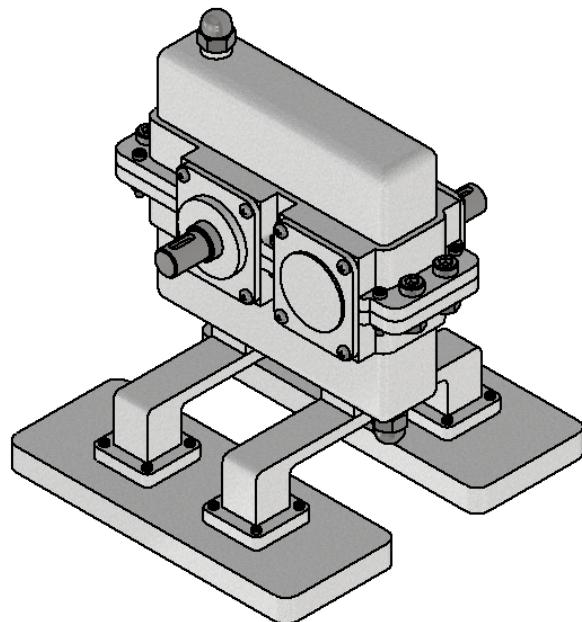


Konstruktionakte

Belegarbeit WiSe 2022/2023



Datum: 31.01.2023
Dozent: Peter Stenzel
Studiengang: Fahrzeugtechnik
Modul: Konstruktion 2
Erstellt durch: Matias Mikolas Dwigianto
Matrikel Nr.: 580780

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und alle benutzten Quellen und Hilfsmittel angegeben habe. Ich bin mir bewusst, dass die vorliegende Arbeit elektronisch auf Plagiate untersucht werden kann.



Berlin, den 31.01.2023C

Inhaltsverzeichnis

Montagebeschreibung des Getriebes	3
Berechnungen Vordimensionierung	6
Rechennachweise KISSsoft	8
Quellen	10
Handskizze	11
KISSsoft Protokolle	12

Montagebeschreibung des Getriebes

BAUTEILLISTE				
POS.	ANZAHL	BENENNUNG	Zeichn- NR.	MATERIAL / NORMBLATT
1	1	Abtriebswelle	01-K02	16 MnCr 5 (1) Einsatzgehärtet
2	1	Antriebswelle	02-K02	16 MnCr 5 (1) Einsatzgehärtet
3	1	Abtriebswellezahnrad	03-K02	16 MnCr 5 (1) Einsatzgehärtet
4	4	Sicherungsring		DIN 471 - 30 x 1,5
5	4	Kugellager, einreihig SKF		DIN 625 SKF - SKF 6006
6	1	Gehäuse tief	04-K02	Aluminium - Guss
7	1	Gehäuse hoch	05-K02	Aluminium - Guss
8	2	O-Ring		DIN 3771 - 60 x 3,55 - N - NBR 70
9	4	Zylinderkopfschraube		DIN 6912 - M10 x 30
10	4	Sechskantmutter		ISO 4032 - M10
11	6	Zylinderkopfschraube		DIN 6912 - M5 x 30
12	6	Sechskantmutter		ISO 4032 - M5
13	2	Zylinderkopfschraube		DIN 6912 - M6 x 30
14	2	Sechskantmutter		ISO 4032 - M6
15	2	Deckel Wellenende	06-K02	Aluminium - Guss
16	16	Spezifikation für Flachkopfschrauben mit Kreuzschlitz		IS 7483 - M5 x 10
17	2	Welledeckel	07-K02	Aluminium - Guss
18	1	Sicherungsring		DIN 471 - 35 x 1,5
19	2	Radial-Wellendichtringe 2 - metallbelegt		ISO 6194/1 - 25x47x7-Typ 2
20	2	Hutmutter		DIN 1587 - M14 - SW21
21	1	Schmierung		ISO-VG 220
22	1	Paßfeder		DIN 6885 - A 10 x 8 x 22
23	2	Gehäuseplatte	08-K02	Aluminium - Guss
24	24	Flachkopfschraube mit Schlitz		DIN 920 - M5 x 16
25	2	Bodenplatte	09-K02	Aluminium - Guss
Verantwortliche Abt. FB2 K02		Technische Referenz	Dokumentenart Stückliste	Dokumentenstatus freigegeben
 Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin University of Applied Sciences Matrikel Nr.580780		Erstellt durch M. M. Dwigianto	Titel, zusätzlicher Titel Einstufiges Getriebe	Zeichnungsnummer 00S-K02
Genehmigt von				Änd. Ausgabedatum 31.01.2023

Bild 1.: Stückliste der Getriebe

Wie wir auf dem Bild oben sehen können, gibt es 25 Bauteile, die für die Herstellung dieses Getriebes verwendet werden. Um mit der Konstruktion zu beginnen, ist es notwendig, zuerst das Gehäuse zu konstruieren. Auf Nummer (6) ist das Gehäuse tief, das ist der untere Teil des Gehäuses. In diesem Fall wird das Gehäuse horizontal geteilt, um einige Vorteile zu erzielen. Zum Beispiel ist es leichter zu konstruieren und die Wartung ist einfacher, weil wir das Getriebe nicht vollständig zerlegen müssen, um das Innere zu sehen. Der untere Teil des Gehäuses ist an einer Platte (23) befestigt, die es ermöglicht, genügend Platz für 4 Fußelemente zur Bodenbefestigung (25) zu haben.

Als nächstes werden die Wellen vorbereitet. Beginnen Sie mit der Antriebswelle (2). Zuerst wird das Lager montiert. Das Lager, das verwendet wird, ist DIN 625 SKF - SKF 6006 (5). Dieses Lager ist einreihig und nach den Berechnungen auf kissoft ist dieses Lager in der Lage, die Leistung des Getriebes auszuhalten. Nachdem das Lager auf beide Seiten der Antriebswelle geschoben wurde, muss es mit dem Sicherungsring (4) gesichert werden. Der Sicherungsring, der verwendet wird, ist DIN 471 - 30 x 1,5.

Danach müssen wir den Wellendichtring (19) am vorderen Ende der Welle anbringen, um ein Auslaufen des Öls während der Belastung zu vermeiden. Der hier verwendete Wellendichtring ist der ISO 6194/1- 25x47x7- Typ 2. Nun kann die Antriebswelle in das Gehäuse eingesetzt werden. Da sich die Welle drehen wird, wird die Hitze während der Belastung auf den Innenring der Umfanglast einwirken. Um den Spannungen und Fertigungstoleranzen entgegenzuwirken, muss daher das Innenlager als Loslager eingestellt und das Außenlager fest gestellt werden. Dies geschieht, indem man das Innenlager auf die Seite des Gehäuses setzt, die dünnere Wände hat und die andere Seite auf die dicke Wand, so dass sich das Lager nicht bewegt. Achten Sie darauf, die Antriebswelle auf der kurzen Seite des Gehäuses zu platzieren, da die Abtriebswelle ein größeres Zahnrad hat, das viel mehr Platz einnimmt.

Die gleichen Schritte gelten für die Abtriebswelle, aber da das Zahnrad getrennt wird, muss es zuerst gepaart werden. Um das Zahnrad (3) mit der Welle zu verbinden, wird zunächst die Passfeder (22) in der Mitte der Welle eingesetzt. Dadurch wird das Zahnrad mit der Welle verbunden, und die Spannung kann durch die Welle fließen. Die nach der Norm verwendete Passfeder ist DIN 6885 - A 10x8x22. Nach dem Aufsetzen der Passfeder und dem Einschieben des Zahnrades muss dieses mit einem weiteren Sicherungsring (18)

gesichert werden. Aufgrund des unterschiedlichen Durchmessers hat dieser andere Abmessungen (DIN 471 - 35 x 1,5). Danach können Sie die Schritte der vorherigen Antriebswelle an der Abtriebswelle wiederholen. Wenn alles an seinem Platz ist, können wir das Getriebe mit dem oberen Gehäuse (7) schließen. Sichern Sie die Umgebung des Getriebes mit der Zylinderkopfschraube (9,11,13) und passen Sie die Größe der Schraube an die Löcher an. Verwenden Sie dann die Sechskantmutter (10,12,14), um alle Schrauben zu befestigen.

Das Getriebe ist nun fast fertig gebaut. Als nächstes werden die Wellen mit den Abdeckungen (15 und 17) verschlossen. Setzen Sie die Abdeckung (15) auf das Ende der Welle und sichern Sie sie mit den Flanschkopfschrauben (16). Wiederholen Sie den Schritt mit der anderen Abdeckung für die Welle, die sich außerhalb des Getriebes befindet. Diese Abdeckung deckt die Welle nicht vollständig ab, so dass sie angeschlossen werden kann und noch drehbar ist. Vor dem Anbringen der Deckel für das Wellenende den O-Dichtring (8) anbringen, um das Austreten von Öl zu verhindern. Da das Schaftende geschlossen ist, kann der O-Ring das Auslaufen des Öls sehr effektiv verhindern und im Gegensatz zum Wellendichtring (19) den durch die Dichtung verursachten Widerstand verringern. Nun zum letzten Schritt. Verschließen Sie das untere Loch des Ölablasses mit der Hutmutter (20). Füllen Sie ausreichend Öl (21) von oben in das Getriebe ein. Verschließen Sie den Deckel mit der anderen Hutmutter (20). Das Getriebe ist nun fertig gebaut.

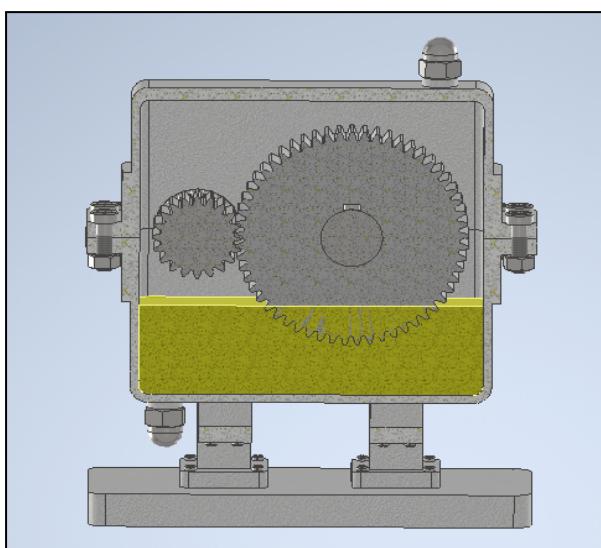


Bild 2.: Öl Schmierung

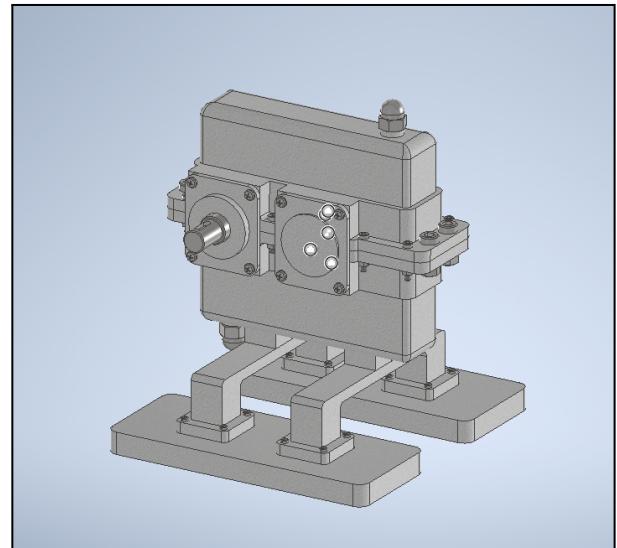


Bild 3.: Zusammenbau des Getriebes

Berechnungen Vordimensionierung

Basis DIN 3990 - Methode D

$$\text{Geg.: } n_{\text{an}} = 4250 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{\text{ab}} = 1475 \text{ min}^{-1}$$

$$P_{\text{an}} = 15900 \text{ W}$$

$$c_B = 1,25 \text{ kA}$$

Lebensdauer des Getriebes = 20.000 h

Stoff der Stirnrad:

16 MnCr 5 einsetzgehärtet

$$\rightarrow T_{t,zu} = 36$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$x_1 = x_2 = 0$$

$$- M_{\text{an}} = \frac{P_{\text{an}}}{2\pi \cdot n_{\text{an}}} = \frac{15900 \text{ W}}{2\pi \cdot 4250 \text{ min}^{-1}} \cdot 60 \approx 35,73 \text{ Nm}$$

- Mindest Wellendurchmesser:

$$d_{\text{an}} \geq \sqrt[3]{\frac{1b \times M_t}{\pi \times T_{t,zu}}}$$

$$d_{\text{an}} = \sqrt[3]{\frac{1b \times 35,73 \cdot 100 \text{ Nmm}}{\pi \times 36}} \approx 17,16 \text{ mm}$$

$$d_{\text{an}} = 17 \text{ mm}$$

- Teilkreisdurchmesser Berechnung

$$d = m \cdot z$$

→ Modul m auswählen

$$m = 3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= 3 \text{ mm} \cdot z_{\text{an}} & d_2 &= 3 \text{ mm} \cdot z_{\text{ab}} \\ &= 3 \text{ mm} \cdot 23 & &= \frac{3}{\text{mm}} \cdot 67 \\ &\approx 89 \text{ mm} & &= 201 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Besucht:
- Moment an der Antriebswelle M_{an} [Nm]
 - Wellendurchmesser d_{a} [mm]
 - Übersetzungsverhältnis
 - Zähnezahl
 - Berechnung des Teilkreisdurchmessers d [mm]
 - Ermittlung des Achsabstandes a [mm]
 - Faktoren zur Vordimensionierung
 - Berechnung der Zahnbreite b [mm]
 - Berechnung Passfeder

- Übersetzungsverhältnis

$$i = \frac{n_{\text{an}}}{n_{\text{ab}}} = \frac{z_{\text{ab}}}{z_{\text{an}}}$$

$$i_{\text{soll}} = \frac{n_{\text{an}}}{n_{\text{ab}}}$$

$$i_{\text{soll}} \approx 2,88$$

$$\Delta i = i_{\text{soll}} \cdot 3\% \\ = 0,0864$$

$$i = i_{\text{soll}} \pm \Delta i \\ = 2,88 \pm 0,0864$$

- Zähnezahl

$$z_{\text{th}} = 17$$

$z_{\text{an}} \geq 17 \rightarrow$ muss primzahl

$$\downarrow \\ z_{\text{an}} = 23$$

$$\begin{aligned} z_{\text{ab}} &= i \cdot z_{\text{an}} \\ &= 66,24 \rightarrow 67 \end{aligned}$$

