



Berechnung

Maschinenelemente Konstruktionsübung

307.452

Gruppe 5 — WS2021

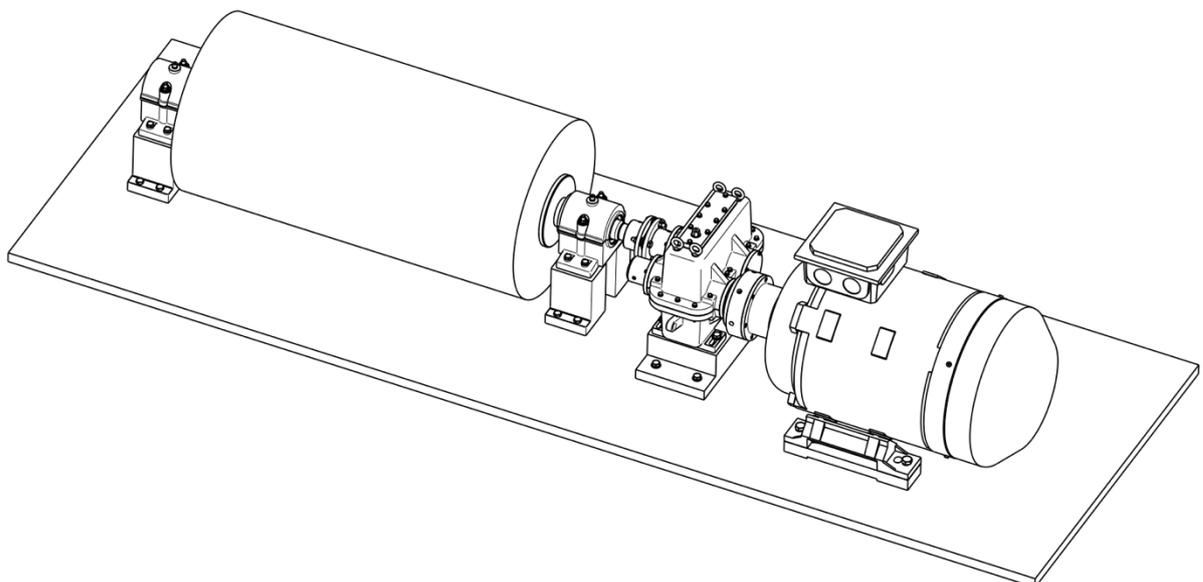
Antrieb einer Umformwalze

Maximilian J. Vieweg 11806443

Enya Eichenseder 11806641

Kim Tae-Hyong 01617271

Ida Spiegel 11721361



Inhaltsangabe

1. Angabe	1
1.1. Angabedaten	1
1.2. Werkstoffkennwerte für Rad und Ritzel	1
2. Vorauslegung und Verzahnungsgeometrie	1
2.1. Übersetzungsaufteilung	1
2.2. Bestimmung des Ritzeldurchmessers	2
2.3. Auslegung der Zähnezahl	3
2.4. Modulberechnung und -auswahl	4
2.5. Profilverschiebung	4
2.6. Auslegung der Zähne	5
2.7. Geometrien und Abmessungen	5
2.8. Kontrollen	8
2.9. Bestimmung der Wellendurchmesser	12
3. Festigkeitsberechnung der Zahnräder	14
3.1. Umfangskraft, Drehmoment und Leistung	14
3.2. Allgemeine Einflussfaktoren	15
3.3. Berechnung der Grübchentragfähigkeit	20
3.4. Sicherheiten der Grübchentragfähigkeit	23
3.5. Berechnung der Zahnfußtragfähigkeit	24
3.6. Sicherheiten der Zahnfußtragfähigkeit	31
4. Festigkeitsberechnung der Wellen	32
4.1. Berechnungsdaten	32
4.2. Schnittgrößen Abtriebswelle	36
4.3. Nachweis des Vermeidens von bleibender Verformung – Kritische Kerbe	38
4.4. Nachweis des Vermeidens von Dauerbrüchen – Kritische Kerbe	41
4.5. Ermittlung der Vergleichsspannungen der Antriebswelle	45
4.6. Schnittgrößen Antriebswelle	48
4.7. Sicherheiten der Antriebswelle	51
5. Lagerberechnung nach SKF Katalog	52
5.1. Antrieb Zylinderrollenlager NU 308 ECJ	52
5.2. Antrieb Pendelrollenlager 22308 E	54
5.3. Abtrieb Kegelrollenlager 30309	55
5.4. Abtrieb Kegelrollenlager 30309	56
6. Passfederberechnungen	57
7. Schmierung des Getriebes	59
8. Lamellenkupplung Auslegung nach Ortlinghaus	60
9. Rotex-Kupplung Auswahl	62
10. Berechnung der Schraubenverbindungen	63
10.1. Lagerdeckelschrauben	63
10.2. Lagerschrauben	66
11. Gleitlagerberechnung nach DIN 31652	69
11.1. Lagerbelastung	69
11.2. Lagerdaten	70
11.3. Vorauslegung der Hauptabmessungen	70
11.4. Überprüfung alleinig Außenkühlung	71
11.5. Berechnung Innenkühlung	77
11.6. Kontrolle der Ergebnisse	83
11.7. Berechnungsergebnisse	85
12. Anhang	
12.1. Stückliste	
12.2. Datenblätter	

1. Angabe

1.1. Angabedaten

Eingangsleistung:	$P_{ein} := 45 \cdot kW$	
Antriebsdrehzahl:	$n_{an} := 1475 \cdot min^{-1}$	
Abtriebsdrehzahl:	$n_{ab_soll} := 700 \cdot min^{-1}$	
Wälzlagerlebensdauer:	$L_{5mh_soll} := 20000 \cdot hr$	bei $EW := 92\%$
Gehäusebauart:	Gusskonstruktion	
Kraft an Umlaufwalze:	$F := 55 \cdot kN$	

1.2. Werkstoffkennwerte für Rad und Ritzel

Niedriglegierter Einsatzstahl (einsatzgehärtet) mittlere Werkstoffqualität MQ laut Angabe

Grübchen-Dauerfestigkeit:	$\sigma_{H_lim} := 1500 \cdot \frac{N}{mm^2}$	(DIN 3990-5, Bild 4a)
Zahnfuß-Grundfestigkeit:	$\sigma_{FE} := 1100 \cdot \frac{N}{mm^2}$	(DIN 3990-5, Bild 4b)

Laut DIN 3990 - 11 muss die Verzahnungsqualität größer oder gleich 6 sein. Daher wurde 7 für die Verzahnungsqualität des Radpaares gewählt.

2. Vorauslegung und Verzahnungsgeometrie

2.1. Übersetzungsaufteilung:

(nach Datenblatt von Nord)

Motorwahl: Nord-Asynchronmotor 225-SP4 IE3 50Hz mittles Frequenzumrichter auf 87Hz betrieben

Neue Eingangsleistung:	$P_{ein_ist} := P_{ein} \cdot \sqrt{3} = 77.942 \cdot kW$
Neue Antriebsdrehzahl:	$n_{an_ist} := n_{an} \cdot \sqrt{3} = 2554.775 \frac{1}{min}$
Gesamtübersetzung:	$u_{ges_soll} := \frac{n_{an_ist}}{n_{ab_soll}} = 3.65$

gewählte vorläufige Übersetzung: $u_{vor_gew} := u_{ges_soll}$

daraus resultierende vorläufige Abtriebsdrehzahl: $n_{ab_vor} := \frac{n_{an_ist}}{u_{vor_gew}} = 700 \frac{1}{min}$

2.2. Bestimmung des Ritzeldurchmessers

$bd_{max} := 1.1$ Durchmesser-Breiten-Verhältnis nach Konstruktionsvorgaben Einsatzgehärtet: $bd_1 \leq 1.1$

Elastizitätsfaktor: $Z_E := 189.8 \cdot \sqrt{\frac{N}{mm^2}}$ (DIN 3990-11 Tab. 4.1)

mit vorläufigen gewählten Annahmen:

Schrägungswinkel: $\beta_{gew} := 11 \text{ deg}$

Normaleingriffswinkel: $\alpha_n := 20 \text{ deg}$

Profilverschiebungen: $x_1 + x_2 = 0$

Dynamikfaktor: $K_{V_vor} := 1.2$

Anwendungsfaktor: $K_A := 1.5$

Zonenfaktor: $Z_{H_bild} := 2.4 + 0.1 \cdot \frac{6}{11} = 2.455$
(DIN 3990-11 Bild 4.2)

Antriebsdrehmoment: $T_{an} := \frac{P_{ein_ist}}{2 \cdot n_{an_ist} \cdot \pi} = 291.334 \text{ N} \cdot \text{m}$

Antriebswinkelgeschwindigkeit: $\omega_{an} := 2 \cdot \pi \cdot n_{an_ist} = 267.535 \frac{1}{s}$

zulässige Hertz'sche Pressung: $\sigma_{H_lim} = 1500 \frac{N}{mm^2}$

Sicherheitsfaktor: $S_{H_gew} := 1.2$

Ritzeldurchmesser:

$$d_{1_vor} := 3 \sqrt{\frac{2 \cdot T_{an} \cdot K_A \cdot K_{V_vor}}{\left(\frac{\sigma_{H_lim}}{S_{H_gew}}\right)^2 \cdot b d_{max}} \cdot \left(\frac{u_{vor_gew} + 1}{u_{vor_gew}}\right) \cdot Z_E^2 \cdot Z_{H_bild}^2}$$

$$d_{1_vor} = 55.258 \text{ mm}$$

2.3. Auslegung der Zähnezahl

(nach Vorgabendokument - Abschn. 7)

Werkstofffaktor: $Z_W := 1$

Sicherheiten: $S_{H_min} := 1.2$

$$S_{F_min} := 1.5$$

Lastwechselfaktor: $f_1 := 1$ für Schwelllast

Schrägungswinkel: $\beta_{gew} = 11 \text{ deg}$

Zähnezahl des Ritzels: (nach Vorgabendokument
Anschn. 7, Gl. 3)

$$z_{1_vor} := \frac{35000 \cdot N}{\text{mm}^2} \cdot \left(\frac{u_{vor_gew} + 1}{u_{vor_gew}}\right) \cdot \frac{\frac{\sigma_{FE}}{S_{F_min}}}{\left(\frac{\sigma_{H_lim}}{S_{H_min}}\right)^2} \cdot (\cos(\beta_{gew}))^2 \cdot \frac{f_1}{Z_W^2}$$

$$z_{1_vor} = 20.166$$

$$z_{1_gew} := 21$$

Zähnezahl des Rades:

$$z_{2_vor} := z_{1_gew} \cdot u_{vor_gew} = 76.643$$

$$z_{2_gew} := 77$$

$$u_{ist} := \frac{z_{2_gew}}{z_{1_gew}} = 3.667$$

Daraus resultierende Abtriebsdrehzahl:

$$n_{ab_ist} := \frac{n_{an_ist}}{u_{ist}} = 696.757 \frac{1}{\text{min}} \qquad \omega_{ab_ist} := 2 \cdot \pi \cdot n_{ab_ist} = 72.964 \frac{1}{s}$$

$$diff_n_{ab} := \frac{|n_{ab_ist} - n_{ab_soll}|}{n_{ab_soll}} \cdot 100 = 0.463 \%$$

2.4. Modulberechnung und -auswahl

Normalmodul: $m_{n_vor} := \frac{d_{1_vor}}{z_{1_gew}} = 2.631 \text{ mm}$ (MEL-Skript S.246, Gl.7.3)

$m_{n_gew} := 2.5 \text{ mm}$ (Vorgabendokument, Abschn. 8 - Tab. 2)
(entspricht DIN 780)

Stirnmodul: $m_t := \frac{m_{n_gew}}{\cos(\beta_{gew})} = 2.547 \text{ mm}$

2.5. Profilverschiebung

2.5.1 Winkel und Achsabstände (DIN 21771, Gl. 14)

Stirneingriffswinkel: $\alpha_t := \text{atan}\left(\frac{\tan(\alpha_n)}{\cos(\beta_{gew})}\right) = 20.344 \text{ deg}$
(Roloff Matek, Gl. 21.19)

vorläufiger Achsabstand: $a_{v_vor} := \frac{m_t \cdot (z_{1_gew} + z_{2_gew})}{2} = 124.793 \text{ mm}$

gewählter Achsabstand: $a_{v_gew} := 126 \text{ mm}$

Betriebseingriffswinkel: (DIN 21771, Gl. 54)

$$\alpha_{wt} := \text{acos}\left(\frac{m_t}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_t)}{a_{v_gew}} \cdot (z_{1_gew} + z_{2_gew})\right)$$

$$\alpha_{wt} = 21.776 \text{ deg}$$

Definition der Involutenfunktionen lt. Roloff Matek

$$\text{inv}(x) := \tan(x) - x$$

2.6. Auslegung der Zähne

Summe der Profilverschiebungsfaktoren:

$$x_{sum} := \frac{z_{1_gew} + z_{2_gew}}{2 \cdot \tan(\alpha_n)} \cdot (\operatorname{inv}(\alpha_{wt}) - \operatorname{inv}(\alpha_t)) = 0.499 \quad (\text{DIN 21771, Gl. 62})$$

Ersatz-Zähnezahl:

(Roloff Matek, Gl. 21.47)

$$z_{n1} := \frac{z_{1_gew}}{\cos(\beta_{gew})^3} = 22.201$$

$$z_{n2} := \frac{z_{2_gew}}{\cos(\beta_{gew})^3} = 81.405$$

Profilverschiebungsfaktoren:

(Roloff Matek, Gl. 21.33)

$$x_1 := \frac{x_{sum}}{2} + \left(0.5 - \frac{x_{sum}}{2}\right) \cdot \frac{\log(u_{ist})}{\log\left(\frac{z_{n1} \cdot z_{n2}}{100}\right)} = 0.362$$

(Roloff Matek, Gl. 21.32)

$$x_2 := x_{sum} - x_1 = 0.137$$

2.7. Geometrien und Abmessungen

2.7.1 Ritzel

Teilkreisdurchmesser & -radius:

(DIN 21771, Gl. 1)

$$d_1 := m_t \cdot z_{1_gew} = 53.483 \text{ mm}$$

$$R_1 := \frac{d_1}{2} = 26.741 \text{ mm}$$

(DIN 21771, Gl. 19)

Grundkreisdurchmesser & -radius:

$$d_{b1} := d_1 \cdot \cos(\alpha_t) = 50.147 \text{ mm}$$

$$R_{b1} := \frac{d_{b1}}{2} = 25.073 \text{ mm}$$

Wälzkreisdurchmesser & -radius: (DIN 21771, Gl. 56)

$$d_{w1} := \frac{d_{b1}}{\cos(\alpha_{wt})} = 54 \text{ mm}$$

$$R_{w1} := \frac{d_{w1}}{2} = 27 \text{ mm}$$

Als Bezugsprofil wurde ein Normalprofil gewählt

Kopfhöhe des Bezugsprofils: (DIN 3990 - 11 - Abs. 1.3 e)

$$h_{aP} := 1 \cdot m_{n_gew} = 2.5 \text{ mm}$$

Fußhöhe des Bezugsprofils: (DIN 3990 - 11 - Abs. 1.3 e)

$$h_{fP} := 1.25 \cdot m_{n_gew} = 3.125 \text{ mm}$$

Kopfhöhenänderungsfaktor: (DIN 3960 (3.16))

$$k := \frac{(a_{v_gew} - a_{v_vor} - m_{n_gew} \cdot x_{sum})}{m_{n_gew}} = -0.016$$

Kopfkreisdurchmesser & -radius: (DIN 21771, Gl. 33)

$$d_{a1} := d_1 + 2 \cdot (x_1 \cdot m_{n_gew} + h_{aP} + k \cdot m_{n_gew}) = 60.211 \text{ mm}$$

$$R_{a1} := \frac{d_{a1}}{2} = 30.105 \text{ mm}$$

Fußkreisdurchmesser & -radius: (DIN 21771, Gl. 34)

$$d_{f1} := d_1 + 2 \cdot (x_1 \cdot m_{n_gew} - h_{fP}) = 49.043 \text{ mm}$$

$$R_{f1} := \frac{d_{f1}}{2} = 24.521 \text{ mm}$$

Zahnhöhe: (DIN 21771, Gl. 35)

$$h := h_{aP} + h_{fP} + k \cdot m_{n_gew} = 5.584 \text{ mm}$$

2.7.2 Rad

Teilkreisdurchmesser & -radius: $d_2 := m_t \cdot z_{2_gew} = 196.103 \text{ mm}$ (DIN 21771, Gl. 1)

$$R_2 := \frac{d_2}{2} = 98.051 \text{ mm}$$

Grundkreisdurchmesser & -radius: $d_{b2} := d_2 \cdot \cos(\alpha_t) = 183.871 \text{ mm}$ (DIN 21771, Gl. 19)

$$R_{b2} := \frac{d_{b2}}{2} = 91.935 \text{ mm}$$

Wälzkreisdurchmesser & -radius: $d_{w2} := \frac{d_{b2}}{\cos(\alpha_{wt})} = 198 \text{ mm}$ (DIN 21771, Gl. 56)

$$R_{w2} := \frac{d_{w2}}{2} = 99 \text{ mm}$$

Kopfhöhe des Bezugsprofils: $h_{aP} = 2.5 \text{ mm}$ (DIN 3990 - 11, Abs. 1.3 e))

Fußhöhe des Bezugsprofils: $h_{fP} = 3.125 \text{ mm}$ (DIN 3990 - 11, Abs. 1.3 e))

Kopfkreisdurchmesser & -radius: (DIN 21771, Gl. 33)

$$d_{a2} := d_2 + 2 \cdot (x_2 \cdot m_{n_gew} + h_{aP} + k \cdot m_{n_gew}) = 201.707 \text{ mm}$$

$$R_{a2} := \frac{d_{a2}}{2} = 100.854 \text{ mm}$$

Fußkreisdurchmesser & -radius: (DIN 21771, Gl. 34)

$$d_{f2} := d_2 + 2 \cdot (x_2 \cdot m_{n_gew} - h_{fP}) = 190.539 \text{ mm}$$

$$R_{f2} := \frac{d_{f2}}{2} = 95.27 \text{ mm}$$

2.8 Kontrollen

(nach Vorgabedokument Abs. 11)

2.8.1 Breiten - Durchmesser - Verhältnis:

maximales Verhältnis: $bd_{max} = 1.1$

maximale Ritzelbreite 1. Stufe: $b_{1_{max}} := bd_{max} \cdot d_1 = 58.831 \text{ mm}$

gewählte Ritzelbreite 1. Stufe: $b_1 := 38 \text{ mm}$

gewählte Radbreite 1. Stufe: $b_2 := b_1 = 38 \text{ mm}$

tatsächliches Verhältnis 1. Stufe: $bd_{1_{ist}} := \frac{b_1}{d_1} = 0.711$

if ($bd_{1_{ist}} < bd_{max}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($b_1 > 6 \cdot m_{n_{vor}}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($b_2 > 6 \cdot m_{n_{vor}}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($b_1 > 2 \cdot R_{a1} \cdot \frac{(1 + \tan(\beta_{gew}))}{12}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($b_2 > 2 \cdot R_{a2} \cdot \frac{(1 + \tan(\beta_{gew}))}{12}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

2.8.2 Breiten - Modul - Verhältnis:

Verzahnungsqualität: $VQ := 7$ (Vorgabedokument - Abschn. 3)

Max. Breiten - Modul - Verh.: $BMV_{max} := 30$ (Vorgabedokument - Abschn. 11, Tab. 4)

Ist - Breiten - Modul - Verh.: $BMV := \frac{b_1}{m_{n_{gew}}} = 15.2$

if ($BMV_{max} > BMV$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

2.8.3. Überdeckung:

Teilung: (DIN 21771, Gl. 23, 28 & 30)

$$p_{et} := m_t \cdot \pi \cdot \cos(\alpha_t) = 7.502 \text{ mm}$$

Eingriffsstrecke: (DIN 21771, Gl. 77)

$$g_\alpha := \sqrt[2]{R_{a1}^2 - R_{b1}^2} + \sqrt[2]{R_{a2}^2 - R_{b2}^2} - a_{v_gew} \cdot \sin(\alpha_{wt})$$

Überdeckungen: (DIN 21771, Gl. 90, 93 & 97)

Profil: $\varepsilon_\alpha := \frac{g_\alpha}{p_{et}} = 1.518$ $g_\alpha = 11.384 \text{ mm}$

Sprung: $\varepsilon_\beta := \frac{b_1 \cdot \sin(\beta_{gew})}{p_{et}} = 0.967$

Gesamt: $\varepsilon_\gamma := \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta = 2.484$

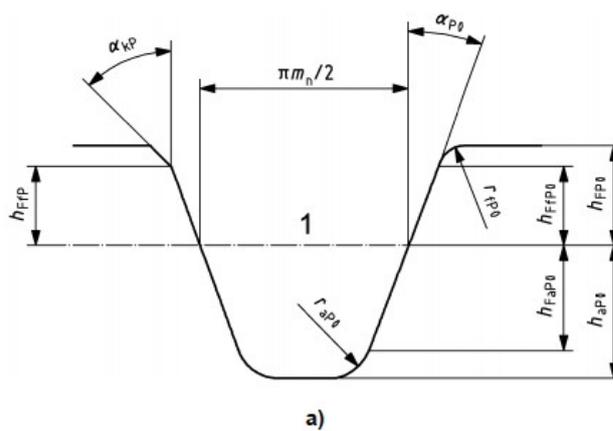
if ($\varepsilon_\gamma > 1$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

2.8.4. Unterschnitt der Zähne:

Mindestprofilverschiebungen für Unterschnittkontrolle:

$r_{aP0} := 0 \cdot \text{mm}$ angenommen, daraus folgt $h_{FP} = h_{FaP0}$, lt. DIN 3990 - 11, Abs. 1.3 - e)

Bezugsprofile



$$x_{1_min} := \frac{h_{fP}}{m_{n_gew}} - \frac{z_{1_gew} \cdot \sin(\alpha_t)^2}{2 \cdot \cos(\beta_{gew})} = -0.043$$

$$x_{2_min} := \frac{h_{fP}}{m_{n_gew}} - \frac{z_{2_gew} \cdot \sin(\alpha_t)^2}{2 \cdot \cos(\beta_{gew})} = -3.49$$

if ($x_1 > x_{1_min}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($x_2 > x_{2_min}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

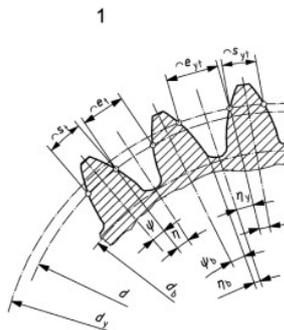
if ($x_1 > x_2$, "OK", "Ritzel ben. größeres x") = "OK"

2.8.5 Spitzgrenze der Zähne

nach DIN 21771:2014 und folgenden Bildern

Spitzwerden nach DIN ISO 21771:2014

Die Stirnzahndicke s_{yt} ist im Stirnschnitt die Länge des Kreisbogens mit dem Durchmesser d_y zwischen den beiden Evolventenschraubenflächen eines Zahnes, siehe Bild 13.



Legende

- ^ Bogenmaß
- 1 Außenverzahnung
- 2 Innenverzahnung

Bild 13 — Zahndicke und Lückenweite (Außen- und Innenverzahnung)

$$s_{yt} = d_y \left[\frac{\pi + 4 x \tan(\alpha_n)}{2 |z|} + \frac{z}{|z|} (\text{inv}(\alpha_t) - \text{inv}(\alpha_{yt})) \right] \quad (\text{Glg 38 DIN ISO 21771:2014})$$

Für $s_{yt} = 0$ und außenverzahnte Stirnräder gilt:

$$\text{inv}(\alpha_{yt}) = \frac{\pi}{2z} + \frac{2x}{z} \tan(\alpha_n) + \text{inv}(\alpha_t) \quad (\text{entspricht dem } \text{inv}(\gamma) \text{ im Skriptum})$$

Die in einem Stirnschnitt liegende Tangente an die Evolvente ist in dem beliebigen Punkt Y um den Stirnprofilwinkel α_{yt} gegen den Radius geneigt, siehe Bild 10.

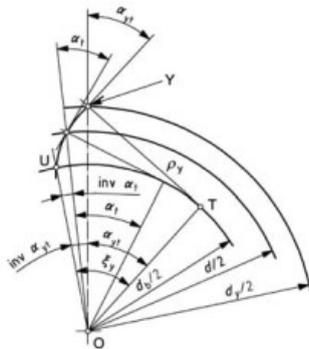


Bild 10 – Größen an einer Evolvente

$$\cos(\alpha_{yt}) = \frac{d_b}{d_y} = \frac{d}{d_y} \cos(\alpha_t) \quad (\text{Glg 12 DIN ISO 21771:2014})$$

$$d_y = d \frac{\cos(\alpha_t)}{\cos(\alpha_{yt})}$$

$$R_{kmax} = \frac{d_y}{2} = \frac{m_t z}{2} \frac{\cos(\alpha_t)}{\cos(\alpha_{yt})}$$

für $s_{yt} := 0$ - entspr. zu Spitze zusammenlaufende Zahnflanken - (DIN 21771, Gl. 38)
gilt, für den Winkel der größte mögliche Teilung:

$$\text{inv}_{\alpha_{yt_1}} := \frac{\pi}{2 \cdot z_{1_gew}} + \frac{2 \cdot x_1}{z_{1_gew}} \cdot \tan(\alpha_n) + \text{inv}(\alpha_t) = 0.103$$

$$\alpha_{yt_1} := \sqrt[3]{3 \cdot \text{inv}_{\alpha_{yt_1}}} - \frac{2}{5} \cdot \text{inv}_{\alpha_{yt_1}} = 36.381 \text{ deg}$$

$$\text{inv}_{\alpha_{yt_2}} := \frac{\pi}{2 \cdot z_{2_gew}} + \frac{2 \cdot x_2}{z_{2_gew}} \cdot \tan(\alpha_n) + \text{inv}(\alpha_t) = 0.037$$

$$\alpha_{yt_2} := \sqrt[3]{3 \cdot \text{inv}_{\alpha_{yt_2}}} - \frac{2}{5} \cdot \text{inv}_{\alpha_{yt_2}} = 26.78 \text{ deg}$$

Kopfkreisradius für spitzes Zahnende:

$$R_{k1_max} := \frac{m_t \cdot z_{1_gew} \cdot \cos(\alpha_t)}{2 \cdot \cos(\alpha_{yt_1})} = 31.144 \text{ mm}$$

$$R_{k2_max} := \frac{m_t \cdot z_{2_gew} \cdot \cos(\alpha_t)}{2 \cdot \cos(\alpha_{yt_2})} = 102.981 \text{ mm}$$

if ($R_{k1_max} > R_{a1}$, "OK", "Spitz") = "OK"

if ($R_{k2_max} > R_{a2}$, "OK", "Spitz") = "OK"

2.8.6 Mindeste Ritzelzähnezahlen:

nach Vorgabedokument - Tab. 5 für einsatzgehärtete Stähle:

Übersetzung	1	2	4	8
Vergütet oder gehärtet gegen vergüten bis 230 HB	32...60	29...55	25...50	22...45
über 300 HB	30...50	27...45	23...40	20...35
Grauguß	26...45	23...40	21...35	18...30
nitriert	24...40	21...35	19...31	16...26
einsatzgehärtet	21...32	19...29	16...25	14...20

Tabelle 5: Richtwerte für Zähnezahlen

Übersetzung:

$$u_{ist} = 3.667$$

Zähnezahlen:

$$z_{min_u4} := 16$$

$$z_{max_u4} := 25$$

$$z_{1_gew} = 21$$

if ($z_{min_u4} \leq z_{1_gew} \leq z_{max_u4}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

2.9 Bestimmung der Wellendurchmesser

2.9.1 Vorauslegung der Wellendurchmesser

Vorauslegung maximaler Abtriebswellendurchmesser:

$$R_{w_ab_max_vor} := a_{v_gew} - (R_{a1} + 2.25 \cdot m_{n_gew}) = 90.27 \text{ mm}$$

$$d_{w_ab_max_vor} := 2 \cdot R_{w_ab_max_vor} = 180.539 \text{ mm}$$

Antriebswellendurchmesser:

$$d_{w_an_tk} := 16 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{ein_ist}}{n_{an_ist} \cdot W \cdot \min}} \cdot \text{mm} = 49.995 \text{ mm}$$

$$d_{w_an_bk} := 13 \cdot \sqrt[4]{\frac{P_{ein_ist}}{n_{an_ist} \cdot W \cdot \min}} \cdot \text{mm} = 30.553 \text{ mm}$$

$$d_{w_an_gew} := 45 \text{ mm}$$

$$d_{f1} = 49.043 \text{ mm}$$

$$P_{aus} := 0.97 \cdot P_{ein_ist} = 75.604 \text{ kW}$$

Abtriebswellendurchmesser:

$$d_{w_ab_tk} := 16 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{aus}}{n_{ab_ist} \cdot W \cdot min}} \cdot mm = 76.315 \text{ mm}$$

$$d_{w_ab_bk} := 13 \cdot \sqrt[4]{\frac{P_{aus}}{n_{ab_ist} \cdot W \cdot min}} \cdot mm = 41.957 \text{ mm}$$

$$d_{w_ab_gew} := 60 \text{ mm} \quad d_{w_ab_max_vor} = 180.539 \text{ mm}$$

if $(d_{w_an_gew} + m_t < d_{f1}, \text{"OK"}, \text{"zu große Welle"}) = \text{"OK"}$

if $(d_{w_ab_gew} < d_{w_ab_max_vor}, \text{"OK"}, \text{"zu große Welle"}) = \text{"OK"}$

11. Ausführung als Ritzelwelle:

(nach Vorgabedokument - Abschnitt 13)

if $d_{f1} - d_{w_an_gew} < 3 \cdot m_{n_gew}$	= "Ritzelwelle günstig"
"Ritzelwelle günstig"	
else if $d_{f1} - d_{w_an_gew} > 5 \cdot m_{n_gew}$	
"Aufgesetztes Ritzel"	
else	
"Beliebig"	

3. Festigkeitsberechnung der Zahnräder

Allgemeines:

Bedingungen:

- Ohne Breitenballigkeit oder Endrücknahme
- Langangepasste Profilkorrektur nicht möglich
- Nur geschliffene oder geschabte Verzahnungen mit $Rz100 < 4\mu$ erlaubt
- Fußfreischnitt $s_{pr} = 0.0$

Vorgabedokument Seite 7 - Abschn. 14

Fußfreischnitt: $s_{pr} := 0$

max. gemittelte Rauhtiefe: $R_{z_100_max} := 4 \mu m$

Module umdefinieren: $m_n := m_{n_gew} = 2.5 \text{ mm}$

$$m_t = 2.547 \text{ mm}$$

3.1 Umfangskraft, Drehmoment & Leistung

3.1.1 Drehzahlen & Winkelgeschwindigkeiten

Antriebswelle:

$$n_{an_ist} = 2554.775 \frac{1}{min} \quad \omega_{an} = 267.535 \frac{1}{s}$$

Abtriebswelle:

$$n_{ab_ist} = 696.757 \frac{1}{min} \quad \omega_{ab_ist} := n_{ab_ist} \cdot 2 \cdot \pi = 72.964 \frac{1}{s}$$

3.1.2 Drehmomente

Nenn-Drehmomente:

$$T_{an} = 291.334 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{ab} := \frac{P_{aus}}{\omega_{ab_ist}} = 1036.18 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Betriebs-Drehmomente:

$$T_{an_betr} := K_A \cdot T_{an} = 437.002 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{ab_betr} := K_A \cdot T_{ab} = 1554.269 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Maximal-Drehmomente:

$$K_S := 2$$

$$T_{an_max} := K_S \cdot T_{an} = 582.669 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{ab_max} := K_S \cdot T_{ab} = 2072.359 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.1.2 Umfangskräfte

(DIN 3990 - 11, Gl. 3.01)

Nenn-Umfangskraft:

$$F_{t_1} := \frac{2 \cdot T_{an}}{d_1} = 10.895 \text{ kN}$$

$$F_{t_2} := \frac{2 \cdot T_{ab}}{d_2} = 10.568 \text{ kN}$$

Betriebs-Umfangskraft:

$$F_{t_1_betr} := K_A \cdot F_{t_1} = 16.342 \text{ kN}$$

$$F_{t_2_betr} := K_A \cdot F_{t_2} = 15.852 \text{ kN}$$

Maximale Umfangskraft:

$$F_{t_1_max} := K_S \cdot F_{t_1} = 21.789 \text{ kN}$$

$$F_{t_2_max} := K_S \cdot F_{t_2} = 21.135 \text{ kN}$$

3.2 Allgemeine Einflussfaktoren

3.2.1. Dynamikfaktor

$$v_{Prüf} := z_{1_gew} \cdot \frac{\omega_{an} \cdot R_1}{100} \cdot \sqrt{\frac{u_{ist}^2}{1 + u_{ist}^2}} = 1.449 \frac{m}{s} \quad (\text{DIN 3990 - 11, Gl. 3.04})$$

Dieser Wert muss kleiner 10 m/s sein damit man mit der Methode C rechnen kann

Hilfswerte zur Bestimmung von K_V

(DIN 3990 - 11, Tab. 3.1)

für Schrägverzahnung:

$$K_{1_SVZ_Q6} := 8.5 \quad K_{2_SVZ} := 0.0087$$

$$K_{1_SVZ_Q7} := 13.6$$

für Gradverzahnung:

$$K_{1_GVZ_Q6} := 9.6 \quad K_{2_GVZ} := 0.0193$$

$$K_{1_GVZ_Q7} := 15.3$$

3.2.2 Dynamikfaktor Antriebswelle

(DIN 3990 - 11, Gl. 3.05)

$$K_{V\beta_An_dyn} := 1 + \left(\frac{K_{1_SVZ_Q7}}{\frac{F_{t_1_betr}}{N} \cdot \frac{mm}{b_1}} + K_{2_SVZ} \right) \cdot v_{Prüf} \cdot \frac{s}{m}$$

$$K_{V\beta_An_dyn} = 1.058$$

$$K_{V\alpha_An_dyn} := 1 + \left(\frac{K_{1_GVZ_Q7}}{\frac{F_{t_1_betr}}{N} \cdot \frac{mm}{b_1}} + K_{2_GVZ} \right) \cdot v_{Prüf} \cdot \frac{s}{m}$$

$$K_{V\alpha_An_dyn} = 1.08$$

$$K_{V_An_dyn} := \begin{cases} \text{if } (\varepsilon_\beta < 1) \\ \quad \left\| K_{V\alpha_An_dyn} - \varepsilon_\beta \cdot (K_{V\alpha_An_dyn} - K_{V\beta_An_dyn}) \right. \\ \text{else} \\ \quad \left\| K_{V\beta_An_dyn} \end{cases}$$

$$K_{V\beta_An_stat} := 1 + \left(\frac{K_{1_SVZ_Q7}}{\frac{F_{t_1_max}}{N} \cdot \frac{mm}{b_1}} + K_{2_SVZ} \right) \cdot v_{Prüf} \cdot \frac{s}{m}$$

$$K_{V\beta_An_stat} = 1.047$$

$$K_{V\alpha_An_stat} := 1 + \left(\frac{K_{1_GVZ_Q7}}{\frac{F_{t_1_max}}{N} \cdot \frac{mm}{b_1}} + K_{2_GVZ} \right) \cdot v_{Prüf} \cdot \frac{s}{m}$$

$$K_{V\alpha_An_stat} = 1.067$$

$$K_{V_An_stat} := \begin{cases} \text{if } (\varepsilon_\beta < 1) \\ \quad \left\| K_{V\alpha_An_stat} - \varepsilon_\beta \cdot (K_{V\alpha_An_stat} - K_{V\beta_An_stat}) \right. \\ \text{else} \\ \quad \left\| K_{V\beta_An_stat} \end{cases}$$

3.2.3 Breitenfaktoren:

Linienbelastung:

(DIN 3990 - 11, Gl. 3.07)

$$F_t K_a b_{dyn} := \frac{F_{t_1_{betr}}}{b_1} = 430.048 \frac{N}{mm}$$

$$F_t K_a b_{stat} := \frac{F_{t_1_{max}}}{b_1} = 573.397 \frac{N}{mm}$$

muss größer als 100 sein!

