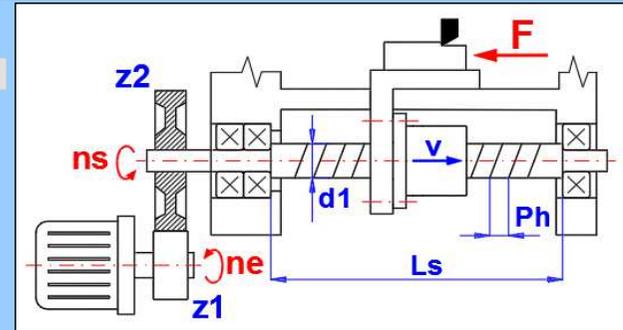


**1.0 Vorläufiger Entwurf. Auswahl der Einheiten**

1.1 Berechnungseinheiten SI Units (N, mm, kW...)

1.2 **Berechnung der Umdrehungen, des Vorschubs und der Steigung der Schraube**

1.3 Steigung	Ph	20.000	[mm]	20
1.4 Geschwindigkeit	v	800.00	[mm/s]	
1.5 Kugelgewindespindeldrehzahl	ns	2400.00	[/min]	
1.6 Übersetzungsverhältnis	$i=(z2/z1)$	0.6250	[~]	
1.7 Motordrehzahl	ne	1500.00	[/min]	



1.8 **Vorläufige Berechnung der dynamischen Tragfähigkeit und des Schraubendurchmessers**

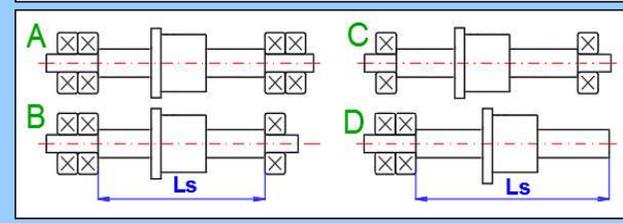
1.9 Äquivalente axiale Belastung	Fm	1000.0	[N]
1.10 Äquivalente Drehzahl	nm	2400.0	[/min]
1.11 Belastungsfaktor	fw	1.20	[~]
1.12 Angeforderte Lebensdauer	Lh-req	20000	Lh [h]
1.13 Angeforderte dynamische Tragzahl (ISO)	Ca-req	<b>17073.1</b>	[N]
1.14 Angeforderte dynamische Tragzahl (ANSI)	Pi-req	15765.6	[N]
1.15 Vorentwurf des Kugelschraubendurchmessers	d1-req	20(5) - 50(1)	[mm]

1.16 **Kontrollwerte**

1.17 Montage der Kugelumlaufspindel (Enden) B. Fest - Stütze

1.18 Nicht unterstützte Länge der Kugelgewindespindel	Ls [mm]	1200.00	< 1280
1.19 Nenndurchmesser der Kugelumlaufspindel	d1 [mm]	32.0000	> 20
1.20 Dn - Drehzahlkennwert (d1 * ns)	Dn	76800	< 110000
1.21 Knickung - zulässige axiale Spindelbelastung	Fmax	42400.1	[N]
1.22 Maximal zulässige Geschwindigkeit	nmax	2972.9	[/min]
1.23 Reibungskoeffizient der Schraube und Mutter	f	0.01	[~]
1.24 Effizienz (Rotationskraft / Axialkraft)	$\eta$	0.9484	[~]
1.25 Drehmoment	Mk	3.3564	[Nm]
1.26 Motorleistung	Pw	0.844	[kW]

	IT 0	IT 1	IT 3	IT 5	IT 7	IT 10	---	---		
1.27 Toleranzklasse (ISO 3408)										
1.28 Grenzmaß des Sollweges	$\pm ep$	9	13	24	47	208	840	---	---	[ $\mu m$ ]
1.29 Wegschwankung	uu	6	9	16	30	52	210	---	---	[ $\mu m$ ]
1.30 Wegschwankung	u300p	3.5	6	12	23	52	210	---	---	[ $\mu m$ ]
1.31 Wegschwankung	u2pp	3	4	6	8	---	---	---	---	[ $\mu m$ ]



**1.32 Tabelle der Durchmesser und Steigungen**

d1 = 10 ;	Ph = 1, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6
d1 = 12 ;	Ph = 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12
d1 = 14* ;	Ph = 3, 4, 5
d1 = 15* ;	Ph = 10, 20
d1 = 16 ;	Ph = 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16
d1 = 20 ;	Ph = 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20
d1 = 25 ;	Ph = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25
d1 = 28* ;	Ph = 6, 10
d1 = 32 ;	Ph = 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32
d1 = 36* ;	Ph = 5, 8, 10

**2.0 Materialparameter**

2.1 **Material der Kugelgewindespindel**

2.2 Elastizitätsmodul	Es	210000	[MPa]
2.3 Streckgrenze	Rp0.2	350.0	[MPa]
2.4 Poisson-Konstante	ms	0.300	[~]
2.5 Dichte	ros	7850.0	[kg/m <sup>3</sup> ]
2.6 Längenausdehnungskoeffizient	$\alpha$	11.50	[10 <sup>-6</sup> /°C]

2.7 **Kugelmaterial**

2.8	Elastizitätsmodul	Eb	210000	[MPa]
2.9	Poisson-Konstante	mb	0.300	[~]
2.10	<b>Muttermaterial</b>			
2.11	Elastizitätsmodul	En	210000	[MPa]
2.12	Poisson-Konstante	mn	0.300	[~]

### 3.0 Definition von Mechanismus, Belastung und Schraubenparametern

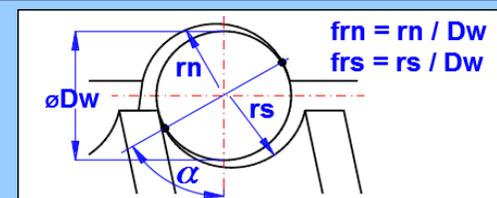
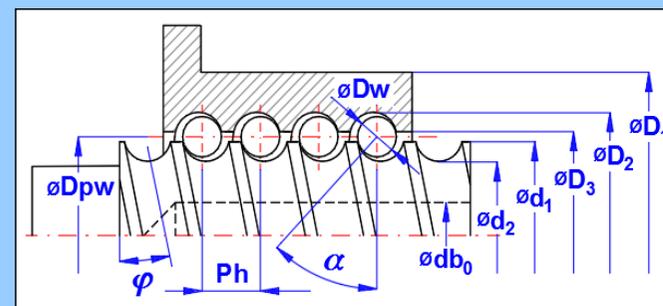
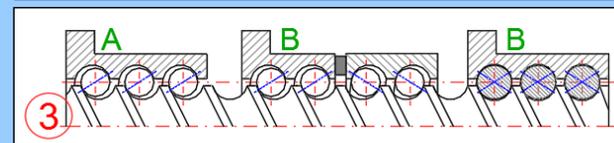
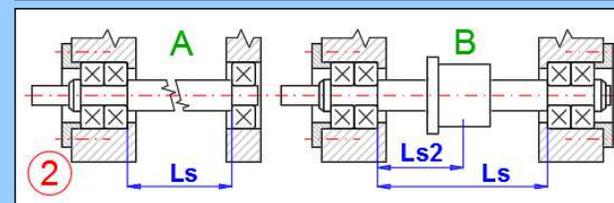
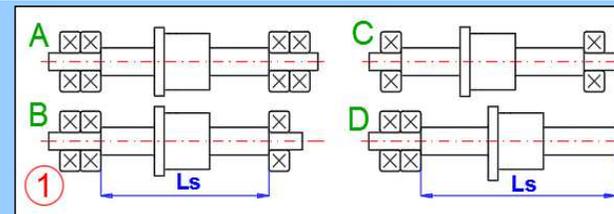
3.1 Übertragung von Werten aus dem Vorentwurf [1]