- Achsabstand

$$a = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}$$

$$= \frac{3 \text{ mm} \cdot (23 + 67)}{2}$$

$$= 135 \text{ mm}$$

- Grundkreis

$$d_b = d \cdot \cos \alpha$$

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha$$

$$\approx 64,84 \text{ mm}$$

$$\approx 65 \text{ mm}$$

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \beta$$

$$\approx 188,88 \text{ mm}$$

$$\approx 189 \text{ mm}$$

- Kopfkreis

$$d_a = d + 2 \cdot h_a$$

$$h_a = m$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$$

$$= 75 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m$$

$$= 207 \text{ mm}$$

- Fußkreis

$$d_f = d - 2 \cdot h_f$$

$$h_f = m(1+t)$$

$$= m(1+0,25)$$

$$= 3 \text{ mm} (1,25)$$

$$= 3,75 \text{ mm}$$

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot h_f$$

$$= 69 \text{ mm} - 2 \cdot 3,75 \text{ mm}$$

$$= 61,5 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 62 \text{ mm}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot h_f$$

$$= 201 - 2 \cdot 3,75 \text{ mm}$$

$$= 193,5 \text{ mm}$$

$$\rightarrow 194 \text{ mm}$$

- Maximale Breite

$$m = 3 \text{ mm}$$

$$\lambda \leq 25 \rightarrow \text{steifes Gehäuse}$$

$$\text{guter Lagerung}$$

$$b = \lambda \cdot m$$

$$= 75 \text{ mm}$$

minimale Breite

$$m_n \text{ nach Zahnflankentragfähigkeit}$$

$$m_n = \sqrt{\frac{2 M_{k, \text{max}} \cdot \cos \beta \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot Y_p}{Z_e \cdot G_{HP}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 35,73 \text{ Nmm} \cdot \cos(27) \cdot 4,14 \cdot 1 \cdot 100}{23 \cdot 25 \cdot 1470 \text{ N/mm}^2}}$$

$$= 2,910 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{HP} = 4470 \text{ N/mm}^2$$

$$\approx 0,53 \text{ mm}$$

$$b = \lambda \cdot m_n$$

$$= 25 \cdot 0,53 \text{ mm}$$

$$= 13,25 \text{ mm}$$

m_n nach Zahnflankenlasttragfähigkeit

$$m_n = \sqrt{\frac{v+1}{v} \cdot \frac{2 M_{k, \text{max}} \cos^3 \beta \cdot Z_E^2 \cdot Z_W^2 \cdot Z_T^2}{\lambda \cdot Z_1^2 \cdot G_{HP}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2,88+1}{2,88} \cdot \frac{2 \cdot 35,73 \text{ Nmm} \cdot 100 \cdot 1^2 \cdot (190 \text{ N/mm}^2)^2 \cdot 2,49^2 \cdot 1^2}{25 \cdot 13^2 \cdot 490^2}}$$

$$\approx 0,6$$

$$b = \lambda \cdot m_n$$

$$= 25 \cdot 0,6$$

$$= 15 \text{ mm}$$

$$U = i$$

$$Z_E \text{ st, st} = 190 \sqrt{\text{N/mm}^2}$$

$$\sigma_{HP} = \sigma_{k, \text{lim}} / S_H$$

$$S_H = 3$$

$$= \frac{1470 \text{ N/mm}^2}{3}$$

$$490 \text{ N/mm}^2$$

- Passfeder

- Form A



$$P = \frac{2 \cdot M_k}{D_F \cdot (h - t_1) \cdot l_{kr} \cdot i \cdot \varphi} \leq P_{zul}$$

$$D_F = 17 \text{ mm}$$

$$v = n = 1$$

$$d_1 = 17 \text{ mm}$$

$$h = 5 \text{ mm}$$

$$t_1 = 3 \text{ mm}$$

$$M_k = M_{k, \text{max}} = 35,73 \text{ Nmm}$$

$$= 35,730 \text{ Nmm}$$

$$i = 2,88$$

$$l_{kr} = 1 - b$$

$$= 20 - 6 = 14 \text{ mm}$$

$$P = 52,1271 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{zul} \text{ Stahl} = 150 \text{ N/mm}^2$$

$$P \leq P_{zul}$$

Rechennachweise KISSsoft

Berechnung eines geradverzahnten Stirnradpaars

Gegeben:

Leistung (kW):	15,9
Drehzahl n1 (1/min):	4250
Drehmoment T1 (Nm):	35,7256
Anwendungsfaktor:	1,25
Geforderte Lebensdauer (h):	20.000

Berechnet:

Achsabstand (mm):	87mm
Zähnezahl:	$z_1 = 20$
	$z_2 = 57$
Zahnbreite:	$b_1 = 30,2980$
	$b_2 = 29,2980$
Kopfkreisdurchmesser (mm)	$d_{a1} = 51,014$
	$d_{a2} = 131,974$
Fusskreisdurchmesser (mm)	$d_{f1} = 40,901$
	$d_{f2} = 121,861$
Teilkreisdurchmesser (mm)	$d_1 = 45$
	$d_2 = 128,250$

Lager

Berechnet:

antriebswelle

Nominelle Lagerlebensdauer:	$L_{10r} = 3634,125$
	$L_{nr} = 14251,469$
Statischer Sicherheitsfaktor:	$s_{0w} = 10,123$
	$s_{0ref} = 8,445$

Lagerbauform: Loslager-festlager

abtriebswelle

Nominelle Lagerlebensdauer: $L_{10r} = 3147,641$
 $L_{nr} = 36,179,780$
Statischer Sicherheitsfaktor: $s_{0w} = 9,638$
 $s_{0ref} = 8,029$
Lagerbauform: Loslager-festlager

Passfeder

Berechnet:

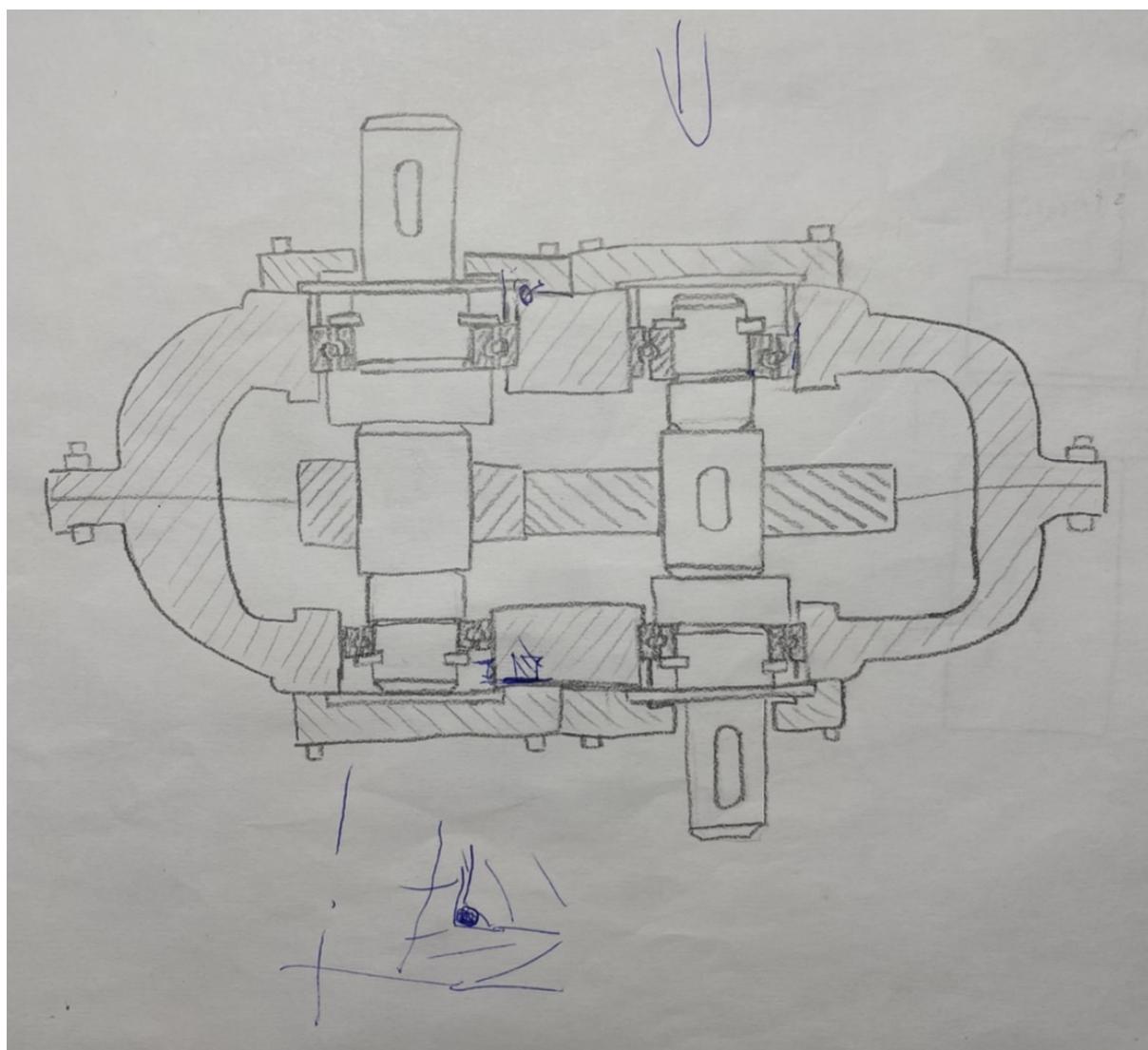
Passfederbreite (mm): 10
Passfederhöhe (mm): 8
Tragende Passfederlänge (mm): 10
Minimale Sicherheit: Welle= 1
 Nabe= 1,17

Eine Vorschau aller verwendeten Protokolle finden Sie auf der letzten Seite.

Quellen

- [1] Gomeringer, Roland et al (2019): tabellenbuch Metall.
- [2] Stenzel, P. (2022): Übungskripte. Moodle E59 Konstruktion 2 (BÜ)
- [3] Koerbitz, Uwe: Waelzlager-festlager-loslager.
<https://www.konstruktionsatlas.de/antriebstechnik/waelzlager-festlager-loslager.php>
Gesehen am 30.01.2023 um 12:15 Uhr

Handskezze



KISSsoft Protokolle

Berechnung eines geradverzahnten Stirnradpaars

Stirnrad

Geändert am
31.01.2023, 07:41:54
Geändert von
Matias Nicky

Inhalt

1	Meldungen	3
2	Übersicht	3
3	Zahngeometrie und Werkstoff	3
3.1	Werkstoff	3
3.2	Bezugsprofile	4
3.3	Schmierung	4
3.4	Zahnradpaar	4
3.5	Rad 1	5
3.6	Rad 2	5
3.7	Radspezifische Paardaten Zahnradpaar 1, Rad 1	6
3.8	Radspezifische Paardaten Zahnradpaar 1, Rad 2	6
4	Allgemeine Einflussfaktoren	7
5	Zahnfuss-Tragfähigkeit	7
6	Flankensicherheit	8
7	Micropitting (Graufleckigkeit)	8
8	Fresstragfähigkeit	9
8.1	Blitztemperatur-Kriterium	9
8.2	Integraltemperatur-Kriterium	9
9	Prüfmasse für die Zahndicke	9
10	Verzahnungstoleranzen	10
11	Korrekturen und Bestimmung der Zahnform	11
11.1	Daten zur Zahnformberechnung	11
12	Ergänzende Daten	11
13	Lebensdauer, Schädigung	11
14	Bemerkungen	11

1 Meldungen

Es sind während der Berechnung keine Meldungen aufgetreten.

2 Übersicht

Rechenmethode ISO 6336:2019

Zeichnungs- oder Artikelnummer:

Rad 1:	0.000.0	
Rad 2:	0.000.0	
----- Rad 1 ----- Rad 2 --		

Leistung (kW)	[P]	15.900	
Drehzahl (1/min)	[n]	4250.0	1491.2
Drehmoment (Nm)	[T]	35.7	101.8
Anwendungsfaktor	[KA]	1.25	
Geforderte Lebensdauer (h)	[H]	20000.00	
Rad treibend (+) / getrieben (-)		+	-
Arbeitsflanke Rad 1:	Rechte Flanke		
Drehrichtung Rad 1:	im Uhrzeigersinn		

3 Zahngeometrie und Werkstoff

Geometrieberechnung nach ISO 21771:2007, DIN ISO 21771:2014

				----- Rad 1 ----- Rad 2 --
Achsabstand (mm)	[a]	87.000		
Achsabstandstoleranz		ISO 286:2010 Abmass js7		
Normalmodul (mm)	[mn]	2.2500		
Normaleingriffswinkel (°)	[αn]	20.0000		
Schrägungswinkel am Teilkreis (°)	[β]	0.0000		
Zähnezahl	[z]	20	57	
Zahnbreite (mm)	[b]	30.30	29.30	
Schrägungsrichtung		Geradverzahnt		
Verzahnungsqualität		[Q-DIN ISO 1328:2018]	A6 A6	
Innendurchmesser (mm)	[di]	0.00	0.00	
Innendurchmesser der Bandage (mm)	[dbi]	0.00	0.00	

3.1 Werkstoff

Rad 1

16 MnCr 5 (1), Einsatzstahl, einsatzgehärtet
 ISO 6336-5 Bild 9/10 (MQ), Kernhärte >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28
 Rad 2

16 MnCr 5 (1), Einsatzstahl, einsatzgehärtet
 ISO 6336-5 Bild 9/10 (MQ), Kernhärte >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28

Oberflächen-Härte		HRC 59	HRC 59
Werkstoff-Behandlung nach ISO 6336:2006 Normal, Lebensdauerfaktoren ZNT und YNT >=0.85			
Dauerfestigk. Zahnfussspannung (N/mm ²)	[σFlim]	430.00	430.00
Dauerfestig. Hertzsche Pressung (N/mm ²)	[σHlim]	1500.00	1500.00
Bruchfestigkeit (N/mm ²)	[σB]	1000.00	1000.00
Streckgrenze (N/mm ²)	[σS]	695.00	695.00
Elastizitätsmodul (N/mm ²)	[E]	206000	206000
Poissonzahl	[ν]	0.300	0.300
Mittenrauhwert Ra, Flanke (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Mittenrauhwert Ra, Fuss (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Gemittelte Rauhtiefe Rz, Flanke (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Gemittelte Rauhtiefe Rz, Fuss (μm)	[RZF]	20.00	20.00

3.2 Bezugsprofile

Bezugsprofil von Rad 1:

Bezugsprofil	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Profil A
Fusshöhenfaktor	[hfP*] 1.250
Fussradiusfaktor	[pfP*] 0.380 ($\text{pfPmax}^* = 0.472$)
Kopfhöhenfaktor	[haP*] 1.000
Kopfradiusfaktor	[paP*] 0.000
Protuberanzhöhenfaktor	[hprP*] 0.000
Protuberanzwinkel	[qprP] 0.000
Kopfformhöhenfaktor	[hFaP*] 0.000
Kantenbrechflankenwinkel	[αKP] 0.000 nicht überschneidend

Bezugsprofil von Rad 2:

Bezugsprofil	1.25 / 0.38 / 1.0 ISO 53:1998 Profil A
Fusshöhenfaktor	[hfP*] 1.250
Fussradiusfaktor	[pfP*] 0.380 ($\text{pfPmax}^* = 0.472$)
Kopfhöhenfaktor	[haP*] 1.000
Kopfradiusfaktor	[paP*] 0.000
Protuberanzhöhenfaktor	[hprP*] 0.000
Protuberanzwinkel	[qprP] 0.000
Kopfformhöhenfaktor	[hFaP*] 0.000
Kantenbrechflankenwinkel	[αKP] 0.000 nicht überschneidend

3.2.1 Angaben für die Fertigbearbeitung

Fusshöhe Bezugsprofil	[hfP*]	1.250	1.250
Fussradius Bezugsprofil	[pfP*]	0.380	0.380
Kopfhöhe Bezugsprofil	[haP*]	1.000	1.000
Protuberanzhöhenfaktor	[hprP*]	0.000	0.000
Protuberanzwinkel (°)	[qprP]	0.000	0.000
Kopfformhöhenfaktor	[hFaP*]	0.000	0.000
Kantenbrechflankenwinkel (°)	[αKP]	0.000	0.000

Art der Profilkorrektur:

Kopfrücknahme, durch Einlaufen (μm)

keine (nur Einlaufbetrag)

[Ca L/R] 2.0 / 2.0 2.0 / 2.0

3.3 Schmierung

Schmierungsart	Öl-Tauchschmierung
Ölsorte	ISO-VG 220
Schmierstoff-Basis	Mineralöl-Basis
Kinematische Nennviskosität Öl bei 40°C (mm²/s)	[v40] 220.00
Kinematische Nennviskosität Öl bei 100°C (mm²/s)	[v100] 17.50
Spezifische Dichte bei 15°C (kg/dm³)	[ρ] 0.895
Öltemperatur (°C)	[TS] 70.000

3.4 Zahnradpaar

Gesamtübersetzung	[itot]	-2.850
Zähnezahlverhältnis	[u]	2.850
Stirmodul (mm)	[mt]	2.250
Stirneingriffswinkel (°)	[at]	20.000
Betriebseingriffswinkel (°)	[awt]	20.668
	[awt.e/i]	20.698 /20.637
Betriebseingriffswinkel im Normalschnitt (°)	[awn]	20.668
Schrägungswinkel am Wälzkreis (°)	[βw]	0.000
Grundschrägungswinkel (°)	[βb]	0.000
Nullachsabstand (mm)	[ad]	86.625
Teilkreisteilung (mm)	[pt]	7.069
Grundkreisteilung (mm)	[pbt]	6.642
Stirneingriffsteilung (mm)	[pet]	6.642
Profilverschiebungsfaktorsumme	[Σxi]	0.1693
Profilüberdeckung	[εα]	1.574
Profilüberdeckung mit Abmassen	[εa.e/m/i]	1.582 /1.568 /1.555
Sprungüberdeckung	[εβ]	0.000

Gesamtüberdeckung	[εγ]	1.574
Gesamtüberdeckung mit Abmassen	[εγ.e/m/i]	1.582 /1.568 /1.555
Länge der Eingriffsstrecke (mm)	[ga, e/i]	10.455 (10.505 / 10.330)
Länge T1-A (mm)	[T1A]	3.813 (3.764 / 3.912)
Länge T1-B (mm)	[T1B]	7.626 (7.626 / 7.599)
Länge T1-C (mm)	[T1C]	7.976 (7.963 / 7.989)
Länge T1-D (mm)	[T1D]	10.455 (10.406 / 10.554)
Länge T1-E (mm)	[T1E]	14.268 (14.268 / 14.242)
Länge T2-A (mm)	[T2A]	26.894 (26.894 / 26.844)
Länge T2-B (mm)	[T2B]	23.081 (23.031 / 23.157)
Länge T2-C (mm)	[T2C]	22.731 (22.694 / 22.768)
Länge T2-D (mm)	[T2D]	20.251 (20.251 / 20.202)
Länge T2-E (mm)	[T2E]	16.438 (16.389 / 16.515)
Länge T1-T2 (mm)	[T1T2]	30.707 (30.657 / 30.756)
Minimale Berührlinienlänge (mm)	[Lmin]	29.298

3.5 Rad 1

Profilverschiebungsfaktor	[x]	0.3392
Zahndicke, Bogen, in Modul	[sn*]	1.8177
Kopfhöhenänderung (mm)	[k*mn]	-0.006
Teilkreisdurchmesser (mm)	[d]	45.000
Grundkreisdurchmesser (mm)	[db]	42.286
Kopfkreisdurchmesser (mm)	[da]	51.014
(mm)	[da.e/i]	51.014 /50.984
Kopfkreisabmasse (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /-0.030
Kopfformkreisdurchmesser (mm)	[dFa]	51.014
(mm)	[dFa.e/i]	51.014 /50.984
Fusskreisdurchmesser (mm)	[df]	40.901
Erzeugungsprofilverschiebungsfaktor	[xE.e/i]	0.3062 /0.2879
Erzeugter Fusskreis mit xE (mm)	[df.e/i]	40.753 /40.671
Fussformkreisdurchmesser (mm)	[dFf]	42.813
(mm)	[dFf.e/i]	42.748 /42.713
Evolventenlänge (mm)	[l_dFa_l_dFf]	4.549
Kopfhöhe, $m_n(h_{ap}^*+x+k)$ (mm)	[ha]	3.007
(mm)	[ha.e/i]	3.007 /2.992
Fusshöhe (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	2.049
(mm)	[hf.e/i]	2.123 /2.165
Zahnhöhe (mm)	[h]	5.056
Ersatz-Zähnezahl	[zn]	20.000
Normalzahndicke am Kopfkreis	(mm) [san]	1.254
(mm)	[san.e/i]	1.213 /1.159
Normalzahndicke am Kopfformkreis (mm)	[sFan]	1.254
(mm)	[sFan.e/i]	1.213 /1.159
Normal-Lückenweite am Fusskreis	(mm) [efn]	0.000
(mm)	[efn.e/i]	0.000 /0.000

3.6 Rad 2

Profilverschiebungsfaktor	[x]	-0.1699
Zahndicke, Bogen, in Modul	[sn*]	1.4472
Kopfhöhenänderung (mm)	[k*mn]	-0.006
Teilkreisdurchmesser (mm)	[d]	128.250
Grundkreisdurchmesser (mm)	[db]	120.516
Kopfkreisdurchmesser (mm)	[da]	131.974
(mm)	[da.e/i]	131.974 /131.934
Kopfkreisabmasse (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /-0.040
Kopfformkreisdurchmesser (mm)	[dFa]	131.974
(mm)	[dFa.e/i]	131.974 /131.934
Fusskreisdurchmesser (mm)	[df]	121.861
Erzeugungsprofilverschiebungsfaktor	[xE.e/i]	-0.2279 /-0.2584
Erzeugter Fusskreis mit xE (mm)	[df.e/i]	121.600 /121.462
Fussformkreisdurchmesser (mm)	[dFf]	123.833

(mm)	[dFf.e/i]	123.660	/123.571
Evolventenlänge (mm)	[l_dFa-l_dFf]	4.320	
Kopfhöhe, $m_n(h_{ap}^*+x+k)$ (mm)	[ha]	1.862	
(mm)	[ha.e/i]	1.862	/1.842
Fusshöhe (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	3.195	
(mm)	[hf.e/i]	3.325	/3.394
Zahnhöhe (mm)	[h]	5.056	
Ersatz-Zähnezahl	[zn]	57.000	
Normalzahndicke am Kopfkreis	(mm) [san]	1.817	
(mm)	[san.e/i]	1.736	/1.667
Normalzahndicke am Kopfformkreis (mm)	[sFan]	1.817	
(mm)	[sFan.e/i]	1.736	/1.667
Normal-Lückenweite am Fusskreis	(mm) [efn]	1.941	
(mm)	[efn.e/i]	1.990	/2.017

3.7 Radspezifische Paardaten Zahnradpaar 1, Rad 1

Wälzkreisdurchmesser (mm)	[dw]	45.195	
(mm)	[dw.e/i]	45.204	/45.186
Kopfnutzkreisdurchmesser (mm)	[dNa]	51.014	
(mm)	[dNa.e/i]	51.014	/50.984
Kopfspiel theoretisch (mm)	[c]	0.562	
Kopfspiel effektiv (mm)	[c.e/i]	0.794	/0.675
Fussnutzkreisdurchmesser (mm)	[dNf]	42.968	
(mm)	[dNf.e/i]	43.004	/42.951
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.145	/0.102
Max. Gleitgeschwindigkeit am Kopf (m/s)	[vga]	3.783	
Spezifisches Gleiten am Kopf	[ζa]	0.596	
Spezifisches Gleiten am Fuss	[ζf]	-1.475	
Mittleres spezifisches Gleiten	[ζm]	0.596	
Gleitfaktor am Kopf	[Kga]	0.376	
Gleitfaktor am Fuss	[Kgf]	-0.249	
Wälzwinkel zu dFa (°)	[ξdFa.e/i]	38.666	/38.593
Wälzwinkel zu dNa (°)	[ξdNa.e/i]	38.666	/38.593
Wälzwinkel zu dNf (°)	[ξdNf.e/i]	10.601	/10.199
Wälzwinkel zu dFf (°)	[ξdFf.e/i]	8.487	/8.160
Durchmesser Einzeleingriffspunkt B (mm)	[d-B]	44.953	(44.953 / 44.935)
Durchmesser Einzeleingriffspunkt D (mm)	[d-D]	47.174	(47.130 / 47.262)
Kopfüberdeckung	[ε]	0.947	(0.949 / 0.941)

3.8 Radspezifische Paardaten Zahnradpaar 1, Rad 2

Wälzkreisdurchmesser (mm)	[dw]	128.805	
(mm)	[dw.e/i]	128.831	/128.779
Kopfnutzkreisdurchmesser (mm)	[dNa]	131.974	
(mm)	[dNa.e/i]	131.974	/131.934
Kopfspiel theoretisch (mm)	[c]	0.562	
Kopfspiel effektiv (mm)	[c.e/i]	0.715	/0.619
Fussnutzkreisdurchmesser (mm)	[dNf]	124.919	
(mm)	[dNf.e/i]	124.960	/124.893
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.695	/0.617
Max. Gleitgeschwindigkeit am Kopf (m/s)	[vga]	2.503	
Spezifisches Gleiten am Kopf	[ζa]	0.596	
Spezifisches Gleiten am Fuss	[ζf]	-1.474	
Mittleres spezifisches Gleiten	[ζm]	0.596	
Gleitfaktor am Kopf	[Kga]	0.249	
Gleitfaktor am Fuss	[Kgf]	-0.376	
Wälzwinkel zu dFa (°)	[ξdFa.e/i]	25.572	/25.525
Wälzwinkel zu dNa (°)	[ξdNa.e/i]	25.572	/25.525
Wälzwinkel zu dNf (°)	[ξdNf.e/i]	15.703	/15.583
Wälzwinkel zu dFf (°)	[ξdFf.e/i]	13.174	/12.983
Durchmesser Einzeleingriffspunkt B (mm)	[d-B]	129.054	(129.018 / 129.108)
Durchmesser Einzeleingriffspunkt D (mm)	[d-D]	127.140	(127.140 / 127.108)
Kopfüberdeckung	[ε]	0.627	(0.632 / 0.614)

4 Allgemeine Einflussfaktoren

		----- Rad 1 -----	Rad 2 --
Nennumfangskraft im Teilkreis (N)	[Ft]	1587.8	
Axialkraft (N)	[Fa]	0.0	
Radialkraft (N)	[Fr]	577.9	
Normalkraft (N)	[Fnorm]	1689.7	
Nennumfangskraft pro mm (N/mm)	[w]	54.19	
Nur zur Information: Kräfte im Wälzkreis:			
Nennumfangskraft (N)	[Ftw]	1581.0	
Axialkraft (N)	[Faw]	0.0	
Radialkraft (N)	[Frw]	596.4	
Umfangsgeschwindigkeit Teilkreis (m/s)	[v]	10.01	
Umfangsgeschwindigkeit Wälzkreis (m/s)	[v(dw)]	10.06	
Einlaufbetrag (μm)	[yp]	0.6	
Einlaufbetrag (μm)	[yf]	0.7	
Korrekturfaktor	[CM]	0.800	
Radkörperfaktor	[CR]	1.000	
Bezugsprofilfaktor	[CBS]	0.975	
Materialefaktor	[E/Est]	1.000	
Einzelfedersteifigkeit (N/mm/ μm)	[c $\ddot{\alpha}$]	12.391	
Eingriffsfedersteifigkeit (N/mm/ μm)	[c $\gamma\alpha$]	17.726	
Eingriffs-federsteifigkeit (N/mm/ μm)	[c $\gamma\beta$]	15.067	
Reduzierte Masse (kg/mm)	[mRed]	0.00673	
Resonanzdrehzahl (min-1)	[nE1]	24502	
Bezugsdrehzahl (-)	[N]	0.173	
Unterkritischer Bereich			
Einlaufbetrag (μm)	[y α]	0.7	
Lagerdistanz l der Ritzelwelle (mm)	[l]	60.600	
Distanz s der Ritzelwelle (mm)	[s]	6.060	
Aussendurchmesser der Ritzelwelle (mm)	[dsh]	30.300	
Belastung nach Bild 13, ISO 6336-1:2006 0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)	[·]	4	
Faktor K' nach Bild 13, ISO 6336-1:2006	[K']	-1.00	
Ohne Stützwirkung			
Flankenlinienabweichung von Verformung der Wellen (μm)	wirksame (μm) [F $\beta\gamma$] [fsh*B1]	5.09 0.38	
fsh = (μm) 0.38 B1 = 1.00 fH β 5 = (μm) 6.50			
Zahn ohne Flankenlinien-Korrektur			
Lage des Tragbildes : von Fertigungstoleranzen (μm)	günstig [fma*B2]	12.73	
B2= 1.00			
Flankenlinienabweichung, theoretisch (μm)	[F β x]	5.99	
Einlaufbetrag (μm)	[y β]	0.90	
Dynamikfaktor	[Kv]	1.205	
Breitenfaktoren - Flanke	[KH β]	1.470	
- Zahnfuss	[KF β]	1.375	
- Fressen	[KB β]	1.470	
Stirnfaktoren - Flanke	[KHa]	1.096	
- Zahnfuss	[KF α]	1.096	
- Fressen	[KB α]	1.096	
Lastwechselzahl (in Mio.)	[NL]	5100.000	1789.474

5 Zahnfuss-Tragfähigkeit

Rechnung der Zahnformfaktoren nach Methode: B

		----- Rad 1 -----	Rad 2 --
Berechnet mit Erzeugungsprofilverschiebungsfaktor	[xE.i]	0.2879	-0.2584
Zahnformfaktor	[YF]	1.35	1.68
Spannungskorrekturfaktor	[YS]	2.06	1.80

Kraftangriffswinkel ($^{\circ}$)	[α_{Fen}]	22.38	19.70
Einflussfaktor für Lastverteilung	[f_{ε}]	1.000	
Kraftangriffsduurchmesser (mm)	[d_{er}]	47.174	129.054
Biegehebelarm (mm)	[h_F]	2.28	2.83
Zahnfussdicke (mm)	[s_{Fn}]	4.73	4.77
Zahnfussradius (mm)	[p_F]	1.08	1.30
Biegehebelarm (-)	[h_F/mn]	1.014	1.257
Zahnfussdicke (-)	[s_{Fn}/mn]	2.103	2.120
Zahnfussradius (-)	[p_F/mn]	0.479	0.576
Berechnungsquerschnitt-Durchmesser (mm)	[d_{sFr}]	41.438	122.448
Tangente am Berechnungsquerschnitt ($^{\circ}$)	[α_{sFr}]	30.000	30.000
Kerbparameter	[q_s]	2.198	1.841
Schrägenfaktor	[$Y\beta$]	1.000	
Hochverzahnungs-Faktor	[YDT]	1.000	
Zahnkranz-Faktor	[YB]	1.00	1.00
Massgebende Zahnbreite (mm)	[b_{eff}]	30.30	29.30
Zahnfuss-Nennspannung (N/mm 2)	[σF_0]	65.07	72.86
Zahnfussspannung (N/mm 2)	[σF]	147.61	165.29
Zulässige Zahnfussspannung von Prüf-Zahnrad			
Stützziffer	[Y_{drelT}]	0.997	0.993
Oberflächenfaktor	[Y_{RrelT}]	0.957	0.957
Größenfaktor, Zahnfuss	[Y_X]	1.000	1.000
Lebensdauerfaktor	[Y_{NT}]	0.862	0.880
$Y_{drelT} * Y_{RrelT} * Y_X * Y_{NT}$		0.822	0.836
Wechselbiegungsfaktor, Mittelspannungseinflussfaktor	[Y_M]	1.000	1.000
Spannungskorrekturfaktor	[YST]	2.00	
$YST * \sigma_{Flim}$ (N/mm 2)	[σ_{FE}]	860.00	860.00
Zulässige Zahnfussspannung $\sigma_{FG/SFmin}$ (N/mm 2)	[σ_{FP}]	504.86	513.66
Zahnfuss-Grenzfestigkeit (N/mm 2)	[σ_{FG}]	706.80	719.13
Sollsicherheit	[SF_{min}]	1.40	1.40
Sicherheitsfaktor für Zahnfussspannung	[$SF = \sigma_{FG} / \sigma_F$]	4.79	4.35
Übertragbare Leistung (kW)	[$kWRating$]	54.38	49.41