Maßgebende mittl. Linienbelastung:

(DIN 3990 - 11, Gl. 3.07)

$$F_m b_{dyn} := K_{V_{An_{dyn}}} \cdot \frac{F_{t_1_{betr}}}{b_1} = 455.487 \frac{N}{mm}$$

$$F_m b_{stat} := K_{V_{An_{stat}}} \cdot \frac{F_{t_1_{max}}}{b_1} = 600.718 \frac{N}{mm}$$

Flankenlinien-Winkelabweichung:

(DIN 3962 - 2, Abs. 3)

$$f_{H\beta_{VZQ7}} := 13 \mu m$$

Flankenlinien-Herstellabweichung:

(DIN 3990 - 11, Gl. 3.11)

Da ohne Breitenballigkeit
oder Endrücknahme

$$f_{ma} := f_{H\beta_{VZQ7}} = 13 \mu m$$

Hilfswert A:

(DIN 3990 - 11, Tab. 3.2)

$$A_{fsh} := 0.023 \cdot \frac{mm \cdot \mu m}{N}$$

Geometrien der An- und Abtriebswelle:

$$l_{an} := 153 \cdot mm$$

$$s_{an} := 0 \cdot mm$$

$$s_{an_{min}} := \frac{b_1}{2} = 19 \cdot mm$$

$$\frac{s_{an}}{l_{an}} = 0$$

Konstante zu Berechnung von f_{sh} :

$$d_{sh} := 45 \text{ mm} \qquad \frac{d_1}{d_{sh}} = 1.189$$

d_{sh_i} entspricht Wellendurchmesser bei jeweiligem Ritzel

$$K'_{S1} := \text{if} \left(\frac{d_1}{d_{sh}} \geq 1.15, -0.48, -0.8 \right) = -0.48 \quad (\text{DIN 3990 - 11, Bild 3.2 - b})$$

Flankenlinienabweichung durch el. Verformung: (DIN 3990 - 11, Gl. 3.14)

$$f_{sh_dyn} := F_m b_{dyn} \cdot A_{fsh} \cdot \left(\left| 1 + K'_{S1} \cdot \frac{l_{an} \cdot s_{an}}{d_1^2} \cdot \left(\frac{d_1}{d_{sh}} \right)^4 - 0.3 \right| + 0.3 \right) \cdot \left(\frac{b_1}{d_1} \right)^2$$

$$f_{sh_dyn} = 5.289 \text{ } \mu\text{m}$$

$$f_{sh_stat} := F_m b_{stat} \cdot A_{fsh} \cdot \left(\left| 1 + K'_{S1} \cdot \frac{l_{an} \cdot s_{an}}{d_1^2} \cdot \left(\frac{d_1}{d_{sh}} \right)^4 - 0.3 \right| + 0.3 \right) \cdot \left(\frac{b_1}{d_1} \right)^2$$

$$f_{sh_stat} = 6.975 \text{ } \mu\text{m}$$

Ursprünglich wirksame Flankenlinienabweichung:

$$F_{\beta x_dyn} := |1.33 \cdot f_{sh_dyn} + f_{ma}| = 20.034 \text{ } \mu\text{m} \quad (\text{DIN 3990 - 11, Gl. 3.09})$$

$$F_{\beta x_min_dyn} := \max \left(0.005 \cdot \frac{\text{mm} \cdot \mu\text{m}}{N} \cdot F_m b_{dyn}, 0.5 \cdot f_{H\beta_VZQ7} \right) = 6.5 \text{ } \mu\text{m}$$

$$F_{\beta x_stat} := |1.33 \cdot f_{sh_stat} + f_{ma}| = 22.277 \text{ } \mu\text{m} \quad (\text{DIN 3990 - 11, Gl. 3.09})$$

$$F_{\beta x_min_stat} := \max \left(0.005 \cdot \frac{\text{mm} \cdot \mu\text{m}}{N} \cdot F_m b_{stat}, 0.5 \cdot f_{H\beta_VZQ7} \right) = 6.5 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{if} \left(F_{\beta x_dyn} \geq F_{\beta x_min_dyn}, \text{“OK”}, \text{“Was nun?”} \right) = \text{“OK”}$$

$$\text{if} \left(F_{\beta x_stat} \geq F_{\beta x_min_stat}, \text{“OK”}, \text{“Was nun?”} \right) = \text{“OK”}$$

Einlaufbetrag: (DIN 3990 - 11, Gl. 3.18)

$$y_{\beta_dyn} := 0.15 \cdot F_{\beta x_dyn} = 3.005 \mu m$$

$$y_{\beta_stat} := 0.15 \cdot F_{\beta x_stat} = 3.341 \mu m$$

Wirksame Flankenlinienabweichung: (DIN 3990 - 11, Gl. 3.08)

$$F_{\beta y_dyn} := F_{\beta x_dyn} - y_{\beta_dyn} = 17.029 \mu m$$

$$F_{\beta y_stat} := F_{\beta x_stat} - y_{\beta_stat} = 18.935 \mu m$$

Mittlere Gesamt-Zahnfedersteifigkeit je Einheit Zahnbreite:

$$c_\gamma := 20 \cdot \frac{N}{(mm \cdot \mu m)} \quad (\text{DIN 3990 - 11, Abs. 3.4.3.1})$$

Breitenfaktoren: (DIN 3990 - 11, Gl. 3.20 oder Gl. 3.21)

$$K_{H\beta_dyn} := \text{if} \left(1 + \frac{c_\gamma \cdot F_{\beta y_dyn}}{2 \cdot F_m b_{_dyn}} \leq 2, 1 + \frac{c_\gamma \cdot F_{\beta y_dyn}}{2 \cdot F_m b_{_dyn}}, \sqrt[2]{\frac{2 \cdot c_\gamma \cdot F_{\beta y_dyn}}{F_m b_{_dyn}}} \right)$$

$$K_{H\beta_dyn} = 1.374$$

(DIN 3990 - 11, Gl. 3.22)

$$K_{F\beta_dyn} := K_{H\beta_dyn} \frac{1}{1 + \min\left(\frac{h}{b_1}, \frac{1}{3}\right) + \left(\min\left(\frac{h}{b_1}, \frac{1}{3}\right)\right)^2} = 1.312$$

$$K_{H\beta_stat} := \text{if} \left(1 + \frac{c_\gamma \cdot F_{\beta y_stat}}{2 \cdot F_m b_{_stat}} \leq 2, 1 + \frac{c_\gamma \cdot F_{\beta y_stat}}{2 \cdot F_m b_{_stat}}, \sqrt[2]{\frac{2 \cdot c_\gamma \cdot F_{\beta y_stat}}{F_m b_{_stat}}} \right)$$

$$K_{H\beta_stat} = 1.315$$

(DIN 3990 - 11,
Gl. 3.22)

$$K_{F\beta_stat} := K_{H\beta_stat} \frac{1}{1 + \min\left(\frac{h}{b_1}, \frac{1}{3}\right) + \left(\min\left(\frac{h}{b_1}, \frac{1}{3}\right)\right)^2} = 1.264$$

Stirnfaktoren:

$$\frac{F_{t_{1_betr}}}{b_1} \cdot K_{V_An_dym} \cdot K_{H\beta_dym} = 625.775 \frac{N}{mm}$$

$$\frac{F_{t_{1_max}}}{b_1} \cdot K_{V_An_stat} \cdot K_{H\beta_stat} = 790.069 \frac{N}{mm}$$

"tatsächliche Sicherheitsfaktor kleiner als errechneter wenn obige Gleichung < 350 N/mm. Sonst auf sicherer Seite"
DIN 3990 - 11 - Abs. 3.5 Stirnfaktoren

laut DIN 3990 - 11, Tabelle 3.3:

$$K_{H\alpha_SVZ_Q6} := 1 \quad K_{H\alpha} := K_{H\alpha_SVZ_Q6} = 1$$

$$K_{F\alpha_SVZ_Q6} := 1 \quad K_{F\alpha} := K_{F\alpha_SVZ_Q6} = 1$$

3.3 Berechnung der Grübchentragfähigkeit:

3.3.1 Zonenfaktor rechnerisch:

Grundschrägungswinkel: (DIN 3960 - 1, Gl. 2.30 & Gl. 2.33)

$$\beta_b := \text{atan}(\tan(\beta_{gew}) \cdot \cos(\alpha_t)) = 0.18$$

(DIN 3990 - 11, Gl. 4.14)

$$Z_H := \sqrt[2]{\frac{2 \cdot \cos(\beta_b) \cdot \cos(\alpha_{wt})}{\cos(\alpha_t)^2 \cdot \sin(\alpha_{wt})}} = 2.367$$

Überdeckungsfaktor (Flanke): (DIN 3390 - 11, Gl. 4.16 & 4.17)

$$Z_\epsilon := \text{if}\left(\epsilon_\beta \geq 1, \sqrt[2]{\frac{1}{\epsilon_\alpha}}, \sqrt[2]{\frac{4 - \epsilon_\alpha}{3} \cdot (1 - \epsilon_\beta) + \frac{\epsilon_\beta}{\epsilon_\alpha}}\right) = 0.815$$

Schrägenfaktor (Flanke): (DIN 3390 - 11, Gl. 4.18)

$$Z_\beta := \sqrt[2]{\cos(\beta_{gew})} = 0.991$$

Elastizitätsfaktor:

(DIN 3390 - 11, Tab. 4.1)

$$Z_E = 189.8 \sqrt{\frac{N}{mm^2}}$$

Einzeleingriffsfaktoren:

(DIN 3390 - 11, Gl. 4.12 & 4.13)

$$M_1 := \frac{\tan(\alpha_{wt})}{\sqrt[2]{\left(\sqrt[2]{\frac{d_{a1}^2}{d_{b1}^2} - 1 - \frac{2 \cdot \pi}{z_{1_gew}}}\right) \cdot \left(\sqrt[2]{\frac{d_{a2}^2}{d_{b2}^2} - 1 - (\varepsilon_\alpha - 1) \cdot \frac{2 \cdot \pi}{z_{2_gew}}}\right)}}$$

$$M_1 = 1.034$$

$$M_2 := \frac{\tan(\alpha_{wt})}{\sqrt[2]{\left(\sqrt[2]{\frac{d_{a2}^2}{d_{b2}^2} - 1 - \frac{2 \cdot \pi}{z_{2_gew}}}\right) \cdot \left(\sqrt[2]{\frac{d_{a1}^2}{d_{b1}^2} - 1 - (\varepsilon_\alpha - 1) \cdot \frac{2 \cdot \pi}{z_{1_gew}}}\right)}}$$

$$M_2 = 0.921$$

$$Z_B := \mathbf{if}((\varepsilon_\beta \geq 1) \vee ((M_1 - \varepsilon_\beta \cdot (M_1 - 1)) < 1), 1, M_1 - \varepsilon_\beta \cdot (M_1 - 1))$$

$$Z_B = 1.001$$

$$Z_D := \mathbf{if}((\varepsilon_\beta \geq 1) \vee ((M_2 - \varepsilon_\beta \cdot (M_2 - 1)) < 1), 1, M_2 - \varepsilon_\beta \cdot (M_2 - 1))$$

$$Z_D = 1$$

Faktoren für Schmierfilmbildung:

lt. Vorgabedokument - Abschnitt 14, nur geschliffene oder geschabte Verzahnungen mit $R_z < 4 \mu m$ erlaubt

$$Z_{LxVxR} := 1 \quad (\text{DIN 3990 - 11, Gl. 4.22})$$

Werkstoffpaarungsfaktor:

$$HB := 162$$

HV von 16MnCr5 laut EN 10132-2 170
=> HB somit 162

$$Z_W := 1.2 - \frac{HB - 130}{1700} = 1.181 \quad (\text{DIN 3990 - 11, Gl. 4.23})$$

Größenfaktor (Flanke):

$$Z_X := 1 \quad \text{Da Einsatzstahl und } m_{n_Si} < 10 \quad (\text{DIN 3990 - 2, Abs. 11.2.1})$$

Lebensdauerfaktor:

$$Z_{NT_stat} := 1.6 \quad Z_{NT_dyn} := 1$$

Nominelle Flankenpressung: (DIN 3990 - 11, Gl. 4.02)

$$\sigma_{H0} := Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\varepsilon \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{\frac{F_{t1}}{b_1 \cdot d_1} \cdot \frac{(u_{ist} + 1)}{u_{ist}}}$$

$$\sigma_{H0} = 947.797 \frac{N}{mm^2}$$

Auftretende Flankenpressung:

B ... Ritzel
D ... Rad

Betriebsflankenpressung für Dauerfestigkeit: (DIN 3990 - 11, Gl. 4.01)

$$\sigma_{H_B_dyn} := Z_B \cdot \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_{V_An_dyn} \cdot K_{H\beta_dyn} \cdot K_{H\alpha}}$$

$$\sigma_{H_B_dyn} = 1401.848 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{H_D_dyn} := Z_D \cdot \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_{V_An_dyn} \cdot K_{H\beta_dyn} \cdot K_{H\alpha}}$$

$$\sigma_{H_D_dyn} = 1400.269 \frac{N}{mm^2}$$

Maximale Flankenpressung für die statische Festigkeit: (DIN 3990 - 11, Gl. 4.01)

$$\sigma_{H_B_stat} := Z_B \cdot \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_S \cdot K_{V_An_stat} \cdot K_{H\beta_stat} \cdot K_{H\alpha}}$$

$$\sigma_{H_B_stat} = 1575.159 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{H_D_stat} := Z_D \cdot \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_S \cdot K_{V_An_stat} \cdot K_{H\beta_stat} \cdot K_{H\alpha}}$$

$$\sigma_{H_D_stat} = 1573.385 \frac{N}{mm^2}$$

Grübchen-Grenzfestigkeit:

(DIN 3990 - 11, Gl. 4.03)

für Dauerfestigkeit:

$$\sigma_{HG_dyn} := \sigma_{H_lim} \cdot Z_{NT_dyn} \cdot (Z_{LxVxR}) \cdot Z_W \cdot Z_X = 1771.765 \frac{N}{mm^2}$$

für statische Festigkeit:

$$\sigma_{HG_stat} := \sigma_{H_lim} \cdot Z_{NT_stat} \cdot (Z_{LxVxR}) \cdot Z_W \cdot Z_X = 2834.824 \frac{N}{mm^2}$$

3.4 Sicherheiten der Grübchentragfähigkeit:

Sicherheit für Dauerfestigkeit:

$$S_{H_B_dyn} := \frac{\sigma_{HG_dyn}}{\sigma_{H_B_dyn}} = 1.264$$

$$S_{H_D_dyn} := \frac{\sigma_{HG_dyn}}{\sigma_{H_D_dyn}} = 1.265$$

Statische Festigkeit:

$$S_{H_B_stat} := \frac{\sigma_{HG_stat}}{\sigma_{H_B_stat}} = 1.8$$

$$S_{H_D_stat} := \frac{\sigma_{HG_stat}}{\sigma_{H_D_stat}} = 1.802$$

Kontrolle der Sicherheiten der Grübchentragfähigkeit:

$$S_{H_dyn_min} := 1.2$$

$$S_{H_dyn_max} := 1.5$$

$$S_{H_stat_min} := 1.3$$

if ($S_{H_dyn_min} \leq S_{H_B_dyn} \leq S_{H_dyn_max}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($S_{H_dyn_min} \leq S_{H_D_dyn} \leq S_{H_dyn_max}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($S_{H_stat_min} \leq S_{H_B_stat}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

if ($S_{H_stat_min} \leq S_{H_D_stat}$, "OK", "Etwas ändern") = "OK"

3.5. Berechnung der Zahnfußtragfähigkeit:

Kopffaktor:

Teilkreisdurchmesser der Ersatz-Geradverzahnung: (DIN 3990 - 11, Gl. D.5.06)

$$d_{n_B} := m_{n_{gew}} \cdot z_{n1} = 55.503 \text{ mm}$$

$$d_{n_D} := m_{n_{gew}} \cdot z_{n2} = 203.512 \text{ mm}$$

Grundkreisdurchmesser der Ersatz-Geradverzahnung:

(DIN 3990 - 11, Gl. D.5.07)

$$d_{bn_B} := d_{n_B} \cdot \cos(\alpha_n) = 52.156 \text{ mm}$$

$$d_{bn_D} := d_{n_D} \cdot \cos(\alpha_n) = 191.239 \text{ mm}$$

Kopfkreisdurchmesser der Ersatz-Geradverzahnung:

(DIN 3990 - 11, Gl. D.5.08)

$$d_{an_B} := d_{n_B} + d_{a1} - d_1 = 62.231 \text{ mm}$$

$$d_{an_D} := d_{n_D} + d_{a2} - d_2 = 209.117 \text{ mm}$$

Normaleingriffswinkel der Ersatz-Geradverzahnung:

$$\alpha_{an_B} := \arccos\left(\frac{d_{bn_B}}{d_{an_B}}\right) = 33.06 \text{ deg} \quad (\text{DIN 3990 - 11, Gl. D.5.09})$$

$$\alpha_{an_D} := \arccos\left(\frac{d_{bn_D}}{d_{an_D}}\right) = 23.864 \text{ deg}$$

Gamma_a:

(DIN 3990 - 11, Gl. D.5.10)

$$\gamma_{a_B} := \frac{1}{z_{n1}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_1 \cdot \tan(\alpha_n) \right) + \text{inv}(\alpha_n) - \text{inv}(\alpha_{an_B}) = 0.024$$

$$\gamma_{a_D} := \frac{1}{z_{n2}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_2 \cdot \tan(\alpha_n) \right) + \text{inv}(\alpha_n) - \text{inv}(\alpha_{an_D}) = 0.01$$

Kraftangriffswinkel am Kopfzylinder in der Ersatz-Geradverzahnung:

$$\alpha_{Fan_B} := \alpha_{an_B} - \gamma_{a_B} = 0.553 \quad (\text{DIN 3990 - 11, Gl. D.5.11})$$

$$\alpha_{Fan_D} := \alpha_{an_D} - \gamma_{a_D} = 0.407$$

Hilfswert "G":

mit Fußrundungsradius am Stirnradbezugsprofil: (DIN 3990 - 11 - Abs. 1.3 e)

$$\rho_{fP} := 0.25 \cdot m_n = 0.625 \text{ mm}$$

$$G_{_B} := \frac{\rho_{fP}}{m_n} - \frac{h_{fP}}{m_n} + x_1 = -0.638$$

$$G_{_D} := \frac{\rho_{fP}}{m_n} - \frac{h_{fP}}{m_n} + x_2 = -0.863$$

Hilfswert "E":

(DIN 3990 - 11, Gl. D.5.02)

$$E := \frac{\pi}{4} \cdot m_n - h_{fP} \cdot \tan(\alpha_n) - (1 - \sin(\alpha_n)) \cdot \frac{\rho_{fP}}{\cos(\alpha_n)} = 0.388 \text{ mm}$$

Hilfswert "H":

(DIN 3990 - 11, Gl. D.5.01)

$$H_{_B} := \frac{2}{z_{n1}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \frac{E}{m_n} \right) - \frac{\pi}{3} = -0.92$$

$$H_{_D} := \frac{2}{z_{n2}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \frac{E}{m_n} \right) - \frac{\pi}{3} = -1.012$$

Hilfswert "Theta":

(DIN 3990 - 11, Gl. D.5.04)

$$\theta_{_B} := \left\| \begin{array}{l} \theta_{_B} \leftarrow \frac{\pi}{6} \\ \text{for } i \in 0, 1..5 \\ \left\| \theta_{_B} \leftarrow 2 \cdot \frac{G_{_B}}{z_{n1}} \cdot \tan(\theta_{_B}) - H_{_B} \right\| \end{array} \right\| = 0.8538$$

$$\theta_{_D} := \left\| \begin{array}{l} \theta_{_D} \leftarrow \frac{\pi}{6} \\ \text{for } i \in 0, 1..5 \\ \left\| \theta_{_D} \leftarrow 2 \cdot \frac{G_{_D}}{z_{n2}} \cdot \tan(\theta_{_D}) - H_{_D} \right\| \end{array} \right\| = 0.9808$$

Biegehebelarm für Fußbeanspruchung bei Kraftangriff am Zahnkopf:

Verhältnis zu m_n wird berechnet (DIN 3990 - 11, Gl. D.5.12)

$$h_{Fa}m_nB := \frac{z_{n1}}{2} \cdot \left(\frac{\cos(\alpha_n)}{\cos(\alpha_{Fan_B})} - \cos\left(\frac{\pi}{3} - \theta_{_B}\right) \right) \downarrow = 1.978$$

$$+ 0.5 \cdot \left(\frac{\rho_{fP}}{m_n} - \frac{G_{_B}}{\cos(\theta_{_B})} \right)$$

$$h_{Fa}m_nD := \frac{z_{n2}}{2} \cdot \left(\frac{\cos(\alpha_n)}{\cos(\alpha_{Fan_D})} - \cos\left(\frac{\pi}{3} - \theta_{_D}\right) \right) \downarrow = 1.937$$

$$+ 0.5 \cdot \left(\frac{\rho_{fP}}{m_n} - \frac{G_{_D}}{\cos(\theta_{_D})} \right)$$

Zahnfußsehne:

Verhältnis zu m_n wird berechnet (DIN 3990 - 11, Gl. D.5.05)

$$s_{Fn}m_nB := z_{n1} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta_{_B}\right) + \sqrt[2]{3} \cdot \left(\frac{G_{_B}}{\cos(\theta_{_B})} - \frac{\rho_{fP}}{m_n} \right) = 2.153$$

$$s_{Fn}m_nD := z_{n2} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta_{_D}\right) + \sqrt[2]{3} \cdot \left(\frac{G_{_D}}{\cos(\theta_{_D})} - \frac{\rho_{fP}}{m_n} \right) = 2.285$$

Formfaktor für Kraftangriff:

(DIN 3990 - 11, Gl. D.3.01)

$$Y_{Fa_B} := \frac{6 \cdot h_{Fa}m_nB \cdot \cos(\alpha_{Fan_B})}{s_{Fn}m_nB^2 \cdot \cos(\alpha_n)} = 2.317$$

$$Y_{Fa_D} := \frac{6 \cdot h_{Fa}m_nD \cdot \cos(\alpha_{Fan_D})}{s_{Fn}m_nD^2 \cdot \cos(\alpha_n)} = 2.175$$

Wälzlänge vom Evolventenursprung zum Zahnkopf:

(DIN 3990 - 11, Gl. D.4.02)

$$L_{a_B} := \frac{s_{Fn}m_nB}{h_{Fa}m_nB} = 1.089$$

$$L_{a_D} := \frac{s_{Fn}m_nD}{h_{Fa}m_nD} = 1.18$$

Fußgrundradius am Berührungspunkt der 30° Tangente:

Verhältnis zu m_n wird berechnet

(DIN 3990 - 11, Gl. D.5.13)

$$\rho_F m_n B := \frac{\rho_{fP}}{m_n} + \frac{2 \cdot G_{_B}^2}{\cos(\theta_{_B}) \cdot (z_{n1} \cdot \cos(\theta_{_B})^2 - 2 \cdot G_{_B})}$$

$$\rho_F m_n B = 0.364$$

$$\rho_F m_n D := \frac{\rho_{fP}}{m_n} + \frac{2 \cdot G_{_D}^2}{\cos(\theta_{_D}) \cdot (z_{n2} \cdot \cos(\theta_{_D})^2 - 2 \cdot G_{_D})}$$

$$\rho_F m_n D = 0.349$$

Kerbparameter:

(DIN 3990 - 11, Gl. D.4.03)

$$q_{s_B} := \frac{s_{Fn} m_n B}{2 \cdot \rho_F m_n B} = 2.957$$

$$q_{s_D} := \frac{s_{Fn} m_n D}{2 \cdot \rho_F m_n D} = 3.27$$

Spannungskorrekturfaktor für Kraftangriff am Zahnkopf: (DIN 3990 - 11, Gl. D.4.01)

$$Y_{Sa_B} := (1.2 + 0.13 \cdot L_{a_B}) \cdot q_{s_B} \left(\frac{1}{1.21 + \frac{2.3}{L_{a_B}}} \right) = 1.859$$

$$Y_{Sa_D} := (1.2 + 0.13 \cdot L_{a_D}) \cdot q_{s_D} \left(\frac{1}{1.21 + \frac{2.3}{L_{a_D}}} \right) = 1.969$$

Berechnung des Kopffaktors:

(DIN 3990 - 11, Gl. 5.08)

$$Y_{FS_B} := Y_{Fa_B} \cdot Y_{Sa_B} = 4.309$$

$$Y_{FS_D} := Y_{Fa_D} \cdot Y_{Sa_D} = 4.283$$

Überdeckungsfaktor (Zahnfuß):

(DIN 3990 - 11, Gl. 5.09)

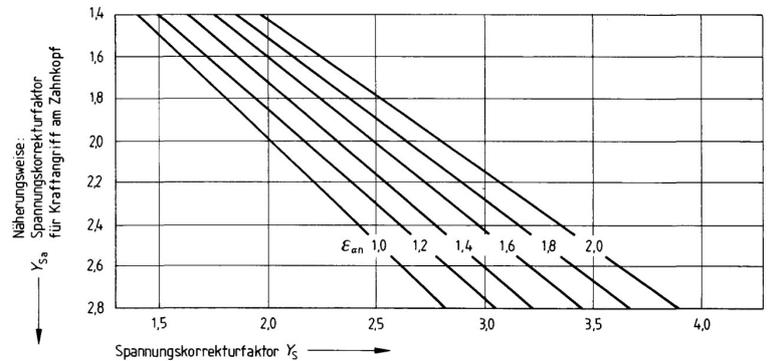
$$Y_\varepsilon := 0.25 + \frac{0.75}{\varepsilon_\alpha} \cdot (\cos(\beta_b))^2 = 0.728$$

Schrägenfaktor:

(DIN 3990 - 11, Gl. 5.10)

$$Y_\beta := 1 - \min(\varepsilon_\beta, 1) \cdot \frac{\min(\beta_{\text{gew}}, 30 \cdot \text{deg})}{120 \cdot \text{deg}} = 0.911$$

Spannungskorrekturfaktor:



St: Stahl ($\sigma_B < 800 \text{ N/mm}^2$)
 V: Vergütungsstahl, vergütet ($\sigma_B \geq 800 \text{ N/mm}^2$)
 GG: Grauguß
 GGG (perl., bai., ferr.): Gußeisen mit Kugelgraphit (perlitisches, bainitisches, ferritisches Gefüge)
 GS: Gußstahl
 Eh: Einsatzstahl, einsatzgehärtet
 IF (grund.): Induktiv- oder flammgehärteter (randschichtgehärteter) Stahl mit gehärtetem Zahngrund
 NTV: Nitrierstahl und Vergütungsstahl, nitriert; Vergütungs- und Einsatzstahl, nitrokarburisiert

Dem unteren Diagramm liegt zugrunde: $Y_S \approx Y_{Sa} (0,6 + 0,4 \cdot \epsilon_{an})$, gültig für $s_{Fn}/h_{Fa} \approx 1,1$; $\epsilon_{an} = \epsilon_\alpha / \cos^2 \beta_b$.

$\frac{s_{Fn}}{h_{Fa}}$ entspricht $L_a \rightarrow L_{a_i} \sim 1,1$ daher gültig:

$$\epsilon_{an} := \frac{\epsilon_\alpha}{\cos^2(\beta_b)} = 1,568$$

$$Y_{S_B} := Y_{Sa_B} \cdot (0,6 + 0,4 \cdot \epsilon_{an}) = 2,282$$

$$Y_{S_D} := Y_{Sa_D} \cdot (0,6 + 0,4 \cdot \epsilon_{an}) = 2,416$$

Relative Stützziffer:

Relative Stützziffer für Dauerfestigkeit:

(DIN 3990 - 11, Gl. 5.11 oder 5.12)

$$Y_{\delta_{rel_T_dym_B}} := \text{if}(q_{s_B} \geq 1,5, 1, 0,95)$$

$$Y_{\delta_{rel_T_dym_B}} = 1$$

$$Y_{\delta_{rel_T_dym_D}} := \text{if}(q_{s_D} \geq 1,5, 1, 0,95)$$

$$Y_{\delta_{rel_T_dym_D}} = 1$$

Relative Stützziffer für statische Festigkeit:

(DIN 3990 - 11, Gl. 5.15)

$$Y_{\delta_{rel_T_stat_B}} := 0,44 \cdot Y_{S_B} + 0,12 = 1,124$$

$$Y_{\delta_{rel_T_stat_D}} := 0,44 \cdot Y_{S_D} + 0,12 = 1,183$$

Relativer Oberflächenfaktor (Zahnfuß): (DIN 3990 - 11, Gl. 5.18)

lt. Vorgabedokument nur Verzahnungen mit $R_{Z100} < 4 \mu m$ erlaubt.

Daraus folgt, dass der relative Oberflächenfaktor der Flanke für statische Festigkeit gleich jenem der Dauerfestigkeit gleich ist, und diese den Wert 1 annehmen.

$$Y_{R_{rel_T}} := 1$$

Größenfaktor (Zahnfuß): (DIN 3990 - 11, Tab. 5.1)

$$Y_{X_{stat}} := 1$$

$$Y_{X_{dyn}} := \text{if} \left(m_n \leq 5 \cdot \text{mm}, 1, 1.05 - 0.01 \cdot \left(\frac{m_n}{\text{mm}} \right) \right) = 1$$

Lebensdauerfaktor (Zahnfuß): (DIN 3990 - 11, Tab. 5.2)

$$Y_{NT_{dyn}} := 1$$

$$Y_{NT_{stat}} := 2.5$$

Zahnfuß-Nennspannung: (DIN 3990 - 11, Gl. 5.02)

$$\sigma_{F0_B} := \frac{F_{t1}}{\min(b_1, b_2) \cdot m_n} \cdot Y_{FS_B} \cdot (Y_\epsilon \cdot Y_\beta)$$

$$\sigma_{F0_B} = 327.994 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{F0_D} := \frac{F_{t2}}{\min(b_1, b_2) \cdot m_n} \cdot Y_{FS_D} \cdot (Y_\epsilon \cdot Y_\beta)$$

$$\sigma_{F0_D} = 316.287 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Zahnfußspannung:

Betriebszahnfußspannung für Dauerfestigkeit: (DIN 3990 - 11, Gl. 5.01)

$$\sigma_{F_{dyn_B}} := \sigma_{F0_B} \cdot K_A \cdot K_{V_{An_{dyn}}} \cdot K_{F\beta_{dyn}} \cdot K_{F\alpha}$$

$$\sigma_{F_{dyn_B}} = 683.854 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{F_{dyn_D}} := \sigma_{F0_D} \cdot K_A \cdot K_{V_{An_{dyn}}} \cdot K_{F\beta_{dyn}} \cdot K_{F\alpha}$$

$$\sigma_{F_{dyn_D}} = 659.445 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Maximale Zahnfußspannung für die statische Festigkeit: (DIN 3990 - 11, Gl. 5.01)

$$\sigma_{F_stat_B} := \sigma_{F0_B} \cdot K_S \cdot K_{V_An_stat} \cdot K_{F\beta_stat} \cdot K_{F\alpha}$$

$$\sigma_{F_stat_B} = 868.847 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{F_stat_D} := \sigma_{F0_D} \cdot K_S \cdot K_{V_An_stat} \cdot K_{F\beta_stat} \cdot K_{F\alpha}$$

$$\sigma_{F_stat_D} = 837.834 \frac{N}{mm^2}$$

Zahnfuß-Grenzfestigkeit:

(DIN 3990 - 11, Gl. 5.03)

Dynamische Zahnfuß-Grenzfestigkeit:

$$\sigma_{FG_dyn_B} := \sigma_{FE} \cdot Y_{NT_dyn} \cdot Y_{\delta_rel_T_dyn_B} \cdot Y_{R_rel_T} \cdot Y_{X_dyn}$$

$$\sigma_{FG_dyn_B} = (1.1 \cdot 10^3) \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{FG_dyn_D} := \sigma_{FE} \cdot Y_{NT_dyn} \cdot Y_{\delta_rel_T_dyn_D} \cdot Y_{R_rel_T} \cdot Y_{X_dyn}$$

$$\sigma_{FG_dyn_D} = (1.1 \cdot 10^3) \frac{N}{mm^2}$$

Statische Zahnfuß-Grenzfestigkeit:

$$\sigma_{FG_stat_B} := \sigma_{FE} \cdot Y_{NT_stat} \cdot Y_{\delta_rel_T_stat_B} \cdot Y_{R_rel_T} \cdot Y_{X_stat} = (3.091 \cdot 10^9) \text{ Pa}$$

$$\sigma_{FG_stat_B} = 3090.667 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{FG_stat_D} := \sigma_{FE} \cdot Y_{NT_stat} \cdot Y_{\delta_rel_T_stat_D} \cdot Y_{R_rel_T} \cdot Y_{X_stat}$$

$$\sigma_{FG_stat_D} = 3253.909 \frac{N}{mm^2}$$

3.6 Sicherheiten der Zahnfußtragfähigkeit:

Sicherheit für Dauerfestigkeit:

$$S_{F_dyn_B} := \frac{\sigma_{FG_dyn_B}}{\sigma_{F_dyn_B}} = 1.609$$

$$S_{F_dyn_D} := \frac{\sigma_{FG_dyn_D}}{\sigma_{F_dyn_D}} = 1.668$$

Statische Festigkeit:

$$S_{F_stat_B} := \frac{\sigma_{FG_stat_B}}{\sigma_{F_stat_B}} = 3.557$$

$$S_{F_stat_D} := \frac{\sigma_{FG_stat_D}}{\sigma_{F_stat_D}} = 3.884$$

Kontrolle der Sicherheiten der Zahnfußtragfähigkeit:

$$S_{F_dyn_min} := 1.5$$

$$S_{F_dyn_max} := 2$$

$$S_{F_stat_min} := 2$$

$$\text{if } (S_{F_dyn_min} \leq S_{F_dyn_B} \leq S_{F_dyn_max}, \text{ "OK", "Etwas ändern"}) = \text{ "OK"}$$

$$\text{if } (S_{F_dyn_min} \leq S_{F_dyn_D} \leq S_{F_dyn_max}, \text{ "OK", "Etwas ändern"}) = \text{ "OK"}$$

$$\text{if } (S_{F_stat_min} \leq S_{F_stat_B}, \text{ "OK", "Etwas ändern"}) = \text{ "OK"}$$

$$\text{if } (S_{F_stat_min} \leq S_{F_stat_D}, \text{ "OK", "Etwas ändern"}) = \text{ "OK"}$$

4. Festigkeitsberechnung der Wellen:

4.1 Berechnungsdaten

4.1.1 Allgemeines

$$\alpha_n = 20 \text{ deg}$$

$$\alpha_{wt} = 21.776 \text{ deg}$$

$$\alpha_t = 20.344 \text{ deg}$$

$$\beta := \beta_{gew} = 11 \text{ deg}$$

4.1.2 Materialkennwerte

16MnCr5:

Verwendeter
Werkstoff

20MnCr5:

18CrNiMo7-6:

Zugfestigkeit:

$$\sigma_{B_16Mn} := 1000 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Zugfestigkeit:

$$\sigma_{B_20Mn} := 1200 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Zugfestigkeit:

$$\sigma_{B_18Cr} := 1200 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Streckgrenze:

$$\sigma_{S_16Mn} := 695 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Streckgrenze:

$$\sigma_{S_20Mn} := 850 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Streckgrenze:

$$\sigma_{S_18Cr} := 850 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Zug/Druck-Wechselfestigkeit:

$$\sigma_{zdW_16Mn} := 400 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Zug/Druck-Wechselfestigkeit:

$$\sigma_{zdW_20Mn} := 480 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Zug/Druck-Wechselfestigkeit:

$$\sigma_{zdW_18Cr} := 480 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Biegewechselfestigkeit:

$$\sigma_{bW_16Mn} := 500 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Biegewechselfestigkeit:

$$\sigma_{bW_20Mn} := 600 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Biegewechselfestigkeit:

$$\sigma_{bW_18Cr} := 600 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Torsionswechselfestigkeit:

$$\tau_{tW_16Mn} := 300 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Torsionswechselfestigkeit:

$$\tau_{tW_20Mn} := 360 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Torsionswechselfestigkeit:

$$\tau_{tW_18Cr} := 360 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

4.1.3 Längen

Gesamtlänge der Abtriebswelle:

$$l_{ab} := 100 \cdot \text{mm}$$

Benötigte Lagerdaten:

$$30209 : B_{ab_FL} := 19 \cdot \text{mm}$$

$$30209 : B_{ab_LL} := 19 \cdot \text{mm}$$

Mitte des Rades der zweiten Stufe:

$$l_{ab_1} := s_{an} + \frac{l_{an}}{2} = 76.5 \text{ mm}$$

Länge der Abstandshülse für das Rad der zweiten Stufe:

$$l_{ab_Ah} := 20 \text{ mm}$$

Beginn erster Absatz:

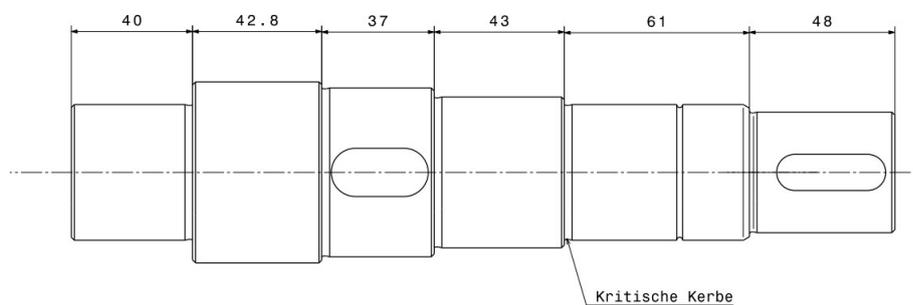
$$l_{ab_d1} := \frac{B_{ab_FL}}{2} = 9.5 \text{ mm}$$

Beginn Festlager:

$$l_{ab_FL} := l_{ab} - \frac{B_{ab_FL}}{2} = 90.5 \text{ mm}$$

Laufvariabel Abtriebswelle:

$$x_{ab} := 0 \cdot \text{mm}, 0.1 \cdot \text{mm} \dots l_{ab}$$



Druckpunkt Kegelrollenlager:

$$a := 20.794 \text{ mm}$$

$$l_0 := 40 \text{ mm} - (25 \text{ mm} - a) = 35.794 \text{ mm}$$

$$l_1 := 25 \text{ mm} - a = 4.206 \text{ mm}$$

$$l_2 := 42.8 \text{ mm}$$

$$l_3 := 38 \text{ mm}$$

$$l_4 := 43 \text{ mm}$$

$$l_{ges} := 272.8 \text{ mm}$$

$$l_5 := l_1 = 4.206 \text{ mm}$$

$$l_{ab_zw_lager} := l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 = 132.212 \text{ mm}$$

$$d_1 := 45 \text{ mm}$$

$$l_{ab_li} := l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} = 66.006 \text{ mm}$$

$$d_{2d} := 60 \text{ mm}$$

$$d_3 := 54 \text{ mm}$$

$$d_4 := 50 \text{ mm}$$

$$d_5 := d_1 = 45 \text{ mm}$$

$$F_{a2} := F_{t_2} \cdot \tan(\beta) = 2.054 \text{ kN}$$

$$F_{r2} := F_{t_2} \cdot \left(\frac{1}{\cos(\beta) \cdot \cos(\alpha_n)} \right) = 11.456 \text{ kN}$$

Lagerkräfte

Schätzwerte

$$F_{Cx} := 0 \text{ N} \quad F_{Cy} := 0 \text{ N} \quad F_{Cz} := 0 \text{ N}$$

$$F_{Dx} := 0 \text{ N} \quad F_{Dy} := 0 \text{ N} \quad F_{Dz} := 0 \text{ N}$$

Nebenbedingungen

$$F_{Cx} + F_{a2} - F_{Dx} = 0 \quad \text{Kräftegleichgewicht in x}$$

$$F_{Cy} + F_{Dy} - F_{t_2} = 0 \quad \text{Kräftegleichgewicht in y}$$

$$F_{Cz} + F_{Dz} - F_{r2} = 0 \quad \text{Kräftegleichgewicht in z}$$

$$-F_{Dz} \cdot l_{ab_zw_lager} + F_{r2} \cdot l_{ab_li} = 0 \quad \text{Momentengleichgewicht um Festlager in y-Richtung}$$

$$F_{Dy} \cdot l_{ab_zw_lager} - F_{t_2} \cdot l_{ab_li} - R_2 \cdot F_{a2} = 0 \quad \text{Momentengleichgewicht um Festlager in z-Richtung}$$

Gleichungslöser

$$\begin{bmatrix} F_{Cx} \\ F_{Cy} \\ F_{Cz} \\ F_{Dy} \\ F_{Dz} \end{bmatrix} := \text{find} (F_{Cx}, F_{Cy}, F_{Cz}, F_{Dy}, F_{Dz}) = \begin{bmatrix} -2.054 \\ 3.768 \\ 5.737 \\ 6.799 \\ 5.72 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

$$Y := 1.7$$

$$F_{Cr} := \sqrt{F_{Cy}^2 + F_{Cz}^2} = 6.864 \text{ kN}$$

$$F_{Dr} := \sqrt{F_{Dy}^2 + F_{Dz}^2} = 8.885 \text{ kN}$$

$$K_a := F_{a2}$$

$$F_{Ca} := 0.5 \cdot \frac{F_{Dr}}{Y} = 2.613 \text{ kN}$$

$$F_{Da} := F_{Ca} + K_a = 4.667 \text{ kN}$$

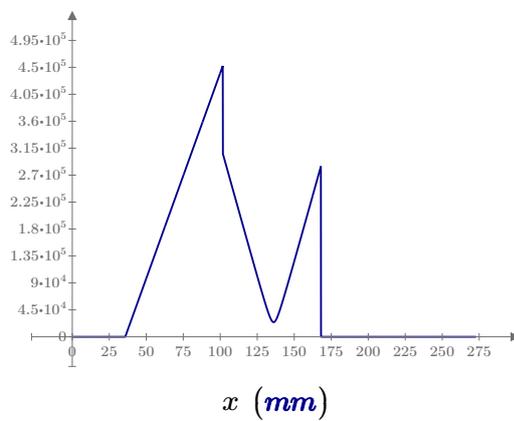
4.2 Schnittgrößen Abtriebswelle

$$x := 0 \text{ mm}, 0.1 \text{ mm} \dots l_{ges}$$

$$M_{1y}(x) := \begin{cases} \text{if } 0 < x \leq l_0 \\ \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ \text{else if } l_0 < x \leq l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} \\ \quad \parallel -F_{Cz} \cdot (l_0 - x) \\ \text{else if } l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} < x \leq l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 \\ \quad \parallel -F_{Cz} \cdot (l_0 - x) + F_{r2} \cdot \left(l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} - x \right) - F_{a2} \cdot R_2 \\ \text{else if } l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 < x \leq l_{ges} \\ \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{cases}$$

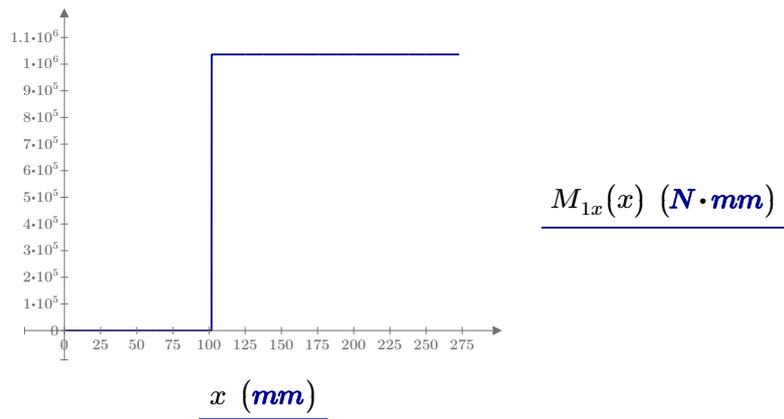
$$M_{1z}(x) := \begin{cases} \text{if } 0 < x \leq l_0 \\ \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ \text{else if } l_0 < x \leq l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} \\ \quad \parallel -F_{Cy} \cdot (l_0 - x) \\ \text{else if } l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} < x \leq l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 \\ \quad \parallel -F_{Cy} \cdot (l_0 - x) + F_{t2} \cdot \left(l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} - x \right) \\ \text{else if } l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 < x \leq l_{ges} \\ \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{cases}$$

$$M_{1b}(x) := \sqrt{M_{1y}(x)^2 + M_{1z}(x)^2}$$

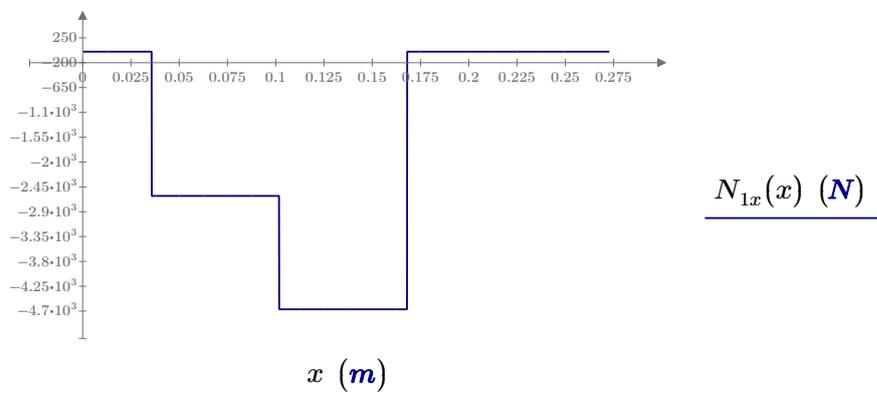


$M_{1b}(x) \text{ (N} \cdot \text{mm)}$

$$M_{1x}(x) := \begin{cases} 0 < x \leq l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} \\ \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ \text{else if } l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} < x \leq l_{ges} \\ \parallel T_{ab} \end{cases}$$



$$N_{1x}(x) := \begin{cases} 0 < x \leq l_0 \\ \parallel 0 \text{ N} \\ \text{else if } l_0 < x \leq l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} \\ \parallel -F_{Ca} \\ \text{else if } l_0 + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2} < x \leq l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 \\ \parallel -F_{Ca} - F_{a2} \\ \text{else if } l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 < x \leq l_{ges} \\ \parallel 0 \text{ N} \end{cases}$$



4.3 Nachweis des Vermeidens bleibender Verformung - Kritische Kerbe

Kritische Kerbe:

$$x_{Kerbe4} := l_0 + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 163.8 \text{ mm}$$

$$F_{zd_Kerbe4} := N_{1x} (x_{Kerbe4}) = -4.667 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{b_Kerbe4} := M_{1b} (x_{Kerbe4}) = 247.63 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{t_Kerbe4} := M_{1x} (x_{Kerbe4}) = 1.036 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$K_s := 2$$

Biegespannung

Wechselnde, dynamische Belastung

Torsionsspannung

Schwellende, dynamische Belastung

Widerstandsmomente und Querschnitt

$$W_{y4} := \frac{\pi}{32} \cdot d_5^3 = 8946.176 \text{ mm}^3$$

$$A_4 := \frac{\pi}{4} \cdot d_5^2 = 1590.431 \text{ mm}^2$$

$$W_{p4} := \frac{\pi}{16} \cdot d_5^3 = 17892.352 \text{ mm}^3$$

Auftretenden Spannungen

Torsionsspannung

$$\tau_{\tau_Kerbe4} := \frac{M_{t_Kerbe4}}{W_{p4}} = 57.912 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{\tau m_Kerbe4} := \frac{\tau_{\tau_Kerbe4}}{2} = 28.956 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{\tau a_Kerbe4} := \frac{\tau_{\tau_Kerbe4}}{2} = 28.956 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{\tau max_Kerbe4} := \tau_{\tau_Kerbe4} \cdot K_s = 115.824 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zug/Druck Spannung

$$\sigma_{zd_Kerbe4} := \frac{F_{zd_Kerbe4}}{A_4} = -2.935 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zdm_Kerbe4} := 0 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zda_Kerbe4} := \sigma_{zd_Kerbe4} = -2.935 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zdmax_Kerbe4} := \sigma_{zd_Kerbe4} \cdot K_s = -5.869 \frac{N}{mm^2}$$

Werkstoffkennwerte:

gewählter Werkstoff: 16MnCr5

(nach DIN 743-3)

$$\sigma_B := 1000 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_S := 695 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zdW} := 400 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{bW} := 500 \frac{N}{mm^2} \quad \tau_{tW} := 300 \frac{N}{mm^2}$$

Biegespannung

$$\sigma_{b_Kerbe4} := \frac{M_{b_Kerbe4}}{W_{y4}} = 27.68 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{bm_Kerbe4} := 0 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{ba_Kerbe4} := \sigma_{b_Kerbe4} = 27.68 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{bmax_Kerbe4} := \sigma_{b_Kerbe4} \cdot K_s = 55.36 \frac{N}{mm^2}$$

Einflussfaktoren

Größeneinflussfaktor K1

siehe DIN 743/2 Gl. 13

$$d_{eff} := d_5 \quad d_B := 16 \text{ mm}$$

$$K_{1s} := 1 - 0.41 \cdot \log\left(\frac{d_{eff}}{d_B}\right) = 0.816$$

$$K_{1b} := 1 - 0.41 \cdot \log\left(\frac{d_{eff}}{d_B}\right) = 0.816$$

geometrischer Größeneinflussfaktor K2

siehe DIN 743/2 Gl. 15/16

$$K_{2r} := 1 - 0.2 \cdot \left(\frac{\log\left(\frac{d_5}{7.5 \text{ mm}}\right)}{\log(20)} \right) = 0.88$$

Einflussfaktor der Oberflächenrauheit

siehe DIN 743/2 Gl. 18/19

$$R_Z := 25 \text{ } \mu\text{m} \quad \text{Qualität beim Drehen}$$

$$K_{F\sigma} := 1 - 0.22 \cdot \log\left(\frac{R_Z}{\mu\text{m}}\right) \cdot \left(\log\left(\frac{\sigma_B \cdot K_{1b}}{20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}\right) - 1 \right) = 0.812$$

$$K_{F\tau} := 0.575 \cdot K_{F\sigma} + 0.425 = 0.892$$

Statische Stützwirkung K2F

siehe DIN 743/1 Tabelle 3

$$K_{2f_{zd}} := 1 \quad \text{für Vollwelle}$$

$$K_{2f_b} := 1.2 \quad \text{für Vollwelle}$$

$$K_{2f_{\tau}} := 1.2 \quad \text{für Vollwelle}$$

Bestimmung der Kerbwirkzahl

siehe DIN 743/2 S.20

$$r := 0.8 \text{ mm} \quad \text{Radius der Rundung}$$

$$t := \frac{d_4 - d_5 - 0.3 \text{ mm}}{2} = 2.35 \text{ mm} \quad \text{Höhe der Rundung}$$

$$\frac{r}{t} = 0.34 \quad \frac{d_5}{d_4} = 0.9$$

$$\alpha_{\sigma_{zd}} := 1 + \left(\frac{1}{0.62 \cdot \frac{r}{t} + 7 \cdot \frac{r}{d_5} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{r}{d_5}\right)^2} \right) = 3.903$$

$$\alpha_{\sigma_b} := 1 + \left(\frac{1}{0.62 \cdot \frac{r}{t} + 11.6 \cdot \frac{r}{d_5} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{r}{d_5}\right)^2 + 0.2 \cdot \left(\frac{r}{t}\right)^3 \cdot \frac{d_5}{d_4}} \right) = 3.276$$

$$\alpha_{\tau} := 1 + \left(\frac{1}{3.4 \cdot \frac{r}{t} + 38 \cdot \frac{r}{d_5} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{r}{d_5}\right)^2 + \left(\frac{r}{t}\right)^2 \cdot \frac{d_5}{d_4}} \right) = 1.503$$

Bestimmung des Erhöhungsfaktors der Fließgrenze

siehe DIN743/1 S.17

$$\gamma_{F_{zd}} := 1.15 \quad \gamma_{F_b} := 1.15 \quad \gamma_{F_{\tau}} := 1.0$$

Berechnung der Bauteilfließgrenze

siehe DIN743/1 S.16

$$\sigma_{zdFK} := K_{1s} \cdot \gamma_{F_{zd}} \cdot K_{2f_{zd}} \cdot \sigma_S = 652.086 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{bFK} := K_{1s} \cdot \gamma_{F_b} \cdot K_{2f_b} \cdot \sigma_S = 782.503 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{\tau FK} := K_{1s} \cdot \gamma_{F_{\tau}} \cdot K_{2f_{\tau}} \cdot \frac{\sigma_S}{\sqrt{3}} = 392.851 \frac{N}{mm^2}$$

$$S_{bleibVERFAbK4} := \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\tau_{\tau max_Kerbe4}}{\tau_{\tau FK}}\right)^2 + \left(\frac{-\sigma_{zdmax_Kerbe4}}{\sigma_{zdFK}} + \frac{\sigma_{bmax_Kerbe4}}{\sigma_{bFK}}\right)^2}} = 3.274$$

4.4 Nachweis des Vermeidens von Dauerbrüchen - Kritische Kerbe

Kerbwirkungszahl:

$$\phi := 0$$

$$G'_{\tau} := \frac{1}{r} = (1.25 \cdot 10^3) \frac{1}{m}$$

siehe DIN 743-2 Tabelle 2

$$\sigma_{sd} := K_{1s} \cdot \sigma_S = 567.031 \frac{N}{mm^2}$$

$$n := 1 + \sqrt{G'_{\tau} \cdot mm \cdot 10^{-\left(0.33 + \frac{\sigma_{sd}}{712 \cdot \frac{N}{mm^2}}\right)}} = 1.084$$

siehe DIN 743-2 Gleichung (4) ff.

$$\beta_{\tau} := \frac{\alpha_{\tau}}{n} = 1.388$$

Geometrischer Größeneinflussfaktor:

siehe DIN 743-2 Kapitel 6.3

$$K_{2zd} := 1$$

$$K_{2b\tau} := 0.8$$

Oberflächenverfestigung:

$$K_V := 1$$

Gesamteinflussfaktor:

$$K_{\tau} := \left(\frac{\beta_{\tau}}{K_{2b\tau}} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V} = 1.966$$

$$\beta_{\sigma zd} := \frac{\alpha_{\sigma zd}}{n} = 3.602$$

$$\beta_{\sigma b} := \frac{\alpha_{\sigma b}}{n} = 3.024$$

Geometrischer Größeneinflussfaktor:

siehe DIN 743-2 Kapitel 6.3

$$K_{2zd} := 1$$

$$K_{2b\tau} := 0.8$$

Oberflächenverfestigung:

$$K_V := 1$$

Gesamteinflussfaktor:

$$K_{\sigma zd} := \left(\frac{\beta_{\sigma zd}}{K_{2zd}} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V} = 3.833$$

$$K_{\sigma b} := \left(\frac{\beta_{\sigma b}}{K_{2b\tau}} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V} = 4.011$$

Gestaltfestigkeit:

siehe DIN743-1 S.11

$$\sigma_{zdWK} := \frac{\sigma_{zdW} \cdot K_{1s}}{K_{\sigma zd}} = 85.146 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{bWK} := \frac{\sigma_{bW} \cdot K_{1s}}{K_{\sigma b}} = 101.712 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{tWK} := \frac{\tau_{tW} \cdot K_{1s}}{K_{\tau}} = 124.523 \frac{N}{mm^2}$$

Berechnung der ertragbaren Amplituden nach Fall 2:

siehe DIN743-1 S.13 ff.

$$\sigma_{mv} := \sqrt{3 \cdot \tau_{\tau m_Kerbe4}^2} = 50.153 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{mv} := \frac{\sigma_{mv}}{\sqrt{3}} = 28.956 \frac{N}{mm^2}$$

$$\psi_{tK} := \frac{\tau_{tWK}}{2 \cdot K_{1s} \cdot \sigma_B - \tau_{tWK}} = 0.083$$

$$\frac{\tau_{mv}}{\tau_{\tau a_Kerbe4}} \leq \frac{\tau_{\tau FK} - \tau_{tWK}}{\tau_{tWK} - \tau_{\tau FK} \cdot \psi_{tK}} = 1$$

$$\tau_{tADK_Kerbe4} := \frac{\tau_{tWK}}{1 + \psi_{tK} \cdot \frac{\tau_{mv}}{\tau_{\tau a_Kerbe4}}} = 115.02 \frac{N}{mm^2}$$

$$\psi_{zd\sigma K} := \frac{\sigma_{zdWK}}{2 \cdot K_{1s} \cdot \sigma_B - \sigma_{zdWK}} = 0.055$$

$$\psi_{b\sigma K} := \frac{\sigma_{bWK}}{2 \cdot K_{1s} \cdot \sigma_B - \sigma_{bWK}} = 0.066$$

$$\frac{\sigma_{mv}}{\sigma_{zda_Kerbe4}} \leq \frac{\sigma_{zdFK} - \sigma_{zdWK}}{\sigma_{zdWK} - \sigma_{zdFK} \cdot \psi_{zd\sigma K}} = 1$$

$$\frac{\sigma_{mv}}{\sigma_{ba_Kerbe4}} \leq \frac{\sigma_{bFK} - \sigma_{bWK}}{\sigma_{bWK} - \sigma_{bFK} \cdot \psi_{b\sigma K}} = 1$$

$$\sigma_{zdADK_Kerbe4} := \frac{\sigma_{zdWK}}{1 + \psi_{zd\sigma K} \cdot \frac{\sigma_{mv}}{\sigma_{zda_Kerbe4}}} = (1.44 \cdot 10^3) \frac{N}{mm^2}$$

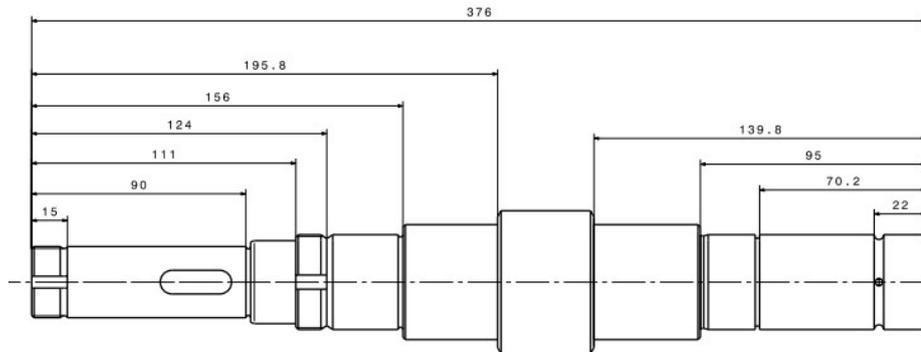
$$\sigma_{bADK_Kerbe4} := \frac{\sigma_{bWK}}{1 + \psi_{b\sigma K} \cdot \frac{\sigma_{mv}}{\sigma_{ba_Kerbe4}}} = 90.778 \frac{N}{mm^2}$$

$$T_{an} = 291.334 \text{ J}$$

Sicherheit gegen Dauerbruch:

$$S_{DauerAbK4} := \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\tau_{\tau a_Kerbe4}}{\tau_{tADK_Kerbe4}}\right)^2 + \left(\frac{-\sigma_{zda_Kerbe4}}{\sigma_{zdADK_Kerbe4}} + \frac{\sigma_{ba_Kerbe4}}{\sigma_{bADK_Kerbe4}}\right)^2}} = 2.519$$

4.6 Ermittlung der Vergleichsspannungen der Antriebswelle



$$F_{t1} := F_{t-1} = 10.895 \text{ kN}$$

$$F_{a1} := F_{t1} \cdot \tan(\beta) = 2.118 \text{ kN}$$

$$F_{r1} := F_{t1} \cdot \left(\frac{1}{\cos(\beta) \cdot \cos(\alpha_n)} \right) = 11.811 \text{ kN} \quad D := 1475 \cdot \frac{\sqrt{3}}{\text{min}} = (2.555 \cdot 10^3) \frac{1}{\text{min}}$$

$$l_{an_1} := 92 \text{ mm}$$

$$d_{an_1} := 30 \text{ mm}$$

$$l_{an_zw_lager} := 153 \text{ mm}$$

$$l_{an_2} := 122 \text{ mm}$$

$$d_{an_2} := 35 \text{ mm}$$

$$l_{an_K1} := 51 \text{ mm} \quad \text{Passfedernut}$$

$$l_{an_3} := 135 \text{ mm}$$

$$d_{an_3} := 40 \text{ mm}$$

$$l_{an_K2} := 150.5 \text{ mm} \quad \text{Festlager}$$

$$l_{an_4} := 167 \text{ mm}$$

$$d_{an_4} := 40 \text{ mm}$$

$$l_{an_K3} := 227 \text{ mm} \quad \text{Ritzel}$$

$$l_{an_5} := 208 \text{ mm}$$

$$d_{an_5} := 48.5 \text{ mm}$$

$$l_{an_K4} := 303.5 \text{ mm} \quad \text{Loslager}$$

$$l_{an_6} := 246 \text{ mm}$$

$$d_{an_6} := 53.8807 \text{ mm}$$

$$l_{an_li} := \frac{l_{an_zw_lager}}{2} = 76.5 \text{ mm}$$

$$l_{an_7} := 292 \text{ mm}$$

$$d_{an_7} := 48.5 \text{ mm}$$

$$l_{an_8} := 387 \text{ mm}$$

$$d_{an_8} := 40 \text{ mm}$$

Lagerkräfte

Schätzwerte

$$F_{Ax} := 0 \text{ N} \quad F_{Ay} := 0 \text{ N} \quad F_{Az} := 0 \text{ N}$$

$$F_{By} := 0 \text{ N} \quad F_{Bz} := 0 \text{ N}$$

Nebenbedingungen

$$F_{Ax} - F_{a1} = 0 \quad \text{Kräftegleichgewicht in x}$$

$$F_{Ay} + F_{By} - F_{t1} = 0 \quad \text{Kräftegleichgewicht in y}$$

$$F_{Az} + F_{Bz} - F_{r1} = 0 \quad \text{Kräftegleichgewicht in z}$$

$$-F_{Bz} \cdot l_{an_zw_lager} + F_{r1} \cdot l_{an_li} - F_{a1} \cdot \left(\frac{d_{an_6}}{2} \right) = 0 \quad \text{Momentengleichgewicht um Festlager in y-Richtung}$$

$$F_{By} \cdot l_{an_zw_lager} - F_{t1} \cdot l_{an_li} = 0$$

Momentengleichgewicht um Festlager in z-Richtung

Gleichungslöser

$$\begin{bmatrix} F_{Ax} \\ F_{Ay} \\ F_{Az} \\ F_{By} \\ F_{Bz} \end{bmatrix} := \text{find} (F_{Ax}, F_{Ay}, F_{Az}, F_{By}, F_{Bz}) = \begin{bmatrix} 2.118 \\ 5.447 \\ 6.278 \\ 5.447 \\ 5.532 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

Definition des Wellendurchmessers mittels Laufvariable

$$x_{an} := 0 \text{ mm}, 0.1 \text{ mm} \dots l_{an_8}$$

$$d_{Welle_an}(x_{an}) := \begin{cases} \text{if } 0 \text{ mm} \leq x_{an} < l_{an_1} \\ \quad \| d_{an_1} \\ \text{else if } l_{an_1} \leq x_{an} < l_{an_2} \\ \quad \| d_{an_2} \\ \text{else if } l_{an_2} \leq x_{an} < l_{an_3} \\ \quad \| d_{an_3} \\ \text{else if } l_{an_3} \leq x_{an} < l_{an_4} \\ \quad \| d_{an_4} \\ \text{else if } l_{an_4} \leq x_{an} < l_{an_5} \\ \quad \| d_{an_5} \\ \text{else if } l_{an_5} \leq x_{an} < l_{an_6} \\ \quad \| d_{an_6} \\ \text{else if } l_{an_6} \leq x_{an} < l_{an_7} \\ \quad \| d_{an_7} \\ \text{else if } l_{an_7} \leq x_{an} < l_{an_8} \\ \quad \| d_{an_8} \\ \text{else} \\ \quad \| 0 \text{ mm} \end{cases}$$

4.6 Schnittgrößen Antriebswelle

Biegemomente und Querkraft in der x-z-Ebene

$$\begin{array}{l}
 M_{b_{an,y}}(x_{an}) := \text{if } 0 \text{ mm} \leq x_{an} < l_{an,K2} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 \text{else if } l_{an,K2} \leq x_{an} < l_{an,K3} \\
 \quad \parallel F_{Az} \cdot (x_{an} - l_{an,K2}) \\
 \text{else if } l_{an,K3} \leq x_{an} < l_{an,K4} \\
 \quad \parallel F_{Az} \cdot (x_{an} - l_{an,K2}) + F_{a1} \cdot \left(\frac{d_{an,6}}{2}\right) - F_{r1} \cdot (x_{an} - l_{an,K3}) \\
 \text{else} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 Q_{an,xz}(x_{an}) := \text{if } 0 \text{ mm} \leq x_{an} < l_{an,K2} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N} \\
 \text{else if } l_{an,K2} \leq x_{an} < l_{an,K3} \\
 \quad \parallel -F_{Az} \\
 \text{else if } l_{an,K3} \leq x_{an} < l_{an,K4} \\
 \quad \parallel -F_{Az} + F_{r1} \\
 \text{else} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N}
 \end{array}$$

Biegemomente und Querkraft in der x-y-Ebene

$$\begin{array}{l}
 M_{b_{an,z}}(x_{an}) := \text{if } 0 \text{ mm} \leq x_{an} < l_{an,K2} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 \text{else if } l_{an,K2} \leq x_{an} < l_{an,K3} \\
 \quad \parallel -F_{Ay} \cdot (x_{an} - l_{an,K2}) \\
 \text{else if } l_{an,K3} \leq x_{an} < l_{an,K4} \\
 \quad \parallel -F_{Ay} \cdot (x_{an} - l_{an,K2}) + F_{t1} \cdot (x_{an} - l_{an,K3}) \\
 \text{else} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 Q_{an,xy}(x_{an}) := \text{if } 0 \text{ mm} \leq x_{an} < l_{an,K2} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N} \\
 \text{else if } l_{an,K2} \leq x_{an} < l_{an,K3} \\
 \quad \parallel -F_{Ay} \\
 \text{else if } l_{an,K3} \leq x_{an} < l_{an,K4} \\
 \quad \parallel -F_{Ay} + F_{t1} \\
 \text{else} \\
 \quad \parallel 0 \text{ N}
 \end{array}$$

Gesamtbetrag von Biegemoment und Querkraft

$$M_{b_{an}}(x_{an}) := \sqrt{M_{b_{an,y}}(x_{an})^2 + M_{b_{an,z}}(x_{an})^2}$$

$$Q_{an}(x_{an}) := \sqrt{Q_{an,xz}(x_{an})^2 + Q_{an,xy}(x_{an})^2}$$

Normalkraft

$$N_{an}(x_{an}) := \begin{cases} 0 \text{ N} & \text{if } 0 \text{ mm} \leq x_{an} < l_{an_K2} \\ -F_{Ax} & \text{else if } l_{an_K2} \leq x_{an} < l_{an_K3} \\ -F_{Ax} + F_{a1} & \text{else if } l_{an_K3} \leq x_{an} < l_{an_K4} \\ 0 \text{ N} & \text{else} \end{cases}$$

Torsionsmoment

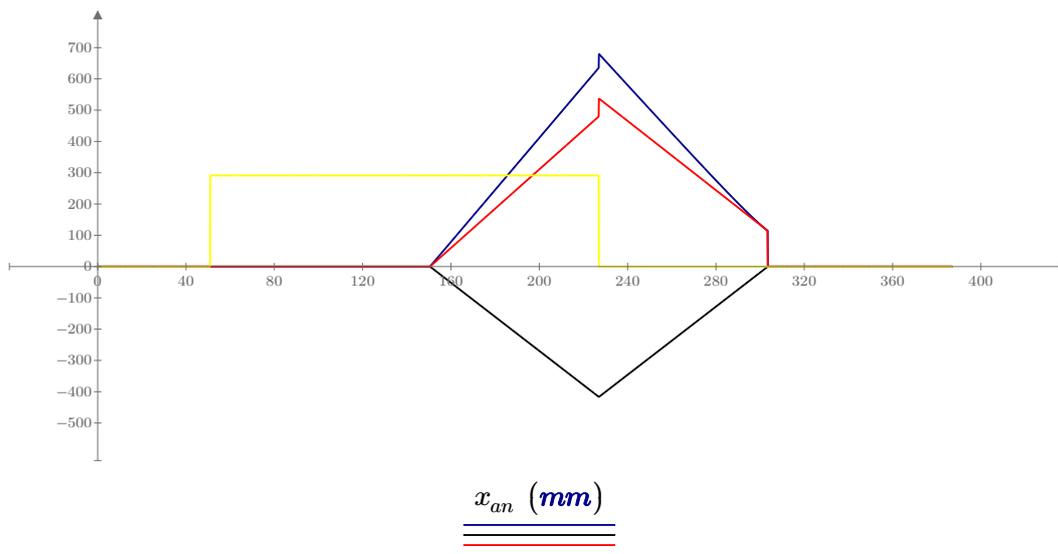
$$M_{t_an}(x_{an}) := \begin{cases} 0 \text{ N} \cdot \text{mm} & \text{if } 0 \text{ mm} \leq x_{an} < l_{an_K1} \\ T_{an} & \text{else if } l_{an_K1} \leq x_{an} < l_{an_K3} \\ 0 \text{ N} \cdot \text{mm} & \text{else} \end{cases}$$

$$\underline{M_{b_an}(x_{an}) \text{ (J)}}$$

$$\underline{M_{b_an.z}(x_{an}) \text{ (J)}}$$

$$\underline{M_{b_an.y}(x_{an}) \text{ (J)}}$$

$$\underline{M_{t_an}(x_{an}) \text{ (J)}}$$



Nennspannung an der Antriebswelle

$$\sigma_{b_nenn_an}(x_{an}) := \frac{M_{b_an}(x_{an}) \cdot 32}{d_{Welle_an}(x_{an})^3 \cdot \pi}$$