#### 3.2 Definition von Genauigkeit, Konstruktion, Belastung, Haltbarkeit

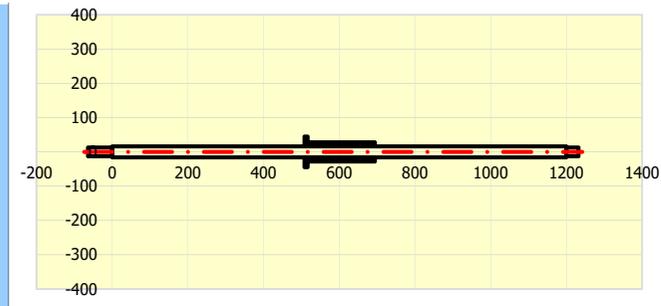
3.3	Toleranzklasse		IT 3	
3.4	Erlebenswahrscheinlichkeit		90 % (1)	
3.5	1. Montage der Kugelumlaufspindel (Enden)	B. Fest - Stütze		
3.6	2. Montage der Kugelumlaufspindel (Steifigkeit)	A. Feste Montage der Kugelgewindespindel an einem Ende		
3.7	3. Muttertyp	B. Mit Vorspannkraft (Doppelmutter, Kugelgröße, unterschiedliche S		
3.8	Äquivalente axiale Belastung, Richtung 1	Fma1	1374.10	[N]
3.9	Äquivalente axiale Belastung, Richtung 2	Fma2	888.30	[N]
3.10	Maximale axiale Belastung	Fmax	1624.21	[N]
3.11	Äquivalente Drehzahl, Richtung 1	nm1	1273.47	[/min]
3.12	Äquivalente Drehzahl, Richtung 2	nm2	1273.47	[/min]
3.13	Maximale Drehzahl	nmax	2400.00	[/min]
3.14	Vorspannkraft der Kugelmutter	Fpr [N]	1700.00	A. 10% Ca (2023)
3.15	Belastungsfaktor	fw	1.20	[~]
3.16	Angeforderte Lebensdauer	Lh-req	20000	Lh [h]
3.17	Angeforderte dynamische Tragzahl (ISO)	Ca-req	<b>20227.5</b>	[N]
3.18	Angeforderte dynamische Tragzahl (ANSI)	Pi-req	18678.4	[N]

#### 3.19 Auswahl, Definition der Parameter der Kugelschraube und Mutter

3.20	Nicht unterstützte Länge der Kugelgewindespindel	Ls	1200.00	[mm]
3.21	Nicht unterstützte Länge der Kugelgewindespindel	Ls2	600.00	[mm]
3.22	Anzahl tragende Umläufe (Mutter)	i	3.00	[~]
3.23	Anzahl der entladenen Kugeln im Kugelumlenksystem	zu	0	
3.24	Reduktionsfaktor der dynamischen Tragzahl Ca	exp	0.86 (ISO, ANSI)	
3.25	Tabelle der Kugelumlaufspindeln		1. ISO - Leichte	
3.26	Abmessungen der Kugelumlaufspindel (d1 x Ph)		32 x 20 (Dw=5.556; Ca=22041; C0a=52810)	[mm,N]
3.27	Nenn Durchmesser	d1	32.000	[mm]
3.28	Durchmesser des Innenlochs	db0	0.000	[mm]
3.29	Nenn Durchmesser der Kugel	Dw	5.556	[mm]
3.30	Steigung	Ph	20.0000	[mm]
3.31	Kugelmittendurchmesser	Dpw	33.3890	[mm]
3.32	Steigungswinkel	$\varphi$	10.7949	[°]
3.33	Kontaktwinkel zwischen Kugel und Laufbahn	$\alpha$	45.00	[deg]
3.34	Schmiegun (rn/Dw)	frn	0.550	0.550 - Ausführung nach ISO 3408
3.35	Schmiegun (rs/Dw)	frs	0.550	0.550 - Ausführung nach ISO 3408
3.36	Dynamische axiale Tragzahl (ISO)	Ca	22041.0	[N]
3.37	Statische axiale Tragzahl	C0a	52810.0	[N]
3.38	Kugelgewindespindelkerndurchmesser	d2	27.833	[mm]
3.39	Mutterkörperdurchmesser	D1	56.0	[mm]



3.40	Kerndurchmesser des Kugelmutterkörpers	D2	38.945	[mm]
3.41	Innendurchmesser des Kugelmutterkörpers	D3	34.778	[mm]
3.42	Vorspannung durch Doppelmutter erzeugt		Ja	
3.43	Ungefähre Länge der Kugelmutter	Ln	184	[mm] <input checked="" type="checkbox"/>
3.44	Ungefähre Nutzweg	Lu	1016	[mm]
<b>3.45 Liste wichtiger Ergebnisse</b>				
3.46	Dn - Drehzahlkennwert (d1 * ns)	Dn	76800	< 110000 [~]
3.47	Resultierende Lebensdauer in Stunden mit Zuverlässigkeitsfaktor	Lrhr	25876	> 20000 [h]
3.48	Gesamtsteifigkeit mit der vorgespannten Mutterneinheit	R,pr	95	[N/μm]
3.49	Elastische Verformung für maximale Kraft und maximale Schraubenlä	Δmax	17	[μm]
3.50	Grenzabmaß des Sollweges (Lu = 1016 [mm])	±ep	24	[μm]
3.51	Durchbiegung (Eigengewichtbelastung)	y <sub>max</sub>	0.08481	< 0.36 [mm]
3.52	Sicherheitsfaktor (Spannung, Kompression, Torsion)	SF <sub>c</sub>	100.72	> 2.00 [~]
3.53	Sicherheitsfaktor (Knicken)	SF <sub>b</sub>	52.21	> 3.50 [~]
3.54	Statischer Sicherheitsfaktor	SF <sub>s</sub>	32.51	> 1.4 [~]
3.55	Kritische Drehzahl	n <sub>cr</sub>	3680	[/min]
3.56	Rate von Zulässige Betriebsdrehzahl auf Kritische Drehzahl	r (n <sub>max</sub> /n <sub>cr</sub> )	0.652	< 0.80 [~]
3.57	Wirkungsgrad	η	0.951	[~]