6 Flankensicherheit

		----- Rad 1 ----- Rad 2 --	
Zonenfaktor	[Z_H]	2.450	
Elastizitätsfaktor ($\sqrt{N/mm^2}$)	[Z_E]	189.812	
Überdeckungsfaktor	[Z_{ε}]	0.899	
Schrägenfaktor	[$Z\beta$]	1.000	
Massgebende Zahnbreite (mm)	[b_{eff}]	29.30	
Nominelle Flankenpressung (N/mm 2)	[σ_{H0}]	533.47	
Flankenpressung am Wälzkreis (N/mm 2)	[σ_{Hw}]	830.77	
Einzeleingriffs-Faktor	[$Z_{B,ZD}$]	1.01	1.00
Flankenpressung (N/mm 2)	[σ_{HB}, σ_{HD}]	843.14	830.77
Schmierstoff-Faktor, bei NL	[Z_L]	1.020	1.020
Geschwindigkeitsfaktor bei NL	[Z_V]	1.000	1.000
Rauhigkeitsfaktor bei NL	[Z_R]	0.950	0.950
Werkstoffpaarungsfaktor bei NL	[Z_W]	1.000	1.000
Lebensdauerfaktor	[Z_{NT}]	0.868	0.896
Eine gewisse Grübchenbildung zulässig:	[$Z_L * Z_V * Z_R * Z_{NT}$]	0.841	0.868
nein			
Größenfaktor, Flanke	[Z_X]	1.000	1.000
Zulässige Flankenpressung, $\sigma_{HG/SHmin}$ (N/mm 2)	[σ_{HP}]	840.57	868.01
Grübchen-Grenzfestigkeit (N/mm 2)	[σ_{HG}]	1260.86	1302.02
Sollsicherheit	[SH_{min}]	1.50	1.50
Sicherheit für Flankenpressung Wälzkreis	[SH_w]	1.52	1.57
Sicherheit für Pressung, σ_{HG}/σ_{HBD} Einzeleingriff	[SH_{BD}]	1.50	1.57
Sicherheit bezüglich übertragbares Drehmoment	[$(SH_{BD})^2$]	2.24	2.46
Übertragbare Leistung (kW)	[$kWRating$]	15.80	17.36

7 Micropitting (Graufleckigkeit)

Rechenmethode nach ISO/TS 6336-22:2018
Berechnung nicht durchgeführt, Schmierstoff: Laststufe Micropitting-Test nicht bekannt

8 Fresstragfähigkeit

Rechenmethode nach	DIN 3990:1987
Schrägungsfaktor Fressen	[KBy] 1.000
Schmierungsfaktor für Schmierungsart	[XS] 1.000
Fresstest und Laststufe	[FZGtest] FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1) 12
Relativer Gefügefaktor, Fressen	[XWrelT] 1.000
Them. Kontaktkoeffizient (N/mm/s ^{0.5} /K)	[BM] 13.780 13.780
Massgebende Kopfrücknahme (µm)	[Ca] 2.00 2.00
Optimale Kopfrücknahme (µm)	[Ceoff] 5.47
Ca als optimal angenommen in der Rechnung, 0=nein, 1=ja	0 0
Massgebende Zahnbreite (mm)	[beff] 29.298
Massgebende Umfangskraft/Zahnbreite (N/mm)	[wBt] 131.429
Winkelkoeffizient	[Xαβ] 0.987
ε1: 0.947 , ε2: 0.627	

8.1 Blitztemperatur-Kriterium

Massentemperatur (°C)	[θMB]	77.90
θMB = θoil + XS*0.47*θflamax		
Maximale Blitztemperatur (°C)	[θflamax]	16.81
Fresstemperatur (°C)	[θS]	408.58
Koordinate Γ Ort der höchsten Temperatur	[Γ]	-0.522
[Γ.A]=-0.522 [Γ.E]= 0.789		
Höchste Kontakttemp. (°C)	[θB]	94.72
Blitzfaktor (°K*N^-0.75*s^0.5*m^-0.5*mm)	[XM]	50.058
Geometriefaktor	[XB]	0.352
Kraftaufteilungsfaktor	[XF]	0.333
Dynamische Viskosität (mPa*s)	[ηM]	30.86 (77.9 °C)
Reibungszahl	[μ _m]	0.072
Soll Sicherheit	[SBmin]	2.000
Sicherheitsfaktor für Fressen, Blitztemperatur	[SB]	13.693

8.2 Integraltemperatur-Kriterium

Massentemperatur (°C)	[θMC]	76.38
θMC = θoil + XS*0.70*θflaint		
Fress-Integraltemperatur (°C)	[θSint]	408.58
Blitzfaktor (°K*N^-0.75*s^0.5*m^-0.5*mm)	[XM]	50.058
Überdeckungsfaktor	[Xe]	0.242
Dynamische Viskosität (mPa*s)	[ηOil]	41.90 (70.0 °C)
Gemittelte Reibungszahl	[μ _m]	0.055
Geometriefaktor	[XBE]	0.352
Eingriffsfaktor	[XQ]	1.000
Kopfrücknahmefaktor	[XCa]	1.025
Gemittelte Blitztemperatur (°C)	[θflaint]	9.12
Integral-Flankentemperatur (°C)	[θint]	90.06
Soll Sicherheit	[SSmin]	1.800
Sicherheitsfaktor für Fressen (Int.-T.)	[SSint]	4.537
Sicherh. f. übertragenes Moment (Int.-T.)	[SSL]	16.882

9 Prüfmasse für die Zahndicke

Zahndickentoleranz	[As.e/i]	----- Rad 1 -----	DIN 3967 cd25	----- Rad 2 -----	DIN 3967 cd25	
Zahndickenabmass im Normalschnitt (mm)		-0.054 /	-0.084	-0.095 /	-0.145	
Messzähnezahl	[k]	3.000		7.000		

Zahnweite spielfrei (mm)	[Wk]	17.758	44.710	
Zahnweite mit Abmass (mm)	[Wk.e/i]	17.707 /	17.679 44.620 /	44.573
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.051 /	-0.079 -0.089 /	-0.136
Messkreisdurchmesser (mm)	[dMWk.m]	45.839	128.503	
Theoretischer Messkörperdurchmesser (mm)	[DM]	4.259	3.760	
Effektiver Messkörperdurchmesser (mm)	[DMeff]	4.250	3.750	
Radiales Einkugelmass spielfrei (mm)	[MrK]	26.345	66.241	
Radiales Einkugelmass (mm)	[MrK.e/i]	26.293 /	26.263 66.114 /	66.045
Messkreisdurchmesser (mm)	[dMMr.m]	46.401	127.163	
Diametrales Zweikugelmass spielfrei (mm)	[MdK]	52.690	132.434	
Diametrales Zweikugelmass (mm)	[MdK.e/i]	52.585 /	52.527132.178 /	132.042
Diametrales Rollenmass spielfrei (mm)	[MdR]	52.690	132.434	
Diametrales Rollenmass nach DIN 3960 (mm)	[MdR.e/i]	52.585 /	52.527132.178 /	132.042
Dreirollenmass spielfrei (mm)	[Md3R]	0.000	132.385	
Dreirollenmass mit Abmass (mm)	[Md3R.e/i]	0.000 /	0.000132.129 /	131.993
Zahndickensehne spielfrei (mm)	[sc]	4.084	3.256	
Zahndickensehne mit Abmass (mm)	[sc.e/i]	4.032 /	4.003 3.162 /	3.112
Höhe über der Sehne ab da.m (mm)	[ha]	3.093	1.873	
Zahndicke, Bogen (mm)	[sn]	4.090	3.256	
(mm)	[sn.e/i]	4.036 /	4.006 3.161 /	3.111
Spieldreier Achsabstand (mm)	[aControl.e/i]	86.800 /	86.691	
Spieldreier Achsabstand, Abmasse (mm)	[jta]	-0.200 /	-0.309	
dNf.i mit aControl (mm)	[dNf0.i]	42.689	124.465	
Reserve (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	-0.029	0.402	
Kopfspiel (mm)	[c0.i(aControl)]	0.384	0.328	
Achsabstandsabmass (mm)	[Aa.e/i]	0.018 /	-0.018	
Verdrehflankenspiel aus Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.013 /	-0.013	
Radialspiel (mm)	[jrw.e/i]	0.326 /	0.182	
Verdrehflankenspiel (Stirnschnitt) (mm)	[jtw.e/i]	0.243 /	0.136	
Normalflankenspiel (mm)	[jn.e/i]	0.227 /	0.128	
Verdrehspielwinkel am Antrieb bei festgehaltenem Abtrieb:				
Gesamter Verdrehspielwinkel (°)	[j.tSys]	0.6166/	0.3459	

10 Verzahnungstoleranzen

----- Rad 1 ----- Rad 2 --

Nach DIN ISO 1328-1:2018, ISO 1328-2:1997

Verzahnungsqualität	[Q]	A6	A6
Teilungs-Einzelabweichung (μm)	[fptT]	8.50	8.50
Grundkreis-Teilungsabweichung (μm)	[fpbT]	7.99	7.99
Teilungsspannen-Abweichung über k/8 (μm)	[Fpk/8T]	18.00	18.00
Profil-Formabweichung (μm)	[ffαT]	9.00	9.00
Profil-Winkelabweichung (μm)	[fHαT]	7.00	7.00
Profil-Gesamtabweichung (μm)	[FαT]	11.00	11.00
Flankenlinien-Formabweichung (μm)	[ffβT]	10.00	10.00
Flankenlinien-Winkelabweichung (μm)	[fHβT]	9.00	9.00
Flankenlinien-Gesamtabweichung (μm)	[FβT]	13.00	14.00
Teilungs-Gesamtabweichung (μm)	[FpT]	25.00	28.00
Teilungssprung (μm)	[fuT]	12.00	12.00
Rundlaufabweichung (μm)	[FrT]	22.00	26.00
Einfanken-Wälzabweichung (μm)	[FisT]	33.00	37.00
Einfanken-Wälzsprung (μm)	[fisT]	8.50	8.50
Zweifanken-Wälzabweichung (μm)	[FidT]	26.00	37.00
Zweifanken-Wälzsprung (μm)	[fidT]	9.50	9.50

FidT (Fi''), fidT (fi'') nach ISO 1328:1997 berechnet mit den geometrischen Mittelwerten für mn und d

Nach ISO 1328-2:2020

Verzahnungsqualität	[Q]	R39	R39
Zweifanken-Wälzabweichung (μm)	[FidT]	28.00	31.00
Zweifanken-Wälzsprung (μm)	[fidT]	14.00	13.00

Achslagetoleranzen, Empfehlung nach ISO TR 10064-3:1996, Qualität

6

Maximalwert für Achsschränkung (μm)	[fΣβ]	14.48	($F\beta=14.00$)
Maximalwert für Achsneigung (μm)	[fΣδ]	28.96	

11 Korrekturen und Bestimmung der Zahnform

11.1 Daten zur Zahnformberechnung

Daten nicht vorhanden.

Bitte führen Sie eine Berechnung im Tab "Zahnform" aus und öffnen Sie das Hauptprotokoll erneut.

12 Ergänzende Daten

Maximal möglicher Achsabstand (eps_a=1.0)	[aMAX]	88.418
Masse (kg)	[m]	0.394 2.902
Gesamtmasse (kg)	[mGes]	3.296
Trägheitsmoment, System bezogen auf den Antrieb:		
Berechnung ohne Berücksichtigung der exakten Zahnform		
Räder einzeln, (da+df)/2...di (kg*m²)	[J]	0.0001039 0.005844
System (da+df)/2...di (kg*m²)	[J]	0.0008233
Verdrehsteifigkeit am Antrieb bei festgehaltenem Abtrieb:		
Verdrehsteifigkeit (MNm/rad)	[cr]	0.196
Verdrehung unter Nenndrehmoment (°)	[δcr]	0.010
Mittlere Reibungszahl, nach Niemann	[μm]	0.065
Verschleissgleiten nach Niemann	[ζw]	0.938
Verlustfaktor	[HV]	0.152
Zahnverlustleistung aus Zahnbelastung (kW)	[PVZ]	0.157
Verzahnungswirkungsgrad (%)	[ηz]	99.011
Schalldruckpegel, nach Masuda, ohne Kontaktanalyse	[dB(A)]	68.5

13 Lebensdauer, Schädigung

Sollsicherheit Zahnfuss	[SFmin]	1.40
Sollsicherheit Zahnflanke	[SHmin]	1.50
Geforderte Lebensdauer	[H]	20000.00
Lebensdauer (berechnet mit Sollsicherheiten):		
Lebensdauer System (h)	[Hatt]	18111
Lebensdauer Zahnfuss (h)	[HFatt]	1e+06 1e+06
Lebensdauer Zahnflanke (h)	[HHatt]	1.811e+04 8.358e+04

Hinweis: Die Angabe 1e+006 h bedeutet, dass die Lebensdauer > 1'000'000 h ist.

Schädigung, bezogen auf die Soll-Lebensdauer (H, 20000.0 h)			
F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.0000	110.4297	23.9303

Schädigung, bezogen auf die System-Lebensdauer (Hatt, 18111.1 h)			
F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.0000	100.0000	21.6701

14 Bemerkungen

- Angaben mit [.e/i] bedeuten: Maximal- [e] und Minimalwert [i] bei Berücksichtigung aller Toleranzen
- Angaben mit [.m] bedeuten: Mittelwert in der Toleranz
- Beim Flankenspiel werden die Achsabstandstoleranzen und die Zahndickenabmasse berücksichtigt.
- Angegeben wird das maximale und das minimale Spiel entsprechend den grössten, beziehungsweise kleinsten Abmassen.
- Die Berechnung erfolgt für den Wälzkreis.
- Details zur Rechenmethode:

cy nach Methode B
Kv nach Methode B
KH β und KF β nach Methode C
fma nach Gleichung 64, fsh nach 57/58, F β x nach 52/53/54
KH α , KF α nach Methode B
- Bei den Faktoren ZL, ZV, ZR, ZW, ZX, YdrelT, YRrelT, YX wird der aus den Werten für die Dauerfestigkeit und die statische Festigkeit auf Grund der Lastwechselzahl logarithmisch interpolierte Wert angegeben.

