Berechnung der Verformung im Bereich Kugelberührungspunkte basiert auf der Theorie der Hertzschen Pressung unter folgenden Voraussetzungen:

- Das Material der sich berührenden Teile muss homogen und isotropisch sein;
- zusätzlich gilt das Hooksche Gesetz, es gibt z. B. keine plastische Verformung;
- an den Berührungspunkten tritt eine Normalkraft auf, z. B. bildet sich eine Flächenpressung.

Zusätzlich werden durch die Anwendung der vereinfachten Hertzschen Theorie für den Werkstoff der Kugelgewindespindel, der Kugelgewindemutter und der Kugeln, identische Elastizitätsmodule und Längenausdehnungskoeffizienten vorausgesetzt.

Bei der Berechnung der statischen axialen Steifigkeit ist es wichtig zwischen spielbehafteten und vorgespannten Kugelgewindemuttern zu unterscheiden.

Die Vorspannung kann auf verschiedene Weise erzeugt werden:

- a) **Einzel-Kugelgewindemutter mit kontinuierlichem Gewinde.** Vorspannung durch Kugeln in Übergröße, resultierend in einer 4-Punkt-Kugelberührung (siehe Bild 1).

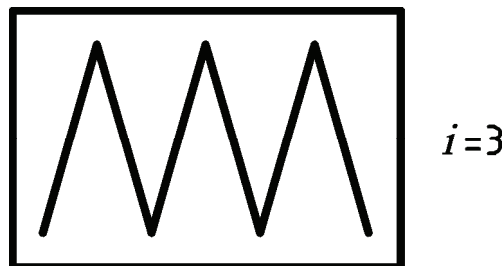


Bild 1