**? Ergebniskapitel**

**4.0 Nominale Lebensdauer, modifizierte Lebensdauer (ISO3408-5, ANSI B5.48)**

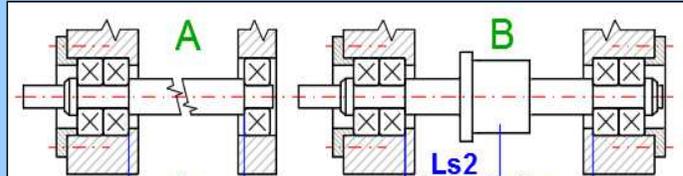
4.1	Erlebenswahrscheinlichkeit		90 % (1)	
4.2	Zuverlässigkeitsfaktor	far	1.00	[~]
<b>4.3 Unidirektionale externe axiale Belastung</b>				
4.4	Lebensdauer in Umdrehungen	L	2388334360	[rev]
4.5	Lebensdauer in Stunden	Lh	31257.56607	[h]
4.6	Lebensdauer in Weg	Lm	47766687.2	[m]
4.7	Lebensdauer in Stunden mit Zuverlässigkeitsfaktor	Lhr	31257.56607	[h]
4.8	Lebensdauer in Weg mit Zuverlässigkeitsfaktor	Lmr	47766687.2	[m]

**4.9 Bidirektionale externe axiale Belastung und Kugelumlaufspindel mit vorgespannten Kugelmuttern**

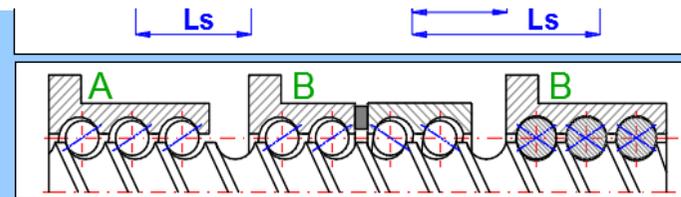
4.10	Lebensdauer in Umdrehungen	L1	2388334360	[rev]
4.11	Lebensdauer in Stunden	Lh1	31257.56607	[h]
4.12	Lebensdauer in Umdrehungen	L2	8840384597	[rev]
4.13	Lebensdauer in Stunden	Lh2	115699.4223	[h]
4.14	Resultierende Lebensdauer in Umdrehungen	Lr	1977144917	[rev]
4.15	Resultierende Lebensdauer in Stunden	Lrh	25876.0829	[h]
4.16	Resultierende Lebensdauer in Weg	Lrm	39542898.34	[m]
4.17	Resultierende Lebensdauer in Stunden mit Zuverlässigkeitsfaktor	Lrhr	25876.0829	[h]
4.18	Resultierende Lebensdauer in Weg mit Zuverlässigkeitsfaktor	Lrmr	39542898.34	[m]

**5.0 Statische axiale Steifigkeit. Kugelschraube, Kugelmutter (ISO3408-4)**

<b>5.1 Statische axiale Steifigkeit</b>				
5.2	Montage der Kugelumlaufspindel (Enden)		A. Feste Montage der Kugelgewindespindel an einem Ende	
5.3	Montage der Kugelumlaufspindel (Steifigkeit)		B. Mit Vorspannkraft (Doppelmutter, Kugelgröße, unterschiedliche S	
5.4	Nicht unterstützte Länge der Kugelgewindespindel	Ls	1200.000	[mm]
5.5	Nicht unterstützte Länge der Kugelgewindespindel	Ls2	600.000	[mm]
5.6	Belastungsdurchmesser der Kugelumlaufspindel	dc	29.460	[mm]



5.7	Belastungsdurchmesser der Kugelmutter	Dc	37.318	[mm]
5.8	<b>Steifigkeit der Kugelgewindespindel (Rs)</b>			
5.9	Steifigkeit (Feste Montage an einem Ende)	Rs1	119.3	[N/μm]
5.10	Steifigkeit (Feste Montage an beiden Enden)	Rs2	477.2	[N/μm]
5.11	Steifigkeit der Kugelgewindespindel für Ls2=Ls/2	Rs2,min	477.2	[N/μm]
5.12	<b>Steifigkeit des Mutterkörpers und der Kugelgewindespindel unter radialen Lastkomponenten (Rn/s)</b>			
5.13	Steifigkeit des Mutterkörpers und der Kugelgewindespindel	Rn/s	22005.9	[N/μm]
5.14	Steifigkeit des Mutterkörpers und der Kugelgewindespindel unter Vorspannung	Rn/s,pr	44011.8	[N/μm]
5.15	<b>Steifigkeit im Kugell/Kugellaufbahn (Rb/t)</b>			
5.16	Steifigkeit der Kugell/Kugellaufbahn	Rb/t	435.8	[N/μm]
5.17	Steifigkeit der Kugell/Kugellaufbahn unter Vorspannung	Rb/t,pr	882.2	[N/μm]
5.18	<b>Steifigkeit der Kugelmuttereinheit (Rnu)</b>			
5.19	Steifigkeit der Kugelmuttereinheit mit Spiel	Rnu	427.4	[N/μm]
5.20	Steifigkeit der vorgespannten Kugelmuttereinheit	Rnu,pr	864.9	[N/μm]
5.21	<b>Steifigkeit der Kugelmuttereinheit mit dem Korrekturfaktor (Rnu*far)</b>			
5.22	Korrekturfaktor für die ausgewählte Toleranzklasse	far	0.55	IT 3
5.23	Steifigkeit der Kugelmuttereinheit mit dem Korrekturfaktor	Rnu,ar	235.0	[N/μm]
5.24	Steifigkeit der vorgespannten Kugelmuttereinheit mit dem Korrekturfaktor	Rnu,pr,ar	475.7	[N/μm]
5.25	<b>Gesamtsteifigkeit des Linearbewegungssystems</b>			
5.26	Steifigkeit der Schraubenlager	RS	10000000.0	[N/μm]
5.27	Steifigkeit der Mutterbefestigung	RB	10000000.0	[N/μm]
5.28	Gesamtsteifigkeit mit der Muttereinheit mit Spiel	R	79.1	[N/μm]
5.29	Gesamtsteifigkeit mit der vorgespannten Muttereinheit	R,pr	95.4	[N/μm]
5.30	Elastische Verformung für maximale Kraft und maximale Schraubenlä	Δmax	17	[μm]



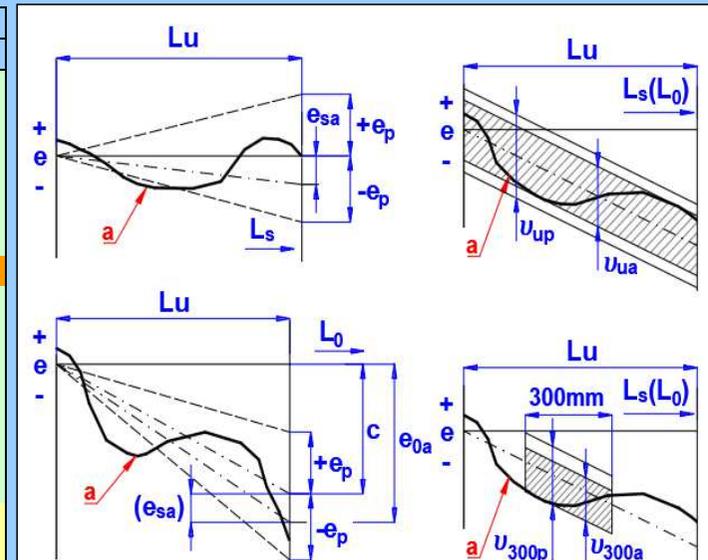
### 5.31 Hilfsberechnungen (ISO 3408-4)