Ende Protokoll

Zeilen: 593

Berechnung von Wellen, Achsen und Trägern

Wellenzeichnung antriebswelle

Geändert am
Geändert von

31.01.2023, 07:42:27
Matias Nicky

Inhalt

1	Meldungen	3
2	Eingabedaten	3
2.1	Wellen	3
2.2	Gewichtskraft	3
2.3	Wellenmodellierung	3
2.4	Schubverformungen	3
2.5	Wälzlager	3
2.6	Gehäuse	3
2.7	Lasteinleitungen	3
3	Wellendefinition (Welle 1)	4
3.1	Aussenkontur	4
3.2	Kräfte	5
3.3	Lager	5
4	Zahnräder	6
4.1	Welle 'Welle 1': Stirnrad 'Stirnrad'	6
5	Resultate	8
5.1	Wellen	8
5.2	Lager	9
5.3	'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'	9
5.4	'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'	10

1 Meldungen

Es sind während der Berechnung Meldungen aufgetreten:

- (i) Die Angaben zur inneren Geometrie des Lagers "SKF 6006" sind nur teilweise vorhanden. Die restlichen Werte werden approximiert.
- (i) Die Angaben zur inneren Geometrie des Lagers "SKF 6006" sind nur teilweise vorhanden. Die restlichen Werte werden approximiert.

2 Eingabedaten

Koordinatensystem Welle: siehe Bild W-002

2.1 Wellen

2.1.1 Welle 'Welle 1'

Zeichnung

Startposition (mm) 0.000

Länge (mm) 140.000

Drehzahl (1/min) 4250.000

Drehrichtung: im Uhrzeigersinn

Werkstoff 18CrNiMo7-6

Elastizitätsmodul (N/mm²) 206000.000

Poissonzahl nu 0.300

Dichte (kg/m³) 7830.000

Wärmeausdehnungskoeffizient (10⁻⁶/K) 11.500

Temperatur (°C) 20.000

Gewicht der Welle (kg) 0.749

Hinweis: Gewicht gilt für die Welle ohne Berücksichtigung der Zahnräder

Gewicht der Welle, inklusive Zusatzmassen (kg) 0.901

Massenträgheitsmoment (kg*mm²) 117.535

Schwungmoment GD2 (Nm²) 0.005

2.2 Gewichtskraft

Lage im Raum (°) 0.000

2.3 Wellenmodellierung

Zahnräder mit Steifigkeit nach ISO

2.4 Schubverformungen

Schubverformungen werden berücksichtigt

Schubkorrekturfaktor 1.100

2.5 Wälzlager

Wälzlagersteifigkeiten werden aus innerer Lagergeometrie bestimmt

Toleranzlage: Mittelwert

2.6 Gehäuse

Referenztemperatur (°C) 20.000

2.7 Lasteinleitungen

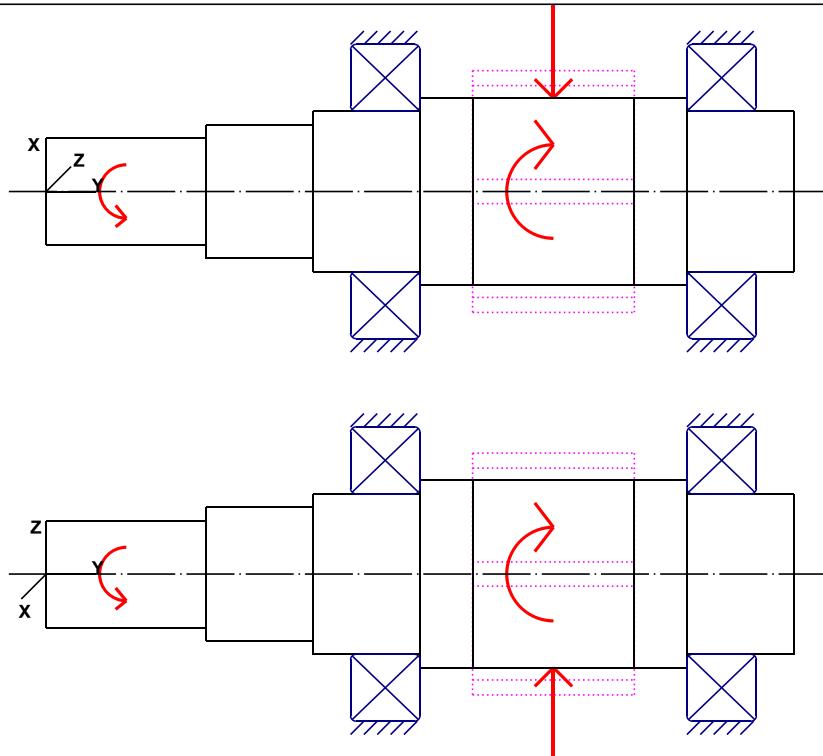


Abbildung: Lasteinleitungen

3 Wellendefinition (Welle 1)

3.1 Aussenkontur

3.1.1 Zylinder (Zylinder), 0.000 mm ... 30.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	20.0000
Länge (mm)	[l]	30.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)
 $l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Passfedernut (Passfedernut) 5.000 mm ... 25.000 mm
 $l=20.00$ (mm), $i=1$, $Rz=8.0$, Gedreht ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

3.1.2 Zylinder (Zylinder), 30.000 mm ... 50.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	25.0000
Länge (mm)	[l]	20.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)
 $l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

3.1.3 Zylinder (Zylinder), 50.000 mm ... 70.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	30.0000
Länge (mm)	[l]	20.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)
 $l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Freistich rechts (Freistich rechts)
 $r=0.80$ (mm), $t=0.30$ (mm), $l=2.50$ (mm), $Rz=8.0$, Gedreht ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Form E (DIN 509), Reihe 1, mit üblicher Beanspruchung

3.1.4 Zylinder (Zylinder), 70.000 mm ... 120.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	35.0000
Länge (mm)	[l]	50.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Fase rechts (Fase rechts)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

3.1.5 Zylinder (Zylinder), 120.000 mm ... 140.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	30.0000
Länge (mm)	[l]	20.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase rechts (Fase rechts)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Freistich links (Freistich links)

$r=0.80$ (mm), $t=0.30$ (mm), $l=2.50$ (mm), $Rz=8.0$, Gedreht ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Form E (DIN 509), Reihe 1, mit üblicher Beanspruchung

3.2 Kräfte

3.2.1 Stirnrad (Stirnrad)

Position auf Welle (mm)	[y _{local}]	95.0000
Position im globalen System (mm)	[y _{global}]	95.0000
Wälzkreisdurchmesser (mm)		45.1948
Geradverzahnung		
Betriebseingriffswinkel im Normalschnitt ($^{\circ}$)		20.6679
Position des Eingriffs ($^{\circ}$)		0.0000
Länge der Krafteinleitung (mm)		30.2980
Leistung (kW)		15.9000 treibend (Abtrieb)
Drehmoment (Nm)		-35.7256
Axialkraft (N)		0.0000
Querkraft X (N)		-596.3817
Querkraft Z (N)		1580.9606
Biegemoment X (Nm)		-0.0000
Biegemoment Z (Nm)		0.0000

3.2.2 Zentrische Last (Zentrische Last)

Position auf Welle (mm)	[y _{local}]	15.0000
Position im globalen System (mm)	[y _{global}]	15.0000
Länge der Krafteinleitung (mm)		20.0000
Leistung (kW)		15.9000 getrieben (Antrieb)
Drehmoment (Nm)		35.7256
Axialkraft (N)		0.0000
Querkraft X (N)		0.0000
Querkraft Z (N)		0.0000
Biegemoment X (Nm)		0.0000
Biegemoment Z (Nm)		0.0000

3.3 Lager

3.3.1 Wälzlagerring (SKF 6006)

Lager Bauform	Rillenkugellager (einreihig)
---------------	------------------------------

SKF Explorer		
Lager Position (mm)	[y _{lokal}]	126.500
Lager Position (mm)	[y _{global}]	126.500
Befestigung Aussenring		
Innendurchmesser (mm)	[d]	30.000
Aussendurchmesser (mm)	[D]	55.000
Breite (mm)	[b]	13.000
Eckradius (mm)	[r]	1.000
Anzahl Wälzkörper	[Z]	11
Teilkreis Wälzkörper (mm)	[D _{pw}]	42.500
Durchmesser Wälzkörper (mm)	[D _w]	7.144
Durchmesser äußere Laufbahn (mm)	[d _c]	49.650
Durchmesser innere Laufbahn (mm)	[d]	35.350
Krümmungsradius äußere Laufbahn (mm)	[r _c]	3.786
Krümmungsradius innere Laufbahn (mm)	[r _i]	3.715
Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (*)		
Lagerspiel	ISO 5753-1:2009 C0 (12.50 µm)	
Axialspiel	Pe = 133.06 µm	
Statische Tragzahl (kN)	[C ₀]	8.300
Dynamische Tragzahl (kN)	[C]	13.800
Tragzahl Ermüdung (kN)	[C _u]	0.355
Werte für die approximierte Geometrie:		
Dynamische Tragzahl (kN)	[C _{theo}]	13.235
Statische Tragzahl (kN)	[C _{0theo}]	8.274
Korrekturfaktor Dynamische Tragzahl	[f _C]	1.000
Korrekturfaktor Statische Tragzahl	[f _{C0}]	1.000

3.3.2 Wälzlag (SKF 6006)

Rillenkugellager (einreihig) SKF Explorer		
Lager Position (mm)	[y _{lokal}]	63.500
Lager Position (mm)	[y _{global}]	63.500
Befestigung Aussenring		
Innendurchmesser (mm)	[d]	30.000
Aussendurchmesser (mm)	[D]	55.000
Breite (mm)	[b]	13.000
Eckradius (mm)	[r]	1.000
Anzahl Wälzkörper	[Z]	11
Teilkreis Wälzkörper (mm)	[D _{pw}]	42.500
Durchmesser Wälzkörper (mm)	[D _w]	7.144
Durchmesser äußere Laufbahn (mm)	[d _c]	49.650
Durchmesser innere Laufbahn (mm)	[d]	35.350
Krümmungsradius äußere Laufbahn (mm)	[r _c]	3.786
Krümmungsradius innere Laufbahn (mm)	[r _i]	3.715
Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (*)		
Lagerspiel	ISO 5753-1:2009 C0 (12.50 µm)	
Axialspiel	Pe = 133.06 µm	
Statische Tragzahl (kN)	[C ₀]	8.300
Dynamische Tragzahl (kN)	[C]	13.800
Tragzahl Ermüdung (kN)	[C _u]	0.355
Werte für die approximierte Geometrie:		
Dynamische Tragzahl (kN)	[C _{theo}]	13.235
Statische Tragzahl (kN)	[C _{0theo}]	8.274
Korrekturfaktor Dynamische Tragzahl	[f _C]	1.000
Korrekturfaktor Statische Tragzahl	[f _{C0}]	1.000

4 Zahnräder

4.1 Welle 'Welle 1': Stirnrad 'Stirnrad'

y= 95.0000 (mm) : wird als fester Bestandteil der Welle berücksichtigt.

EI (y= 79.8510 (mm)): 15174.3220 (Nm²), EI (y=

110.1490 (mm)): 15174.3220 (Nm²), m (yS= 95.0000

(mm)): 0.1523 (kg)
Jp: 0.0000 (kg·m²), Jxx: 0.0000 (kg·m²), Jzz: 0.0000 (kg·m²)

5 Resultate

5.1 Wellen

Maximale Durchbiegung (µm)	18.847
Position des Maximums (mm)	97.164
Massenschwerpunkt (mm)	81.468
Summe der axialen Belastung (N)	0.000
Verdrehung der Welle unter Drehmoment (°)	-0.048
(Unterschied linkes zu rechtem Wellenende)	

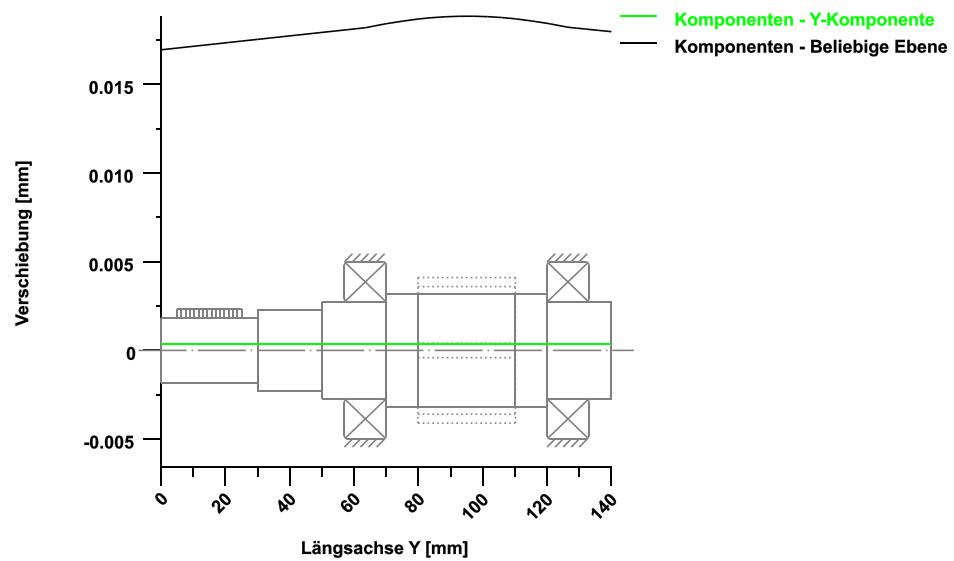
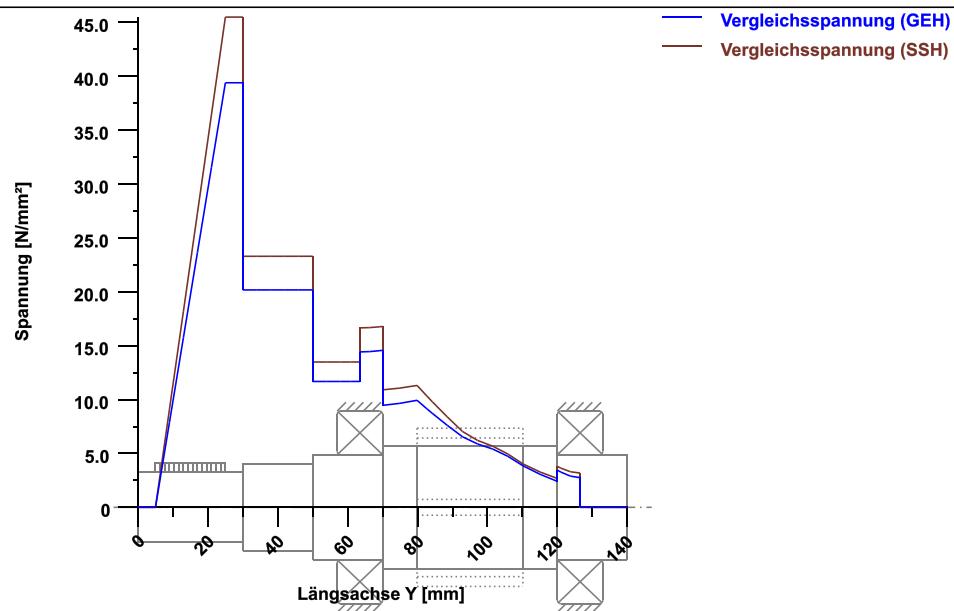


Abbildung: Verformung (Biegelinien etc.) (Beliebige Ebene 110.4855787 127)



Nennspannungen, ohne Berücksichtigung der Spannungskonzentrationen

$$\text{GEH(von Mises): } \sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 * (\tau_{UT} + \tau_{US})^2)^{1/2}$$

$$\text{SSH(Tresca): } \sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 * (\tau_{UT} + \tau_{US})^2)^{1/2}$$