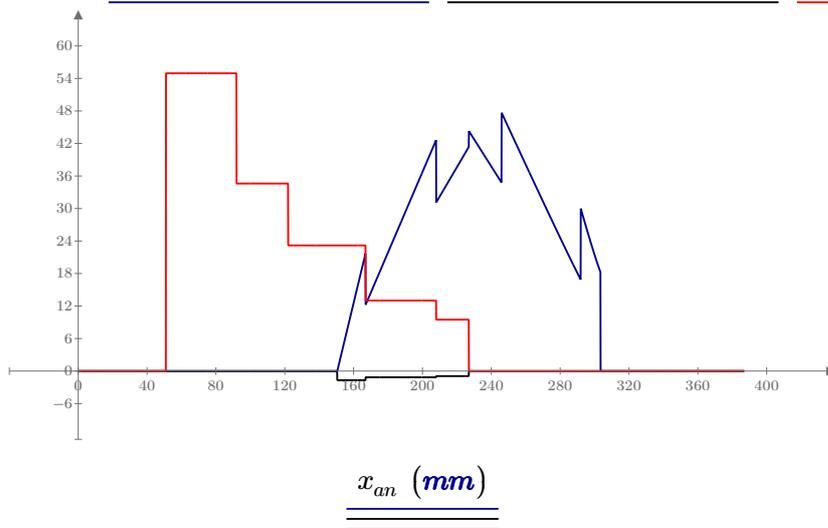
Biegenormalspannung

$$\sigma_{zd_nenn_an}(x_{an}) := \frac{N_{an}(x_{an}) \cdot 4}{d_{Welle_an}(x_{an})^2 \cdot \pi}$$

Normalspannung

$$\tau_{t_nenn_an}(x_{an}) := \frac{M_{t_an}(x_{an}) \cdot 16}{d_{Welle_an}(x_{an})^3 \cdot \pi} \quad \text{Torsionsspannung}$$

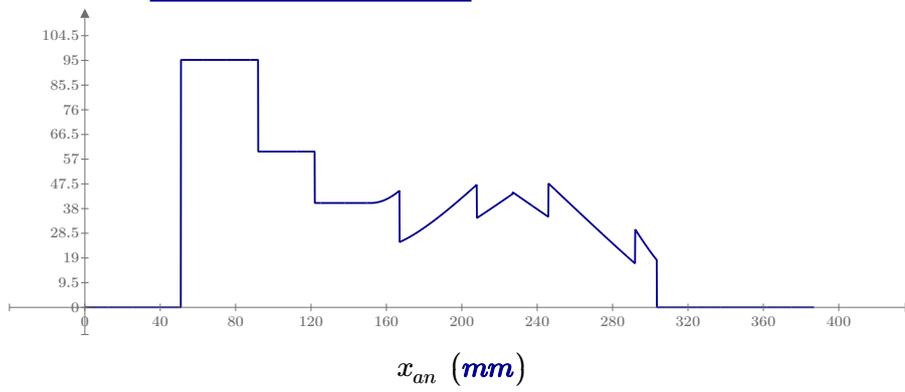
$$\sigma_{b_nenn_an}(x_{an}) \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad \sigma_{zd_nenn_an}(x_{an}) \left(\frac{N}{mm^2} \right) \quad \tau_{t_nenn_an}(x_{an}) \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$



Vergleichsnennspannung nach Mises (Gestaltänderungshypothese)

$$\sigma_{v_nenn_an}(x_{an}) := \sqrt{(\sigma_{b_nenn_an}(x_{an}) + \sigma_{zd_nenn_an}(x_{an}))^2 + 3 \cdot (\tau_{t_nenn_an}(x_{an}))^2}$$

$$\sigma_{v_nenn_an}(x_{an}) \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$



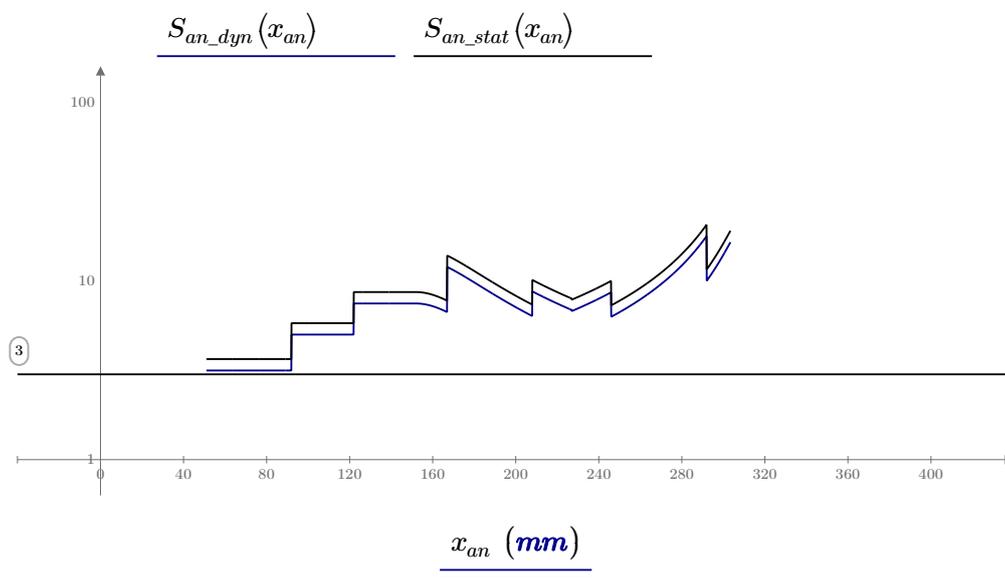
4.7 Sicherheiten der Antriebswelle

$$\sigma_{bWN_16MnCr5} := 450 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{S_16MnCr5} := 695 \frac{N}{mm^2}$$

$$S_{an_dyn}(x_{an}) := \frac{\sigma_{bWN_16MnCr5}}{K_A \cdot \sigma_{v_nenn_an}(x_{an})}$$

$$S_{an_stat}(x_{an}) := \frac{\sigma_{S_16MnCr5}}{K_S \cdot \sigma_{v_nenn_an}(x_{an})}$$



Die erreichten Sicherheiten sind zu jeden Zeitpunkt über 3. Die Antriebswelle ist somit ausreichend dimensioniert.

5. Lagerberechnung nach SKF Katalog

Angabe:

$$P_{erlebnis} := 0.92$$

$$T_{\text{öl}} := 55 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{Öltyp: ISO VG 150}$$

$$L_h := 20000 \text{ hr}$$

$$e_c := 0.4 \quad \text{Verunreinigungsfaktor (leichte Verunreinigung)}$$

5.1 Antrieb Zylinderrollenlager NU 308 ECJ

$$F_{Br} := K_A \cdot \sqrt{F_{By}^2 + F_{Bz}^2} = 11.646 \text{ kN}$$

Angabe nach SKF:

$$D := 90 \text{ mm} \quad \text{Außendurchmesser}$$

$$d := 40 \text{ mm} \quad \text{Innendurchmesser}$$

$$d_m := 0.5 (D + d) = 65 \text{ mm} \quad \text{Mittlerer Lagerdurchmesser}$$

$$k_r := 0.12 \quad \text{Minimallastfaktor}$$

$$n := 2555 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad \text{Betriebsdrehzahl}$$

$$n_r := 9500 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad \text{Referenzdrehzahl}$$

Mindestbelastung

$$F_{rm} := k_r \cdot \left(6 + \frac{4 \cdot n}{n_r}\right) \left(\frac{d_m}{100 \cdot \text{mm}}\right)^2 = 0.359 \quad F_{rm} := 0.306 \text{ kN}$$

if $F_{Br} > F_{rm}$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht"	

Äquivalente dynamische Lagerbelastung

$$P_B := F_{Br} = 11.646 \text{ kN}$$

Angaben lt. SKF Katalog

$$C_B := 93 \text{ kN} \quad \text{Dynamische Tragzahl}$$

$$P_u := 10.2 \text{ kN} \quad \text{Ermüdungsgrenzbelastung}$$

Viskositätsverhältnis

$$\text{Öl: ISO VG 150} \quad v_{\text{öl_aktuell}} := 70.8 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \quad v_{\text{öl_erf}} := 9.19 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$$

$$k := \frac{v_{\text{öl_aktuell}}}{v_{\text{öl_erf}}} = 7.704$$

$$k := 4 \quad \text{Annahme } k=4 \text{ bei } k>4$$

Lebensdauerbeiwert

$$e_c \cdot \frac{P_u}{P_B} = 0.35$$

$$a_{SKF} := 5.5 \quad \text{Diagramm 2 S.67}$$

$$p := \frac{10}{3} \quad \text{Für Radialrollenlager}$$

$$L_{10} := \left(\frac{C_B}{P_B} \right)^p$$

$$a_1 := 1 - \frac{P_{\text{erlebnis}} - 0.9}{0.95 - 0.9} \cdot (1 - 0.64) = 0.856 \quad 92\% \text{ Wahrscheinlichkeit}$$

$$L_{nm} := a_1 \cdot a_{SKF} \cdot L_{10} = 4.792 \cdot 10^3$$

Bei unveränderter Drehzahl ist es häufig angebracht, mit der Lebensdauer in Betriebsstunden zu rechnen. In diesem Fall gilt:

$$L_{nmh} := \frac{10^6}{n} L_{nm} = (3.126 \cdot 10^4) \text{ hr}$$

if $L_{nmh} \geq L_h$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht"	

5.2 Antrieb Pendelrollenlager 22308 E

Lagerberechnung nach SKF Bearing Select

$$F_{Ar} := K_A \cdot \sqrt{F_{Ay}^2 + F_{Az}^2} = 12.468 \text{ kN}$$

$$F_{Aa} := K_A \cdot F_{Ax} = 3.177 \text{ kN}$$

The screenshot shows the SKF Bearing Select software interface. The 'Size & Lubrication' tab is active. The 'Required input' section includes a 'Select calculation(s)' dropdown set to 'Bearing rating life', a diagram of a bearing, and input fields for forces (Radial: 12.536 kN, Axial: 3.574 kN), speed (2554 rpm), and temperatures (Inner ring: 55 °C, Outer ring: 55 °C). Below this is a 'Lubrication & contamination' section with 'Oil without filter' selected. The 'Calculation results' section shows: Bearing Properties (22308 E), Viscosity (κ: 7.67), Bearing loads (DP: 8.17), and Bearing rating life (L_{10h}: 7170 h, L_{10mh}: 31800 h).

$$L_{10mh} := 31800 \text{ hr}$$

$$L_{nmh} := a_1 \cdot L_{10mh} = 27220.8 \text{ hr}$$

if $L_{nmh} \geq L_h$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht"	

5.3 Abtrieb Kegelrollenlager 30309

$$F_{Cr} := K_A \cdot F_{Cr} = 10.296 \text{ kN}$$

$$F_{Ca} := K_A \cdot F_{Ca} = 3.92 \text{ kN}$$

The screenshot shows the SKF Bearing Select software interface. The 'Size & Lubrication' tab is active. Under 'Required input', the bearing type is 30309. The input table is as follows:

Forces		Speed	Temperature	
Radial	Axial		Inner ring	Outer ring
kN	kN	rpm	°C	°C
10.296	3.92	700	55	55

The 'Lubrication & contamination' section shows 'Oil without filter' and 'ISOVG150' with 'Slight contamination'. The 'Calculation results' section shows:

- Bearing Properties: 30309
- Minimum load: $F_{rm} = 2.24 \text{ kN}$, $F_{em} = 2.42 \text{ kN}$
- Viscosity: $k = 3.8$
- Bearing loads: $CP = 12.24$
- Bearing rating life: $L_{10h} = 100000 \text{ h}$, $L_{10mh} > 2 \times 10^5 \text{ h}$

$$L_{10mh} := 2 \cdot 10^5 \text{ hr}$$

$$L_{nmh} := a_1 \cdot L_{10mh} = 171200 \text{ hr}$$

if $L_{nmh} \geq L_h$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht"	

5.4 Abtrieb Kegelrollenlager 30309

$$F_{Dr} := K_A \cdot F_{Dr} = 13.327 \text{ kN}$$

$$F_{Da} := K_A \cdot F_{Da} = 7.001 \text{ kN}$$

The screenshot shows the SKF Bearing Select software interface. The 'Size & Lubrication' tab is active. The 'Required input' section shows a table of parameters:

Forces		Speed	Temperature	
Radial	Axial		Inner ring	Outer ring
kN	kN	rpm	°C	°C
13.327	7.001	700	55	55

Below the table, there is a '+ Add load case' button and a 'Calculate' button. The 'Calculation results' section shows the following data:

Property	Value
Bearing Properties	30309
Minimum load	$F_{rm} : 2.24 \text{ kN}$ $F_{em} : 3.14 \text{ kN}$
Viscosity	$\kappa : 3.8$
Bearing loads	$C/P : 7.66$
Bearing rating life	$L_{10h} : 21000 \text{ h}$ $L_{10mh} : 99800 \text{ h}$

$$L_{10mh} := 99800 \text{ hr}$$

$$L_{nmh} := a_1 \cdot L_{10mh} = 85428.8 \text{ hr}$$

if $L_{nmh} \geq L_h$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht"	

6. Passfederberechnungen

Werkstoff (C45E) der Passfeder

$$R_{p0.2C60E} := 490 \frac{N}{mm^2}$$

Durchmesser am Eintrieb (1)

$$d_1 := 30 \text{ mm}$$

D Abtriebsrad (2)

$$d_2 := 40 \text{ mm}$$

D Abtriebskupplung (3)

$$d_3 := 30 \text{ mm}$$

Max. zul. tragende Länge für Methode C

DIN6892 Gl. 31

$$l_{tr1max} := 1.3 \cdot d_1 = 39 \text{ mm}$$

$$l_{tr2max} := 1.3 \cdot d_2 = 52 \text{ mm}$$

$$l_{tr3max} := 1.3 \cdot d_3 = 39 \text{ mm}$$

$$l_{tr1} := 30 \text{ mm}$$

$$l_{tr2} := 25 \text{ mm}$$

$$l_{tr3} := 25 \text{ mm}$$

Höhe der Passfeder

$$h_{p1} := 7 \text{ mm}$$

$$h_{p2} := 9 \text{ mm}$$

$$h_{p3} := 8 \text{ mm}$$

Breite der Passfeder

$$b_{pf1} := 8 \text{ mm}$$

$$b_{pf2} := 14 \text{ mm}$$

$$b_{pf3} := 12 \text{ mm}$$

Tiefer der Nut in der Welle

$$t_{p1} := 4 \text{ mm}$$

$$t_{p2} := 2.7 \text{ mm}$$

$$t_{p3} := 2.4 \text{ mm}$$

Gesamtlänge

$$l_{pf1} := l_{tr1} + b_{pf1} = 38 \text{ mm}$$

$$l_{pf2} := l_{tr2} + b_{pf2} = 39 \text{ mm}$$

$$l_{pf3} := l_{tr3} + b_{pf3} = 37 \text{ mm}$$

Anzahl der Passfedern

$$i_{p1} := 1$$

$$i_{p2} := 2$$

Traganteil

DIN6892 Gl. 34

$$\varphi_p := 1$$

Zulässiges Torsionsmoment

DIN6892 Gl. 32 33

$$p_{zul} := 0.9 \cdot R_{p0.2C60E}$$

$$M_{tzul1} := p_{zul} \cdot (h_{p1} - t_{p1}) \cdot l_{tr1} \cdot \frac{d_1}{2} \cdot i_p \cdot \varphi_p = 595.35 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{tzul2} := p_{zul} \cdot (h_{p2} - t_{p2}) \cdot l_{tr2} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot i_{p2} \cdot \varphi_p = (2.778 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{tzul3} := p_{zul} \cdot (h_{p3} - t_{p3}) \cdot l_{tr3} \cdot \frac{d_3}{2} \cdot i_{p2} \cdot \varphi_p = (1.852 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

Äquivalentes Torsionsmoment

DIN6892-1 Gl.34

$$K_A := 1.5 \quad T_{an} := 291.334 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{an_betr} := K_A \cdot T_{an} = 437.001 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{an_max} := K_s \cdot T_{an} = 582.668 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Sicherheit bei üblichem Betrieb mit Anwendungsfaktor

$$S_{PF1} := \frac{M_{tzul1}}{T_{an_betr}} = 1.362$$

if ($S_{PF1} \geq 1$, "OK", "Was nun?") = "OK"

$$S_{PF2} := \frac{M_{tzul2}}{T_{an_betr}} = 6.358$$

if ($S_{PF2} \geq 1$, "OK", "Was nun?") = "OK"

$$S_{PF3} := \frac{M_{tzul3}}{T_{an_betr}} = 4.238$$

if ($S_{PF3} \geq 1$, "OK", "Was nun?") = "OK"

Maximales Spitzentorsionsmoment

$$f_L := 1.3 \quad \text{Lastspitzenhäufigkeitsfaktor}$$

$$M_{tmax1} := f_L \cdot M_{tzul1} = 773.955 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{tmax2} := f_L \cdot M_{tzul2} = (3.612 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{tmax3} := f_L \cdot M_{tzul3} = (2.408 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$S_{PF1_max} := \frac{M_{tmax1}}{T_{an_max}} = 1.328$$

if ($S_{PF1_max} \geq 1$, "OK", "Was nun?") = "OK"

$$S_{PF2_max} := \frac{M_{tmax2}}{T_{an_max}} = 6.199$$

if ($S_{PF2_max} \geq 1$, "OK", "Was nun?") = "OK"

$$S_{PF3_max} := \frac{M_{tmax3}}{T_{an_max}} = 4.132$$

if ($S_{PF3_max} \geq 1$, "OK", "Was nun?") = "OK"

7. Schmierung des Getriebes

$$F_t := \frac{2 \cdot T_{an}}{d_1} = (1.942 \cdot 10^4) \text{ N} \quad \text{Umfangskraft}$$

Bestimmung der Umfangsgeschwindigkeit

$$v_{umfang.rad} := \frac{d_1}{2} \cdot \omega_{an} = 4.013 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Wahl einer Einspritzschmierung trotz niedriger Umfangsgeschwindigkeit um Wärmemengen abtransportieren zu können, wie in Tutorensprechstunde besprochen. Eine Tauchschmierung würde zu einem überdimensioniert großem Gehäuse führen.

Wahl der Normviskosität nach DIN 51509

$$k_s := 3 \cdot \frac{F_t \cdot K_s}{b_1 \cdot d_1} \cdot \frac{u_{ist} + 1}{u_{ist}} = 130.101 \text{ MPa}$$

Der Stoßfaktor wird gemäß Norm übernommen, Fester Wert 3 für Annäherung Stribecksche Passung

$$\frac{k_s}{v_{umfang.rad}} = 32.42 \frac{\text{MPa} \cdot \text{s}}{\text{m}}$$

Normviskositäts-Auswahl aus DIN Bild 1

$$v_{50} := 150 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$$

Wir wählen die ISO Viskositätsklasse 150

Abschätzung der Einspritzschmierung

$$\eta := 0.97 \quad \text{Aus der Angabe}$$

$$P_V := P_{ein} \cdot (1 - \eta) = 1.35 \text{ kW} \quad \text{Verlustleistung}$$

$$Q_E := P_V \cdot 6 \frac{\text{l}}{\text{kW} \cdot \text{min}} = 8.1 \frac{\text{l}}{\text{min}} \quad \text{Abschätzung gemäß Konstruktionsvorgaben}$$

$$v_{sch} := 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Einspritzgeschwindigkeit}$$

$$n_{sch_zu} := 1 \quad \text{Anzahl der Einspritzleitungen}$$

$$n_{sch_ab} := 1 \quad \text{Anzahl der Abflussleitungen}$$

$$d_{sch_zu} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_E}{v_{sch} \cdot n_{sch_zu} \cdot \pi}} = 9.271 \text{ mm} \quad \text{Zuflussdurchmesser}$$

$$d_{sch_ab} := \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot Q_E}{v_{sch} \cdot n_{sch_ab} \cdot \pi}} = 13.111 \text{ mm} \quad \text{Abflussdurchmesser}$$

8. Kupplungsauslegung nach Ortlinghaus

Erforderliches Schaltmoment

$$K_k := 3 \quad \text{Sicherheitsfaktor lt Ortlinghaus für Elektromotoren / Walzwerke}$$

$$J_{emot} := 0.67 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad \text{lt. Datenblatt Nord 225 MP/4}$$

$$l_{last} := 1000 \text{ mm} \quad r_{last} := 250 \text{ mm} \quad \rho_{stahl} := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{last} := \rho_{stahl} \cdot r_{last}^2 \cdot \pi \cdot l_{last} = (1.541 \cdot 10^3) \text{ kg}$$

$$J_{last} := \frac{1}{2} m_{last} \cdot r_{last}^2 = 48.167 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad \text{Überschlagmäßig MTM für Vollzylinder}$$

$$M_{k_erf} := K_k \cdot T_{ab} \cdot K_S = (6.217 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 6500 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_l := 0.5 \cdot M_{k_erf} = (3.109 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m} \quad \text{Darf nicht mehr als 50 \% des erforderlichen Beschleunigungsmoments betragen}$$

$$M_{ka} := M_s - M_l = (3.391 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$t_r := \frac{J_{last} \cdot \omega_{ab_ist}}{M_{ka}} = 1.036 \text{ s} \quad \text{Rutschzeit}$$

Lamellenauswahl

Ortlinghaus Außenlamellen mit Nocken (3100-040-39-000)

$$d_{aussen} := 102 \text{ mm} \quad D_{aussen} := 144.5 \text{ mm}$$

Ortlinghaus Innenlamellen mit Nocken (3100-140-39-000)

$$d_{innen} := 100.2 \text{ mm} \quad D_{innen} := 141 \text{ mm}$$

Eigenschaft für Werkstoffpaarung

$\mu_k := 0.08$ Gleitreibungskoeffizient Ortlinghaus Technische Grundlagen für Paarung

$\mu_H := 0.3$ Haftreibungskoeffizient Stahl/Stahl Trockenlauf

$p_{paket} := 2 \frac{N}{mm^2}$ max. Reibpressung nach Ortlinghaus Trockenlauf

$D_{k_druckplatte} := 142 \text{ mm}$ $d_{k_druckplatte} := 106 \text{ mm}$ Reibfläche der

$A_{k_druck} := \frac{\pi}{4} (D_{k_druckplatte}^2 - d_{k_druckplatte}^2) = (7.012 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$ Druckplatte

$A_{reib} := \frac{\pi}{4} (D_{innen}^2 - d_{ausen}^2) = (7.443 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$ Reibfläche zwischen zwei Lamellen

$D_{reib_mittel} := \frac{D_{innen} + d_{ausen}}{2} = 121.5 \text{ mm}$ Mittlerer Reibdurchmesser

$p_{zul} := \frac{A_{k_druck} \cdot p_{paket}}{A_{reib}} = 1.884 \frac{N}{mm^2}$ Zul. Pressung zwischen zwei Lamellen

$m_{au\beta en} := 8$ Außenlamellenzahl

$n_{reib} := m_{au\beta en} \cdot 2 = 16$ Reibflächenzahl

$M_{zul} := \frac{A_{reib} \cdot n_{reib} \cdot D_{reib_mittel} \cdot p_{zul} \cdot \mu_k}{2} = (1.091 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$ Zul. Antriebsmoment

$S := \frac{M_{zul}}{T_{an}} = 3.743$ Sicherheit

Wärmebelastung der Lamellenkupplung

Wärmebelastung beim Auskuppelvorgang

$Q_{auskuppeln} := \frac{J_{last} \cdot \omega_{ab_ist}^2}{2} \cdot \frac{M_s}{M_s + M_l} = (8.674 \cdot 10^4) \text{ J}$ Annahme:
Kupplung aus Stillstand

Wärmebelastung beim Einkuppelvorgang

$$Q_{\text{einkuppeln}} := \frac{J_{\text{last}} \cdot \omega_{\text{ab_ist}}^2}{2} \cdot \frac{M_s}{M_s - M_l} = (2.457 \cdot 10^5) \text{ J}$$

Reibleistung während des Einkuppelungsvorganges

$$q_{\text{einkupplung}} := \frac{Q_{\text{einkuppeln}}}{n_{\text{reib}} \cdot A_{\text{reib}} \cdot t_r} = 1.991 \frac{\text{W}}{\text{mm}^2}$$

zulässige flächenbezogene Reibleistung gemäß Katalog

$$q_{\text{zul}} := 2 \frac{\text{W}}{\text{mm}^2}$$

Sicherheit beim Kupplungsvorgang bezogen auf einmaliges Einkuppeln:

$$S_{\text{lamellen_wärme}} := \frac{q_{\text{zul}}}{q_{\text{einkupplung}}} = 1.004$$

Aufgrund von der Art des Betriebes ist nicht davon auszugehen, dass dauerhaft ein/ausgekuppelt wird. Dadurch beschränken wir uns auf die Betrachtung von einem einzelnen Vorgang.

Zulässige Wahl der hydraulisch schaltbaren Lamellenkupplung von Ortlinghaus 0021-007-39-000000.

9. Radex Kupplung Auswahl

aufbauend auf Daten vom Hersteller

$$T_{ab} = (1.036 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{K_{max}} := K_s \cdot T_{ab} = (2.072 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{m}$$

Wahl der Radex-70 mit Innenbohrung von $\emptyset 50$ und folgenden Drehmomentwerten:

$$T_{KN_auswahl} := 1100 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{K_{max_auswahl}} := 2200 \text{ N} \cdot \text{m}$$

10. Berechnung der Schraubenverbindungen

10.1 Lagerdeckelschrauben

Nachdem alle Lagerdeckelschrauben vom selben Typ sind wird hier nur der Fall der höchsten Beanspruchung nachgewiesen.

$$F_{LD_max} := F_{Ax} \cdot K_S = 4.235 \text{ kN}$$

Gewählte Schraube: ISO 4017 M5 x 25 - 10.9

$R_{m_LD} := 1400 \frac{N}{mm^2}$	$R_{e_LD} := 900 \frac{N}{mm^2}$
$Anz_{LD} := 4$	Anzahl der Schrauben
$E_{LD} := 210000 \frac{N}{mm^2}$	E-Modul Schraube
$l_{LD} := 25 \text{ mm}$	Schraubenlänge
$d_{LD} := 5 \text{ mm}$	Gewinde Nenndurchmesser
$P_{LD} := 0.8 \text{ mm}$	Steigung
$d_{2_LD} := 4.48 \text{ mm}$	Flankendurchmesser
$d_{3_LD} := 4.019 \text{ mm}$	Kerndurchmesser
$A_{s_LD} := 14.2 \text{ mm}^2$	Spannungsquerschnitt des Gewindes
$A_{3_LD} := 12.69 \text{ mm}^2$	Kernquerschnitt des Gewindes
$\phi_{LD} := 3.25 \text{ deg}$	Steigungswinkel
$d_{h_LD} := 5.5 \text{ mm}$	Durchmesser des Durchgangsloches
$d_{k_LD} := 8 \text{ mm}$	Außendurchmesser der Ebenen Kopfauflage
$\mu_{ges_LD} := 0.14$	Reibungszahl
$F_{sp_LD} := 10.3 \text{ kN}$	Spannkraft

$l_{K_LD} := 10 \text{ mm}$ Lagerdeckeldicke

$D_{A_LD} := 16 \text{ mm}$ Außendurchmesser der verspannten Teile

$F_{B_LD} := \frac{F_{LD_max}}{Anz_{LD}} = 1.059 \text{ kN}$ Wirkende Kraft

$A_N := \pi \cdot \frac{d_{LD}^2}{4}$ Nennquerschnitt des Schraubenschaftes

Einhalten der zul. Schraubenkraft

$$\delta_{S_LD} := \frac{1}{E_{LD}} \cdot \left(\frac{(0.5 \cdot d_{LD})}{A_N} + \frac{0.5 \cdot d_{LD}}{A_{3_LD}} \right)$$

$\delta_{S_LD} = (1.544 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$ Elastische Nachgiebigkeit der Schraube

$$x_{LD} := \sqrt[3]{\frac{l_{K_LD} \cdot d_{k_LD}}{D_{A_LD}^2}} = 0.679$$

$$A_{ers_LD} := \frac{\pi}{4} \cdot (d_{k_LD}^2 - d_{h_LD}^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_{k_LD} \cdot (D_{A_LD} - d_{k_LD}) \cdot ((x_{LD} + 1)^2 - 1)$$

$A_{ers_LD} = 72.191 \text{ mm}^2$ Ersatzquerschnitt des Hohlzylinders

$E_G := 103000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ Material Gehäuse: GJL 250

$\delta_{T_LD} := \frac{l_{K_LD}}{A_{ers_LD} \cdot E_G} = (1.345 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{mm}}{\text{N}}$ Nachgiebigkeit bei Hohlzylindermodell

$\phi_{K_LD} := \frac{\delta_{T_LD}}{(\delta_{S_LD} + \delta_{T_LD})} = 0.465$ Kraftverhältnis

$n_{LD} := 0.5$ $\phi_{LD} := \phi_{K_LD} \cdot n_{LD} = 0.233$

if $\phi_{LD} \cdot F_{B_LD} \leq 0.1 \cdot R_{e_LD} \cdot A_{s_LD}$ = "Passt"
|| "Passt"
else
|| "Passt nicht"

$$\sigma_{z,max_LD} := \frac{F_{sp_LD} + \phi_{LD} \cdot F_{B_LD}}{A_{s_LD}} = 742.706 \frac{N}{mm^2}$$

$$k_{\tau_LD} := 0.5$$

$$\tau_{t_LD} := \frac{F_{sp_LD} \cdot (0.159 \cdot P_{LD} + 0.577 \cdot \mu_{ges_LD} \cdot d_{2_LD})}{\left(\frac{\pi \cdot \left(\frac{d_{2_LD} + d_{3_LD}}{2} \right)^3}{16} \right)}$$

$$\sigma_{red_LD} := \sqrt{\sigma_{z,max_LD}^2 + 3 \cdot (k_{\tau_LD} \cdot \tau_{t_LD})^2}$$

$$S_{F_LD} := \frac{R_{e_LD}}{\sigma_{red_LD}} = 1.129$$

if $S_{F_LD} \geq 1$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht."	

10.2. Lagerschrauben

Gewählt: Außensechskant ISO4014 M6 x 55 - 14.9

$$F_{LG_max} := F_{Dr} \cdot K_S = 26.655 \text{ kN}$$

$$R_m := 1400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad R_{e_LG} := 1200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{LG} := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Anz_{LG} := 2 \quad \text{Anzahl der Schrauben pro Lager}$$

$$l_{LG} := 55 \text{ mm} \quad \text{Schraubenlänge}$$

$$d_{LG} := 6 \text{ mm} \quad \text{Gewinde Nenndurchmesser}$$

$$l_{2_LG} := 18 \text{ mm} \quad \text{Gewindelänge}$$

$$P_{LG} := 1 \text{ mm} \quad \text{Steigung}$$

$$d_{2_LG} := 5.35 \text{ mm} \quad \text{Flankendurchmesser}$$

$$d_{3_LG} := 4.773 \text{ mm} \quad \text{Kerndurchmesser}$$

$$A_{s_LG} := 20.1 \text{ mm}^2 \quad \text{Spannungsquerschnitt des Gewindes}$$

$$A_{3_LG} := 17.89 \text{ mm}^2 \quad \text{Kernquerschnitt des Gewindes}$$

$$\phi_{LG} := 3.41 \text{ deg} \quad \text{Steigungswinkel}$$

$$d_{h_LG} := 6.6 \text{ mm} \quad \text{Durchmesser Durchgangsloches}$$

$$d_{k_LG} := 12 \text{ mm} \quad \text{Außendurchmesser der Ebenen Kopfauflage}$$

$$\mu_{ges_LG} := 0.14 \quad \text{Reibungszahl}$$

$$F_{sp_LG} := 17 \text{ kN} \quad \text{Spannkraft}$$

$$l_{1_LG} := l_{LG} - l_{2_LG} = 37 \text{ mm} \quad \text{Stiftlänge}$$

$$l_{K_LG} := 70 \text{ mm}$$

Klemmdicke

$$F_{B_LG} := \frac{F_{LG_max}}{Anz_{LG}} = 13.327 \text{ kN} \quad \text{Wirkende Kraft}$$

$$A_N := \pi \cdot \frac{d_{LG}^2}{4} \quad \text{Nennquerschnitt des Schraubenschaftes}$$

$$D_{A_LG} := 22 \text{ mm} \quad \text{Außendurchmesser der verspannten Teile}$$

$$\delta_{S_LG} := \frac{1}{E_{LG}} \cdot \left(\frac{(0.5 \cdot d_{LG})}{A_N} + \frac{l_{1_LG}}{A_N} + \frac{l_{2_LG}}{A_{3_LG}} + \frac{0.5 \cdot d_{LG}}{A_{3_LG}} \right)$$

$$\delta_{S_LG} = (1.233 \cdot 10^{-5}) \frac{\text{mm}}{\text{N}} \quad \text{Elastische Nachgiebigkeit der Schraube}$$

$$x_{LG} := \sqrt[3]{\frac{l_{K_LG} \cdot d_{k_LG}}{D_{A_LG}^2}} = 1.202$$

$$A_{ers_LG} := \frac{\pi}{4} \cdot (d_{k_LG}^2 - d_{h_LG}^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_{k_LG} \cdot (D_{A_LG} - d_{k_LG}) \cdot ((x_{LG} + 1)^2 - 1)$$

$$A_{ers_LG} = 260.203 \text{ mm}^2 \quad \text{Ersatzquerschnitt des Hohlzylinders}$$

$$\delta_{T_LG} := \frac{l_{K_LG}}{A_{ers_LG} \cdot E_G} = (2.612 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{mm}}{\text{N}} \quad \text{Nachgiebigkeit bei Hohlzylindermodell}$$

$$\phi_{K_LG} := \frac{\delta_{T_LG}}{(\delta_{S_LG} + \delta_{T_LG})} = 0.175 \quad \text{Kraftverhältnis}$$

$$n_{LG} := 0.5 \quad \phi_{LG} := \phi_{K_LG} \cdot n_{LG} = 0.087$$

```
if  $\phi_{LG} \cdot F_{B\_LG} \leq 0.1 \cdot R_{e\_LG} \cdot A_{s\_LG}$  = "Passt"  
|| "Passt"  
else  
|| "Passt nicht"
```

$$\sigma_{z,max_LG} := \frac{F_{sp_LG} + \phi_{LG} \cdot F_{B_LG}}{A_{s_LG}} = 903.737 \frac{N}{mm^2}$$

$$k_{\tau_LG} := 0.5$$

$$\tau_{t_LG} := \frac{F_{sp_LG} \cdot (0.159 \cdot P_{LG} + 0.577 \cdot \mu_{ges_LG} \cdot d_{2_LG})}{\left(\frac{\pi \cdot \left(\frac{d_{2_LG} + d_{3_LG}}{2} \right)^3}{16} \right)}$$

$$\sigma_{red_LG} := \sqrt{\sigma_{z,max_LG}^2 + 3 \left(k_{\tau_LG} \cdot \tau_{t_LG} \right)^2}$$

$$S_{F_LG} := \frac{R_{e_LG}}{\sigma_{red_LG}} = 1.242$$

if $S_{F_LG} \geq 1.2$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht."	