Σros	Σron	cosTaus	cosTaun	sinTaus	sinTaun
0.4407	0.354799	0.851488	0.815531	0.524374	0.578713
Ys	Yn	cEs	cEn	z1	z2
0.952987	0.998521	0.464314	0.464314	19	0
FN	ck	k			
34.71	1.432106	44.533197			

## 6.0 Toleranzen, Genauigkeit (ISO 3408-3, ANSI B5.48)

6.1	Toleranzklasse	IT 3	
6.2	Nutzweg	Lu	1016.00 [mm] ~1016 [mm] (Lu = 1016.00 mm)
6.3	<b>Grenzabmess(e) (±ep) des Sollweges und Wegschwankung (±uup)</b>		

Lu [mm]		IT0		IT1		IT3		IT5	
>	<=	±ep [μm]	uup [μm]						
0	315	4	3.5	6	5	12	8	23	18
315	400	5	3.5	7	5	13	10	25	20
400	500	6	4	8	5	15	10	27	20
500	630	6	4	9	6	16	12	32	23
630	800	7	5	10	7	18	13	36	25
800	1000	8	6	11	8	21	15	40	27
1000	1250	9	6	13	9	24	16	47	30
1250	1600	11	7	15	10	29	18	55	35
1600	2000	-	-	18	11	35	21	65	40
2000	2500	-	-	22	13	41	24	78	46
2500	3150	-	-	26	15	50	29	96	54
3150	4000	-	-	32	18	62	35	115	65
4000	5000	-	-	-	-	76	41	140	77
5000	6300	-	-	-	-	90	50	170	93
6300	8000	-	-	-	-	110	60	213	115
8000	10000	-	-	-	-	-	-	265	140

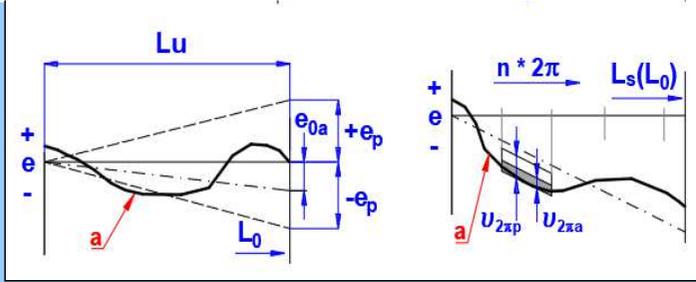


10000	12500	-	-	-	-	-	-	320	170
							ISO	+JIS	+NSK

#### 6.4 Wegabweichungen und Wegschwankungen

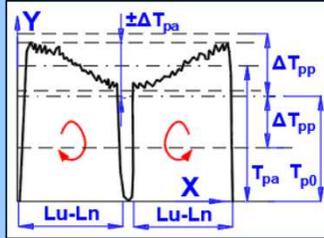
6.5 Toleranzklasse		IT0	IT1	IT3	IT5	IT7 (x)	IT10 (x)
6.6 Grenzmaß des Sollweges	$\pm e_p$ [ $\mu\text{m}$ ]	9	13	24	47	---	---
6.7 Grenzmaß des Sollweges (x)	$\pm e_p$ [ $\mu\text{m}$ ]	11.9	20.3	40.6	77.9	176.1	711.2
6.8 Wegschwankung	$v_{up}$ [ $\mu\text{m}$ ]	6	9	16	30	---	---
6.9 Wegschwankung	$v_{300p}$ [ $\mu\text{m}$ ]	3.5	6	12	23	52	210
6.10 Wegschwankung	$v_{2\pi}$ [ $\mu\text{m}$ ]	3	4	6	8	---	---

(x) Nur für Transportkugelschrauben

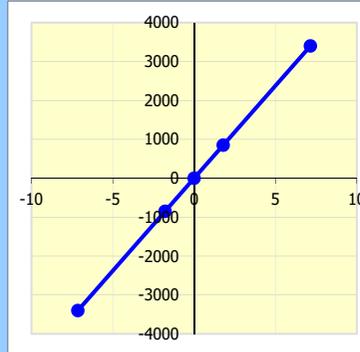


#### 6.11 Grenzabweichung $\Delta T_{pp}$ für das Leerlaufdrehmoment $T_{p0}$

6.12 Leerlaufdrehmoment bei Vorspannung	$T_{p0}$	0.6196	[Nm]
6.13 Grenzabweichung	$\pm \Delta T_{pp}$	30	[%]
6.14 Grenzabweichung	$\pm \Delta T_{pp}$	0.1859	[Nm]

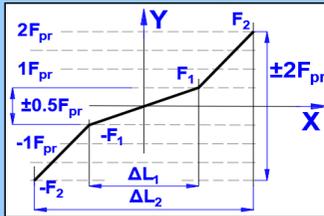


X - Weg  
Y - Leerlaufdrehmoment bei Vorspannung



#### 6.15 Messung der axialen Steifigkeit der vorgespannten Mutter: $R_{nu}$

6.16 Axiale Belastung	$F_1$ [N]	850	[N]	<input checked="" type="checkbox"/>
6.17 Axiale Belastung	$F_2$ [N]	3400	[N]	
6.18 Elastische Verformung	$\Delta L_1$ [ $\mu\text{m}$ ]	3.57	[ $\mu\text{m}$ ]	
6.19 Elastische Verformung	$\Delta L_2$ [ $\mu\text{m}$ ]	14.30	[ $\mu\text{m}$ ]	
6.20 Steifigkeit im Bereich +- F1	$R_{nu1}$	475.7	[N/ $\mu\text{m}$ ]	
6.21 Steifigkeit im Bereich von +F1 bis +F2 und -F1 bis -F2	$R_{nu2}$	475.7	[N/ $\mu\text{m}$ ]	

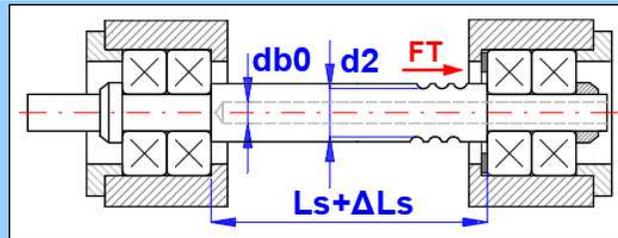


#### 6.22 Toleranzklasse und Abweichungen (ANSI B5.48)

6.23 Toleranzklasse	Class1	Class2	Class3	Class4	Class5	Class6	Class7	Class8	
6.24 Grenzmaß des Sollweges (max.) (Inch)	0.000472	0.000472	---	0.001181	0.001181	---	---	---	[inch]
6.25 Grenzmaß des Sollweges (max.) (Micrometer)	11	11	---	28.6	28.6	---	---	---	[ $\mu\text{m}$ ]
6.26 Wegschwankung (max.) (inch / 12inch)	---	0.0002	0.0002	---	0.0005	0.0005	0.001	0.006	[inch]
6.27 Wegschwankung (max.) ( $\mu\text{m}$ / 300 mm)	---	5	5	---	13	13	25	150	[ $\mu\text{m}$ ]
6.28 Wegschwankung von Spitze zu Spitze (Inch)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0015	[inch]
6.29 Wegschwankung von Spitze zu Spitze (Micrometer)	5	5	5	10	10	10	10	38	[ $\mu\text{m}$ ]