Abbildung: Vergleichsspannung

5.2 Lager

Ausfallwahrscheinlichkeit	[n]	10.00	%
Axialspiel (ISO 281)	[u _a]	10.00	µm
Schmierstoff	ISO-VG 220		
Schmierstoff - Betriebstemperatur	[T _E]	70.00	°C
Wälzlagerebensdauer nach ISO/TS 16281:2008			

5.3 'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'

Position (Y-Koordinate)	[y]	126.50	mm
Dynamisch äquivalente Belastung	[P]	0.84	kN
Statisch äquivalente Belastung	[P _c]	0.84	kN
Minimale Schmierfilmdicke EHL	[h _{min}]	0.241	µm
Bohr- zu Rollgeschwindigkeit	[\omega _s /\omega _{roll}]	0.000	
Faktor für Ausfallwahrscheinlichkeit	[a _f]	1.000	

5.3.1 Ergebnisse nach ISO 281

Schmierstoff	ISO-VG 220		
Lastverhältnis	[C/P]	16.379	
Betriebsviskosität	[ν]	48.884	mm ² /s
Bezugsviskosität	[ν _r]	0.000	mm ² /s
Viskositätsverhältnis	[K]	0.000	
Nominelle Lagerlebensdauer	[L _{nh}]	17230.08	h
Statischer Sicherheitsfaktor	[S _c]	9.85	

5.3.2 Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (ISO/TS 16281)

Betriebslagerspiel	[P _d]	10.961	µm
--------------------	-------------------	--------	----

Referenzlebensdauer	[L _{nrt}]	14251.47	h
Effektiver statischer Sicherheitsfaktor	[S _{0w}]	10.12	
Staticher Sicherheitsfaktor	[S _{0rel}]	8.45	
Statisch äquivalente Belastung	[P _{0rel}]	0.98	kN
Lagerreaktionskraft	[F _x]	0.298	kN
Lagerreaktionskraft	[F _y]	0.000	kN
Lagerreaktionskraft	[F _z]	-0.788	kN
Lagerreaktionskraft	[F _r]	0.843	kN
Lagerreaktionsmoment	[M _x]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _y]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _z]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _r]	0.00	Nm
Lagerverschiebung	[u _x]	-6.364	µm
Lagerverschiebung	[u _y]	0.363	µm
Lagerverschiebung	[u _z]	17.077	µm
Lagerverschiebung	[u _r]	18.225	µm
Lagerneigung	[r _x]	-0.017	mrad
Lagerneigung	[r _y]	-0.836	mrad
Lagerneigung	[r _z]	-0.007	mrad
Lagerneigung	[r _r]	0.018	mrad
Ölstand	[H]	0.000	mm
Rollreibungsmoment	[M _{rr}]	0.029	Nm
Gleitreibungsmoment	[M _{sl}]	0.005	Nm
Reibungsmoment Dichtungen	[M _{seal}]	0.000	Nm
Reibungsmoment Dichtungen nach SKF-Hauptkatalog 17000/1 EN:2018 bestimmt			
Reibungsmoment Strömungsverluste	[M _{drag}]	0.000	Nm
Reibungsmoment	[M _{loss}]	0.035	Nm
Verlustleistung	[P _{loss}]	15.451	W

Das Reibungsmoment wird nach Angaben aus dem SKF-Katalog 2018 berechnet.
Es wird immer mit einem Beiwert für Zusätze im Schmierstoff $\mu_{bl}=0.15$ gerechnet.

5.4 'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'

Position (Y-Koordinate)	[y]	63.50	mm
Dynamisch äquivalente Belastung	[P]	0.84	kN
Statisch äquivalente Belastung	[P _c]	0.84	kN
Minimale Schmierfilmdicke EHL	[h _{min}]	0.241	µm
Bohr- zu Rollgeschwindigkeit	[ω _s /ω _{roll}]	0.000	
Faktor für Ausfallwahrscheinlichkeit	[a _i]	1.000	

5.4.1 Ergebnisse nach ISO 281

Schmierstoff	ISO-VG 220		
Lastverhältnis	[C/P]	16.436	
Betriebsviskosität	[ν]	48.884	mm ² /s
Bezugsviskosität	[ν _r]	0.000	mm ² /s
Viskositätsverhältnis	[κ]	0.000	
Nominelle Lagerlebensdauer	[L _{nrt}]	17412.42	h
Staticher Sicherheitsfaktor	[S _c]	9.89	

5.4.2 Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (ISO/TS 16281)

Betriebslagerspiel	[P _d]	10.961	µm
Referenzlebensdauer	[L _{nrt}]	14399.39	h
Effektiver statischer Sicherheitsfaktor	[S _{0w}]	10.16	
Staticher Sicherheitsfaktor	[S _{0rel}]	8.48	
Statisch äquivalente Belastung	[P _{0rel}]	0.98	kN
Lagerreaktionskraft	[F _x]	0.298	kN
Lagerreaktionskraft	[F _y]	0.000	kN
Lagerreaktionskraft	[F _z]	-0.785	kN
Lagerreaktionskraft	[F _r]	0.840	kN
Lagerreaktionsmoment	[M _x]	-0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _y]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _z]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _r]	0.00	Nm
Lagerverschiebung	[u _x]	-6.380	µm
Lagerverschiebung	[u _y]	0.363	µm

Lagerverschiebung	[u _z]	17.042	µm
Lagerverschiebung	[u _r]	18.197	µm
Lagerneigung	[r _x]	0.018	mrad
Lagerneigung	[r _y]	-0.742	mrad
Lagerneigung	[r _z]	0.006	mrad
Lagerneigung	[r _r]	0.019	mrad
Ölstand	[H]	0.000	mm
Rollreibungsmoment	[M _{rr}]	0.029	Nm
Gleitreibungsmoment	[M _{sl}]	0.008	Nm
Reibungsmoment Dichtungen	[M _{seal}]	0.000	Nm

Reibungsmoment Dichtungen nach SKF-Hauptkatalog 17000/1 EN:2018 bestimmt

Reibungsmoment Strömungsverluste [M_{drag}] 0.000 Nm

Reibungsmoment [M_{loss}] 0.037 Nm

Verlustleistung [P_{loss}] 16.674 W

Das Reibungsmoment wird nach Angaben aus dem SKF-Katalog 2018 berechnet.

Es wird immer mit einem Beiwert für Zusätze im Schmierstoff $\mu_{bl}=0.15$ gerechnet.

(*) Hinweis zu Wälzlagern mit approximierter Lagergeometrie:

Die innere Geometrie von diesen Lagern ist nicht in der Datenbank eingetragen.

Die Geometrie wird nach ISO 281 aus C und C0 (Angaben im Katalog des Herstellers) rückwärts gerechnet.

Die Geometrie kann deshalb von der wirklichen Geometrie abweichen.

Dies kann Unterschiede bei der Lebensdauer-Berechnung und vor allem bei der Wälzlagersteifigkeit bewirken.

5.4.3 Schädigung (%), bezogen auf die Soll-Lebensdauer [Lreq] (10000.000)

Lastfall	B1	B2
1	70.17	69.45

Σ 70.17 69.45

5.4.4 Ausnutzung (%), bezogen auf die Soll-Lebensdauer [Lreq] (10000.000)

B1	B2
88.86	88.56

Hinweis: Ausnutzung = (Lreq/Lh)^(1/k)

Kugellager: k = 3, Rollenlager: k = 10/3

B1 : Wälzlager
B2 : Wälzlager

5.4.5 Berechnung der Faktoren für die Bestimmung der Zuverlässigkeit R(t) mit Weibull-Verteilung; t in (h)

keine Berechnung der Zuverlässigkeit

Ende Protokoll	Zeilen: 385
----------------	-------------

Berechnung von Wellen, Achsen und Trägern

Wellenzeichnung abtriebswelle

Geändert am
31.01.2023, 07:43:53
Geändert von
Matias Nicky

Inhalt

1	Meldungen	3
2	Eingabedaten	3
2.1	Wellen	3
2.2	Gewichtskraft	3
2.3	Wellenmodellierung	3
2.4	Schubverformungen	3
2.5	Wälzlager	3
2.6	Gehäuse	3
2.7	Lasteinleitungen	3
3	Wellendefinition (Welle 1)	4
3.1	Aussenkontur	4
3.2	Kräfte	5
3.3	Lager	6
4	Zahnräder	7
4.1	Welle 'Welle 1': Stirnrad 'Stirnrad'	7
5	Resultate	8
5.1	Wellen	8
5.2	Lager	9
5.3	'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'	9
5.4	'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'	10

1 Meldungen

Es sind während der Berechnung Meldungen aufgetreten:

- (i) Die Angaben zur inneren Geometrie des Lagers "SKF 6006" sind nur teilweise vorhanden. Die restlichen Werte werden approximiert.
- (i) Die Angaben zur inneren Geometrie des Lagers "SKF 6006" sind nur teilweise vorhanden. Die restlichen Werte werden approximiert.

2 Eingabedaten

Koordinatensystem Welle: siehe Bild W-002

2.1 Wellen

2.1.1 Welle 'Welle 1'

Zeichnung

Startposition (mm) 0.000

Länge (mm) 140.000

Drehzahl (1/min) 1450.000

Drehrichtung: im Uhrzeigersinn

Werkstoff 18CrNiMo7-6

Elastizitätsmodul (N/mm²) 206000.000

Poissonzahl nu 0.300

Dichte (kg/m³) 7830.000

Wärmeausdehnungskoeffizient (10⁻⁶/K) 11.500

Temperatur (°C) 20.000

Gewicht der Welle (kg) 0.788

Hinweis: Gewicht gilt für die Welle ohne Berücksichtigung der Zahnräder

Gewicht der Welle, inklusive Zusatzmassen (kg) 3.556

Massenträgheitsmoment (kg*mm²) 1090.159

Schwungsmoment GD2 (Nm²) 0.043

2.2 Gewichtskraft

Lage im Raum (°) 0.000

2.3 Wellenmodellierung

Zahnräder mit Steifigkeit nach ISO

2.4 Schubverformungen

Schubverformungen werden berücksichtigt

Schubkorrekturfaktor 1.100

2.5 Wälzlager

Wälzlagersteifigkeiten werden aus innerer Lagergeometrie bestimmt

Toleranzlage: Mittelwert

2.6 Gehäuse

Referenztemperatur (°C) 20.000

2.7 Lasteinleitungen

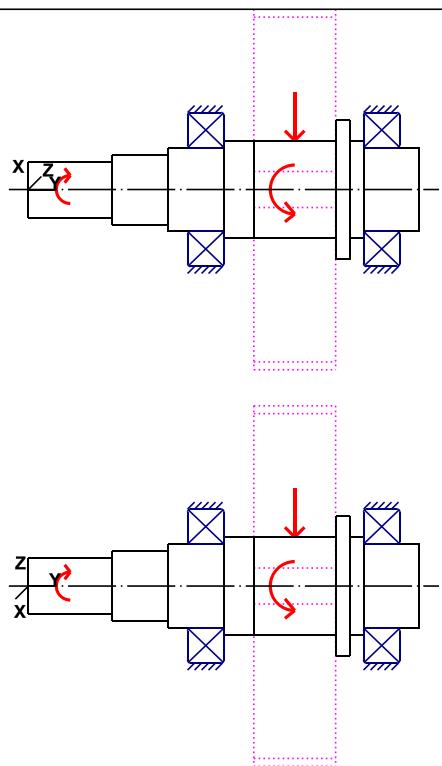


Abbildung: Lasteinleitungen

3 Wellendefinition (Welle 1)

3.1 Aussenkontur

3.1.1 Zylinder (Zylinder), 0.000 mm ... 30.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	20.0000
Länge (mm)	[l]	30.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)
 $l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Passfedernut (Passfedernut) 5.000 mm ... 25.000 mm
 $l=20.00$ (mm), $i=1$, $Rz=8.0$, Gedreht ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

3.1.2 Zylinder (Zylinder), 30.000 mm ... 50.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	25.0000
Länge (mm)	[l]	20.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)
 $l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

3.1.3 Zylinder (Zylinder), 50.000 mm ... 70.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	30.0000
Länge (mm)	[l]	20.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)
 $l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Freistich rechts (Freistich rechts)
 $r=0.80$ (mm), $t=0.30$ (mm), $l=2.50$ (mm), $Rz=8.0$, Gedreht ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Form E (DIN 509), Reihe 1, mit üblicher Beanspruchung

3.1.4 Zylinder (Zylinder), 70.000 mm ... 110.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	35.0000
Länge (mm)	[l]	40.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Passfedernut (Passfedernut) 85.000 mm ... 105.000 mm

$l=20.00$ (mm), $i=1$, $Rz=8.0$, Gedreht ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

3.1.5 Zylinder (Zylinder), 110.000 mm ... 115.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	50.0000
Länge (mm)	[l]	5.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase links (Fase links)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

Fase rechts (Fase rechts)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

3.1.6 Zylinder (Zylinder), 115.000 mm ... 120.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	35.0000
Länge (mm)	[l]	5.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Fase rechts (Fase rechts)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

3.1.7 Zylinder (Zylinder), 120.000 mm ... 140.000 mm

Durchmesser (mm)	[d]	30.0000
Länge (mm)	[l]	20.0000
Rauigkeit (μm)	[Rz]	8.0000

Freistich links (Freistich links)

$r=0.80$ (mm), $t=0.30$ (mm), $l=2.50$ (mm), $Rz=8.0$, Gedreht ($Ra=3.2\mu\text{m}/125\mu\text{in}$)

Form E (DIN 509), Reihe 1, mit üblicher Beanspruchung

Fase rechts (Fase rechts)

$l=1.00$ (mm), $\alpha=45.00$ ($^{\circ}$)

3.2 Kräfte

3.2.1 Stirnrad (Stirnrad)

Position auf Welle (mm)	[y _{local}]	95.3500
Position im globalen System (mm)	[y _{global}]	95.3500
Wälzkreisdurchmesser (mm)		128.8052
Geradverzahnung		
Betriebseingriffswinkel im Normalschnitt ($^{\circ}$)		20.6679
Position des Eingriffs ($^{\circ}$)		0.0000
Länge der Krafteinleitung (mm)		29.2980
Leistung (kW)		15.9000 getrieben (Antrieb)
Drehmoment (Nm)		104.7130
Axialkraft (N)		-0.0000
Querkraft X (N)		-613.3387
Querkraft Z (N)		-1625.9123
Biegemoment X (Nm)		0.0000
Biegemoment Z (Nm)		-0.0000

3.2.2 Zentrische Last (Zentrische Last)

Position auf Welle (mm)	[y _{local}]	15.0000
Position im globalen System (mm)	[y _{global}]	15.0000
Länge der Krafteinleitung (mm)		20.0000
Leistung (kW)		15.9000 treibend (Abtrieb)
Drehmoment (Nm)		-104.7130
Axialkraft (N)		0.0000
Querkraft X (N)		0.0000
Querkraft Z (N)		0.0000
Biegemoment X (Nm)		0.0000
Biegemoment Z (Nm)		0.0000