Sicherheit der Flächenpressung

$$A_{Kopf_LG} := (d_{k_LG}^2 - d_{LG}^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 84.823 \text{ mm}^2$$

$$p_{F_LG} := \frac{F_{sp_LG} + \phi_{LG} \cdot F_{B_LG}}{A_{Kopf_LG}} = 214.153 \frac{N}{mm^2}$$

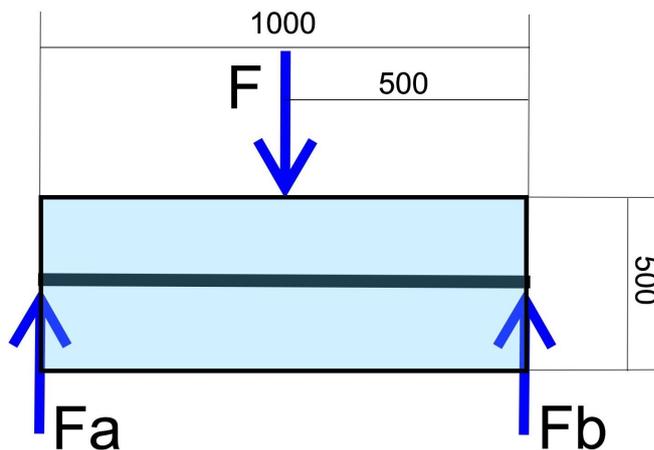
$$p_G := 850 \frac{N}{mm^2}$$

if $p_{F_LG} < p_G$	= "Passt"
"Passt"	
else	
"Passt nicht"	

$$S_{P_LG} := \frac{p_G}{p_{F_LG}} = 3.969$$

11. Gleitlagerberechnung nach DIN 31652

11.1. Lagerbelastung



$$F := 55 \text{ kN}$$

$$F_a := F \cdot \frac{1}{2} = 27.5 \text{ kN}$$

Momentengleichgewichte

$$F_b := F \cdot \frac{1}{2} = 27.5 \text{ kN}$$

Durch Symmetrie sind beide Lager gleich stark belastet

Winkelgeschwindigkeit der Welle

$$\omega_{ab_ist} = 72.964 \frac{1}{s}$$

Winkelgeschwindigkeit des Lagers

$$\omega_B := 0 \cdot \frac{1}{s}$$

hydrodynamische effektive Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_{eff} := \omega_{ab_ist} = 72.964 \frac{1}{s}$$

(DIN 31652-1, unter Gl.4)

11.2 Lagerdaten

11.2.1 Lagerwerkstoff und Schmierstoff

Lagerwerkstoff: Kupfer-Zinn-Gusslegierung nach DIN ISO 4382-1 G-CuSn10P 2.1811

(Roloff/Matek Maschinenelemente Tabellenbuch)

Schmierstoff: Klüberoil GEM 1 68 N von KLÜBER Lubrication

Werte des Schmierstoffs

(Herstellerangabe Klüber Lubrication)

$$\rho_{20} := 0.88 \frac{gm}{cm^3}$$

Dichte bei 20 °C

$$\nu_{40} := 68 \frac{mm^2}{s}$$

kinematische Viskosität bei 40°C

$$\nu_{100} := 9 \frac{mm^2}{s}$$

kinematische Viskosität bei 100°C

Annahme der effektiven Schmierfilmtemperatur:

$$T_{eff} := 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

vollumschließendes Lager:

(orientiert an Berechnungsbeispiel DIN 31652)

$$\Omega := 360 \text{ } deg$$

11.3. Vorauslegung der Hauptabmessungen

maximale zulässige Belastung: $p_{lim} := 7 \frac{N}{mm^2}$

(DIN 31652-3, Tabelle 2)

Tabelle 2 — Erfahrungsrichtwerte für die zulässige spezifische Lagerbelastung \bar{p}_{lim}

Lagerwerkstoff-Gruppe ^a	\bar{p}_{lim} ^b N/mm ²
Pb ^c - und Sn-Legierungen	5 (15)
Cu Pb ^c -Legierungen	7 (20)
Cu Sn-Legierungen	7 (25)
Al Sn-Legierungen	7 (18)
Al Zn-Legierungen	7 (20)

^a Werkstoffe siehe DIN ISO 4381, DIN ISO 4382-1, DIN ISO 4382-2 und DIN ISO 4383.
^b Die in Klammern gesetzten Zahlen sind bislang nur in Einzelfällen verwirklicht worden und können ausnahmsweise aufgrund besonderer Betriebsbedingungen, z.B. bei sehr niedrigen Gleitgeschwindigkeiten, zugelassen werden.
^c Aufgrund der Toxizität von Blei ist die Anwendung von bleihaltigen Lagerwerkstoffen zunehmend einzuschränken

minimaler Lagerdurchmesser:	$D_{min} := \sqrt{\frac{F_a}{p_{lim}}} = 62.678 \text{ mm}$
gewählter Lagerdurchmesser	$D := 70 \text{ mm}$
Lagerbreitenverhältnis:	$bd := 1$
Lagerbreite:	$B := D \cdot bd = 70 \text{ mm}$
Auftretende Belastung:	$p := \frac{F_a}{D^2} = 5.612 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

11.4 Überprüfung alleiniger Außenkühlung

11.4.1 Berechnung der effektiven dynamischen Viskosität des Schmierstoffes

Dichte bei 40°C: $\rho_{40} := \rho_{20} - (40 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) \cdot \frac{1}{K} \cdot 0.00064 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} = 0.867 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$

Dichte bei 100°C: $\rho_{100} := \rho_{20} - (100 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) \cdot \frac{1}{K} \cdot 0.00064 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} = 0.829 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$
(DIN 31652-1, Gl.33)

dynamische Viskosität bei 40°C: $\eta_{40} := \nu_{40} \cdot \rho_{40} = 0.059 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$ (DIN 31652-1, Gl.32)

dynamische Viskosität bei 100°C: $\eta_{100} := \nu_{100} \cdot \rho_{100} = 0.007 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

Gleichungssystem aus zwei Gleichungen und zwei Unbekannten um Hilfsgrößen C1 und C2 für die Viskositätsberechnung bei der effektiven Temperatur zu berechnen:

$$\eta_{100} = 10^{\frac{C_1}{100 \text{ °C} + 95 \text{ °C}} + C_2} \quad \eta_{40} = 10^{\frac{C_1}{40 \text{ °C} + 95 \text{ °C}} + C_2} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.34})$$

Lösung des Gleichungssystems:

1. Hilfsgröße: $C_1 := \frac{\frac{\ln\left(\eta_{40} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{s}}{\text{kg}}\right)}{\ln(10)} - \frac{\ln\left(\eta_{100} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{s}}{\text{kg}}\right)}{\ln(10)}}{\left(\frac{1}{40 + 95} - \frac{1}{100 + 95}\right)} = 393.969$

2. Hilfsgröße:
$$C_2 := \frac{\ln\left(\eta_{40} \cdot m \cdot \frac{s}{kg}\right)}{\ln(10)} - \frac{C_1}{40 + 95} = -4.148$$

einheitslose Hilfsgröße (effektive Schmierfilmtemperatur):

$$T_{eff.rechnung} := \frac{T_{eff}}{K} - 273.15 = 80$$

effektive dynamische Viskosität:
$$\eta_{eff} := 10^{\frac{C_1}{(T_{eff.rechnung} + 95)} + C_2} \cdot Pa \cdot s = 0.013 Pa \cdot s$$

(DIN 31652-1, Gl.34)

11.4.5 Berechnung des effektiven relativen Lagerspiels

Passung nach dem Einbau: 70 F8/h7

(Herstellerangabe GGT Gleitlager AG)

minimales Lagerspiel:
$$s_{min} := 30 \mu m + 0 \mu m = 30 \mu m$$

minimales relatives Lagerspiel:
$$\psi_{20.min} := \frac{s_{min}}{D} = 4.286 \cdot 10^{-4}$$

maximales Lagerspiel:
$$s_{max} := 76 \mu m + 30 \mu m = 106 \mu m$$

minimales relatives Lagerspiel:
$$\psi_{20.max} := \frac{s_{max}}{D} = 0.002$$

addiertes Lagerspiel:
$$s_{ges} := s_{min} + s_{max} = 136 \mu m$$

mittleres Lagerspiel bei Montage:
$$s_{20} := \frac{s_{ges}}{2} = 68 \mu m$$

relatives Lagerspiel bei Montage (relatives Kaltspiel bei 20°C):

$$\psi_{20} := \frac{s_{20}}{D} = 9.714 \cdot 10^{-4}$$

Längenausdehnungskoeffizient des Lagers (Werkstoff: Bronze CuSn7Zn4Pb7-C)

$$\alpha_{IB} := 18 \cdot 10^{-6} \frac{1}{K}$$

(Roloff/Matek Maschinenelemente Tabellenbuch)

Längenausdehnungskoeffizient der Welle (Werkstoff: Stahl)

$$\alpha_{IJ} := 11 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}} \quad (\text{Skript S.167})$$

thermische Änderung des relativen Lagerspiels gegenüber dem Kaltspiel

$$\Delta\psi_1 := (\alpha_{IB} - \alpha_{IJ}) \cdot (T_{\text{eff.rechnung}} - 20) \text{ K} = 4.2 \cdot 10^{-4} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.36})$$

effektives relatives Lagerspiel: $\psi_{\text{eff.1}} := \psi_{20} + \Delta\psi_1 = 0.001$ (DIN 31652-1, Gl.37)

Sommerfeldzahl:

$$S_o := \frac{(F_a \cdot \psi_{\text{eff.1}}^2)}{D^2 \cdot \eta_{\text{eff}} \cdot \omega_{\text{eff}}} = 11.732 \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.7})$$

relative Exzentrizität:

$$\varepsilon := 0.91$$

(DIN 31652-2, Bild 1)

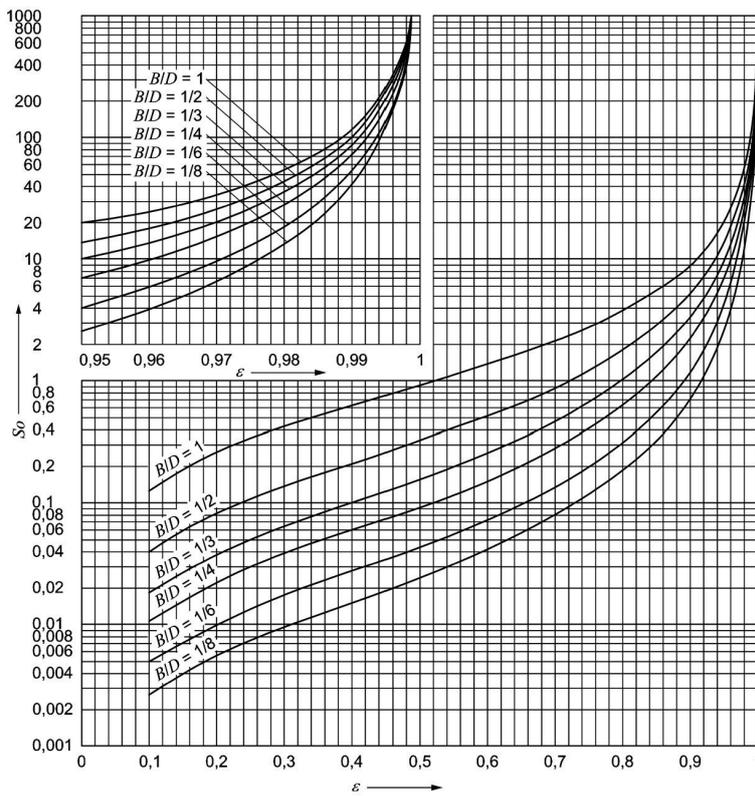


Bild 1 — Sommerfeldzahl $S_o = f\left(\varepsilon, \frac{B}{D}, \Omega=360^\circ\right)$

if $\varepsilon < 0.7$	= "Betriebsbereich II"
"Betriebsbereich I"	
else if $\varepsilon > 0.95$	
"Betriebsbereich III"	
else	
"Betriebsbereich II"	

Betriebsbereich I: instabil

Betriebsbereich II: für übliche Lager mit rein hydrodynamischer Schmierung

Betriebsbereich III: zusätzlich metallische Berührung (Mischreibung)

Verlagerungswinkel:

$$\beta := 28 \text{ deg}$$

(DIN 31652-2, Bild 3)

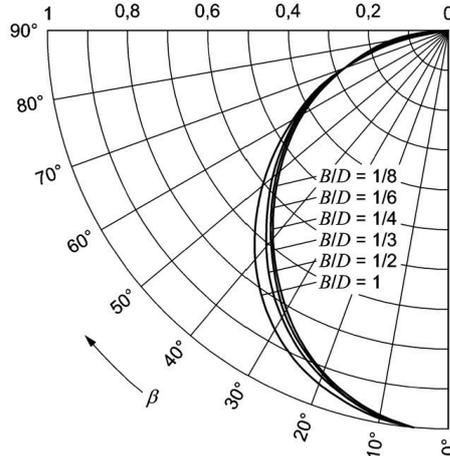


Bild 3 — Verlagerungswinkel $\beta = f\left(\epsilon, \frac{B}{D}, \Omega = 360^\circ\right)$

Berechnung der Reibleistung

bezogene Reibleistung:
$$\mu\psi := \left(\frac{\pi}{S_o \cdot \sqrt{1 - \epsilon^2}} + \frac{\epsilon}{2} \cdot \sin(\beta) \right) = 0.859 \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.10})$$

Reibungszahl:
$$\mu := \left(\frac{\pi}{S_o \cdot \sqrt{1 - \epsilon^2}} + \frac{\epsilon}{2} \cdot \sin(\beta) \right) \cdot \psi_{eff.1} = 0.001$$

Umfangsgeschwindigkeit des Lagers $U_B := 0 \frac{m}{s}$ Stillstehendes Lager

Umfangsgeschwindigkeit der Welle $U_J := \omega_{ab_ist} \cdot \frac{D}{2} = 2.554 \frac{m}{s}$

relative Winkelgeschwindigkeit $\omega_{rel} := \omega_{ab_ist} - \omega_B = 72.964 \frac{1}{s}$ (DIN 31652-1, Gl.4)

Reibleistung im Lager:
$$P_f := F_a \cdot \mu\psi \cdot \psi_{eff.1} \cdot |U_J - U_B| = 83.987 \text{ W}$$

(DIN 31652-1, Gl.11)

Bestimmung des Wärmeabflusses und der Lagertemperatur

Abmaße des Lagers:

Gehäusebreite in Achsrichtung: $B_H := B = 70 \text{ mm}$

Gehäuseaußendurchmesser: $D_H := 85 \text{ mm}$

Wärmeabgebende Oberfläche des Lagergehäuses:

$$A := 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_H^2 - D^2) + \pi \cdot D_H \cdot B_H = 0.022 \text{ m}^2 \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.19})$$

Wärmeübergangszahl angenommen keine erzwungene Konvektion:

$$k := 20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.17})$$

Annahme der Lagertemperatur:

$$T_B := T_{eff} = 353.15 \text{ K} \quad (\text{MEL Skript S.162})$$

Annahme der Umgebungstemperatur:

$$T_{amb} := 20 \text{ K} + 273.15 \text{ K} = 293.15 \text{ K}$$

Wärmestrom über Lagergehäuse und Welle an die Umgebung:

$$P_A := k \cdot A \cdot (T_B - T_{amb}) = 26.813 \text{ W} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.16})$$

ergebende Lagertemperatur:

$$T_{B.1} := T_{amb} + \frac{P_f}{A \cdot k} = 481.086 \text{ K} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.26})$$

zulässige Temperaturabweichung: $\delta T_{zul} := 1 \text{ K}$ (orientiert an den Werten unter DIN 31652-1, Gl.34)

if $ T_B - T_{B.1} < \delta T_{zul}$	= "Druckschmierung nötig"
"OK"	
else	
"Druckschmierung nötig"	

-> Innenkühlung durch Schmierstoff nötig
Schmierstoff (nach Kühlung) mit konstanter
Schmierstoffeintrittstemperatur zugeführt gem. DIN 31652 S.17

Sich einstellende Lagertemperatur:

Schmierstoffeintrittstemperatur: $T_{en} := 40 \text{ }^\circ\text{C}$

einheitslose Hilfsgröße: $T_{en.rechnung} := \frac{T_{en}}{K} - 273.15 = 40$

effektives relatives Lagerspiel in Promille: $\psi_{eff.rechnung} := \psi_{eff.1} \cdot 1000 = 1.391$

Annahme der Öltemperatur für die erste Iteration:

$$T_{eff.1} := T_{en} + \left(\frac{15 \text{ K}}{\psi_{eff.rechnung}} \right) = 323.93 \text{ K} \quad T_{eff} = 80 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.31})$$

11.5 Berechnung Innenkühlung $T_{eff} := 53.4 \text{ }^\circ\text{C}$

Berechnung der effektive dynamische Viskosität des Schmierstoffs:

Dichte bei 40°C: $\rho_{40} := \rho_{20} - (40 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot \frac{1}{K} \cdot 0.00064 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} = 0.867 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$

Dichte bei 100°C: $\rho_{100} := \rho_{20} - (100 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot \frac{1}{K} \cdot 0.00064 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} = 0.829 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$
(DIN 31652-1, Gl.33)

dynamische Viskosität bei 40°C: $\eta_{40} := \nu_{40} \cdot \rho_{40} = 0.059 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$ (DIN 31652-1, Gl.32)

dynamische Viskosität bei 100°C: $\eta_{100} := \nu_{100} \cdot \rho_{100} = 0.007 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

Gleichungssystem aus zwei Gleichungen und zwei Unbekannten um Hilfsgrößen C1 und C2 für die Viskositätsberechnung bei der effektiven Temperatur zu berechnen

$$\eta_{100} = 10^{\frac{C_1}{100 \text{ }^\circ\text{C} + 95 \text{ }^\circ\text{C}} + C_2} \quad \eta_{40} = 10^{\frac{C_1}{40 \text{ }^\circ\text{C} + 95 \text{ }^\circ\text{C}} + C_2} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.34})$$

Lösung des Gleichungssystems:

$$1. \text{ Hilfsgröße: } C_1 := \frac{\frac{\ln\left(\eta_{40} \cdot m \cdot \frac{s}{kg}\right)}{\ln(10)} - \frac{\ln\left(\eta_{100} \cdot m \cdot \frac{s}{kg}\right)}{\ln(10)}}{\left(\frac{1}{40+95} - \frac{1}{100+95}\right)} = 393.969$$

$$2. \text{ Hilfsgröße: } C_2 := \frac{\ln\left(\eta_{40} \cdot m \cdot \frac{s}{kg}\right)}{\ln(10)} - \frac{C_1}{40+95} = -4.148$$

einheitslose Hilfsgröße (effektive Schmierfilmtemperatur):

$$T_{eff.rechnung} := \frac{T_{eff}}{K} - 273.15 = 53.4$$

$$\text{effektive dynamische Viskosität: } \eta_{eff} := 10^{\frac{C_1}{(T_{eff.rechnung} + 95)} + C_2} \cdot Pa \cdot s = 0.032 Pa \cdot s$$

(DIN 31652-1, Gl.34)

Berechnung des effektives relatives Lagerspiel:

thermische Änderung des relativen Lagerspiels gegenüber dem Kaltspiel:

$$\Delta\psi_2 := (\alpha_{IB} - \alpha_{IJ}) \cdot (T_{eff.rechnung} - 20) K = 2.338 \cdot 10^{-4} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.36})$$

$$\psi_{eff.2} := \psi_{20} + \Delta\psi_2 = 12.052 \cdot 10^{-4} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.37})$$

Sommerfeldzahl:

$$S_o := \frac{(F_a \cdot \psi_{eff.2}^2)}{D^2 \cdot \eta_{eff} \cdot \omega_{eff}} = 3.476 \quad (\text{DIN 31652, Gl.7})$$

Soll-Bereich zwischen 1.5 und 5

relative Exzentrizität:

$$\varepsilon := 0.78$$

(DIN 31652-2, Bild 1)

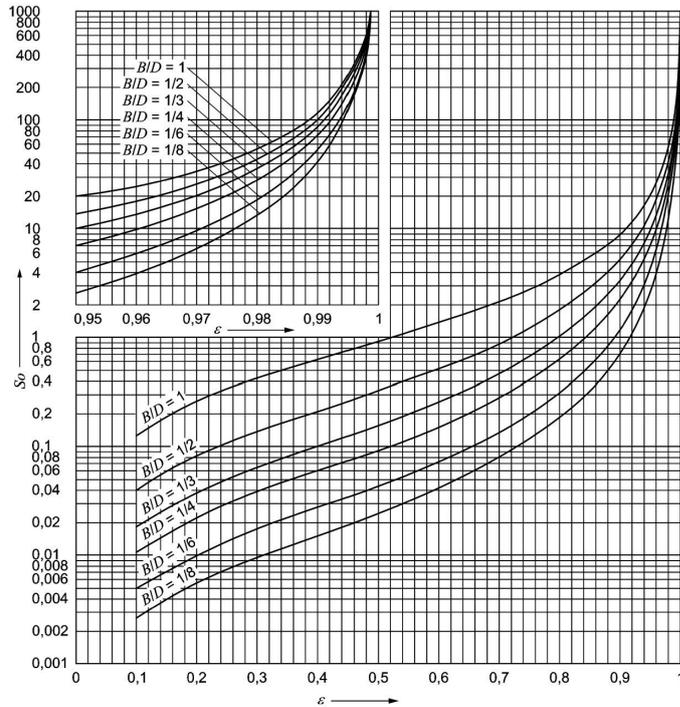


Bild 1 — Sommerfeldzahl $S_o = f(\varepsilon, \frac{B}{D}, \Omega=360^\circ)$

if $\varepsilon < 0.7$		= “Betriebsbereich II”	
“Betriebsbereich I”			
else if $\varepsilon > 0.95$			
“Betriebsbereich III”			
else			
“Betriebsbereich II”			

Betriebsbereich I: instabil
 Betriebsbereich II: für übliche Lager mit rein hydrodynamischer Schmierung
 Betriebsbereich III: zusätzlich metallische Berührung (Mischreibung)

Verlagerungswinkel:

$$\beta := 38 \text{ deg}$$

(DIN 31652-2, Bild 3)

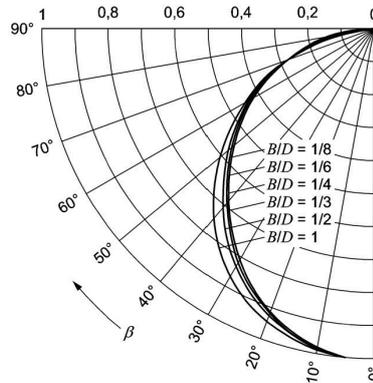


Bild 3 – Verlagerungswinkel $\beta = f(\epsilon, \frac{B}{D}, \Omega=360^\circ)$

Bestimmung der Reibungszahl:

$$\text{bezogene Reibleistung : } \mu\psi := \left(\frac{\pi}{S_o \cdot \sqrt{1-\epsilon^2}} + \frac{\epsilon}{2} \cdot \sin(\beta) \right) = 1.684 \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.10})$$

$$\text{Reibungszahl: } \mu := \left(\frac{\pi}{S_o \cdot \sqrt{1-\epsilon^2}} + \frac{\epsilon}{2} \cdot \sin(\beta) \right) \cdot \psi_{eff.2} = 0.002$$

Bestimmung der Reibleistung, des Schmierstoffdurchgangs und der Schmierstoffaustrittstemperatur

Reibleistung im Lager:

$$P_f := F_a \cdot \mu \cdot |(U_J - U_B)| = 142.576 \text{ W} \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.11})$$

bezogener Schmierstoffdurchsatz infolge Eigendruckentwicklung:

$$Q_{1.stern} := \frac{1}{4} \cdot (bd - 0.223 \cdot bd^3) \cdot \epsilon = 0.152 \quad (\text{DIN 31652-2, Gl.4})$$

Schmierstoffdurchsatz infolge Eigendruckentwicklung:

$$Q_1 := D^3 \cdot \psi_{eff.2} \cdot |\omega_{ab_ist}| \cdot Q_{1.stern} = 4.57 \frac{cm^3}{s} \quad (\text{DIN 31652-2, Gl.4})$$

Schmieraschenbreite:

$$b_P := 50 \text{ mm} \quad (\text{orientiert an Skript S.170 : ca } 0.7 \cdot B)$$

Hilfsgröße für den Drucköldurchsatz bei Schmierbohrung:

$$q_P := 1.188 + 1.582 \cdot \left(\frac{b_P}{B}\right) - 2.585 \cdot \left(\frac{b_P}{B}\right)^2 + 5.583 \cdot \left(\frac{b_P}{B}\right)^3 = 3.034 \quad (\text{DIN 31652-2, Gl.12})$$

bezogener Schmierstoffdurchsatz infolge Zuführdruck:

$$Q_{p.stern} := \frac{\pi}{48} \cdot \frac{2}{\ln\left(\frac{B}{b_P}\right) \cdot q_P} = 0.128 \quad (\text{DIN 31652-2, Gl.14})$$

Schmierstoffzuführdruck:

$$p_{en} := 0.5 \cdot \text{MPa} \quad (\text{orientiert an DIN 31652-1 Berechnungsbeispiel 1})$$

Schmierstoffdurchsatz infolge Zuführdruck:

$$Q_p := \frac{(D^3 \cdot \psi_{eff.2}^3 \cdot p_{en})}{\eta_{eff}} \cdot Q_{p.stern} = 1.198 \frac{cm^3}{s} \quad (\text{DIN 31652-2, Gl.5})$$

Berechnung der volumenspezifischen Wärme:

einheitslose Hilfsgröße:

$$T_{eff.rechnung} := \frac{T_{eff}}{K} - 273.15 = 53.4$$

volumenspezifische Wärme:

(DIN 31652-1, Gl.23)

$$\rho c := 1.57 \cdot \frac{J}{K \cdot cm^3} + 0.003 \cdot T_{eff.rechnung} \cdot \frac{J}{K \cdot cm^3} = 1.73 \frac{J}{K \cdot cm^3}$$

Wärmestrom über den Schmierstoff:

$$Q := Q_1 + Q_p = 5.768 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

(DIN 31652-1, Gl.15)

Schmierstoffaustrittstemperatur:

$$T_{ex} := T_{en} + \frac{P_f}{Q \cdot \rho c} = 327.437 \text{ K} \quad T_{ex} = 54.287 \text{ }^\circ\text{C}$$

(DIN 31652-1, Gl.27)

Überprüfen auf Notwendig weiterer Iterationsschritte

maximal zulässige Abweichung:

$$\Delta T_{eff.lim} := 1 \text{ K}$$

(orientiert an DIN 31652-1, S.18 unten)

Abweichung der angenommenen effektiven Temperatur und Austrittstemperatur:

$$\Delta T_{eff} := |T_{eff} - T_{ex}| = 0.887 \text{ K}$$

if $\Delta T_{eff} < \Delta T_{eff.lim}$ = "keine weitere Iteration nötig"
 || "keine weitere Iteration nötig"
 else
 || "weitere Iteration"

Berechnung der neuen effektiven Temperatur als Mittelwert aus effektiver Schmierfiltemperatur und Schmierstoffaustrittstemperatur

(orientiert an DIN 31652-1, Berechnungsbeispiel 1)

	Iteration		Einheit
	1	2	
$T_{eff,i}$	50,6	53,4	$^\circ\text{C}$
$\eta_{eff,i}$	0,036	0,032	Pa s
$\Delta\psi_i$	0,00023	0,000234	1
$\psi_{eff,i}$	0,001201	0,001205	1
So_i	3,06	3,5	1
ϵ_i	0,76	0,78	1
β_i	40	38	$^\circ$
μ_i	0,002	0,002	1
$P_{f,i} = P_{Q,i}$	153,77	142,58	W
$Q_{1,i}^*$	0,148	0,152	1
$Q_{1,i}$	4,436	4,57	cm^3/s
$Q_{p,i}$	0,128	0,128	1
$Q_{p,i}$	1,05	1,198	cm^3/s
Q	5,486	5,768	cm^3/s
p^*c	1,722	1,73	J/K cm^3
$T_{ex,i}$	56,3	54,3	$^\circ\text{C}$
$\Delta T_{eff,i}$	5,7	0,89	$^\circ\text{C}$

11.6 Kontrolle der Ergebnisse

Schmierfilmdicke:

minimale Schmierfilmdicke:

$$h_{min} := 0.5 \cdot D \cdot \psi_{eff.2} \cdot (1 - \varepsilon) = 9.28 \mu m \quad (\text{DIN 31652-1, Gl.9})$$

kleinstzulässige minimale Schmierfilmdicke:

$$h_{min.lim} := 5 \mu m \quad (\text{DIN 31652-3, Tabelle 1})$$

Tabelle 1 — Erfahrungsrichtwerte für die kleinstzulässige minimale Schmierfilmdicke $h_{min.lim}$ in μm

Zapfendurchmesser D mm		Umfangsgeschwindigkeit der Welle U_j m/s				
		—	1	3	10	30
über	bis	—	1	3	10	30
		1	3	10	30	—
24	63	3	4	5	7	10
63	160	4	5	7	9	12
160	400	6	7	9	11	14
400	1 000	8	9	11	13	16
1 000	2 500	10	12	14	16	18

if $h_{min} > h_{min.lim}$ “Schmierfilmdicke OK” else “Schmierfilmdicke zu gering”	= “Schmierfilmdicke OK”
---	-------------------------

zusätzliche Berechnung des minimalen Schmierfilms für maximales und minimales Montagespiel durch die Passung 70F8/h7 nach DIN31652-1, S.22, 1.Absatz

minimale Schmierfilmdicke für das minimale Montagespiel:

$$\psi_{eff.min} := \psi_{20.min} + \Delta\psi_2 = 6.624 \cdot 10^{-4}$$

$$h_{min.min} := 0.5 \cdot D \cdot \psi_{eff.min} \cdot (1 - \varepsilon) = 5.1 \mu m$$

if $h_{min.min} > h_{min.lim}$ “Schmierfilmdicke OK” else “Schmierfilmdicke zu gering”	= “Schmierfilmdicke OK”
---	-------------------------

minimale Schmierfilmdicke für das maximale Montagespiel:

$$\psi_{eff,max} := \psi_{20,max} + \Delta\psi_2 = 17.481 \cdot 10^{-4}$$

$$h_{min,max} := 0.5 \cdot D \cdot \psi_{eff,max} \cdot (1 - \varepsilon) = 13.46 \mu m$$

if $h_{min,max} > h_{min,lim}$	= "Schmierfilmdicke OK"
"Schmierfilmdicke OK"	
else	
"Schmierfilmdicke zu gering"	

Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Norm:

Dichte bei effektiver Schmierfilmtemperatur:

$$\rho := \rho_{20} - (T_{eff} - 20 \text{ °C}) \cdot \frac{1}{K} \cdot 0.00064 \cdot \frac{gm}{cm^3} = 0.859 \frac{gm}{cm^3}$$

(DIN 31652-1, Gl. 33)

Lagerspiel:

$$s := \psi_{eff,2} \cdot D = 84.366 \mu m$$

(DIN 31652-1, Gl. 8)

Reynoldszahl:

$$R_e := \frac{\rho \cdot (U_J + U_B) \cdot \frac{s}{2}}{\eta_{eff}} = 2.877$$

(DIN 31652-1, Gl. 6)

kritische Reynoldszahl:

$$R_{e,krit} := 41.3 \cdot \sqrt{\frac{D}{s}} = 1.19 \cdot 10^3$$

(DIN 31652, Gl. 6)

if $R_e < R_{e,krit}$	= "Norm darf verwendet werden"
"Norm darf verwendet werden"	
else	
"Ergebnisse gelten nur angenähert"	

11.7. Berechnungsergebnisse

effektive Schmierfilmtemperatur:

$$T_{eff} = 53.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Schmierstoffaustrittstemperatur:

$$T_{ex} = 54.287 \text{ } ^\circ\text{C}$$

effektive dynamische Viskosität des Schmierstoffs:

$$\eta_{eff} = 0.032 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

relative Exzentrizität:

$$\varepsilon = 0.78$$

minimale Schmierfilmdicke:

$$h_{min} = 9.28 \text{ } \mu\text{m}$$

Reibleistung im Lager:

$$P_f = 142.576 \text{ W}$$

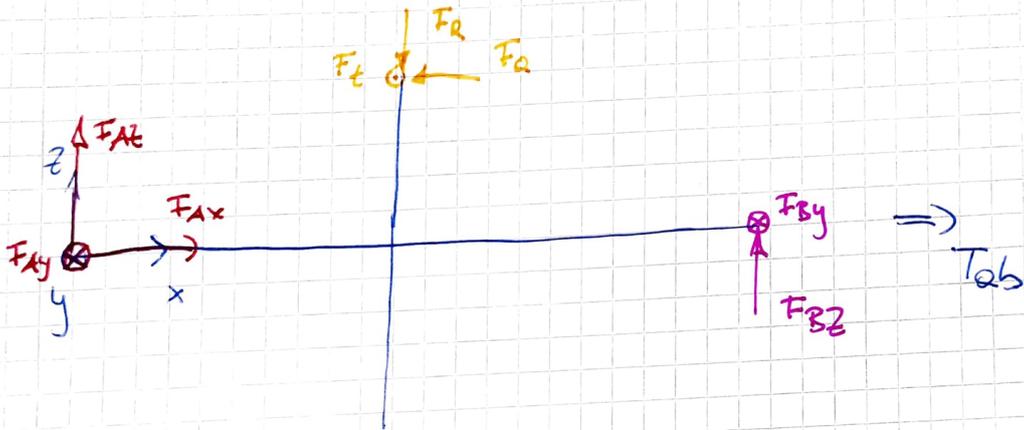
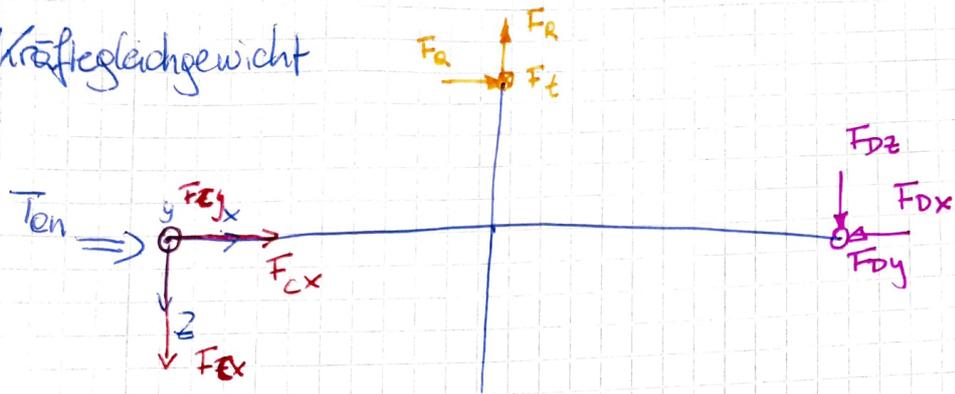
12.1 Stückliste