#### 7.0 Berechnung der Erwärmung, Ausdehnung und Kompensationskraft

7.1 Länge der Kugelgewindespindel	$L_s$	1200.00	[mm]
7.2 Kugelgewindespindelkerndurchmesser	$d_2$	27.833	[mm]
7.3 Durchmesser des Innenlochs	$db_0$	0.000	[mm]
7.4 Längenausdehnungskoeffizient	$\alpha$	11.50	[ $10^{-6}/^\circ\text{C}$ ]
7.5 Temperaturanstieg	$\Delta t$	10.0	[ $^\circ\text{C}$ ]
7.6 Die thermische Dehnung der Schraube	$\Delta L_s$	0.138000	[mm]
7.7 Angeforderte Schraubenvorspannung	$\Delta L_p$	0.138000	[mm]
7.8 Die Vorspannkraft	$FT$	14693.6	[N]



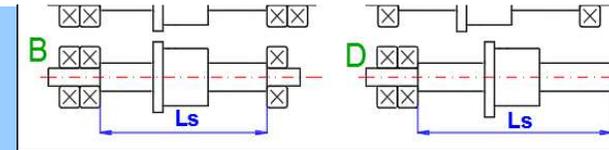
#### 8.0 Kontrolle auf Knickkraft, Zug, Druck, Drillung, kritische Drehzahl, Wirkungsgrad...

##### 8.1 Eingangsparameter für Kugelumlaufspindeln

8.2 Montage der Kugelumlaufspindel (Enden)		B. Fest - Stütze	
8.3 Zusätzliche Belastungskraft (Vorspannung, Temperaturdilatation ...)	Fadd	0.000	[N]



8.4	Nicht unterstützte Länge der Kugelgewindespindel	Ls	1200.000	[mm]
8.5	Kugelgewindespindelkerndurchmesser	d2	27.8330	[mm]
8.6	Schnittfläche der Kugelgewindespindel	A	608.43	[mm <sup>2</sup> ]
8.7	Trägheitsmoment	Ix	29458.46	[mm <sup>4</sup> ]
8.8	Gewicht der Kugelgewindespindel	m	5.731	[kg]
8.9	Durchbiegung (Eigengewichtbelastung)	y <sub>max</sub>	0.08481	< 0.36 [mm]
<b>8.10 Prüfung - Spannung, Kompression, Torsion</b>				
8.11	Summe der Belastungskräfte	F <sub>max</sub> +F <sub>add</sub>	1624.21	[N]
8.12	Drehmoment (max.)	M <sub>k</sub>	5.4380	[N/m]
8.13	Zugspannung / Druckspannung	σ	2.67	< 350 [MPa]
8.14	Torsionsspannung	τ	1.28	< 210 [MPa]
8.15	Vergleichsspannung	σ <sub>red</sub>	3.48	< 350 [MPa]
8.16	Sicherheitsfaktor (Spannung, Kompression, Torsion)	SF <sub>c</sub>	100.71793	> 2.00 [~]
<b>8.17 Prüfung - Knickung</b>				
8.18	Knickfaktor	Coeff <sub>b</sub>	2.00	[~]
8.19	Belastungskraft	F <sub>max</sub> +F <sub>add</sub>	1624.21	[N]
8.20	Grenzschlankheit (Druck / Unelastischen / Elastischen)	SR <sub>c</sub> /SR <sub>c</sub>	17.3   108.8	[~]
8.21	Schlankheitsgrad	SR	138.0	
8.22	Zulässige Knicklast	F <sub>b</sub>	84800.13	[N]
8.23	Sicherheitsfaktor (Knicken)	SF <sub>b</sub>	52.21016	> 3.50 [~]
<b>8.24 Prüfung - Kritische Drehzahl</b>				
8.25	Kritischer Drehzahlfaktor	Coeff <sub>ncr</sub>	3.93	[~]
8.26	Zulässige Betriebsdrehzahl	n <sub>crp</sub>	2400.0	[/min]
8.27	Kritische Drehzahl	n <sub>cr</sub>	3680.5	[/min]
8.28	Rate von Zulässige Betriebsdrehzahl auf Kritische Drehzahl	r (n <sub>crp</sub> /n <sub>cr</sub> )	0.65209	< 0.80
<b>8.29 Statischer Sicherheitsfaktor</b>				
8.30	Maximale axiale Belastung	F <sub>max</sub>	1624.21	[N]
8.31	Grundlegende statische axiale Tragfähigkeit C <sub>0a</sub>	C <sub>0a</sub>	52810.00	[N]
8.32	Statischer Sicherheitsfaktor	SF <sub>s</sub>	32.51	> 1.4 [~]
<b>8.37 Ölschmierung - Effizienzberechnung</b>				
8.38	Empfohlen min. Ölmenge	ov	2.7	[mm <sup>3</sup> /min]
8.39	Arbeitstemperatur	T	30.0	[°C]
8.40	Öl typ	Getriebeöl		
8.41	Empfohlene Ölviskositätsklasse (ISO)	grade	VG46	VG46
8.42	Kinematische Viskosität des Schmiermittels bei Arbeitstemperatur		79.8	[cSt]
8.43	Effizienzberechnung	Schraube+Lager		
8.44	Reibungszahl	f	0.00952	0.00952
8.45	Effizienz (Normalbetrieb)	η	0.9507	[~]
8.46	Effizienz (Rückwärtsbetrieb)	η <sub>r</sub>	0.9484	[~]