3.3 Lager

3.3.1 Wälzlager (SKF 6006)

Lager Bauform		Rillenkugellager (einreihig) SKF Explorer
Lager Position (mm)	[y _{local}]	126.500
Lager Position (mm)	[y _{global}]	126.500
Befestigung Aussenring		Loslager
Innendurchmesser (mm)	[d]	30.000
Aussendurchmesser (mm)	[D]	55.000
Breite (mm)	[b]	13.000
Eckradius (mm)	[r]	1.000
Anzahl Wälzkörper	[Z]	11
Teilkreis Wälzkörper (mm)	[D _{pw}]	42.500
Durchmesser Wälzkörper (mm)	[D _w]	7.144
Durchmesser äussere Laufbahn (mm)	[d _c]	49.650
Durchmesser innere Laufbahn (mm)	[d]	35.350
Krümmungsradius äussere Laufbahn (mm)	[r _c]	3.786
Krümmungsradius innere Laufbahn (mm)	[r _i]	3.715
Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (*)		
Lagerspiel		ISO 5753-1:2009 C0 (12.50 µm)
Axialspiel		P _e = 133.06 µm
Statische Tragzahl (kN)	[C ₀]	8.300
Dynamische Tragzahl (kN)	[C]	13.800
Tragzahl Ermüdung (kN)	[C _u]	0.355
Werte für die approximierte Geometrie:		
Dynamische Tragzahl (kN)	[C _{theo}]	13.235
Statische Tragzahl (kN)	[C _{0theo}]	8.274
Korrekturfaktor Dynamische Tragzahl	[f _c]	1.000
Korrekturfaktor Statische Tragzahl	[f _{c0}]	1.000

3.3.2 Wälzlager (SKF 6006)

Lager Bauform		Rillenkugellager (einreihig) SKF Explorer
Lager Position (mm)	[y _{local}]	63.500
Lager Position (mm)	[y _{global}]	63.500
Befestigung Aussenring		Festlager
Innendurchmesser (mm)	[d]	30.000
Aussendurchmesser (mm)	[D]	55.000
Breite (mm)	[b]	13.000
Eckradius (mm)	[r]	1.000
Anzahl Wälzkörper	[Z]	11
Teilkreis Wälzkörper (mm)	[D _{pw}]	42.500
Durchmesser Wälzkörper (mm)	[D _w]	7.144
Durchmesser äussere Laufbahn (mm)	[d _c]	49.650
Durchmesser innere Laufbahn (mm)	[d]	35.350
Krümmungsradius äussere Laufbahn (mm)	[r _c]	3.786
Krümmungsradius innere Laufbahn (mm)	[r _i]	3.715
Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (*)		
Lagerspiel		ISO 5753-1:2009 C0 (12.50 µm)
Axialspiel		P _e = 133.06 µm

Statische Tragzahl (kN)	$[C_0]$	8.300
Dynamische Tragzahl (kN)	$[C]$	13.800
Tragzahl Ermüdung (kN)	$[C_u]$	0.355
Werte für die approximierte Geometrie:		
Dynamische Tragzahl (kN)	$[C_{\text{theo}}]$	13.235
Statische Tragzahl (kN)	$[C_{0\text{theo}}]$	8.274
Korrekturfaktor Dynamische Tragzahl	$[f_c]$	1.000
Korrekturfaktor Statische Tragzahl	$[f_{c0}]$	1.000

4 Zahnräder

4.1 Welle 'Welle 1': Stirnrad 'Stirnrad'

y= 95.3500 (mm) : wird als fester Bestandteil der Welle berücksichtigt.

EI (y= 80.7010 (mm)): 15174.3220 (Nm²), EI (y= (mm)): 2.7685 (kg)

109.9990 (mm)): 15174.3220 (Nm²), m (yS= 95.3500

Jp: 0.0010 (kg·m²), Jxx: 0.0006 (kg·m²), Jzz: 0.0006 (kg·m²)

5 Resultate

5.1 Wellen

Maximale Durchbiegung (μm)	18.890
Position des Maximums (mm)	100.233
Massenschwerpunkt (mm)	83.012
Summe der axialen Belastung (N)	0.000
Verdrehung der Welle unter Drehmoment ($^{\circ}$) (Unterschied linkes zu rechtem Wellenende)	0.137

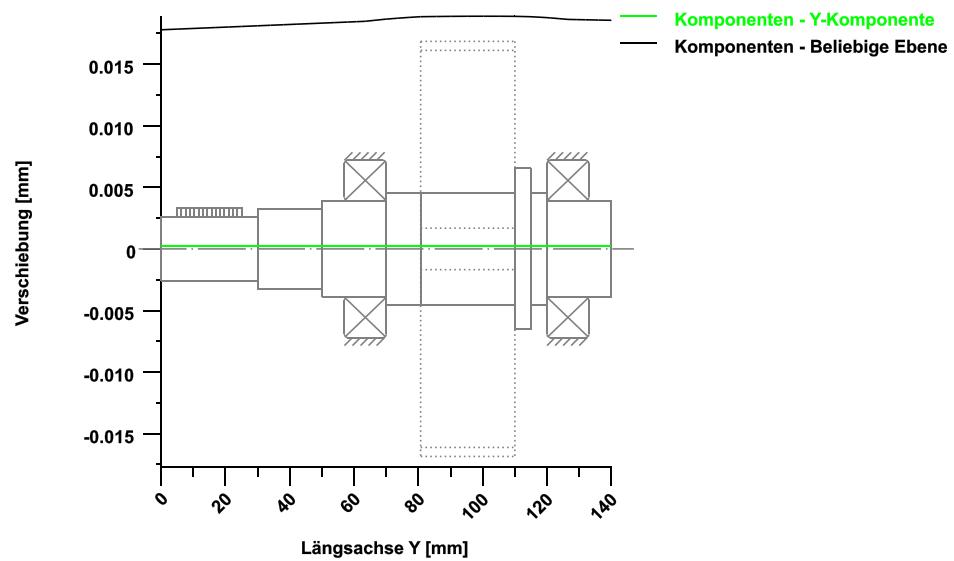
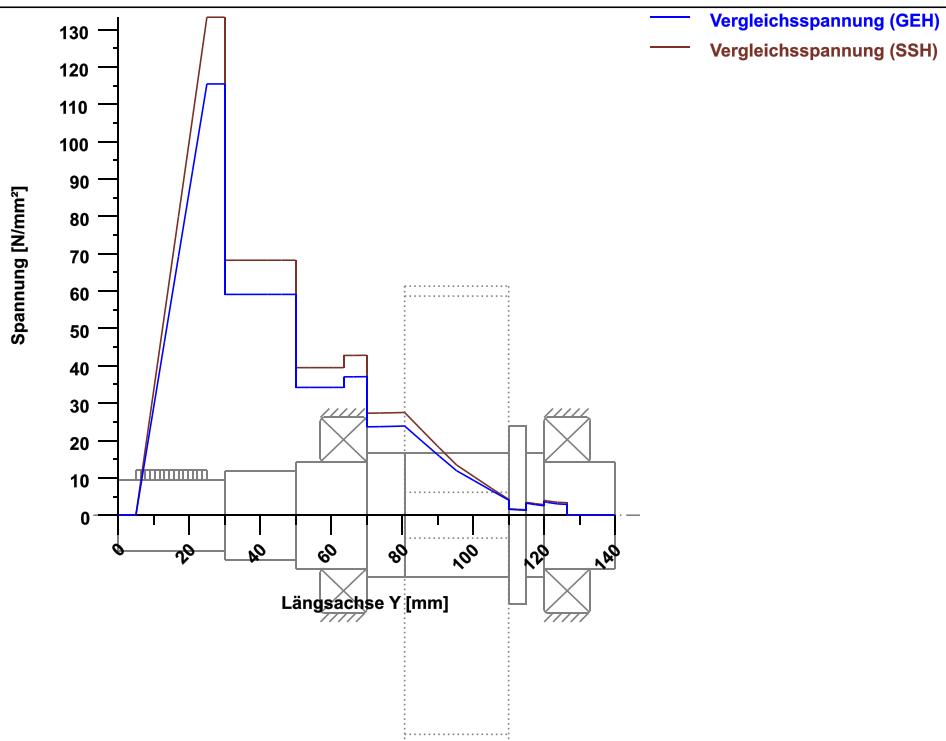


Abbildung: Verformung (Biegelinien etc.) (Beliebige Ebene 249.8597357 127)



Nennspannungen, ohne Berücksichtigung der Spannungskonzentrationen

$$\text{GEH(von Mises): } \sigma_V = ((\sigma_B + \sigma_Z, D)^2 + 3 * (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$$

$$\text{SSH(Tresca): } \sigma_V = ((\sigma_B - \sigma_Z, D)^2 + 4 * (\tau_T + \tau_S)^2)^{1/2}$$

Abbildung: Vergleichsspannung

5.2 Lager

Ausfallwahrscheinlichkeit	[n]	10.00	%
Axialspiel (ISO 281)	[u _a]	10.00	µm
Schmierstoff	ISO-VG 220		
Schmierstoff - Betriebstemperatur	[T _e]	70.00	°C
Wälzlagerebensdauer nach ISO/TS 16281:2008			

5.3 'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'

Position (Y-Koordinate)	[y]	126.50	mm
Dynamisch äquivalente Belastung	[P]	0.89	kN
Statisch äquivalente Belastung	[P _c]	0.89	kN
Minimale Schmierfilmdicke EHL	[h _{min}]	0.116	µm
Bohr- zu Rollgeschwindigkeit	[\omega _s /\omega _{roll}]	0.000	
Faktor für Ausfallwahrscheinlichkeit	[a _f]	1.000	

5.3.1 Ergebnisse nach ISO 281

Schmierstoff	ISO-VG 220		
Lastverhältnis	[C/P]	15.587	
Betriebsviskosität	[v]	48.884	mm ² /s
Bezugsviskosität	[v _r]	0.000	mm ² /s
Viskositätsverhältnis	[K]	0.000	
Nominelle Lagerlebensdauer	[L _{nh}]	43528.46	h
Statischer Sicherheitsfaktor	[S _c]	9.37	

5.3.2 Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (ISO/TS 16281)

Betriebslagerspiel	[P _d]	10.974	µm
--------------------	-------------------	--------	----

Referenzlebensdauer	[L _{nrf}]	36179.78	h
Effektiver statischer Sicherheitsfaktor		[S _{0w}]	9.64
Staticher Sicherheitsfaktor	[S _{orel}]	8.03	
Statisch äquivalente Belastung	[P _{orel}]	1.03	kN
Lagerreaktionskraft	[F _x]	0.310	kN
Lagerreaktionskraft	[F _y]	0.000	kN
Lagerreaktionskraft	[F _z]	0.829	kN
Lagerreaktionskraft	[F _r]	0.885	kN
Lagerreaktionsmoment	[M _x]	-0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _y]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _z]	-0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _r]	0.00	Nm
Lagerverschiebung	[u _x]	-6.421	μm
Lagerverschiebung	[u _y]	0.206	μm
Lagerverschiebung	[u _z]	-17.490	μm
Lagerverschiebung	[u _r]	18.632	μm
Lagerneigung	[r _x]	0.005	mrad
Lagerneigung	[r _y]	2.384	mrad
Lagerneigung	[r _z]	-0.002	mrad
Lagerneigung	[r _r]	0.005	mrad
Ölstand	[H]	0.000	mm
Rollreibungsmoment	[M _{rr}]	0.019	Nm
Gleitreibungsmoment	[M _{sl}]	0.006	Nm
Reibungsmoment Dichtungen	[M _{seal}]	0.000	Nm
Reibungsmoment Dichtungen nach SKF-Hauptkatalog 17000/1 EN:2018 bestimmt			
Reibungsmoment Strömungsverluste		[M _{drag}]	0.000 Nm
Reibungsmoment	[M _{loss}]	0.025	Nm
Verlustleistung	[P _{loss}]	3.726	W

Das Reibungsmoment wird nach Angaben aus dem SKF-Katalog 2018 berechnet.
Es wird immer mit einem Beiwert für Zusätze im Schmierstoff $\mu_{bl}=0.15$ gerechnet.

5.4 'Welle 1' Wälzlager 'Wälzlager'

Position (Y-Koordinate)	[y]	63.50	mm
Dynamisch äquivalente Belastung	[P]	0.87	kN
Statisch äquivalente Belastung	[P _c]	0.87	kN
Minimale Schmierfilmdicke EHL	[h _{min}]	0.116	μm
Bohr- zu Rollgeschwindigkeit	[ω _s /ω _{roll}]	0.000	
Faktor für Ausfallwahrscheinlichkeit	[a _i]	1.000	

5.4.1 Ergebnisse nach ISO 281

Schmierstoff	ISO-VG 220		
Lastverhältnis	[C/P]	15.886	
Betriebsviskosität	[ν]	48.884	mm ² /s
Bezugsviskosität	[ν _r]	0.000	mm ² /s
Viskositätsverhältnis	[κ]	0.000	
Nominelle Lagerlebensdauer	[L _{nrf}]	46079.91	h
Staticher Sicherheitsfaktor	[S _c]	9.55	

5.4.2 Berechnung mit approximierter Lagerinnengeometrie (ISO/TS 16281)

Betriebslagerspiel	[P _d]	10.974	μm
Referenzlebensdauer	[L _{nrf}]	38211.47	h
Effektiver statischer Sicherheitsfaktor		[S _{0w}]	9.81
Staticher Sicherheitsfaktor	[S _{orel}]	8.17	
Statisch äquivalente Belastung	[P _{orel}]	1.02	kN
Lagerreaktionskraft	[F _x]	0.303	kN
Lagerreaktionskraft	[F _y]	0.000	kN
Lagerreaktionskraft	[F _z]	0.814	kN
Lagerreaktionskraft	[F _r]	0.869	kN
Lagerreaktionsmoment	[M _x]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _y]	0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _z]	-0.00	Nm
Lagerreaktionsmoment	[M _r]	0.00	Nm
Lagerverschiebung	[u _x]	-6.350	μm
Lagerverschiebung	[u _y]	0.206	μm

Lagerverschiebung	[u _z]	-17.353	µm
Lagerverschiebung	[u _r]	18.478	µm
Lagerneigung	[r _x]	-0.010	mrad
Lagerneigung	[r _y]	2.176	mrad
Lagerneigung	[r _z]	0.004	mrad
Lagerneigung	[r _r]	0.011	mrad
Ölstand	[H]	0.000	mm
Rollreibungsmoment	[M _{rr}]	0.019	Nm
Gleitreibungsmoment	[M _{sl}]	0.009	Nm
Reibungsmoment Dichtungen	[M _{seal}]	0.000	Nm

Reibungsmoment Dichtungen nach SKF-Hauptkatalog 17000/1 EN:2018 bestimmt

Reibungsmoment Strömungsverluste [M_{drag}] 0.000 Nm

Reibungsmoment [M_{loss}] 0.027 Nm

Verlustleistung [P_{loss}] 4.126 W

Das Reibungsmoment wird nach Angaben aus dem SKF-Katalog 2018 berechnet.

Es wird immer mit einem Beiwert für Zusätze im Schmierstoff $\mu_{bl}=0.15$ gerechnet.

(*) Hinweis zu Wälzlagern mit approximierter Lagergeometrie:

Die innere Geometrie von diesen Lagern ist nicht in der Datenbank eingetragen.

Die Geometrie wird nach ISO 281 aus C und C0 (Angaben im Katalog des Herstellers) rückwärts gerechnet.

Die Geometrie kann deshalb von der wirklichen Geometrie abweichen.

Dies kann Unterschiede bei der Lebensdauer-Berechnung und vor allem bei der Wälzlagersteifigkeit bewirken.