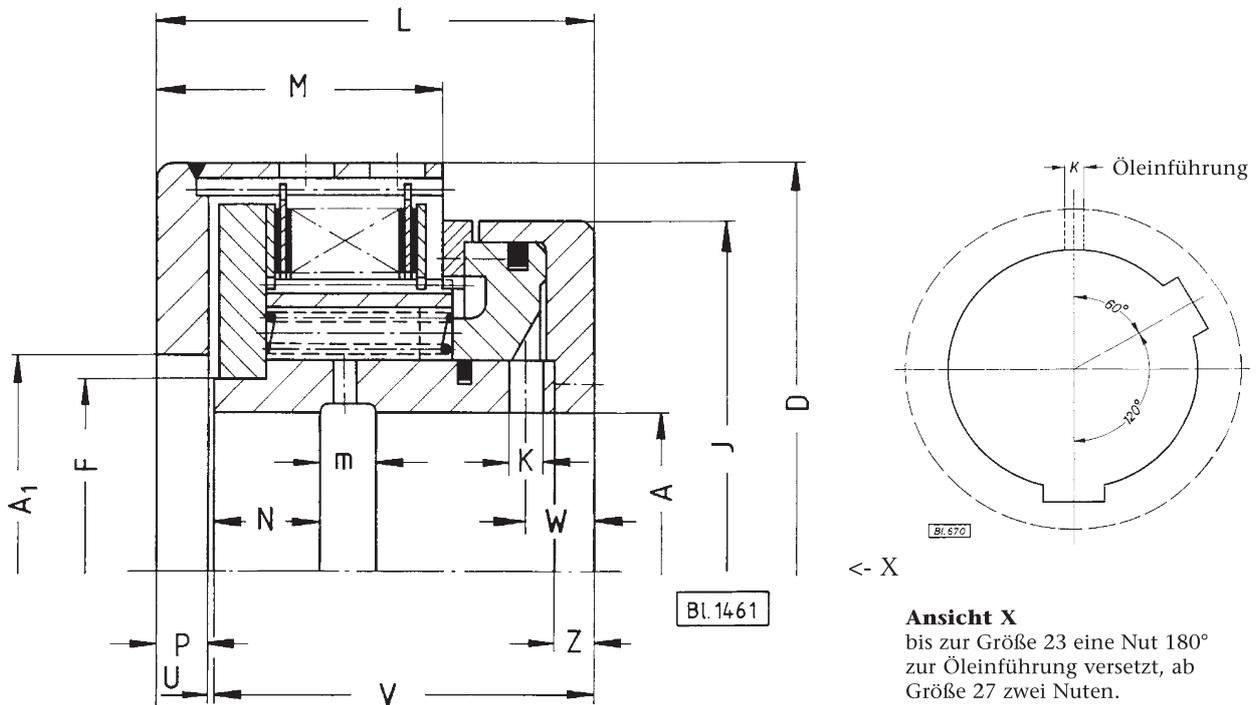
Teile Nr.	Stück	Bezeichnung	Werkstoff	Norm / Zeichnungsnr. / Bestellnr.	Bemerkung
1	1	Unterkasten	EN-GJL-250		
2	1	Oberkasten	EN-GJL-250		
3	1	Antriebswelle	16MnCr5		
4	1	Abtriebswele	16MnCr5		
5	1	Ölbuchse	S235		
6	1	Zahnrad	16MnCr5		
7	1	Lagerdeckel Antrieb - Kupplung	S235		
8	1	Lagerdeckel Antrieb - Kasten	S235		
9	1	Lagerdeckel Abtrieb - Kupplung	S235		
10	1	Lagerdeckel Abtrieb - Kasten	S235		
11	1	Inspektionsdeckel	S235		
12	1	Getriebepodest	S235		
13	2	Kegelrollenlager		30309	SKF
14	1	Pendelrollenlager		22308 E	SKF
15	1	Zylinderrollenlager		NU 308 ECJ	SKF
16	1	Passfeder Abtrieb	C45 E	ISO 6885 B 12x8x4	
17	1	Passfeder Zahnrad	C45 E	ISO 6885 B 14x6x4	
18	1	Passfeder Antrieb	C45 E	ISO 6885 B 8x5x20	
19	8	Bodenschrauben		ISO 4017 M12x35	
20	8	Unterlegscheiben		ISO 7089 12x24	
21	8	Lagerschrauben		ISO 4014 M6x55	
22	8	Unterlegscheiben		ISO 7089 6x12	
23	8	Schraubenmutter		ISO 4032 M6	
24	16	Unterlegscheiben		ISO 7089 6x12	
25	16	Lagerdeckelschrauben		ISO 4017 M5x25	
26	16	Unterlegscheiben		ISO 7089 5x10	
27	8	Oberkastendeckelschraube		ISO 4017 M6x30	
28	1	Wellenmutter Lager		SKF KM 8	SKF
29	1	Sicherungsblech Lager		SKF MB 8	SKF
30	1	Wellenmutter Lamellenkupplung		SKF KM 6	SKF
31	1	Sicherungsblech Lamellenkupplung		SKF MB 6	SKF
32	1	Ölventil			
33	1	Ölablass		DIN 910, M14x1.5	
34	1	Ölschaugläser		28010-241815	Norelem

35	1	Fixierschraube für Ölbuchse		ISO 4762 M5x8	
36	1	Gerade Schottverschraubung		51521-8 078.1500.080	
37	1	Einspritzrohr Ritzel			
38	1	Dichtmatte			
39	1	Wellendichtring Antrieb	72 NBR 902	BA A mit Feder 35/52/10	Freudenberg
40	1	Wellendichtring Abtrieb	75 FKM 595	BA A mit Feder 45/60/7	Freudenberg
41	1	Distanzhülse Abtrieb	S235		
42	1	Sicherungsring 40	S235	DIN 741 40x1.8	
43	4	Ringschraube		DIN 580, M8	
44	8	Beilagscheibe		ISO 7089 6x12	
45	2	O-Ring Antriebsseite	72 NBR 872	DIN 3771/N 42.86/3.53	Freudenberg
46	2	O-Ring Abtriebsseite	72 NBR 872	DIN 3771/N 47.6/3.5	Freudenberg
47	2	Zentrierstift	S235	DIN 6325 D6 L120	
48	1	Einstellscheibe	S235		
49	1	Abtriebskupplung		Radex-70	
50	1	Hydraulische Lamellenkupplung		0021-007-39- 000000	Ortlinghaus
51	1	Motormitnehmer	S235		
52	1	Zylinderrollenlager Lamellenkupplung		NU 206 ECP	
53		Flächendichtung		5699	Loctite
54		Getriebeöl		ISO VG 150	
55	1	Nord-Asynchronmotor 225-SP4 IE3			Nord
56	2	Gleitlagerpodest	S235		
57	2	Gleitlagerschale - Unten	G-CuSn10P		
58	2	Gleitlagerschale - Oben	G-CuSn10P		
59	1	Gleitlagergehäuse - Unten - Geschlossen	S235		
60	1	Gleitlagergehäuse - Oben - Geschlossen	S235		
61	1	Gleitlagergehäuse - Unten - Offen	S235		
62	1	Gleitlagergehäuse - Oben - Offen	S235		
63	1	Wellendichtring Gleitlager Kupplungsseitig	72 NBR 902	BA A mit Feder 55x85x8	Freudenberg
64	2	Wellendichtring Gleitlager Walzenseitig	72 NBR 902	BA A mit Feder 80x100x13	Freudenberg
65	4	Stiftschraube		DIN 938 - M10x70	
66	4	Unterlegscheiben		ISO 7089 10x20	
67	4	Schraubenmutter		ISO 4032 M10	
68	8	Sechskantschrauben M10		ISO 4017 M10x35	

69	8	Sechskantschrauben M12		ISO 4017 M12x55	
70	1	Umformwalze	S235		
71	2	Rundkeil	S235		
72	6	Ventilanschluss	C22 E		
73		Klüberoil		GEM 1 68 N	Klüber Lubricatoin

Kräftegleichgewicht





Ansicht X
bis zur Größe 23 eine Nut 180°
zur Öleinführung versetzt, ab
Größe 27 zwei Nuten.

Baureihe Größe		15	23	0021-007-Größe-000000					55
				27	32	39	43	47	
Ms	Nm	200	280	400	560	800	1250	2000	4000
Betriebsdruck	bar	18			20				
Rückdruck	bar	2	2,6	3	4	4,7	4,5	4,8	5
n max Zylinder ¹⁾	min ⁻¹	5000	5000	5000	5000	5000	4300	3900	3100
n rel. max ²⁾	min ⁻¹	8700	7400	6700	5800	5200	4500	4100	3200
Hub- volumen	Neuzustand	6	8	11	14	23	33	54	108
	max. Verschleiß	10	17	21	30	46	64	102	215
J	innen	18,1	35,6	51,1	102,2	186,1	320,4	621,6	1951,9
	außen	10,8	27,2	48,2	80,4	168,7	270,8	468,2	1472,3
Gewicht	ca. kg	2,4	3,6	4,7	6,7	10,2	13,7	20,3	41,3
ØA	vorgebohrt	18	25	25	25	32	32	32	40
	vorgebohrt	18	20	20	20	25	28	28	30
ØA max Nut	H7	38	45	48	60	65	70	75	82
	DIN 6885	10x2,4	14x2,1	14x2,1	18x2,3	18x2,3	20x2,7	20x2,7	22x3,1
Durchmesser	D	95	112	125	140	160	180	200	252
	F	48	55	63	72	80	85	95	115
	J	90	104	110	125	140	155	185	230
	K	4	4,5	4,5	5,5	6	7	7	8
Längenmaße	L	58	66	70	80	93	98	110	137
	M	34	41	44	50	60	64	70	88
	N	12	12	12	15	21	24	24	36
	m	10	12	12	14	14	12	15	15
	P	5	9	9	9	12	12	14	15
	U	1	1	1	1	1	1	1	2
	V	52	56	60	70	80	85	95	120
	W	9	10	11	12	14,5	15	18	21
Z	6	6,5	7,5	8	9	9	12	15	

¹⁾ Ohne Berücksichtigung des Rückstaudruckes.

²⁾ Maximale Relativdrehzahl zwischen Innen- und Außenmitnehmer der Kupplung bei Beachtung der Drehrichtung.

Ausführung mit radialer Ölzufuhr auf Anfrage lieferbar.
Weitere Gehäuseausführungen auf Anfrage.

**Reibpaarung
Passungen**

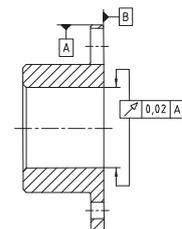
Stahl/Sinterbelag nur für Naßlauf.
für Bohrung und Nut siehe Register 1
"Technische Grundlagen"

RADEX®-N Stahllamellenkupplungen

Allgemeine Hinweise

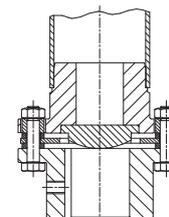
Einbau- und Betriebshinweise

(Siehe hierzu auch unsere Montageanleitung KTR-Norm 47110 unter www.ktr.com.) Bei der Montage ist besonders darauf zu achten, dass die Lamellenpakete in axialer Richtung verspannungsfrei eingebaut werden. Bei kundenseitiger Herstellung der Fertigbohrung sind die Rund- und Planlauf toleranzen (siehe Skizze) einzuhalten.



Einbaulage

RADEX®-N – Kupplungen sind für den waagerechten (horizontalen) Einbau ausgelegt. Bei senkrechten (vertikalen) Einbausituationen muss das Zwischenstück ggf. abgestützt werden (siehe Skizze). Bitte halten Sie Rücksprache.



Lieferzustand

RADEX®-N – Kupplungen werden in Einzelteilen geliefert (auf Wunsch montiert). Die Naben können ungebohrt oder mit Fertigbohrung und Passfedernut sowie mit reibschlüssiger Welle-Nabe-Verbindung versehen werden. Die Welle-Nabe-Verbindung ist kundenseitig zu überprüfen (ggf. Rücksprache mit KTR).



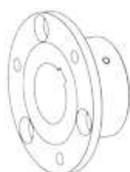
Auswuchten

Auf Kundenwunsch werden die RADEX®-N – Kupplungen auch gewuchtet ausgeliefert. Für übliche Antriebe ist dies jedoch aufgrund der präzisen Fertigung nicht erforderlich. Bitte halten Sie ggf. Rücksprache mit uns!

Sicherheitsbestimmungen

Die Kupplung muß so bemessen sein, dass die zulässige Kupplungsbeanspruchung in keinem Betriebszustand überschritten wird. Dazu ist ein Vergleich der auftretenden Beanspruchungen mit den zulässigen Kupplungskennwerten durchzuführen. Umlaufende Teile müssen vom Käufer gegen unbeabsichtigtes Berühren geschützt werden (Sicherheit von Maschinen DIN EN 292 Teil 2). Es sind Vorkehrungen zu treffen, dass bei einem Kupplungsbruch aufgrund von Überbeanspruchung ein ausreichend dimensionierter Kupplungsschutz vorhanden ist.

Nabenausführungen



Ausf. 1.0 Nabe mit Passfedernut und Feststellschraube

Formschlüssige Drehmomentübertragung, zul. Drehmoment abhängig von der zul. Flächenpressung. Als spielfreie Drehmomentübertragung bei stark reversierendem Betrieb nicht geeignet.

Ausf. 1.1 Nabe ohne Passfedernut mit Feststellschraube

Kraftschlüssige Drehmomentübertragung für Preß- und Klebeverbindungen (keine ATEX Freigabe)

Ausf. 1.2 Nabe ohne Passfedernut ohne Feststellschraube

Kraftschlüssige Drehmomentübertragung für Preß- und Klebeverbindungen (keine ATEX Freigabe)



Ausf. 2.5 Klemmnabe zweifach geschlitzt ohne Passfedernut

Reibschlüssige, spielfreie Welle-Nabe-Verbindung. Übertragbare Drehmomente abhängig vom Bohrungsdurchmesser. Nur für ATEX Kat. 3 zulässig.

Ausf. 2.6 Klemmnabe zweifach geschlitzt mit Passfedernut

Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindung mit zusätzlichem Reibschluß. Durch den Reibschluß wird Umkehrspiel verhindert bzw. reduziert.



Ausf. 6.0 Spannringnabe

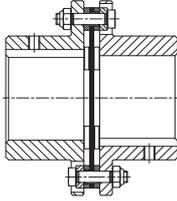
Integrierte reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindung zur Übertragung höherer Drehmomente. Spannschrauben lamellen-seitig. Übertragbare Drehmomente abhängig vom Bohrungsdurchmesser. Geeignet für hohe Drehzahlen.

Ausf. 6.5 Spannringnabe

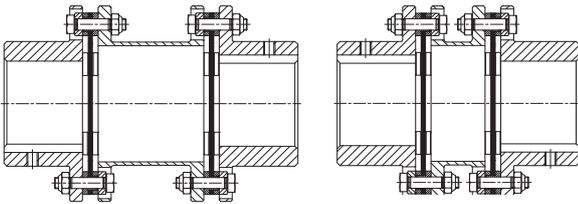
Integrierte reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindung zur Übertragung höherer Drehmomente. Spannschrauben von außen. Übertragbare Drehmomente abhängig vom Bohrungsdurchmesser. Geeignet für hohe Drehzahlen.

Bauformen und Anwendungen

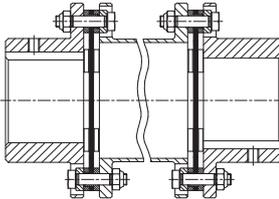
Bauform NN (s. Seite 170)



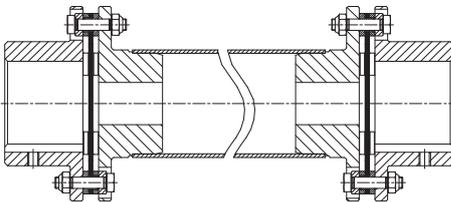
Bauform NANA 1/NANA 2 (s. Seite 170)



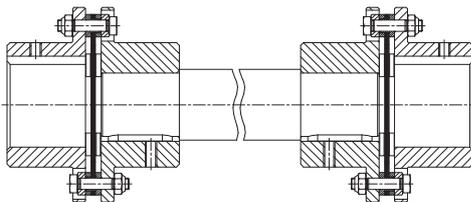
Bauform NANA 3 (s. Seite 174)



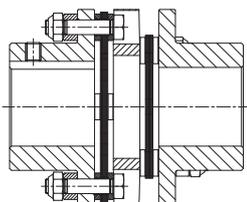
Bauform NANA 4 (s. Seite 172)



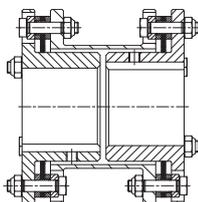
Bauform NNW (s. Seite 172)



Bauform NNZ (s. Seite 171)



Bauform NENE 1 (s. Seite 171)



Eigenschaften

- Einfachkardanische Bauform
- Nur Winkel- und Axialversatz zulässig
- Höchste Drehsteifigkeit
- Kurz bauend

Anwendungsgebiete

- Mixer
- Rührwerke
- Tauchpumpen
- Ventilatoren
- Einsatzfälle mit hoher Radiallast

- Doppelkardanische Bauform
- Hohe Verlagerungsmöglichkeiten bei geringen Rückstellkräften
- Standard-Zwischenstücke ab Lager lieferbar

- Papiermaschinen
- Druck- und Veredelungstechnik
- Fördertechnik
- Stahlwerke
- Generatoren
- Mühlenantriebe

- Doppelkardanische Bauform
- Zwischenstücke angepaßt an Pumpen-Normausbaumaße
- Radiale Montage, kein Verschieben der Maschine erforderlich
- Nach API 610 lieferbar

- Prozesspumpen
- Wasserpumpen
- Pumpen nach API-Standard
- Turbinen
- Kompressoren

- Zwischenstücke nach Kundenangabe
- Max. Wellenabstandsmaß bis ca. 6 m
- Geschweißte Zwischenrohre für höchste Drehsteifigkeit

- Folien- und Papiermaschinen
- Palettier- und Förderanlagen
- Portalroboter
- Prüfstände
- Kühltürme/Ventilatoren

- Zwischenstücke nach Kundenangabe
- Kupplung bestehend aus 2 x Bauform NN mit Zwischenwelle
- Für Antriebe mit relativ niedrigen Drehzahlen

- Niedrig drehende Antriebe mit großen Wellenabstandsmaßen
- Rührwerke
- Zerkleinerungsmaschinen
- Pressenbau
- Verpackungsmaschinen

- Kurz bauende doppelkardanische Kupplung
- Nicht radial montierbar
- Mit Zwischenscheibe
- Ideal im Austausch zu Stahl-Bogenzahnkupplungen
- Standardbauform bis Gr. 70

- Robotik
- Papier- und Couvertiermaschinen
- Werkzeugmaschinen
- Verpackungsmaschinen
- Prüfstände

- Mit eingezogenen Naben
- Kurz bauend und doppelkardanisch
- Zwischenstück nicht radial montierbar
- Zwischenstücklänge variabel

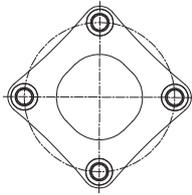
- Anwendungen mit geringen Wellenabstandsmaßen
- Im Austausch zu Stahl-Bogenzahnkupplungen

RADEX®-N Stahllamellenkupplungen

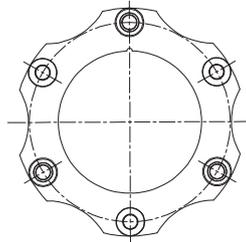
Technische Daten

Folgende Lamellenformen sind bei der RADEX®-N zu unterscheiden:

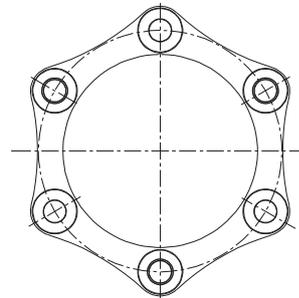
Größe 20 – 50
(Vierlochlamelle)



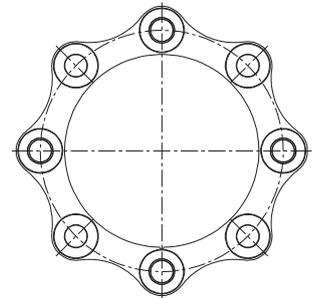
Größe 60 – 135
(Sechslamelle)



Größe 136 – 336
(Sechslamelle)



Größe 138 – 338
(Achtlochlamelle)



Drehmomente und Verlagerungen									
Größe	Lamellenform	Drehmomente [Nm] ¹⁾			Winkel [°] je Lamelle	zul. Verlagerungen ²⁾			
		TKN	TK max	TKW		Axial [mm]		Radial [mm]	
						NN	NANA 1/ NANA2/ NNZ	NANA 1	NANA 2/NNZ
20	Vierlochlamelle	15	30	5	1,0	0,60	1,2	1,0	0,2
25		30	60	10	1,0	0,80	1,6	1,0	0,2
35		60	120	20	1,0	1,00	2,0	1,1	0,3
38		120	240	40	1,0	1,20	2,4	1,2	0,3
42		180	360	60	1,0	1,40	2,8	1,2	0,4
50		330	660	110	1,0	1,60	3,2	1,5	0,4
60		690	1380	230	1,0	1,00	2,0	1,5	0,8
70		1100	2200	370	1,0	1,10	2,2	1,8	0,4
80		1500	3000	500	1,0	1,30	2,6	2,1	1,2
85		2400	4800	800	1,0	1,30	2,6	2,2	1,2
90	4500	9000	1500	1,0	1,00	2,0	2,2	1,1	
105	5100	10200	1700	1,0	1,20	2,4	2,4	1,4	
115	9000	18000	3000	1,0	1,40	2,8	2,5	1,5	
135	Sechslamelle	12000	24000	4000	1,0	1,75	3,5	3,8	–
136		17500	35000	8750	0,7	1,85	3,7		
156		25000	50000	12500	0,7	2,10	4,2		
166		35000	70000	17500	0,7	2,25	4,5		
186		42000	84000	21000	0,7	2,40	4,8		
206		52500	105000	26250	0,7	2,60	5,2		
246		90000	180000	45000	0,7	3,00	6,0		
286		150000	300000	75000	0,7	3,35	6,7		
336		210000	420000	105000	0,7	3,75	7,5		
138		23000	46000	11500	0,5	1,30	2,6		Abhängig vom Ausbaumaß E
158	33000	66000	16500	0,5	1,40	2,8			
168	45000	90000	22500	0,5	1,50	3,0			
188	Achtlochlamelle	56000	112000	28000	0,5	1,60	3,2		
208		70000	140000	35000	0,5	1,75	3,5		
248		120000	240000	60000	0,5	2,00	4,0		
288		200000	400000	100000	0,5	2,40	4,5		
338		280000	560000	140000	0,5	2,50	5,0		

Zulässige Drehzahlen und Drehsteifigkeitswerte					
Größe	max. Drehzahl [1/min] (höhere Drehzahlen auf Anfrage)	Drehfedersteifigkeit x 10 ³ [Nm/rad] je Lamellenpaket	Größe	max. Drehzahl [1/min] (höhere Drehzahlen auf Anfrage)	Drehfedersteifigkeit x 10 ³ [Nm/rad] je Lamellenpaket
20	20000	0,02	156	3500	17,00
25	16000	0,03	166	3300	19,00
35	13000	0,11	186	3000	25,00
38	12000	0,20	206	2800	31,00
42	10000	0,28	246	2300	55,00
50	8000	0,50	286	2000	79,00
60	6700	0,56	336	1800	125,00
70	5900	0,90	138	3800	20,00
80	5100	1,10	158	3500	26,00
85	4750	1,50	168	3300	30,00
90	4300	2,00	188	3000	39,00
105	4000	2,50	208	2800	49,00
115	3400	3,50	248	2300	83,00
135	3000	6,90	288	2000	125,00
136	3800	13,00	338	1800	200,00

¹⁾ Auslegung der Kupplung Seite 14 ff.

²⁾ Die angegebenen zulässigen Verlagerungen sind Maximalwerte, die nicht gleichzeitig auftreten dürfen. Bei gleichzeitigem Radial-, Axial- und Winkelversatz sind diese Werte zu reduzieren.

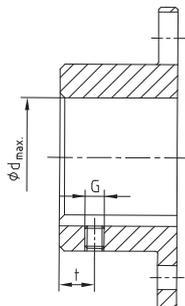
Technische Daten

Gewichte und Massenträgheitsmomente						
Größe	Nabe ¹⁾ [kg] / [kgm ²]	Lamellenpaket [kg] / [kgm ²]	NN ¹⁾ kompl. [kg] / [kgm ²]	NANA 1 ¹⁾ kompl. [kg] / [kgm ²]	NANA 2 ¹⁾ kompl. [kg] / [kgm ²]	NNZ ¹⁾ kompl. [kg] / [kgm ²]
20	0,13 / 0,000043	0,04 / 0,00002	0,3 / 0,00011	0,6 / 0,000204	–	0,4 / 0,000166
25	0,2 / 0,000116	0,08 / 0,00005	0,56 / 0,00028	0,9 / 0,000522	–	0,8 / 0,000414
35	0,6 / 0,00042	0,10 / 0,00010	1,2 / 0,00094	1,9 / 0,00158	–	1,6 / 0,00129
38	0,8 / 0,00073	0,20 / 0,00026	1,8 / 0,0017	2,8 / 0,00303	–	2,4 / 0,00247
42	1,1 / 0,00123	0,25 / 0,00040	2,4 / 0,0029	3,6 / 0,00482	–	3,1 / 0,00409
50	1,7 / 0,00291	0,46 / 0,0010	4,0 / 0,0068	6,2 / 0,0118	–	5,1 / 0,00932
60	1,9 / 0,00378	0,40 / 0,0012	4,2 / 0,0087	6,0 / 0,0141	5,8 / 0,0138	5,3 / 0,0120
70	2,8 / 0,00714	0,42 / 0,0016	6,0 / 0,016	8,6 / 0,0253	8,2 / 0,0242	7,5 / 0,0214
80	4,1 / 0,0134	0,72 / 0,0037	9,0 / 0,031	12,6 / 0,0476	12,0 / 0,0458	11,1 / 0,0410
85	5,1 / 0,0195	1,0 / 0,0065	11,2 / 0,046	16,2 / 0,0734	15,5 / 0,0711	14,8 / 0,0650
90	6,2 / 0,0282	2,3 / 0,0162	14,7 / 0,073	22,0 / 0,121	21,3 / 0,119	20,1 / 0,108
105	7,6 / 0,0414	2,2 / 0,0180	17,4 / 0,101	25,8 / 0,165	24,6 / 0,159	23,1 / 0,145
115	12,0 / 0,0899	4,0 / 0,0433	27,9 / 0,223	42,8 / 0,381	41,2 / 0,372	38,3 / 0,333
135	19,0 / 0,187	7,3 / 0,105	45,1 / 0,478	71,3 / 0,835	–	–
136	16,8 / 0,153	7,9 / 0,113	41,4 / 0,419	–	–	–
156	20,2 / 0,217	11,9 / 0,200	52,2 / 0,634	–	–	–
166	30,0 / 0,373	12,3 / 0,255	72,3 / 1,001	–	–	–
186	42,0 / 0,629	12,7 / 0,318	96,7 / 1,576	–	–	–
206	55,1 / 1,004	18,2 / 0,548	128,3 / 2,556	–	–	–
246	85,9 / 2,229	31,2 / 1,304	203,1 / 5,762	–	–	–
286	145,1 / 4,977	44,4 / 2,495	334,4 / 12,449	–	–	–
336	223,9 / 10,486	64,2 / 4,74	512,0 / 25,712	Abhängig vom Ausbaumaß E	Abhängig vom Ausbaumaß E	–
138	16,2 / 0,145	9,9 / 0,143	42,3 / 0,433	–	–	–
158	19,5 / 0,205	14,9 / 0,252	54,0 / 0,662	–	–	–
168	29,4 / 0,360	15,2 / 0,318	74,0 / 1,038	–	–	–
188	41,7 / 0,611	15,6 / 0,396	99,0 / 1,618	–	–	–
208	54,1 / 0,971	22,4 / 0,680	130,5 / 2,622	–	–	–
248	84,0 / 2,144	38,2 / 1,605	206,2 / 5,893	–	–	–
288	142,5 / 4,823	53,8 / 3,056	338,8 / 12,702	–	–	–
338	220,1 / 10,18	78,0 / 5,817	518,2 / 26,177	–	–	–

¹⁾ Naben mit max. Bohrung

Zylindrische Bohrungen

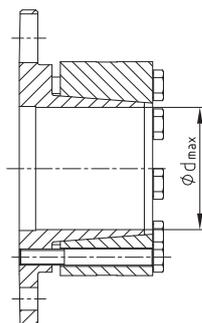
Standardnabe 1.0 mit Passfedernut nach DIN 6885 Bl. 1									
Größe	d _{max.}	G	t	T _A [Nm]	Größe	d _{max.}	G	t	T _A [Nm]
20	20	M5	6	2,0	105	105	M12	30	40,0
25	25	M5	8	2,0	115	115	M12	30	40,0
35	35	M6	15	4,8	135	135			
38	38	M6	15	4,8	136 / 138	135			
42	42	M8	20	10,0	156 / 158	150			
50	50	M8	20	10,0	166 / 168	165			
60	60	M8	20	10,0	186 / 188	180	nach Kundenwunsch		
70	70	M10	20	17,0	206 / 208	200			
80	80	M10	20	17,0	246 / 248	240			
85	85	M10	25	17,0	286 / 288	280			
90	90	M12	25	40,0	336 / 338	330			



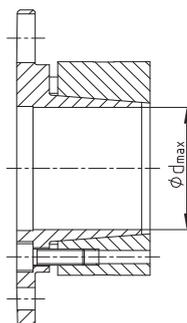
Passfederlose, spielfreie Welle-Nabe-Verbindungen

Auslegung: Bei Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich sind Spannringnaben so auszulegen, dass vom Anlagenspitzenmoment einschließlich aller Betriebsparameter zum Reibschluss- und Nenndrehmoment der Kupplung mindestens eine Sicherheit von $s = 2$ vorliegt.

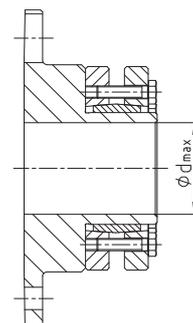
Spannringnabe Ausf. 6.5
(Spannschrauben von Außen)



Spannringnabe Ausf. 6.0
(Spannschrauben von Innen)



Ausf. mit CLAMPEX® - Element Typ 603

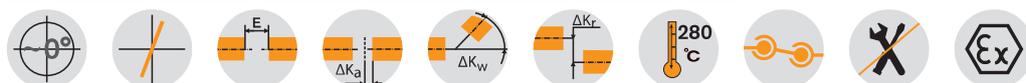


RADEX®-N NN, NANA 1 und NANA 2 Stahllamellenkupplungen

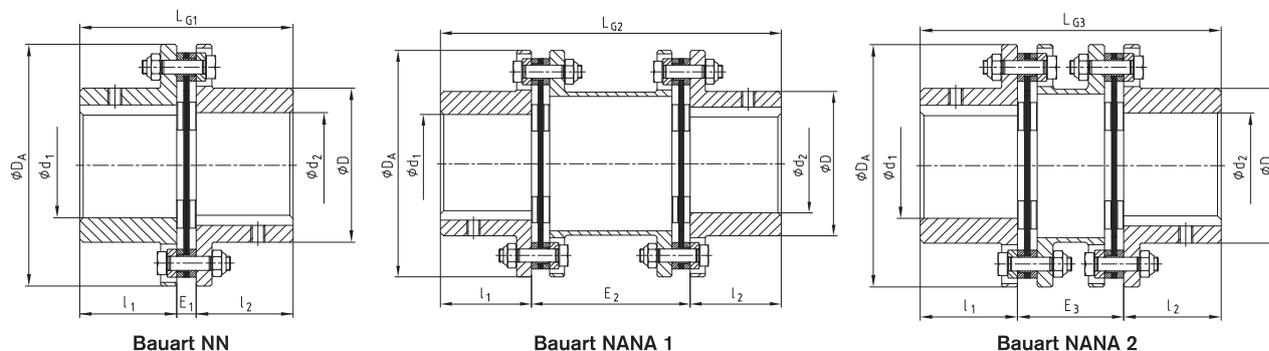
Standardbauarten



Piktogrammlegende ist auf dem Klapper am Umschlag zu finden



Bauteile



RADEX®-N Bauarten NN, NANA 1, NANA 2										
Größe	max. Fertigbohrung		Abmessungen [mm]							
	d ₁ /d ₂	D	D _A	l ₁ /l ₂	L _{G1}	E ₁	L _{G2}	E ₂	L _{G3}	E ₃
20	20	32	56	20	45	5	100	60	-	-
25	25	40	68	25	56	6	110	60	-	-
35	35	54	82	40	86	6	150	70	-	-
38	38	58	94	45	98	8	170	80	-	-
42	42	68	104	45	100	10	170	80	-	-
50	50	78	126	55	121	11	206	96	-	-
60	60	88	138	55	121	11	206	96	170	60
70	70	102	156	65	141	11	246	116	200	70
80	80	117	179	75	164	14	286	136	233	83
85	85	123	191	80	175	15	300	140	246	86
90	90	132	210	80	175	15	300	140	251	91
105	105	147	225	90	200	20	340	160	281	101
115	115	163	265	100	223	23	370	170	309	109
135	135	184	305	135	297	27	520	250	-	-
136	135	180	300	135	293	23				
156	150	195	325	150	327	27				
166	165	225	350	165	361	31				
186	180	250	380	185	401	31				
206	200	275	420	200	437	37				
246	240	320	500	240	524	44				
286	280	383	567	280	612	52				
336	330	445	660	330	718	58				
138	135	180	300	135	293	23		nach Kundenvorgabe		
158	150	195	325	150	327	27				
168	165	225	350	165	361	31				
188	180	250	380	185	401	31				
208	200	275	420	200	437	37				
248	240	320	500	240	524	44				
288	280	383	567	280	612	52				
338	330	445	660	330	718	58				

Bestell- beispiel:	RADEX®-N 60	NANA 1	Ø50	Ø60
	Kupplungsgröße	Bauart	Fertigbohrung d ₁	Fertigbohrung d ₂



22308 E

- Beliebtstes Produkt
- SKF Explorer

Pendelrollenlager

Lagerdaten

[Toleranzen,](#)

Normal, P6, P5, kegelige Bohrung 1:12, kegelige Bohrung 1:30,

[Radiale Lagerluft,](#)

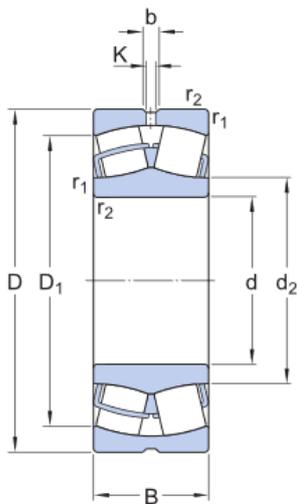
zylindrische Bohrung, kegelige Bohrung

Lagerschnittstellen

[Passungsempfehlungen,](#)

[Toleranzen und Passung](#)

Technische Spezifikationen

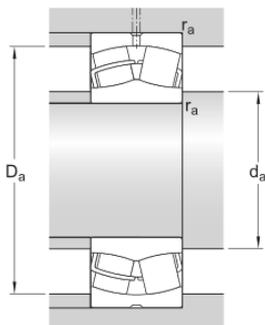


ABMESSUNGEN

d	40 mm	Bohrungsdurchmesser
D	90 mm	Außendurchmesser
B	33 mm	Breite
d2	≈ 49.9 mm	Schulterdurchmesser Innenring
D1	≈ 74.3 mm	Schulter-/Eindrehungsdurchmesser Außenring
b	6 mm	Breite Umfangsschmiernut am Außenring
K	3 mm	Durchmesser Schmierbohrung (Außenring)
r1,2	min. 1.5 mm	Kantenabstand Außenring

ANSCHLUSSMASSE

da	min. 49 mm	Durchmesser der Wellenanlauffläche
Da	max. 81 mm	Durchmesser der Anlauffläche im Gehäuse
ra	max. 1.5 mm	Rundungsradius



BERECHNUNGSDATEN

Basic dynamic load rating	C	155 kN
Statische Tragzahl	C_0	140 kN
Ermüdungsgrenzbelastung	P_u	15 kN
Referenzdrehzahl		6 000 r/min
Grenzdrehzahl		8 000 r/min
Berechnungsfaktor	e	0.37
Berechnungsfaktor	Y_1	1.8
Berechnungsfaktor	Y_2	2.7
Berechnungsfaktor	Y_0	1.8

GEWICHT

Gewicht Lager		1 kg
---------------	--	------

Weitere Informationen

Produktdetails	Konstruktionsinformationen	Werkzeuge
Ausführungen und Varianten	Entwurf von Lagerungen	SimPro Quick
Lagerdaten	Allgemeines Lagerwissen	Bearing Select
Belastungen	Lagerauswahlprozess	Engineering Calculator
Temperaturgrenzwerte	Lagerausfall und wie Sie ihn verhindern	Housing Select
Zulässige Drehzahlen		LubeSelect für SKF Schmierfette
Gestaltung der Lagerung		Programm zum Drive-up Verfahren
Einbau		Hilfsmittel zur Auswahl von Anwärmgeräten
Bezeichnungsschema		Druckölverfahren
		Ein- und Ausbauanleitung für Wälzlager
		Hilfsmittel zur Auswahl von Werkzeug und Zubehör für Hülsen und Wellen

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.