**? Ergänzungskapitel**

**9.0 Berechnungsformeln: Beschleunigung, Kräfte, Momente, Umdrehungen, Reibung...**

<b>1.</b>	Zylinder - Massenträgheitsmoment; Masse: $I = 0.5 \cdot Ro \cdot 3.14 \cdot r^4 \cdot H$ ; $m = 3.14 \cdot Ro \cdot r^2 \cdot H$ [I-Massenträgheitsmoment; r-Radius; H-Hoch; Ro-Dichte; m-Gewicht]	<b>8.</b>	Schraubengeschwindigkeit: $n = 60 \cdot v / Ph$ $n = 1000 \cdot v / Ph$ [n-Schraubengeschwindigkeit; v-Geschwindigkeit; Ph-Steigung]																						
	<table border="1"> <thead> <tr><th>I [kg*m<sup>2</sup>]</th><th>r [m]</th><th>H [m]</th><th>Ro[kg/m<sup>3</sup>]</th><th>m [kg]</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.003196</td><td>0.06</td><td>0.02</td><td>7850</td><td>1.775628</td></tr> </tbody> </table>	I [kg*m <sup>2</sup> ]	r [m]	H [m]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	m [kg]	0.003196	0.06	0.02	7850	1.775628		<table border="1"> <thead> <tr><th>n [/min]</th><th>v [mm/s]</th><th>Ph [mm]</th><th>n [/min]</th><th>v [m/min]</th><th>Ph [mm]</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>600</td><td>10</td><td>1</td><td>10000</td><td>10</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	n [/min]	v [mm/s]	Ph [mm]	n [/min]	v [m/min]	Ph [mm]	600	10	1	10000	10	1
I [kg*m <sup>2</sup> ]	r [m]	H [m]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	m [kg]																					
0.003196	0.06	0.02	7850	1.775628																					
n [/min]	v [mm/s]	Ph [mm]	n [/min]	v [m/min]	Ph [mm]																				
600	10	1	10000	10	1																				

2. Akzeleration:  $a = (v2 - v1) / (t2 - t1)$

[a-Akzeleration; v1-Anfangsgeschwindigkeit; v2-Endgeschwindigkeit; t1-Bezugszeit; t2-Ende Zeit]

a [m/s <sup>2</sup> ]	v1 [m/s]	v2 [m/s]	t1 [s]	t2 [s]
1.0000	0	1	0	1

3. Akzeleration:  $a = 0.5 * (v2^2 - v1^2) / s$

[a-Akzeleration; v1-Anfangsgeschwindigkeit; v2-Endgeschwindigkeit; s-Arbeitsweg]

a [m/s <sup>2</sup> ]	v1 [m/s]	v2 [m/s]	s [m]
0.5000	0	1	1

4. Winkelbeschleunigung:  $a = 0.1047198 * n / t$

[a-Angular acceleration; n-Speed; t-Time]

a [rad/s <sup>2</sup> ]	n [rpm]	t [s]
10.4720	100	1

5. Kraft:  $F = m * a$

[F-Kraft; m-Gewicht; a-Akzeleration]

F [N]	m [kg]	a [m/s <sup>2</sup> ]
10	1	10

6. Kraft:  $F = 0.5 * m * (v2^2 - v1^2) / s$

[F-Kraft; m-Gewicht; v1-Anfangsgeschwindigkeit; v2-Endgeschwindigkeit; s-Arbeitsweg]

F [N]	v1 [m/s]	v2 [m/s]	m [kg]	s [m]
150.0000	10	20	1	1

7. Drehmoment:  $Mk = 0.10472 * (n2 - n1) * I / t$

[Mk-Drehmoment; n1-Anfangsdrehzahl; n2-Enddrehzahl; I-Massenträgheitsmoment; t-Zeit]

Mk [Nm]	n1 [1/min]	n2 [1/min]	I [kg*m <sup>2</sup> ]	t [s]
10.47198	10	20	10	1

9. Steigung:  $Ph = 60 * v / n$   $Ph = 1000 * v / n$

[n-Schraubengeschwindigkeit; v-Geschwindigkeit; Ph-Steigung]

Ph [mm]	v [mm/s]	n [1/min]	Ph [mm]	v [m/min]	n [1/min]
1	10	600	100	1	10

10. Gleitreibung - Kraft:  $F = Q * f$ ;  $FI = atan(f)$

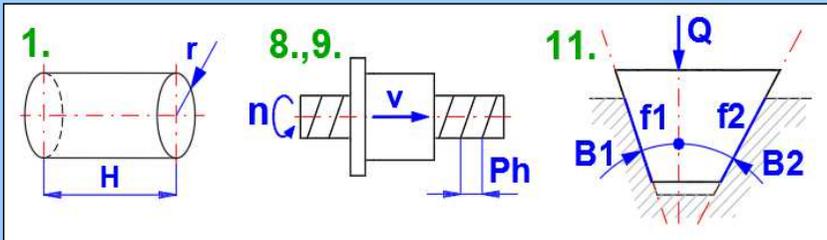
[F-Kraft; Q-Normale Kraft; f-Reibungskoeffizient; FI-Winkel der Reibungswinkel]

F [N]	Q [N]	f [~]	FI [°]
100	1000	0.1	5.710593

11. Reibung in der V-Nut - Kraft:  $F = Q * (f1*cos(B2) + f2*cos(B1)) / sin(B1+B2)$

[F-Kraft; Q-Normale Kraft; f1-Reibungskoeffizient; f2-Reibungskoeffizient; B1-Winkel; B2-Win]

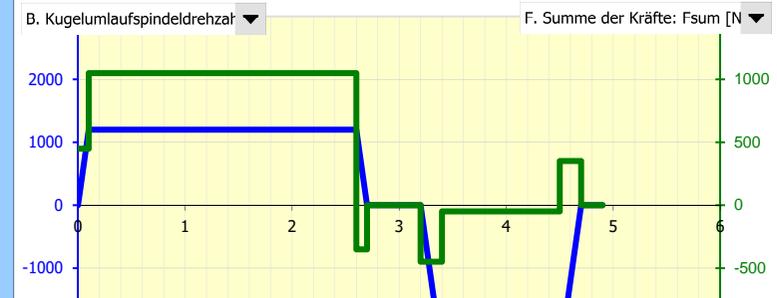
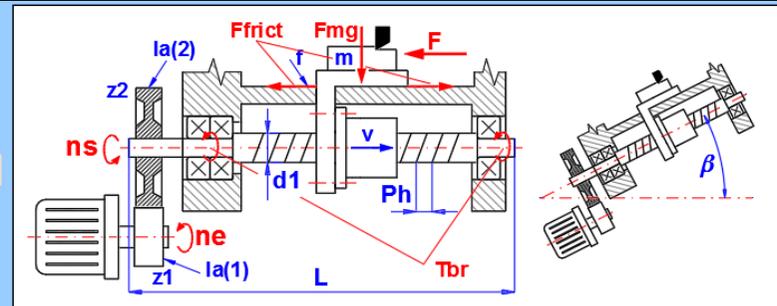
F [N]	Q [N]	f1 [~]	f2 [~]	B1 [°]	B2 [°]
141.42	1000	0.1	0.1	45	45