30309

- Beliebtetes Produkt
- SKF Explorer

Kegelrollenlager, einreihig

Lagerdaten

[Toleranzen,](#)

Normal und CL7C, CLN, Normal + CL,
abweichende Breite

Lagerschnittstellen

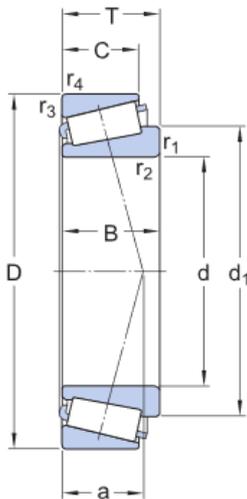
[Passungsempfehlungen,](#)

[Toleranzen und Passung](#)

Technische Spezifikationen

Maßreihe

2FB

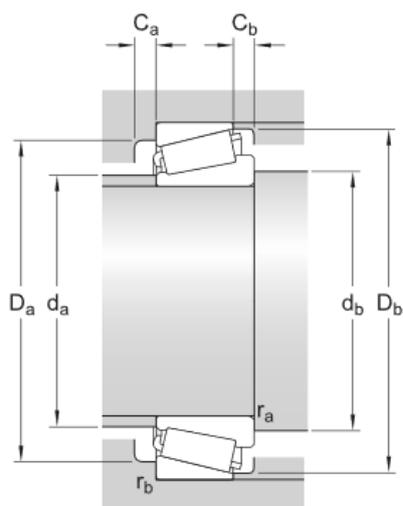


ABMESSUNGEN

d	45 mm	Bohrungsdurchmesser
D	100 mm	Außendurchmesser
T	27.25 mm	Gesamtbreite des Lagers
d1	≈ 70.2 mm	Innenring-Schulterdurchmesser
B	25 mm	Breite Innenring
C	22 mm	Breite Außenring
r _{1,2}	min. 2 mm	Eckenradius Innenring
r _{3,4}	min. 1.5 mm	Eckenradius Außenring
a	20.794 mm	Abstand Druckpunkt

ANSCHLUSSMASSE

da	max. 59 mm	Durchmesser der Wellenanlauffläche
	min.	Durchmesser der



db	55 mm	Wellenanlauffläche
Da	min. 86 mm	Durchmesser der Anlauffläche im Gehäuse
Da	max. 92 mm	Durchmesser der Anlauffläche im Gehäuse
Db	min. 92 mm	Durchmesser der Anlauffläche im Gehäuse
Ca	min. 3 mm	Anlagegehäuse - axiale Einbauträume an der großen Stirnseite/beiden Seiten des Außenrings
Cb	min. 5 mm	Anlagegehäuse - axiale Einbauträume an der kleinen Stirnseite/beiden Seiten des Außenrings
ra	max. 2 mm	Rundungsradius
rb	max. 1.5 mm	Rundungsradius

BERECHNUNGSDATEN

Dynamische Tragzahl	C	132 kN
Statische Tragzahl	C ₀	120 kN
Ermüdungsgrenzbelastung	P _u	14.3 kN
Referenzdrehzahl		5 600 r/min
Grenzdrehzahl		7 000 r/min
Berechnungsfaktor	e	0.35
Berechnungsfaktor	Y	1.7
Berechnungsfaktor	Y ₀	0.9

GEWICHT

Gewicht Lager	0.97 kg
---------------	---------

Weitere Informationen

Produktdetails	Konstruktionsinformationen	Werkzeuge
Ausführungen und Varianten	Entwurf von Lagerungen	SimPro Quick
Lagerdaten	Allgemeines Lagerwissen	Bearing Select
Belastungen	Lagerauswahlprozess	Engineering Calculator
Temperaturgrenzwerte	Lagerausfall und wie Sie ihn verhindern	LubeSelect für SKF Schmierfette
Zulässige Drehzahlen		Auswahlhilfe Anwärmgeräte
Gestaltung der Lagerung		Druckölverfahren
Lagerbezeichnungen		skf.com/mount
Bezeichnungsschema		

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.



NU 206 ECP

- Beliebtes Produkt
- SKF Explorer

Zylinderrollenlager, einreihig

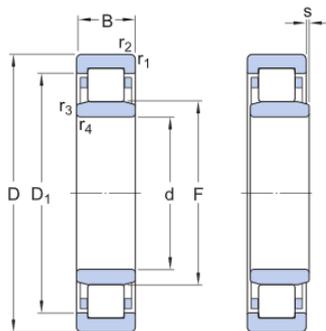
Lagerdaten

[Toleranzen](#),
Normal (metrisch), P6, Normal (Zoll),
[Radiale Lagerluft](#),
zylindrische Bohrung, kegelige
Bohrung,
[Axiale Lagerluft](#),
NUP, NJ + HJ

Lagerschnittstellen

[Passungsempfehlungen](#),
[Toleranzen und Passung](#)

Technische Spezifikationen

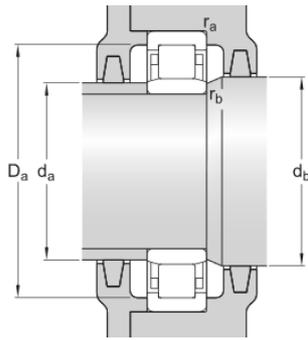


ABMESSUNGEN

d	30 mm	Bohrungsdurchmesser
D	62 mm	Außendurchmesser
B	16 mm	Breite
D1	≈ 52.08 mm	Schulterdurchmesser Außenring (NU, NJ, NUP, NUB, NJF)
F	37.5 mm	Laufbahn-Durchmesser Innenring (NU, NJ, NUP, NUB, NJF)
r _{1,2}	min. 1 mm	Eckenradius Außenring (NU, NJ, NUP, NUB, NJF)
r _{3,4}	min. 0.6 mm	(Kleiner) Eckenradius Außenring (NU, NJ, NUB, NJF)
s	max. 1.3 mm	Zulässige axiale Verlagerung der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.

ANSCHLUSSMASSE

da	min. 34.3 mm	Kleinsten zulässiger Außendurchmesser der Distanzhülse (alle)
da	max. 36.1	Größter zulässiger Außendurchmesser der Distanzhülse (NU, NJ, NUB, NJF)



	mm	
d_b	min. 39 mm	Kleinst zulässiger Außendurchmesser der Wellenschulter (NU, NJ, NUP, NUB; nicht für kegelige Bohrung)
D_a	max. 55.9 mm	Größter zulässiger Innendurchmesser der Gehäuseschulter oder Distanzhülse (alle)
r_a	max. 1 mm	Größter zulässiger Radius am Übergang von Lagersitz zu Gehäuseschulter (NU, NJ, NUP, NUB)
r_b	max. 0.6 mm	Größter zulässiger Radius am Übergang von Lagersitz zu Wellenschulter (NU, NUB; nicht für kegelige Bohrung)

BERECHNUNGSDATEN

Dynamische Tragzahl	C	44 kN
Statische Tragzahl	C_0	36.5 kN
Ermüdungsgrenzbelastung	P_u	4.5 kN
Referenzdrehzahl		13 000 r/min
Grenzdrehzahl		14 000 r/min
Berechnungsfaktor	k_T	0.15
Grenzwert	e	0.2
Axiallastfaktor	Y	0.6

GEWICHT

Gewicht Lager	0.2 kg
---------------	--------

ZUGEHÖRIGE PRODUKTE

Winkelring	HJ 206 EC
------------	-----------

Weitere Informationen

Produktdetails	Konstruktionsinformationen	Werkzeuge
Ausführungen und Varianten	Entwurf von Lagerungen	SimPro Quick
Lagerdaten	Allgemeines Lagerwissen	Bearing Select
Belastungen	Lagerauswahlprozess	Engineering Calculator
Temperaturgrenzwerte	Lagerausfall und wie Sie ihn verhindern	LubeSelect für SKF Schmierfette
Zulässige Drehzahlen		Hilfsmittel zur Auswahl von Anwärmgeräten
Gestaltung der Lagerung		Druckölverfahren
Bezeichnungsschema		Ein- und Ausbauanleitung für Wälzlager

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.



NU 308 ECJ

- Beliebtes Produkt
- SKF Explorer

Zylinderrollenlager, einreihig

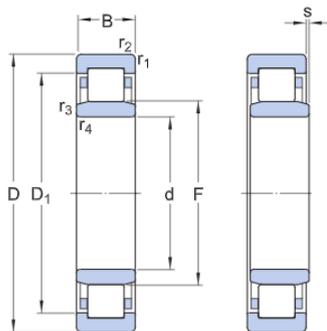
Lagerdaten

[Toleranzen](#),
Normal (metrisch), P6, Normal (Zoll),
[Radiale Lagerluft](#),
zylindrische Bohrung, kegelige
Bohrung,
[Axiale Lagerluft](#),
NUP, NJ + HJ

Lagerschnittstellen

[Passungsempfehlungen](#),
[Toleranzen und Passung](#)

Technische Spezifikationen

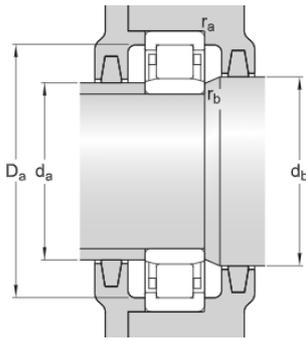


ABMESSUNGEN

d	40 mm	Bohrungsdurchmesser
D	90 mm	Außendurchmesser
B	23 mm	Breite
D1	≈75.18 mm	Schulterdurchmesser Außenring (NU, NJ, NUP, NUB, NJF)
F	52 mm	Laufbahn-Durchmesser Innenring (NU, NJ, NUP, NUB, NJF)
r _{1,2}	min.1.5 mm	Eckenradius Außenring (NU, NJ, NUP, NUB, NJF)
r _{3,4}	min.1.5 mm	(Kleiner) Eckenradius Außenring (NU, NJ, NUB, NJF)
s	max.1.4 mm	Zulässige axiale Verlagerung der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.

ANSCHLUSSMASSE

da	min.48 mm	Kleinster zulässiger Außendurchmesser der Distanzhülse (alle)
da	max.50 mm	Größter zulässiger Außendurchmesser der Distanzhülse (NU, NJ, NUB, NJF)
	min.54	Kleinster zulässiger Außendurchmesser der



d_b	mm	Wellenschulter (NU, NJ, NUP, NUB; nicht für kegelige Bohrung)
d_a	max.81.8 mm	Größter zulässiger Innendurchmesser der Gehäuseschulter oder Distanzhülse (alle)
r_a	max.1.5 mm	Größter zulässiger Radius am Übergang von Lagersitz zu Gehäuseschulter (NU, NJ, NUP, NUB)
r_b	max.1.5 mm	Größter zulässiger Radius am Übergang von Lagersitz zu Wellenschulter (NU, NUB; nicht für kegelige Bohrung)

BERECHNUNGSDATEN

Dynamische Tragzahl	C	93 kN
Statische Tragzahl	C_0	78 kN
Ermüdungsgrenzbelastung	P_u	10.2 kN
Referenzdrehzahl		8 000 r/min
Grenzdrehzahl		9 500 r/min
Berechnungsfaktor	k_T	0.15
Grenzwert	e	0.2
Axiallastfaktor	Y	0.6

GEWICHT

Gewicht Lager	0.67 kg
---------------	---------

ZUGEHÖRIGE PRODUKTE

Winkelring	HJ 308 EC
------------	-----------

Weitere Informationen

Produktdetails	Konstruktionsinformationen	Werkzeuge
Ausführungen und Varianten	Entwurf von Lagerungen	SimPro Quick
Lagerdaten	Allgemeines Lagerwissen	Bearing Select
Belastungen	Lagerauswahlprozess	Engineering Calculator
Temperaturgrenzwerte	Lagerausfall und wie Sie ihn verhindern	LubeSelect für SKF Schmierfette
Zulässige Drehzahlen		Hilfsmittel zur Auswahl von Anwärmgeräten
Gestaltung der Lagerung		Druckölverfahren
Bezeichnungsschema		Ein- und Ausbauanleitung für Wälzlager

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.

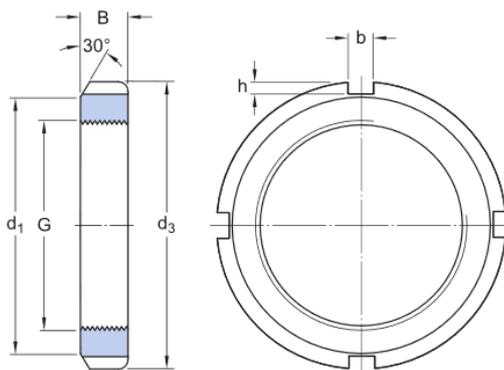


KM 6

- Beliebtes Produkt

Wellenmuttern mit losen
Sicherungselementen und metrischen
Abmessungen

Technische Spezifikationen



ABMESSUNGEN

G	M 30x1.5	Gewinde
d ₃	45 mm	Außendurchmesser
B	7 mm	Breite
d ₁	38 mm	Durchmesser Festlager-Stirnseite
b	5 mm	Breite Haltenut
h	2 mm	Tiefe Haltenut

BERECHNUNGSDATEN

Axiale statische Belastbarkeit	36.5 kN
--------------------------------	---------

GEWICHT

Gewicht Wellenmutter	0.039 kg
----------------------	----------

MONTAGEDATEN

Passender Schlüssel	HN 5-6
---------------------	--------

ASSOCIATED PRODUCTS

Sicherungsblech/Sicherungsbügel

MB 6

Weitere Informationen

Produktdetails	Werkzeuge
Ausführungen und Varianten	Engineering Tools
Produktdaten	
Ein- und Ausbau	
Bezeichnungsschema	

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.

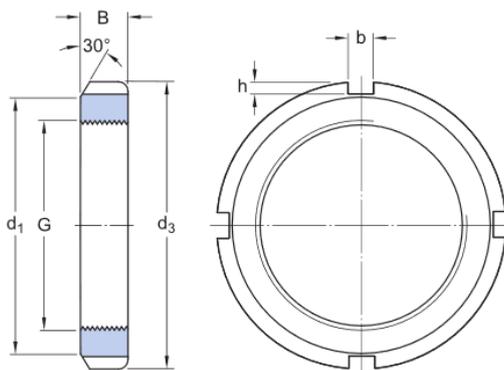


KM 8

- Beliebtes Produkt

Wellenmuttern mit losen
Sicherungselementen und metrischen
Abmessungen

Technische Spezifikationen



ABMESSUNGEN

G	M 40x1.5	Gewinde
d ₃	58 mm	Außendurchmesser
B	9 mm	Breite
d ₁	50 mm	Durchmesser Festlager-Stirnseite
b	6 mm	Breite Haltenut
h	2.5 mm	Tiefe Haltenut

BERECHNUNGSDATEN

Axiale statische Belastbarkeit	62 kN
--------------------------------	-------

GEWICHT

Gewicht Wellenmutter	0.078 kg
----------------------	----------

MONTAGEDATEN

Passender Schlüssel	HN 8-9
---------------------	--------

ASSOCIATED PRODUCTS

Sicherungsblech/Sicherungsbügel

MB 8

Weitere Informationen

Produktdetails	Werkzeuge
Ausführungen und Varianten	Engineering Tools
Produktdaten	
Ein- und Ausbau	
Bezeichnungsschema	

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.

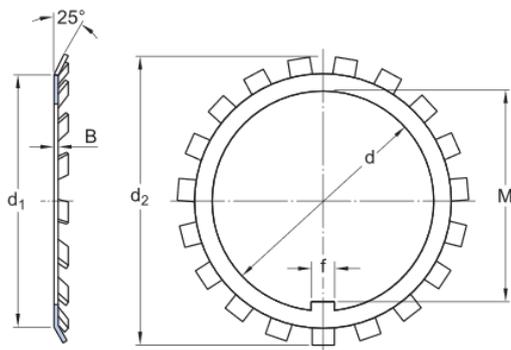


MB 6

- Beliebttes Produkt

MB(L) Sicherungsbleche

Technische Spezifikationen



ABMESSUNGEN

d	30 mm	Bohrungsdurchmesser
d ₁	38 mm	Side face diameter
d ₂	49 mm	Außendurchmesser
B	1.25 mm	Thickness material
f	5 mm	Breite Innenleiste
M	27.5 mm	Innenabmessung unter Innenleiste

GEWICHT

Gewicht Sicherungsscheibe

0.008 kg

Weitere Informationen

<p>Produktdetails</p> <p>Ausführungen und Varianten</p> <hr/> <p>Produktdaten</p> <hr/> <p>Ein- und Ausbau</p> <hr/> <p>Bezeichnungsschema</p> <hr/>	<p>Werkzeuge</p> <p>Engineering Tools</p> <hr/>
--	---

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.

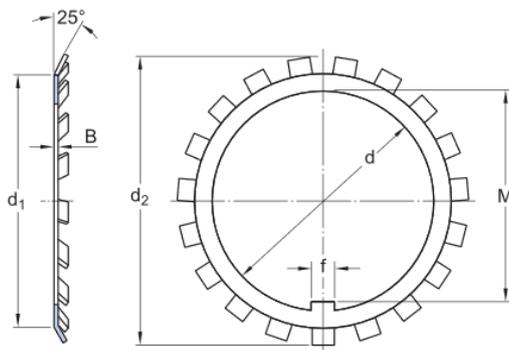


MB 8

- Beliebttes Produkt

MB(L) Sicherungsbleche

Technische Spezifikationen



ABMESSUNGEN

d	40 mm	Bohrungsdurchmesser
d ₁	50 mm	Side face diameter
d ₂	62 mm	Außendurchmesser
B	1.25 mm	Thickness material
f	6 mm	Breite Innenleiste
M	37.5 mm	Innenabmessung unter Innenleiste

GEWICHT

Gewicht Sicherungsscheibe

0.013 kg

Weitere Informationen

<p>Produktdetails</p> <p>Ausführungen und Varianten</p> <hr/> <p>Produktdaten</p> <hr/> <p>Ein- und Ausbau</p> <hr/> <p>Bezeichnungsschema</p> <hr/>	<p>Werkzeuge</p> <p>Engineering Tools</p> <hr/>
--	---

Nutzungsbedingungen

Mit dem Zugriff auf diese Website/App, deren Eigentümer und Herausgeber AB SKF (publ.) (556007-3495 · Göteborg) („SKF“) ist, akzeptieren Sie die nachstehenden Bedingungen:

Eingeschränkte Haftung und Haftungsausschluss

Obwohl äußerste Sorgfalt bei der Erstellung dieser Website/App aufgewendet wurde, übernimmt SKF keine Haftung, INSBESONDERE KEINE HAFTUNG FÜR DEREN MARKTGÄNGIGKEIT ODER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. Sie sind sich bewusst, dass Sie diese Website/App auf eigenes Risiko verwenden und die uneingeschränkte Verantwortung für alle im Zusammenhang mit der Nutzung der Website/App anfallenden Kosten übernehmen, und dass SKF nicht für direkte, indirekte, zufällige oder Folgeschäden haftet, die sich im Zusammenhang mit Ihrem Zugriff auf diese Website/App oder die Verwendung dieser Website/App oder die Verwendung der auf dieser Website/App angebotenen Software ergeben. Für alle von Ihnen erworbenen oder genutzten Produkte oder Dienstleistungen von SKF gelten die auf dieser Website/App für diese Produkte oder Dienstleistungen vereinbarten Nutzungsbedingungen. SKF gibt in Bezug auf Websites/Apps Dritter, auf die in unserer Website/App hingewiesen wird oder zu denen der Zugang über Hyperlinks möglich ist, keine Garantien betreffend die Korrektheit oder Verlässlichkeit der in diesen Websites/Apps enthaltenen Materialien ab und übernimmt keine Verantwortung für solche Materialien. Darüber hinaus SKF garantiert nicht, dass diese Website/App oder die auf dieser Website/App verlinkten Websites/Apps frei von Viren oder anderen schädlichen Elementen sind.

Urheberrecht

Das Urheberrecht an den Inhalten dieser Website/App einschließlich aller hierin angebotenen Informationen und Programme liegt bei SKF oder Lizenzgebern von SKF. Alle Rechte vorbehalten. Für lizenziertes Material wird grundsätzlich der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht eingeräumt hat. Die vollständige oder teilweise Vervielfältigung, Übertragung, Verbreitung oder Speicherung des Inhalts dieser Website/App in jedweder Form bedarf der ausdrücklichen vorherigen schriftlichen Zustimmung durch SKF. Natürliche Personen sind jedoch zur Vervielfältigung, Speicherung und Übertragung ohne vorherige schriftliche Zustimmung durch SKF berechtigt. Die Informationen und Programme auf dieser Website dürfen Dritten nicht zugänglich gemacht werden.

Diese Website /App enthält bestimmte Bilder unter Lizenz von Shutterstock, Inc.

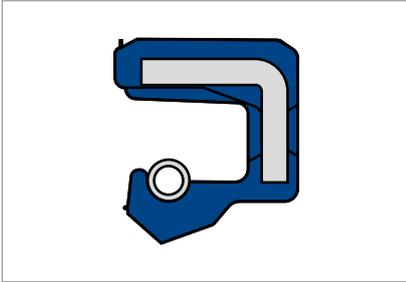
Marken und Patente

Alle auf dieser Website/App aufgeführten Marken, Markennamen und Unternehmenszeichen sind Eigentum von SKF oder von Lizenzgebern. Sie dürfen nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung von SKF verwendet werden. Für alle auf dieser Website/App aufgeführten lizenzierten Marken wird der Lizenzgeber angegeben, der SKF das Nutzungsrecht an der Marke eingeräumt hat. Der Zugriff auf diese Website/App stellt keine Lizenz- oder Patentgewährung für Lizenzen oder Patente dar, die sich im Eigentum von SKF befinden oder von SKF lizenziert wurden.

Änderungen

SKF behält sich vor, nach freiem Ermessen Änderungen oder Ergänzungen an der Website/App vorzunehmen.

SIMMERRING BA.../SL



Simmerring BA ...



Simmerring BA ...SL

PRODUKTBESCHREIBUNG

Standardbauformen nach DIN 3760, mit Elastomer-Außenmantel, mit und ohne zusätzlicher Staublippe (SL) gegen mäßigen bis mittleren Schmutzanfall von außen. Lieferbar in verschiedenen Ausführungen und Werkstoffen.

PRODUKTVORTEILE

- Breites Anwendungsspektrum in allen Industriebereichen
- Sichere Abdichtung zur Gehäusebohrung, auch bei erhöhter Rauheit der Bohrung,
- Wärmedehnung und geteilten Gehäusen, dadurch Abdichtung dünnflüssiger und gasförmiger Medien möglich
- Zusätzliche Schutzlippe gegen mäßigen und mittleren Staub- und Schmutzanfall von außen (BA...SL) (Hinweis: kann zu Temperaturerhöhung durch Reibungswärme führen)

PRODUKTEIGENSCHAFTEN

- Außenmantel: Elastomer (glatt, bzw. rilliert = X7)
- Federbelastete Dichtlippe
- Zusätzliche Schutzlippe (BA...SL)
- Dichtlippenprofil, stirnseitig bearbeitete Dichtlippe
- Dichtlippenprofil, fertige Dichtlippe

ANWENDUNGSBEREICH

- Achsen (bei moderater Schmutzbeaufschlagung)
- Elektrowerkzeuge
- Industriegetriebe

WERKSTOFF

Werkstoff	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk
Bezeichnung	72 NBR 902
Farbe	blau
Härte	72 Shore A

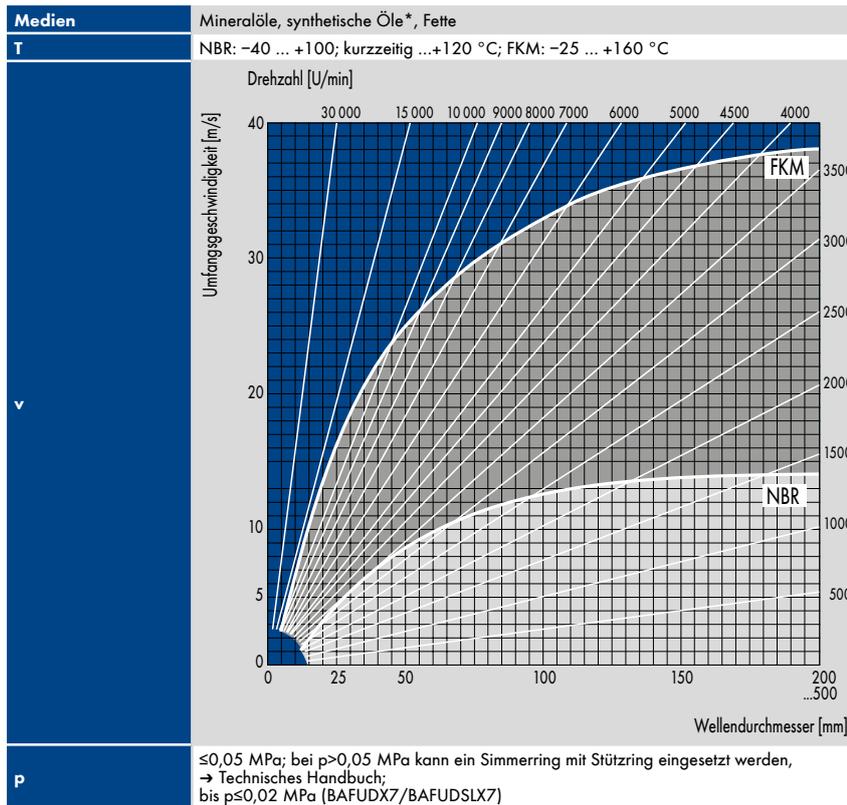
Werkstoff	Fluor-Kautschuk
Bezeichnung	75 FKM 585
Farbe	braun
Härte	75 Shore A

Werkstoff	Fluor-Kautschuk
Bezeichnung	75 FKM 260466
Farbe	rubinrot
Härte	75 Shore A

Komponenten

Versteifungsblech	unlegierter Stahl DIN 1624
Feder	Federstahl DIN 17223

EINSATZBEREICH



Zulässige Umfangsgeschwindigkeit für Simmerringe aus den Werkstoffen NBR (72 NBR 902) und FKM (75 FKM 585) bei der Abdichtung von Motorenöl SAE 20. Einsatz Simmerring mit SL (Schutzlippe): v = max. 8 m/s

* Bei synthetischen Ölen (Polyalkylenglykolen/Polyalphaolefinen, → Technisches Handbuch Synthetische Schmierstoffe) ist zu beachten, dass bei NBR-Werkstoffen die maximale Einsatztemperatur 80 °C nicht übersteigen darf.

Zulässige Maximalwerte in Abhängigkeit der übrigen Betriebsbedingungen.

EINBAU UND MONTAGE

Voraussetzung für einwandfreie Funktion der Dichtung ist die sorgfältige Montage nach DIN 3760 → Technisches Handbuch.

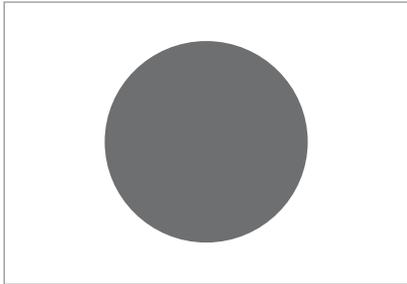
Welle

Toleranz	ISO h 11
Rundheit	IT 8
Rauheit	$R_a = 0,2 \dots 0,8 \mu\text{m}$
	$R_z = 1,0 \dots 5,0 \mu\text{m}$
	$R_{\text{max}} \leq 6,3 \mu\text{m}$
Härte	45 ... 60 HRC
Beschaffenheit	drallfrei, vorzugsweise im Einstich geschliffen

Gehäusebohrung

Toleranz	ISO H8
Rauheit, metallischer Haftsitz	$R_z = 10 \dots 25 \mu\text{m}$

INDUSTRIAL STANDARD O-RING



Industrial Standard O-Ring

PRODUKTBESCHREIBUNG

O-Ringe sind endlose Runddichtringe mit kreisförmigem Querschnitt. Sie werden überwiegend zur Abdichtung ruhender Maschinenteile – statischer Fall – gegen flüssige und gasförmige Medien eingesetzt. Unter gewissen Voraussetzungen ist auch eine Verwendung als dynamisches Dichtelement bei axialer, rotierender und oszillierender Bewegung möglich.

PRODUKTVORTEILE

- Fertigung nach DIN3771-Teil 1, Qualität "N"
- Um ein möglichst breites Feld technischer Anwendungen abdecken zu können, werden O-Ringe in 5 verschiedenen Werkstoffqualitäten geführt
- Alle Katalogwerkstoffe für O-Ringe sind spezifiziert und zertifiziert.

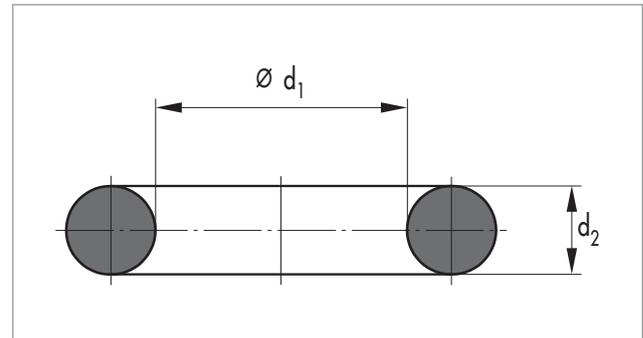
WERKSTOFF

Werkstoff	Bezeichnung	Härte	Farbe	Temperatur
70 NBR 33002	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	70 Shore A	schwarz	-20 °C ... +100 °C
90 NBR 33004	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	90 Shore A	schwarz	-20 °C ... +100 °C
80 FKM 33034	Fluor-Kautschuk	80 Shore A	schwarz	-20 °C ... +200 °C
70 EPDM 33022	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk	70 Shore A	schwarz	-40 °C ... +150 °C
70 VMQ 33042	Vinyl-Methyl-Polysiloxan	70 Shore A	rot	-40 °C ... +225 °C

Materialdatenblätter zu den o.g. Standard Materialien können unter www.simrit.com runtergeladen werden.

KONSTRUKTIONSHINWEISE

Die Abmessungen eines O-Ringes sind durch Innen- $\varnothing d_1$ und Ringdicke d_2 bestimmt. Diese Maße stellen die Kenndaten des O-Ringes dar. Die Bezeichnung eines O-Ringes in Standardwerkstoff mit Innen- \varnothing 20,22 mm und einer Ringdicke 3,53 mm lautet: O-Ring 20,22-3,53 72 NBR 33002.



Maßskizze

Gerade Schottverschraubung

Durchführungslänge max. 5 mm

SO Code: SO 51521

Art.-Nr.: 058.1500.080

Technische Details

Type	SO 51521-8
d	8 mm
Druck (PN)	200 bar
M	12x1.0
SW1	14 mm
SW2	17 mm
SW3	17 mm
L1	23.5 mm
L2	29.5 mm
B	12.5 mm
z1	15.0 mm
z2	21.0 mm
e	6.5 mm
Gewicht (kg/100)	5.210 kg
Rohranschluss	metrisch
Material	Edelstahl
Werkstoff	1.4571 (Edelstahl)
Anschlussart 1	Rohranschluss (d)
Anschlussart 2	Rohranschluss (d)

d = Rohr-Aussendurchmesser

L = Mass in montiertem Zustand

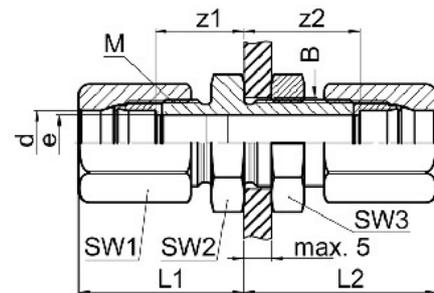
e = Kleinste Bohrung

Ergänzende Informationen

Sechskantmutter siehe SO 50006 METR

Umrechnung für "d" bei Zollrohren:

6,35 = 1/4



LOCTITE® SI 5699™

Bekannt als LOCTITE® 5699™
Oktober 2018

PRODUKTBEschREIBUNG

LOCTITE® SI 5699™ besitzt die folgenden Produkteigenschaften:

Technologie	Silikon
Chemische Basis	Oxim-Silikon
Aussehen (unausgehärtet)	Grau, pastös ^{LMS}
Komponenten	Einkomponentig - kein Mischen erforderlich
Thixotrop	Reduziertes Abwandern des flüssigen Produktes nach Auftragung auf das Bauteil
Aushärtung	bei Raumtemperatur vernetzend (RTV)
Anwendung	Dichten
Spezieller Vorteil	Keine korrosive Wirkung

LOCTITE® SI 5699™ ist hauptsächlich für Flächendichtungen ausgelegt; es besitzt eine ausgezeichnete Ölbeständigkeit bei starren Flanschdichtungen, z. B. in der Antriebstechnik und metallischen Gußgehäusen.

NSF International

Freigegeben nach NSF Kategorie P1 for zum Einsatz als Dichtstoff in der Lebensmittelverarbeitung in Bereichen, wo kein Kontakt mit Lebensmitteln möglich ist. **Hinweis:** Dies ist eine regionale Freigabe. Wenn Sie weitere Klarstellung und Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service.

MATERIALEIGENSCHAFTEN

Spez. Dichte bei 20 °C 1,45

Extrusionsrate, g/min:
Druck 0,62 MPa, Zeit 15 Sekunden, Temperatur 25 °C:
Semco-Kartusche ≥ 200 ^{LMS}

Flammpunkt - siehe Sicherheitsdatenblatt

TYPISCHE AUSHÄRTEEIGENSCHAFTEN

Oberflächenhärtung

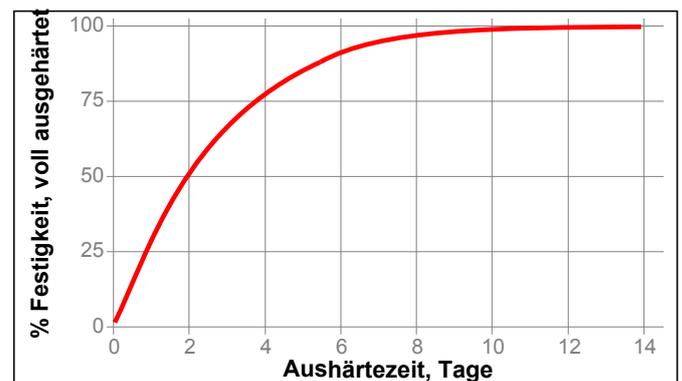
Zeit, die benötigt wird, um eine berührungstrockene Oberfläche zu erzielen

Zeit zur Erzielung einer berührungstrockenen Oberfläche, Minuten:

Ausgehärtet bei 25 °C / 50±5% rel. LF ≤ 30 ^{LMS}

Aushärtegeschwindigkeit

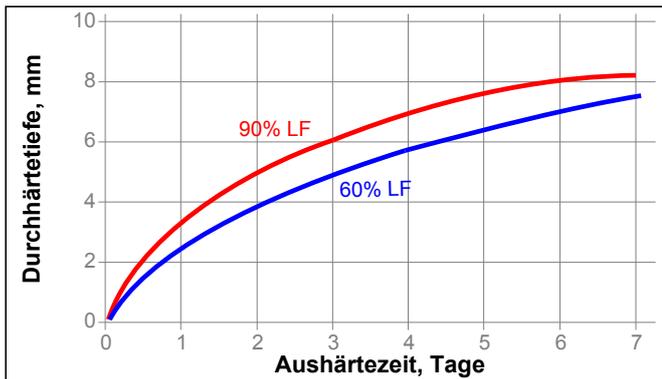
Das untenstehende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Scherfestigkeit auf sandgetrahlten Zugscherproben aus Stahl mit einem Klebspalt von 0,5 mm. Aushärtebedingungen: 23±2 °C, 60±5% LF. Geprüft gemäß ISO 4587



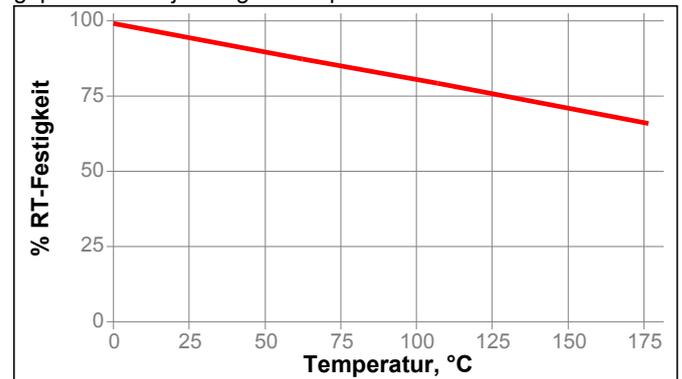
Durchhärte tiefe

Die Durchhärte tiefe ist abhängig von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit. Die Durchhärte tiefe wurde an Streifen ermittelt, die aus einer PTFE-Form mit zunehmender Tiefe (maximale Tiefe 10 mm) herausgeschält wurden.