## 10.0 Entwurf der Tabelle des Belastungsspektrums

### 10.1 Definition des Mechanismus

10.2 Steigung	Ph	20.000	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
10.3 Nenndurchmesser	d1	32.000	[mm]	
10.4 Kugelmittendurchmesser	Dpw	33.389	[mm]	
10.5 Gesamtlänge der Schraube (Welle)	L	1520.00	[mm]	
10.6 Vertikale Ausrichtung des Mechanismus	β	0.00	Horizontal (0 °)	<input type="checkbox"/>
10.7 Gewicht eines sich bewegenden Objekts (Tisch, Werkstück)	m	100.00	[kg]	
10.8 Trägheitsmoment – von geradliniger Bewegung in Rotation	Iw	0.001013212	[kg*m <sup>2</sup> ]	
10.9 Trägheitsmoment der Schraube	Is	0.001228324	[kg*m <sup>2</sup> ]	
10.10 Trägheitsmoment der Räder auf der Schraubenseite	Ia(2)	0.0006	[kg*m <sup>2</sup> ]	
10.11 Trägheitsmoment der Räder auf der Motorseite	Ia(1)	0.003	[kg*m <sup>2</sup> ]	
10.12 Übersetzungsverhältnis	i=(z2/z1)	0.6250	[~]	
10.13 Trägheitsmoment für Beschleunigungsmoment	Iacc	0.010274333	[kg*m <sup>2</sup> ]	
10.14 Vorspannkraft der Kugelmutter	Fpr	1700.00	[N]	
10.15 Drehmoment von der Vorspannung	Tpr	0.619627519	[Nm]	
10.16 Oberflächenreibungskoeffizient (Tisch, Werkstück ...)	f	0.05	[~]	
10.17 Reibungskraft aus der Bewegung des Tisches, Werkstücks	Ffrict	49.050	[N]	
10.18 Kraft aus eigenem Gewicht (Tisch, Werkstück ...)	Fmg	0.000	[N]	
10.19 Effizienz	η	0.97	0.97	<input checked="" type="checkbox"/>
10.20 Drehmoment aus Reibung (Tisch, Werkstück ...)	Tfrict	0.2575	[Nm]	



10.21 Drehmoment aus Eigengewicht

Tmg 0.0000 [Nm]

10.22 Lagerreibungsmoment

Tbr [Nm] 0.0925 0.0925

10.23 Verschieben der Werte in die Tabelle der äquivalenten Belastungen [11.0]



10.24 Definitionstabelle

i	ne_start [1/min]	ne_end [1/min]	dt [s]	t_end [s]	ns_end [1/min]	$\alpha$ [rad/s <sup>2</sup> ]	a [m/s <sup>2</sup> ]	v_start [m/s]	v_end [m/s]	ds [mm]	s [mm]	F [N]	F_acc [N]	F_sum [N]	T_acc [N/m]	T_sum [N/m]	Power [kW]
1	0	750	0.1	0.1	1200	785.3982	4	0	0.4	20.00	20.00		400.0	449.1	8.069	9.502	0.373
2	750	750	2.5	2.6	1200	0	0	0.4	0.4	1000.00	1020.00	1000.0	0.0	1049.1	0.000	6.683	0.525
3	750	0	0.1	2.7	0	-785.3982	-4	0.4	0	20.00	1040.00		-400.0	-351.0	-8.069	-6.637	-0.261
4	0	0	0.5	3.2	0	0	0	0	0	0.00	1040.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
5	0	-1500	0.2	3.4	-2400	-785.3982	-4	0	-0.8	-80.00	960.00		-400.0	-449.1	-8.069	-9.502	0.746
6	-1500	-1500	1.1	4.5	-2400	0	0	-0.8	-0.8	-880.00	80.00		0.0	-49.1	0.000	-1.432	0.225
7	-1500	0	0.2	4.7	0	785.3982	4	-0.8	0	-80.00	0.00		400.0	351.0	8.069	6.637	-0.521
8	0	0	0.2	4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
9	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
10	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
11	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
12	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
13	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
14	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
15	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
16	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
17	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
18	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
19	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000
20	0			4.9	0	0	0	0	0	0.00	0.00		0.0	0.0	0.000	0.000	0.000

11.0 Äquivalente Drehzahl und äquivalente axiale Belastung (ISO3408-5)

11.1 Übertragung der Werte in Absatz [3.0]

11.2 Anzahl der verschiedenen Belastungsfälle

8

11.3 Muttertyp

B. Mit Vorspannkraft (Doppelmutter, Kugelgröße, unterschiedliche S

11.4 Vorspannkraft der Kugelmutter

Fpr [N] 1700.00 ~ 750

11.5 Axiale Belastung begrenzen

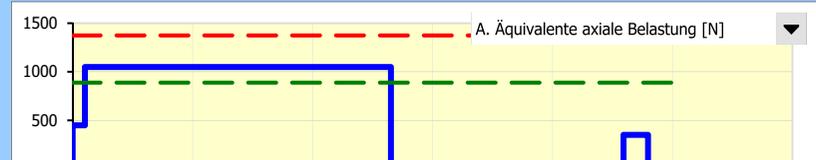
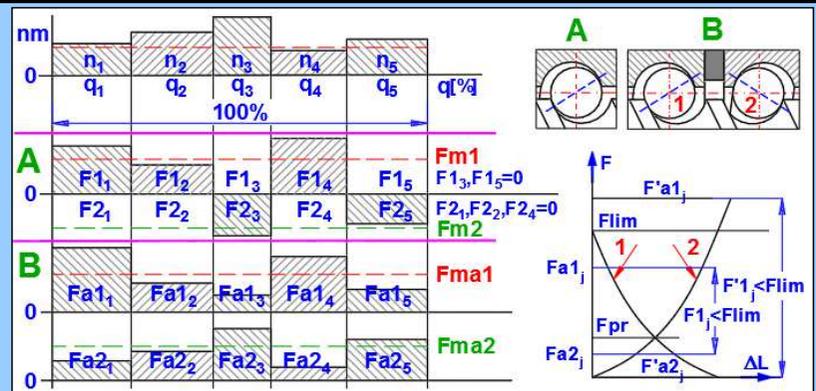
Flim [N] 4808.33

11.6 Betriebsvorspannungsfaktor

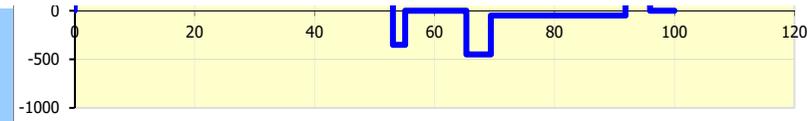
fop [~] 0.60

11.7 Belastungstabelle

i	F1,2j [N]	Fa1j [N]	Fa2j [N]	nj [1/min]	q [%]	tj [s]	Beschreibung
1	449.1	1267.2	818.1	600.0	2.0	0.10	
2	1049.1	1624.2	575.2	1200.0	51.0	2.50	
3	-351.0	860.7	1211.7	600.0	2.0	0.10	
4	0.0	1020.0	1020.0	0.0	10.2	0.50	
5	-449.1	818.1	1267.2	1200.0	4.1	0.20	
6	-49.1	997.1	1046.1	2400.0	22.4	1.10	
7	351.0	1211.7	860.7	1200.0	4.1	0.20	
8	0.0	1020.0	1020.0	0.0	4.1	0.20	
9		0	0				



10		0	0			
11		0	0			
12		0	0			
13		0	0			
14		0	0			
15		0	0			
16		0	0			
17		0	0			
18		0	0			
19		0	0			
20		0	0			