Das untenstehende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Durchhärte tiefe bei 23°C mit zunehmender Luftfeuchtigkeit.



Temperaturfestigkeit
geprüft bei der jeweiligen Temperatur



TYPISCHE EIGENSCHAFTEN IM AUSGEHÄRTETEN ZUSTAND

Aushärtezeit 1 Woche bei 25 °C / 50±5% rel. LF

Physikalische Eigenschaften:

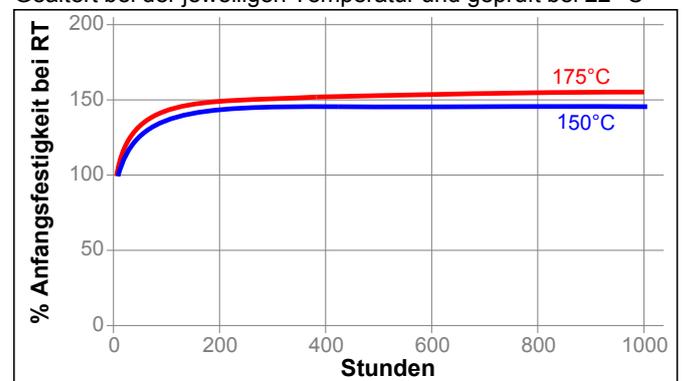
Shore Härte, ISO 868, Durometer A	45 bis 75 ^{LMS}
Dehnung, ASTM D 412, %	≥100 ^{LMS}
Zugfestigkeit, ASTM D 412	N/mm ² ≥2,4 ^{LMS} (psi) (≥348)

Elektrische Eigenschaften:

Oberflächenwiderstand, IEC 60093, Ω	2×10 ¹⁵
Spezifischer Durchgangswiderstand, IEC 60093, Ω·cm	2×10 ¹⁵
Dielektrizitätskonstante / Verlustfaktor, IEC 60250:	
100 Hz	2,8
10 kHz	4,0
10 MHz	4,1

Wärmealterung

Gealtert bei der jeweiligen Temperatur und geprüft bei 22 °C



FUNKTIONSEIGENSCHAFTEN IM AUSGEHÄRTETEN ZUSTAND

Eigenschaften

Nach 14 Tagen bei 23 °C / 60±5% LF und 0,5 mm Spalt

Zugscherfestigkeit, ISO 4587:

Aluminium	N/mm ² 0,1 bis 0,7 (psi) (15 bis 102)
Zinkdichromat	N/mm ² 0,7 bis 1,5 (psi) (102 bis 213)
Unlegierter Stahl (sandgestrahlt)	N/mm ² 1,3 bis 2,1 (psi) (189 bis 305)
Aluminium (geschmirgelt)	N/mm ² 1,3 bis 2,0 (psi) (189 bis 290)

BESTÄNDIGKEIT GEGEN UMGEBUNGSEINFLÜSSE

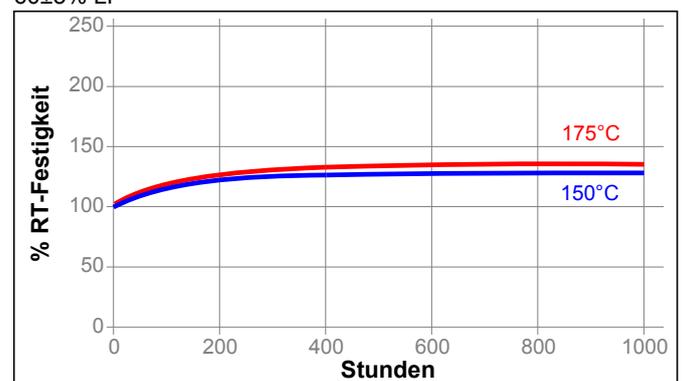
Aushärtezeit 14 Tage bei 23 °C / 60±5% LF

Zugscherfestigkeit, ISO 4587:

Unlegierter Stahl (sandgestrahlt)

Wärmealterung

Gealtert bei der jeweiligen Temperatur und geprüft bei 22°C
2 mm starke Proben, ausgehärtet für 14 Tage bei 23°C / 60±5% LF



Beständigkeit gegen Medien

Alterungstest wie beschrieben und geprüft bei 22°C.

Medium	°C	% Anfangsfestigkeit		
		100 h	500 h	1000 h
Mehrbereichsöl	120	95	95	90
Mehrbereichsöl	150	80	80	75
ATF (Dextron II Öl)	120	70	85	75
ATF (Dextron II Öl) - japanische Güteklasse	150	75	65	35
Wasser/Glycol 50/50	100	85	90	65

ALLGEMEINE INFORMATION

Dieses Produkt ist nicht geeignet für reinen Sauerstoff und/oder sauerstoffangereicherte Systeme und sollte nicht als Dichtstoff für Chlor oder stark oxidierende Medien gewählt werden.

Sicherheitshinweise zu diesem Produkt entnehmen Sie bitte dem Sicherheitsdatenblatt.

HINWEIS: *Das Produkt ist für den Kontakt mit Kraftstoffen nicht geeignet.*

Gebrauchshinweise

1. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse sollten die Klebeflächen sauber und fettfrei sein.
2. Die Feuchtigkeitshärtung beginnt, sobald das Produkt der Luftfeuchtigkeit ausgesetzt wird. Daher sollten die Teile innerhalb von wenigen Minuten nach Produktauftrag zusammengefügt werden.
3. Vor voller Beanspruchung die Klebung vollständig aushärten lassen (z.B. 7 Tage).
4. Überschüssiges Material kann problemlos mit unpolaren Lösungsmitteln abgewischt werden.
5. Für die automatische Auftragung wird ein volumetrisches Dosiersystem empfohlen.

Loctite Material-Spezifikation ^{LMS}

LMS vom 24. Oktober 2001. Prüfberichte über die angegebenen Eigenschaften sind für jede Charge erhältlich. LMS-Prüfberichte enthalten ausgewählte, im Rahmen der Qualitätskontrolle festgelegte Prüfwerte, die als relevant für Kunden-Spezifikationen erachtet werden. Darüber hinaus sind umfassende Kontrollmaßnahmen in Kraft, die eine gleichbleibend hohe Produktqualität gewährleisten. Spezifikationen unter Berücksichtigung von speziellen Kundenwünschen können über die Qualitätsabteilung von Henkel koordiniert werden.

Lagerung

Produkt im ungeöffneten Behälter in trockenen Räumen lagern. Hinweise zur Lagerung können sich auf dem Etikett des Produktbehälters befinden.

Optimale Lagerung: 8 °C bis 21 °C Durch Lagerung unter 8°C und über 28°C können die Produkteigenschaften nachteilig beeinflusst werden.

Aus dem Gebinde entnommenes Produkt kann beim Gebrauch verunreinigt worden sein. Deshalb keine Produktreste in den Originalbehälter zurückgeben. Henkel kann keine Haftung für Material übernehmen, das verunreinigt oder in einer Weise gelagert wurde, die von den oben aufgeführten Bedingungen abweicht. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service oder den Kundenbetreuer vor Ort.

Umrechnungsfaktoren

(°C x 1.8) + 32 = °F
 kV/mm x 25.4 = V/mil
 mm / 25.4 = inches
 µm / 25.4 = mil
 N x 0.225 = lb
 N/mm x 5.71 = lb/in
 N/mm² x 145 = psi
 MPa x 145 = psi
 N·m x 8.851 = lb·in
 N·m x 0.738 = lb·ft
 N·mm x 0.142 = oz·in
 mPa·s = cP

Haftungsausschluss**Hinweis:**

Die vorstehenden Angaben in diesem technischen Datenblatt (TDB), insbesondere Vorschläge für die Verarbeitung und den Einsatzbereich unserer Produkte, beruhen auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Auf Grund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten und der außerhalb unseres Einflussbereiches liegenden Einsatz- und Arbeitsbedingungen übernehmen wir keine Haftung für die Eignung unserer Produkte für die relevanten Produktionsverfahren unter den konkreten Arbeitsbedingungen sowie die beabsichtigten Verarbeitungszwecke und Ergebnisse. Um eine solche Eignung sicherzustellen empfehlen wir in jedem Fall ausreichende vorherige Eigenversuche und Tests.

Jede aus den Hinweisen in diesem technischen Datenblatt und jede aus sonstiger schriftlicher oder mündlicher Beratung für das vorliegende Produkt resultierende Haftung ist ausdrücklich ausgeschlossen, es sei denn, dass individualvertraglich etwas anderes vereinbart wurde, ein Fall der Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit vorliegt, uns Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt oder eine Haftung nach zwingendem Produkthaftungsrecht besteht.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS und Henkel France SA beachten Sie bitte zusätzlich folgendes:

Für den Fall, dass Henkel dennoch, aus welchem Rechtsgrund auch immer, in Anspruch genommen wird, ist die Haftung von Henkel in jedem Fall beschränkt auf den Wert der jeweils betroffenen Lieferung.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Colombiana, S.A.S. findet Folgendes Anwendung:

Die vorstehenden Angaben in diesem technischen Datenblatt (TDB), insbesondere Vorschläge für die Verarbeitung und den Einsatzbereich unserer Produkte, beruhen auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Wir übernehmen keine Haftung für die Eignung unserer Produkte für die relevanten Produktionsverfahren unter den konkreten Arbeitsbedingungen sowie die beabsichtigten Verarbeitungszwecke und Ergebnisse. Um eine solche Eignung sicherzustellen empfehlen wir in jedem Fall ausreichende vorherige Eigenversuche und Tests.

Jede aus den Hinweisen in diesem technischen Datenblatt und jede aus sonstiger schriftlicher oder mündlicher Beratung für das vorliegende Produkt resultierende Haftung ist ausdrücklich ausgeschlossen, es sei denn, dass individualvertraglich etwas anderes vereinbart wurde, ein Fall der Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit vorliegt, uns Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt oder eine Haftung nach zwingendem Produkthaftungsrecht besteht.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc. oder Henkel Canada Corporation, findet Folgendes Anwendung:

Die hierin enthaltenen Daten dienen lediglich zur Information und gelten nach bestem Wissen als zuverlässig. Wir können jedoch keine Haftung für Ergebnisse

übernehmen, die von anderen erzielt wurden, über deren Methoden wir keine Kontrolle haben. Der Anwender selbst ist dafür verantwortlich, die Eignung von hierin erwähnten Produktionsmethoden für seine Zwecke festzustellen und Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, die zum Schutz von Sachen und Personen vor den Gefahren angezeigt wären, die möglicherweise bei der Handhabung und dem Gebrauch dieser Produkte auftreten. **Dementsprechend lehnt die Firma Henkel im besonderen jede aus dem Verkauf oder Gebrauch von Produkten der Firma Henkel entstehende ausdrücklich oder stillschweigend gewährte Garantie ab, einschließlich aller Gewährleistungsverpflichtungen oder Eignungsgarantien für einen bestimmten Zweck. Die Firma Henkel lehnt im besonderen jede Haftung für Folgeschäden oder mittelbare Schäden jeder Art ab, einschließlich entgangener Gewinne.**

Die Tatsache, dass hier verschiedene Verfahren oder Zusammensetzungen erörtert werden, soll nicht zum Ausdruck bringen, dass diese nicht durch Patente für andere geschützt sind, bzw. unter Patenten der Firma Henkel lizenziert sind, die solche Verfahren oder Zusammensetzungen abdecken. Wir empfehlen jedem Interessenten, die von ihm beabsichtigte Anwendung vor dem serienmäßigen Einsatz zu testen und dabei diese Daten als Anleitung zu benutzen. Dieses Produkt kann durch eines oder mehrere in- oder ausländische Patente oder Patentanmeldungen geschützt sein.

Verwendung von Warenzeichen: Sofern nicht anderweitig ausgewiesen sind alle in diesem Dokument genannten Marken solche der Henkel Corporation in den USA und in anderen Ländern.

Referenz 1.5

Artikelbeschreibung/Produktabbildungen



Beschreibung

Werkstoff:

Gehäuse aus Aluminium.
Reflektor aus Aluminium oder weißem Kunststoff.
Sichtscheibe Polyamid.

Ausführung:

Sichtscheibe glasklar,
temperaturbeständig bei Öl bis 100 °C,
bei Wasser bis 70 °C.
Flachdichtung asbestfrei.

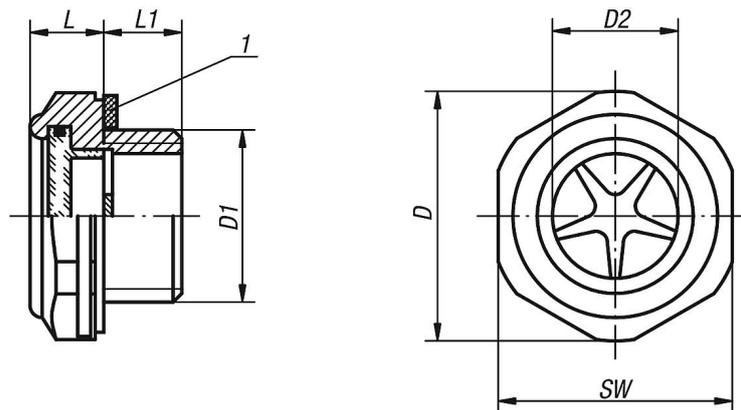
Hinweis:

Bei den Ausführungen G3/8 und M18x1,5 besteht der Reflektor aus weißem Kunststoff.

Zeichnungshinweis:

1) Flachdichtung

Zeichnungen



Artikelübersicht

Bestellnummer	D	D1	D2	L	L1	SW	Anzieh- drehmoment max. Nm	Druckbelastung max. bar
28010-20014	20	G1/4	11	8	8	17	9	10
28010-24038	24,1	G3/8	12,7	9,5	9	22	12	10
28010-29012	29,7	G1/2	15	10	9	27	18	10
28010-36034	35,2	G3/4	21,9	10	11	32	24	10
28010-42100	44,1	G1	25,1	11	11	40	-	10
28010-52114	55	G1 1/4	34	13,5	12	50	-	10
28010-241815	24,5	M18X1,5	13	10	9	22	12	10
28010-292215	29,5	M22X1,5	16	10	9	27	18	10

Klüberoil GEM 1 N

Hochleistungsgetriebe- und Mehrzwecköl auf Mineralölbasis mit KlüberComp Lube Technology



Ihre Vorteile auf einen Blick

- Hohe Sicherheit vor Fressen
- Ausgezeichneter Verschleißschutz für Verzahnungen und Wälzlager
- Gute Scherstabilität für zuverlässige Schmierfilmbildung
- Hoher Schutz vor Graufleckenbildung
- Hervorragende Alterungs- und Oxidationsstabilität
- Geringe Schaumneigung
- Gute Elastomerverträglichkeit
- Freigegeben durch zahlreiche Getriebe-OEMs

Ihre Anforderungen - unsere Lösung

Klüberoil GEM 1 N ist ein Hochleistungsgetriebe- und Mehrzwecköl auf Basis ausgewählter Mineralöle, das den ständig steigenden Anforderungen und höheren Leistungsdichten von modernen Getrieben gerecht wird. Die KlüberComp Lube Technology* in Klüberoil GEM 1 N sorgt durch die Auswahl hochwertiger Rohstoffe und moderner Additivtechnologien für höchstes Leistungsniveau bei der Schmierung aller Getriebekomponenten.

Die Anforderungen für Schmieröle CLP nach DIN 51517-3 werden von Klüberoil GEM 1 N deutlich übertroffen. Alle Getriebe mit dieser Anforderung an Getriebeöle können ohne Rückfrage unter Beachtung der allgemeinen Anwendungshinweise auf Klüberoil GEM 1 N umgestellt werden.

Klüberoil GEM 1 N bietet eine hohe Fresstragfähigkeit, API GL4 ab ISO VG 150. Ihre Getriebe werden auch bei extrem hohen Spitzenlasten, fehlendem Einlauf, Vibrationen und Schwingungen ausreichend vor Fressschäden geschützt. Der ausgezeichnete Verschleißschutz für sowohl Zahnräder als auch Wälzlager ermöglicht eine lange Lebensdauer dieser Komponenten und sorgt dafür, dass die errechnete Lebensdauer zuverlässig erreicht wird. So ist für Sie eine Reduzierung der Instandhaltungs- und Reparaturkosten möglich. Die hohe Graufleckentragfähigkeit von GFT ≥ 10 nach FVA 54/7 (getestet bei 90, 60 und 40°C) bietet auch bei hochbelasteten und graufleckengefährdeten Getrieben einen ausreichenden Schutz vor Graufleckenschäden.

Die hervorragende Alterungs- und Oxidationsstabilität der ausgewählten Rohstoffe verleiht Klüberoil GEM 1 N eine deutlich längere Gebrauchsdauer als Standardgetriebeölen auf Mineralölbasis. Serviceintervalle können ausgedehnt und Wartungskosten reduziert werden. Die guten Anti-Schaum- und Korrosionsschutz-Eigenschaften sorgen für einen störungsfreien Betrieb Ihrer Getriebe. Freudenberg Dichtungen der Materialien 72 NBR 902, 75 FKM 585, 75 FKM 260466

sowie 75 FKM 170055 sind statisch und dynamisch beständig gegenüber Klüberoil GEM 1 N. Leckagen und Verunreinigungen durch auslaufendes Öl werden vermieden.

Klüberoil GEM 1 N ist freigegeben durch Siemens-Flender, Siemens Geared Motors, FLSmidth MAAG Gears, SEW Eurodrive, Getriebebau Nord, Lenze Gears, Stöber Antriebstechnik, ZAE Antriebssysteme, Moventas, Bonfiglioli u.v.m.

Mit der Verwendung von Klüberoil GEM 1 N erhalten Sie eine Reihe von Vorteilen, die Ihnen zusätzlich einfach und effizient Kosten einsparen. Sprechen Sie uns an, wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.

* Weitere Informationen hierzu finden Sie in unserem Flyer: KlüberComp Lube Technology – Getriebeöle für höchste Anforderungen

Anwendungsgebiete

Klüberoil GEM 1 N wurde speziell zur Schmierung hoch belasteter Stirn-, Kegel-, Hypoid- und Planetengetriebe, wie sie häufig in der Stahl-, Bergbau- und Zuckerindustrie verwendet werden, entwickelt. Auch Standard-Schneckengetriebe gemäß DIN 3996 können damit geschmiert werden.

Darüber hinaus kann Klüberoil GEM 1 N auch zur Schmierung von Gleit- und Wälzlager, Zahnkupplungen aller Art, Ketten, Führungsbahnen, Gelenken, Spindeln sowie Pumpen ausgewählt werden.

Anwendungshinweise

Klüberoil GEM 1 N kann zur Tauch-, Tauchumlauf- und Einspritzschmierung verwendet werden.

Klüberoil GEM 1 N

Hochleistungsgetriebe- und Mehrzwecköl auf Mineralölbasis
mit KlüberComp Lube Technology

Weiterhin ist die Verwendung von Tropföln, Pinseln, Ölkannen oder geeigneten automatischen Schmiersystemen möglich. Bei Verwendung von automatischen Schmiersystemen sind die

Geräteherstellerangaben hinsichtlich der maximal zulässigen Viskosität zu beachten. Die niedrigen Viskositäten werden auch zur Önebelschmierung verwendet.

Es ist zu berücksichtigen, dass sich unterschiedliche Elastomer-Qualitäten eines oder verschiedener Hersteller in unterschiedlicher Weise verhalten und deshalb Prüfungen vorgesehen werden sollten.

Wird beim Einlauf Ihres Getriebes eine Tragbildkontrolle durchgeführt, kann hierfür der Tragbildlack Klübertop P 39-462 Spray (Artikel-Nr. 081295) verwendet werden.

Bei der Umstellung auf Klüberoil GEM 1 N können Rückstände eines zuvor verwendeten Getriebeöls durch die Hinzugabe von Klüber Summit Varnasolv HV (Artikel-Nr. 050135) leichter entfernt werden.

Viskositätsauswahl

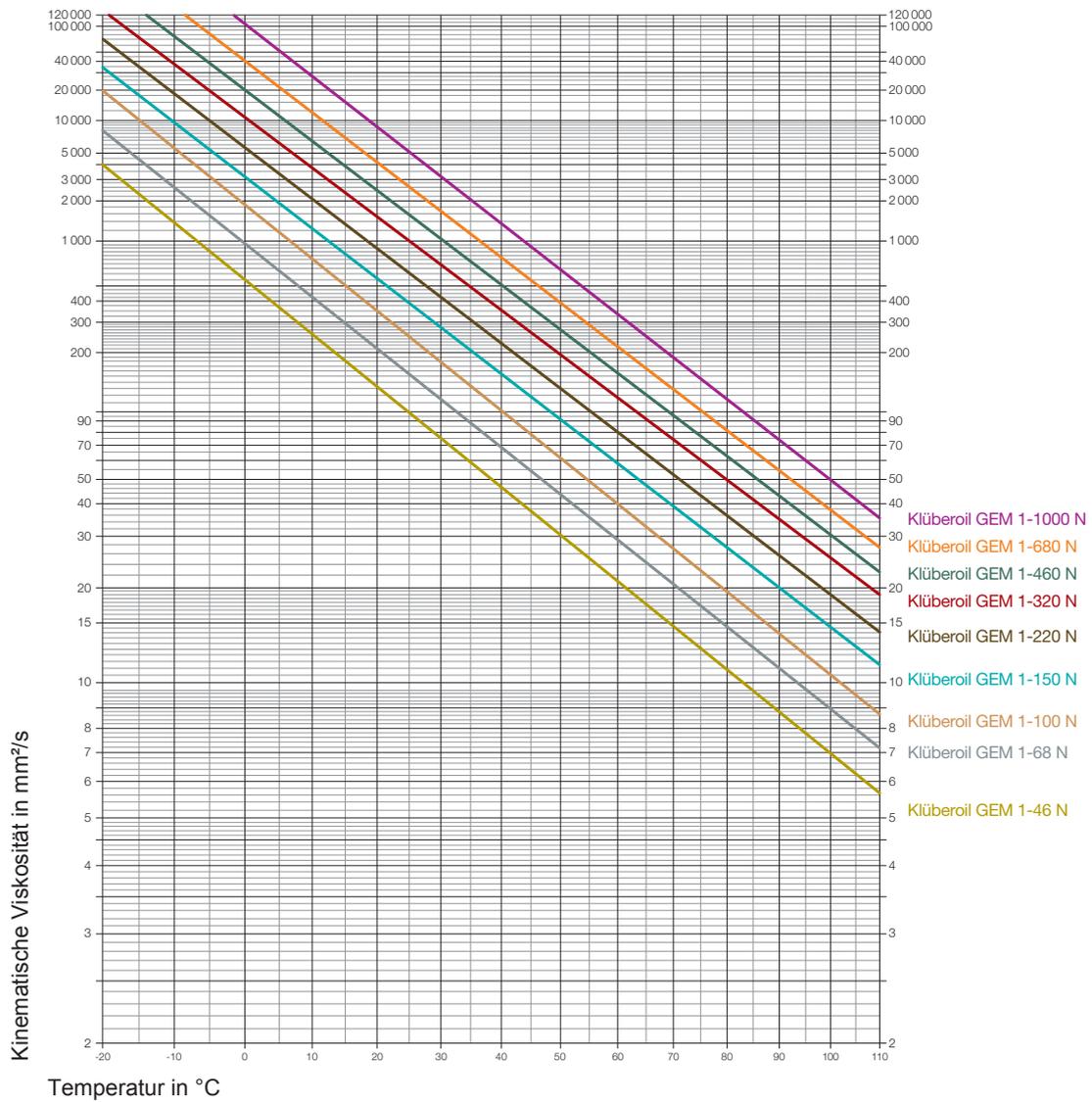
Bei der Festlegung der Ölviskosität zur Getriebeschmierung sind in jedem Fall die Vorschriften der Getriebehersteller einzuhalten. Nur in den Fällen, in denen keine solche Vorschrift vorliegt, kann die Viskosität auch anhand DIN 51509 bestimmt werden. Zur Ermittlung der korrekten Ölviskosität bei Lagerschmierung verweisen wir auf die Angaben der Lagerhersteller.

Sicherheitsdatenblätter

Die aktuellen Sicherheitsdatenblätter können Sie auf unserer Website www.klueber.com anfordern. Sie sind ebenfalls über Ihren persönlichen Ansprechpartner erhältlich.



Viskositäts-Temperatur-Diagramm



Klüberoil GEM 1 N

Hochleistungsgetriebe- und Mehrzwecköl auf Mineralölbasis
mit KlüberComp Lube Technology

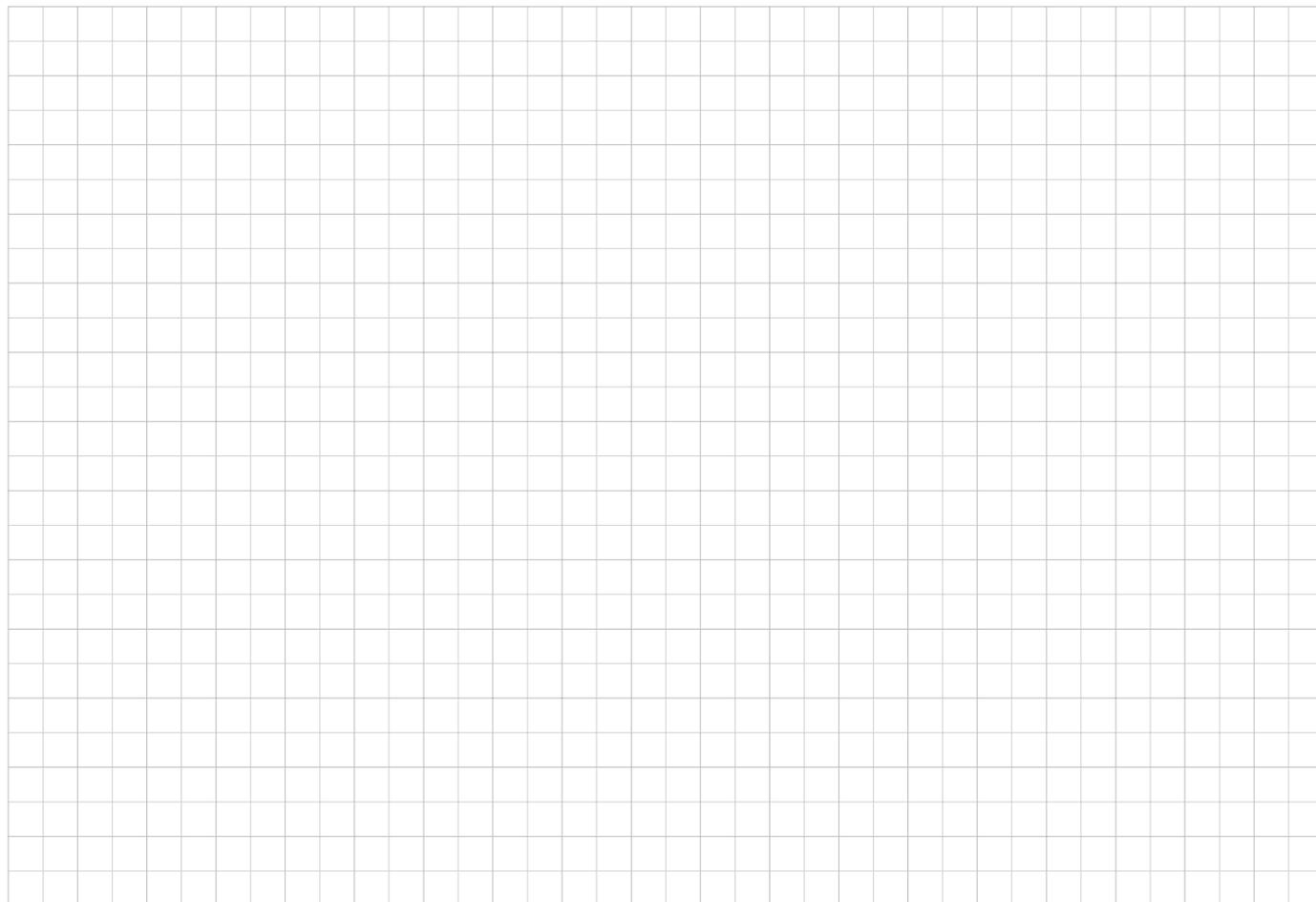
Gebinde	Klüberoil GEM 1-46 N	Klüberoil GEM 1-68 N	Klüberoil GEM 1-100 N
Kanister Polyethylen (HDPE) 20 l	+	+	+
Fass Stahlblech 200 l	+	+	+

Produktkenndaten	Klüberoil GEM 1-46 N	Klüberoil GEM 1-68 N	Klüberoil GEM 1-100 N
Artikel-Nr.	030050	030051	030054
Kennzeichnung nach DIN 51502	CLP 46	CLP 68	CLP 100
Kennzeichnung nach ISO 12925-1	CKC 46	CKC 68	CKC 100
untere Gebrauchstemperatur	-15 °C / 5 °F	-15 °C / 5 °F	-5 °C / 23 °F
obere Gebrauchstemperatur	100 °C / 212 °F	100 °C / 212 °F	100 °C / 212 °F
Dichte, DIN 51757 (in Anlehnung) bei 15°C	ca. 870 kg/m ³	ca. 880 kg/m ³	ca. 880 kg/m ³
Kinematische Viskosität, DIN 51562 T01/ASTM D-445/ASTM D 7042, 40°C	ca. 46 mm ² /s	ca. 68 mm ² /s	ca. 100 mm ² /s
Kinematische Viskosität, DIN 51562 T01/ASTM D-445/ASTM D 7042, 100°C	ca. 7 mm ² /s	ca. 9 mm ² /s	ca. 11 mm ² /s
Viskositätsindex, DIN ISO 2909	>= 90	>= 90	>= 90
ISO-Viskositätsklasse, DIN ISO 3448, ISO VG	46	68	100
Flammpunkt, DIN EN ISO 2592, Cleveland, offener Tiegel	>= 200 °C	>= 200 °C	>= 200 °C
Pourpoint, DIN ISO 3016	<= -20 °C	<= -15 °C	<= -15 °C
Schaumtest, ASTM D 892, ISO 6247, Sequenz I/24°C	<= 100/10 ml	<= 100/10 ml	<= 100/10 ml
Schaumtest, ASTM D 892, ISO 6247, Sequenz II/93,5°C	<= 100/10 ml	<= 100/10 ml	<= 100/10 ml
Schaumtest, ASTM D 892, ISO 6247, Sequenz III/24°C	<= 100/10 ml	<= 100/10 ml	<= 100/10 ml
Alterungsverhalten, ASTM D2893, Viskositätszunahme	<= 6 %	<= 6 %	<= 6 %
FZG-Fresstest, DIN ISO 14635-1, A/8,3/90, Schadenskraftstufe	>= 14	>= 14	>= 14
FZG-Fresstest, DIN ISO 14635-1 in Anlehnung, A/16,6/90, Schadenskraftstufe	>= 12	>= 12	>= 12
API Freßtragfähigkeit			
FAG FE8-Wälzlagertest, DIN 51819-3, D 7,5/80-80, Wälzkörperverschleiss	< 5 mg	< 5 mg	< 5 mg
FAG FE8-Wälzlagertest, DIN 51819-3, D 7,5/80-80, Käfigverschleiss	<= 200 mg	<= 200 mg	<= 200 mg
Korrosionsverhindernde Eigenschaften gegenüber Stahl, DIN ISO 7120, Verfahren A, 24h/60°C	kein Rost Korrosionsgrad	kein Rost Korrosionsgrad	kein Rost Korrosionsgrad
Korrosionswirkung auf Kupfer, DIN EN ISO 2160, 3h/100°C	1 - 100 Korrosionsgrad	1 - 100 Korrosionsgrad	1 - 100 Korrosionsgrad
Mindestlagerdauer ab Herstellung - bei Lagerung in trockenen, frostfreien Räumen und original verschlossenen Gebinden ca.	60 Monate	60 Monate	60 Monate



Klüberoil GEM 1 N

Hochleistungsgetriebe- und Mehrzwecköl auf Mineralölbasis
mit KlüberComp Lube Technology



Klüber Lubrication – your global specialist

Unsere Leidenschaft sind innovative tribologische Lösungen. Durch persönliche Betreuung und Beratung helfen wir unseren Kunden, erfolgreich zu sein – weltweit, in allen Industrien, in allen Märkten. Mit anspruchsvollen ingenieurtechnischen Konzepten und erfahrenen, kompetenten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern meistern wir seit über 80 Jahren die wachsenden Anforderungen an leistungsfähige und wirtschaftliche Spezialschmierstoffe.

**Klüber Lubrication München SE & Co. KG /
Geisenhausenerstraße 7 / 81379 München / Deutschland /
Telefon +49 89 7876-0 / Telefax +49 89 7876-333.**

Die Angaben in diesem Dokument basieren auf unseren allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sie sollen dem technisch erfahrenen Leser Hinweise für mögliche Anwendungen geben. Die Angaben beinhalten jedoch keine Zusicherung von Eigenschaften und keine Garantie der Eignung des Produkts für den Einzelfall. Sie entbinden den Anwender nicht davon, das ausgewählte Produkt vorher in der Anwendung zu testen. Alle Angaben sind Richtwerte, die sich am Schmierstoffaufbau, am vorgegebenen Einsatzzweck und an der Anwendungstechnik orientieren. Schmierstoffe ändern je nach Art der mechanischen, dynamischen, chemischen und thermischen Beanspruchung druck- und zeitabhängig ihre technischen Werte. Diese Veränderungen können Einfluss auf die Funktion von Bauteilen nehmen. Wir empfehlen grundsätzlich ein individuelles Beratungsgespräch und stellen auf Wunsch und nach Möglichkeit gerne Proben für Tests zur Verfügung. Klüber Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb behält sich Klüber Lubrication das Recht vor, alle technischen Daten in diesem Dokument jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern.

Herausgeber und Copyright: Klüber Lubrication München SE & Co. KG.
Nachdruck, auch auszugsweise, nur bei Quellenangabe und Zusendung eines Belegexemplars und nur nach Absprache mit Klüber Lubrication München SE & Co. KG gestattet.