### 11.8 Äquivalente und maximale Drehzahl und Belastung

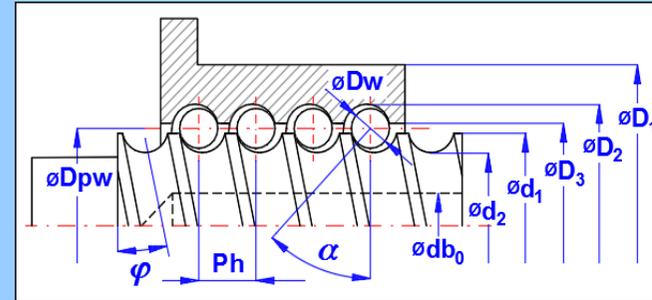
11.9 Äquivalente Drehzahl	nm1	1273.47	[/min]
11.10 Äquivalente Drehzahl	nm2	1273.47	[/min]
11.11 Maximale Drehzahl	nmax	2400.0	[/min]
11.12 Äquivalente axiale Belastung	Fma1	1374.1	[N]
11.13 Äquivalente axiale Belastung	Fma2	888.3	[N]
11.14 Maximale axiale Belastung	Fmax	1624.2	[N]

## 12.0 Berechnung der Grundlege und modifizierten statischen und dynamischen Tragfähigkeit (ISO3408-5, ANSI B5.48)

12.1 Übertragung der Werte in Absatz [3.0]

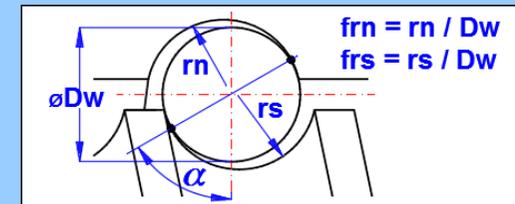
### 12.2 Eingangsparameter

12.3 Anzahl tragende Umläufe (Mutter)	i	3.00	[~]	<input checked="" type="checkbox"/>
12.4 Anzahl der entladenen Kugeln im Kugelumlenksystem	zu	0	[~]	
12.5 Nenndurchmesser	d1	32.000	[mm]	
12.6 Nenndurchmesser der Kugel	Dw	5.5560	[mm]	
12.7 Steigung	Ph	20.000	[mm]	
12.8 Kugelmittendurchmesser	Dpw	33.389	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>
12.9 Steigungswinkel	$\varphi$	10.7949	[deg]	
12.10 Kontaktwinkel zwischen Kugel und Laufbahn	$\alpha$	45	[deg]	
12.11 Schmiegun (rn/Dw)	frn	0.550	0.550 - Ausführung nach ISO 3408	▼
12.12 Schmiegun (rs/Dw)	frs	0.550	0.550 - Ausführung nach ISO 3408	▼
12.13 Anzahl der effektiv geladenen Kugeln pro Fadenumdrehung	z1	19	[~]	



### 12.14 Grundlegende statische axiale Tragfähigkeit C0a

12.15 Charakteristik der statische axiale Tragfähigkeit	k0	43.21054944	[~]	
12.16 Reziproke Krümmungsradien	ro11,ro21	0.359971202	[1/mm]	
12.17 Reziproke Krümmungsradien	ro12	-0.327246548	[1/mm]	
12.18 Reziproke Krümmungsradien	ro22	0.048004021	[1/mm]	
12.19 Grundlegende statische axiale Tragfähigkeit C0a	C0a	<b>52810.5</b>	[N]	



### 12.20 Grundlegende dynamische axiale Tragfähigkeit Ca.

12.21 Dynamische Tragfähigkeit der Kugelumlaufspindel pro einzelne belast.	Ci	8568.5	[N]	
12.22 Exponent für die Cs-Berechnung	exp	0.86	0.86 ... ISO 3408-5	▼
12.23 Dynamische Tragfähigkeit der Kugelumlaufspindelwelle pro einzelne b	Cs	9177.4	[N]	
12.24 Dynamische Tragfähigkeit der Kugelmutter pro einzelne belastete Um	Cn	13793.3	[N]	
12.25 Geometrischer Faktor	fc	81.12787358	[~]	
12.26 Geometrischer Faktor	f1	7.642977396	[~]	
12.27 Geometrischer Faktor	f2	0.426108899	[~]	
12.28 Geometrischer Faktor	f3	0.665353986	[~]	
12.29 Geometrischer Faktor	gama	0.117664059	[~]	
12.30 Verhältnis Cs / Cn	Cs/Cn	0.665353986	[~]	
12.31 Grundlegende dynamische axiale Tragfähigkeit Ca.	Ca	<b>22040.9</b>	[N]	

### 12.32 Modifizierte statische und dynamische axiale Tragfähigkeit C0am, Cam

12.33 Oberflächenhärte	AH	654.00	[HV10]	
------------------------	----	--------	--------	--

12.34	Härtefaktor für statische axiale Tragfähigkeit	fh0	1.00	[~]
12.35	Korrekturfaktor Toleranzklassen	fac	1.00	[~]
12.36	Modifizierte statische axiale Tragfähigkeit	C0am	<b>52810.5</b>	[N]
12.37	Härtefaktor für dynamische axiale Tragfähigkeit	fh	1.00	[~]
12.38	Materialverarbeitungs faktor	fm	1.00	[~]
12.39	Modifizierte dynamische axiale Belastbarkeit	Cam	<b>22040.9</b>	[N]
<b>12.40 Grundlegende Tragfähigkeit (ANSI B5.48-1977)</b>				
12.41	Grundlegende Tragfähigkeit (1 000 000 Zoll Nennlebensdauer)	Pi	4935.3	[lbf]
12.42	Grundlegende statische Tragfähigkeit (Imperial)	Ti	27272.9	[lbf]
12.43	Nennlebensdauer für X Zoll	LIix	1000000	[in]
12.44	Tragfähigkeit für einen anderen Arbeitsabstand als eine Million Zoll	Pix	4935.3	[lbf]
12.45	Grundlegende Tragfähigkeit (25400 Meter Nennlebensdauer)	Pm	21956.6	[N]
12.46	Grundlegende statische Tragfähigkeit (Metrisch)	Tm	121320.3	[N]
12.47	Nennlebensdauer für Y Meter	LImy	25400	[m]
12.48	Tragfähigkeit für einen anderen Arbeitsabstand als 25400 Metern	Pmy	21956.6	[N]
12.49	Umrechnung Pi auf Ca.	Ca'	23773.7	[N]
<b>12.50 Generierung der Tabellen mit Kugelschrauben ISO und ANSI</b>				
12.51	Generieren von C0am und Cam zur ISO-Tabelle			100% OK
12.52	Generieren von Pix und Ti zu ANSI-Tabelle			100% OK

### 13.0 Grafische Ausgabe, CAD - Systeme

13.1	2D Ausgabe in:	DXF File		
13.2	2D-Zeichnungsmaßstab	Automatic		
13.3	Anzahl der Schraubengewinde in der Zeichnung	nts	60	60 [~] <input checked="" type="checkbox"/>
13.4	Anzahl der Muttergewinde in der Zeichnung	ntn	3	3 [~]
13.5	Länge der Kugelmutter	Ln	184	184 [mm]
13.6	Verschiebung der Mutter von links (in Anzahl der Gewinde)	k	27	27 [~]