5.4.3 Schädigung (%), bezogen auf die Soll-Lebensdauer [Lreq] (10000.000)

Lastfall	B1	B2
1	27.64	26.17

Σ 27.64 26.17

5.4.4 Ausnutzung (%), bezogen auf die Soll-Lebensdauer [Lreq] (10000.000)

B1	B2
65.14	63.96

Hinweis: Ausnutzung = (Lreq/Lh)^(1/k)

Kugellager: k = 3, Rollenlager: k = 10/3

B1 : Wälzlager
B2 : Wälzlager

5.4.5 Berechnung der Faktoren für die Bestimmung der Zuverlässigkeit R(t) mit Weibull-Verteilung; t in (h)

keine Berechnung der Zuverlässigkeit

Ende Protokoll

Zeilen: 404

Wälzlager Berechnung

Wälzlager antriebswelle

Geändert am
31.01.2023, 07:44:44
Geändert von
Matias Nicky

Inhalt

1	Meldungen	3
2	Übersicht	3
3	Angaben zur Lagerinnengeometrie	3
4	Resultate	3

1 Meldungen

Es sind während der Berechnung keine Meldungen aufgetreten.

2 Übersicht

Wälzlag Berechnung nach ISO/TS 16281:2008}

Rillenkugellager (einreihig)

Welle Datei: Wellenzeichnung antriebswelle.W10

Belastung

Wälzlag, Nr. des Lagers

1

3 Angaben zur Lagerinnengeometrie

Wälzkörperanzahl	[Z]	11
Wälzkörperfurchmesser (mm)	[D_w]	7.144
Teilkreisdurchmesser (mm)	[D_pw]	42.500
Laufbahndurchmesser innen (mm)	[d_i]	35.351
Laufbahndurchmesser aussen (mm)	[d_o]	49.649
Krümmungsradius innen (mm)	[r_i]	3.715
Krümmungsradius aussen (mm)	[r_o]	3.786
Dynamische Tragzahl (kN)	[C_r]	13.800
Statische Tragzahl (kN)	[C_0r]	8.300
Diametrales Spiel (µm)	[Pd]	10.961
Axiales Spiel (µm)	[Pa]	0.000
Vickershärte (-)	[HV]	660.000
Faktor für Ausfallwahrscheinlichkeit	[a_i]	1.000
Grenzwert für Faktor alSO	[a_{ISO,max}]	50.000

4 Resultate

Verunreinigungsbeiwert	[e_c]	0.144
Betriebsviskosität (mm²/s)	[v]	48.884
Bezugsviskosität (mm²/s)	[v_i]	10.588
Viskositätsverhältnis	[κ]	4.617
Minimale Schmierfilmdicke EHL (µm)	[h_min]	0.000
Bohr- zu Rollgeschwindigkeit	[ws/ωroll]	0.000
Lagerverschiebung (µm)	[u_x]	-0.345
Lagerverschiebung (µm)	[u_y]	17.077
Lagerverschiebung (µm)	[u_z]	-6.364
Lagerneigung (mrad)	[r_y]	-0.007
Lagerneigung (mrad)	[r_z]	-0.017
Lagerreaktionskraft (N)	[F_x]	-0.001
Lagerreaktionskraft (N)	[F_y]	-788.030
Lagerreaktionskraft (N)	[F_z]	298.193
Lagerreaktionsmoment (Nm)	[M_y]	0.000
Lagerreaktionsmoment (Nm)	[M_z]	0.000
Äquivalente Belastung (kN)	[P_ref]	0.898
Äquivalente Belastung (kN)	[P_0ref]	0.983
Maximale Pressung Innenring (N/mm²)	[p_{max,i}]	1941.549
Maximale Pressung Aussenring (N/mm²)	[p_{max,c}]	1811.210
Statischer Sicherheitsfaktor (-)	[S_{0w}]	10.123
Staticher Sicherheitsfaktor (-)	[S_{0ref}]	8.445
S0w = (p0/pmax)^n, S0ref = C0r / P0ref		
Maximaler Berührtdurchmesser innen (mm)	[d_c_i]	35.351
Minimaler Berührtdurchmesser aussen (mm)	[d_c_o]	49.649

Referenzlebensdauer (-)	[L ₁₀]	3634.125
Effektive Drehzahl (1/min)	[n]	4250.000
Referenzlebensdauer (h)	[L _{rrh}]	14251.469
Überrollfrequenz des Innernrings (Hz)	[BPFI]	455.070
Überrollfrequenz des Außenrings (Hz)	[BPFO]	324.097
Überrollfrequenz des Wälzkörpers (Hz)	[BSF]	204.742
Käfigfrequenz (Hz)	[FTF]	29.463

Wälzlagerringsteifigkeit im Betriebspunkt
 $dFr/dur = 106.715 \text{ N}/\mu\text{m}$, $(dFr/dur)_{eff} = (Fr/ur) = 46.232 \text{ N}/\mu\text{m}$
 $dMr/drr = 0.920 \text{ Nm}/\text{mrad}$ ($16.057 \text{ Nm}/^\circ$), $(dMr/drr)_{eff} = (Mr/rr) = 0.023 \text{ Nm}/\text{mrad}$ ($0.394 \text{ Nm}/^\circ$)

	[u _x]	[u _y]	[u _z]	[r _y]	[r _z]
[Fx]	-2.620	0.001	-0.002	17.355	45.826
[Fy]	0.001	-97.739	22.259	0.048	-0.033
[Fz]	-0.002	22.259	-51.826	0.165	-0.048
[My]	0.017	0.000	0.000	-0.338	-0.218
[Mz]	0.045	0.000	-0.000	-0.218	-0.842

F-u: N/μm, F-r: N/mrad, M-u: Nm/μm, M-r: Nm/mrad

Wälzkörper Fx	Fy	Fz	My	Mz	α	p _{max}	(a, b) _i	(a, b) _o
1 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
2 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
3 0.034	-152.835	-69.797	0.000	-0.001	0.01	1505.19	696.39 , 76.53	577.11 , 99.00
4 -0.038	-356.930	51.319	0.000	0.001	359.99	1941.55	898.28 , 98.72	744.42 , 127.70
5 -0.026	-248.510	215.335	0.000	0.000	360.00	1882.76	871.08 , 95.73	721.87 , 123.83
6 0.029	-29.755	101.336	-0.001	-0.000	0.02	1289.38	596.54 , 65.56	494.36 , 84.80
7 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
8 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
9 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
10 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
11 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00

F(N), M(Nm), α(°), p_{max}(N/mm²)

Grosse Ellipsenachse 2 * a, Kleine Ellipsenachse 2 * b (μm)

(a, b)_i :Kontakt zur inneren Laufbahn, (a, b)_o :Kontakt zur äusseren Laufbahn

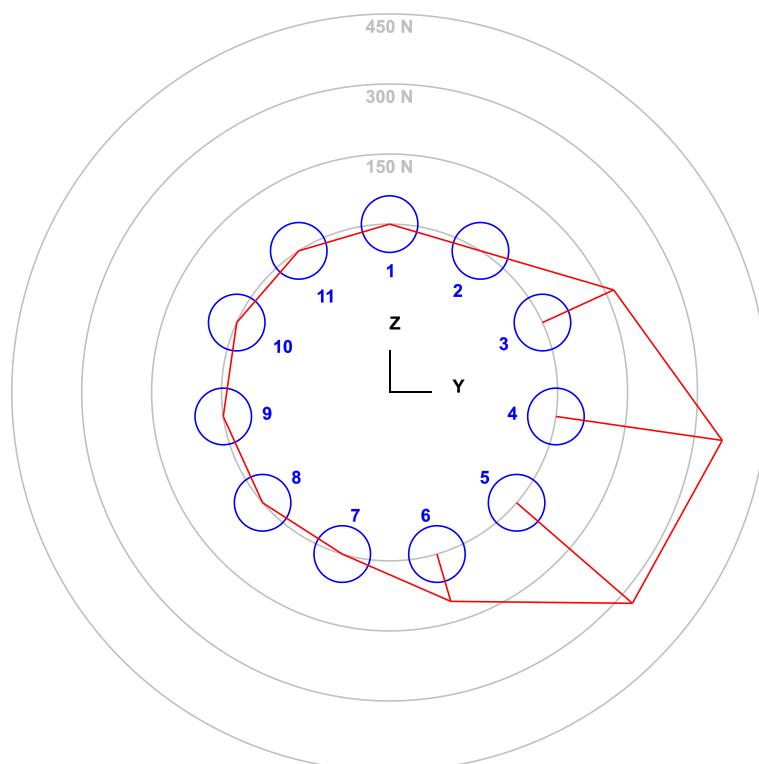


Abbildung: Lastverteilung

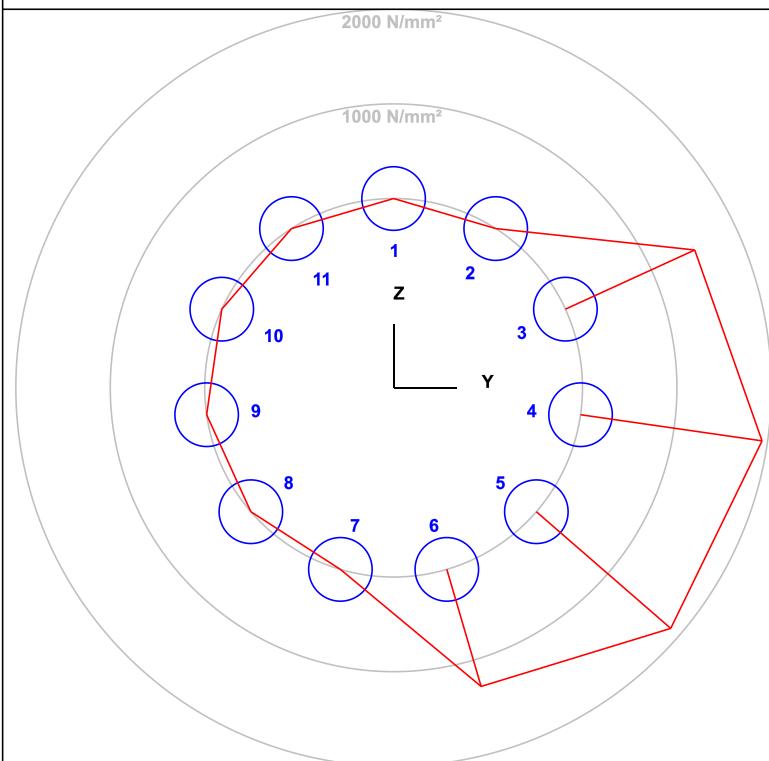


Abbildung: Pressungsverlauf(Hertzsche Pressung Kontakt zur inneren Laufbahn)

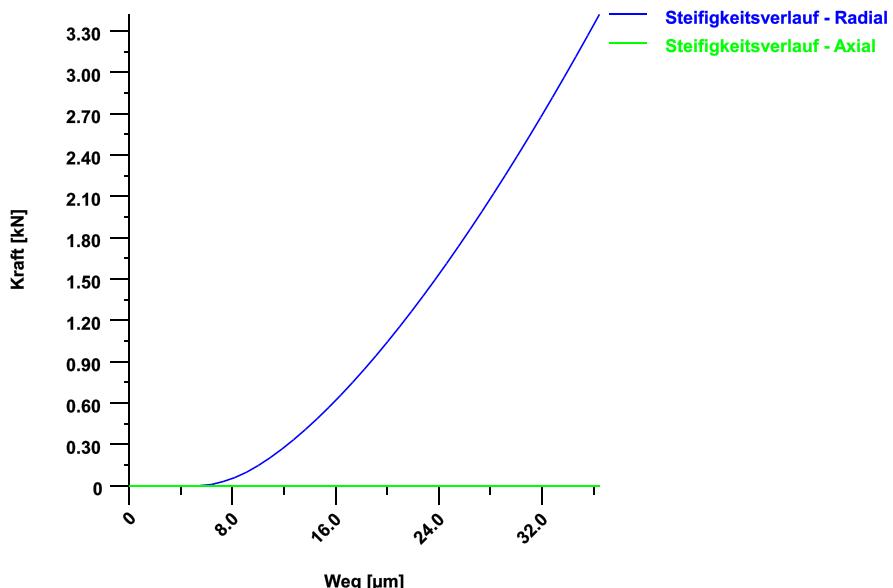


Abbildung: Steifigkeitsverlauf

Wälzlager Berechnung

Wälzlager abtriebswelle

Geändert am
Geändert von

31.01.2023, 07:45:08
Matias Nicky

Inhalt

1	Meldungen	3
2	Übersicht	3
3	Angaben zur Lagerinnengeometrie	3
4	Resultate	3

1 Meldungen

Es sind während der Berechnung keine Meldungen aufgetreten.

2 Übersicht

Wälzlag Berechnung nach ISO/TS 16281:2008}

Rillenkugellager (einreihig)

Welle Datei: Wellenzeichnung abtriebswelle.W10

Belastung

Wälzlag, Nr. des Lagers

1

3 Angaben zur Lagerinnengeometrie

Wälzkörperanzahl	[Z]	11
Wälzkörperfurchmesser (mm)	[D_w]	7.144
Teilkreisdurchmesser (mm)	[D_pw]	42.500
Laufbahndurchmesser innen (mm)	[d_i]	35.351
Laufbahndurchmesser aussen (mm)	[d_o]	49.649
Krümmungsradius innen (mm)	[r_i]	3.715
Krümmungsradius aussen (mm)	[r_o]	3.786
Dynamische Tragzahl (kN)	[C_r]	13.800
Statische Tragzahl (kN)	[C_0r]	8.300
Diametrales Spiel (µm)	[Pd]	10.974
Axiales Spiel (µm)	[Pa]	0.000
Vickershärte (-)	[HV]	660.000
Faktor für Ausfallwahrscheinlichkeit	[a_i]	1.000
Grenzwert für Faktor alSO	[a_{ISO,max}]	50.000

4 Resultate

Verunreinigungsbeiwert	[e_c]	0.110
Betriebsviskosität (mm²/s)	[v]	48.884
Bezugsviskosität (mm²/s)	[v_i]	18.127
Viskositätsverhältnis	[κ]	2.697
Minimale Schmierfilmdicke EHL (µm)	[h_min]	0.000
Bohr- zu Rollgeschwindigkeit	[ws/ωroll]	0.000
Lagerverschiebung (µm)	[u_x]	-0.102
Lagerverschiebung (µm)	[u_y]	-17.490
Lagerverschiebung (µm)	[u_z]	-6.421
Lagerneigung (mrad)	[r_y]	-0.002
Lagerneigung (mrad)	[r_z]	0.005
Lagerreaktionskraft (N)	[F_x]	-0.001
Lagerreaktionskraft (N)	[F_y]	829.269
Lagerreaktionskraft (N)	[F_z]	310.070
Lagerreaktionsmoment (Nm)	[M_y]	-0.000
Lagerreaktionsmoment (Nm)	[M_z]	-0.000
Äquivalente Belastung (kN)	[P_ref]	0.942
Äquivalente Belastung (kN)	[P_0ref]	1.034
Maximale Pressung Innenring (N/mm²)	[p_{max,i}]	1973.592
Maximale Pressung Aussenring (N/mm²)	[p_{max,c}]	1841.102
Statischer Sicherheitsfaktor (-)	[S_{0w}]	9.638
Statischer Sicherheitsfaktor (-)	[S_{0ref}]	8.029
S0w = (p0/pmax)^n, S0ref = C0r / P0ref		
Maximaler Berührtdurchmesser innen (mm)	[d_c_i]	35.351
Minimaler Berührtdurchmesser aussen (mm)	[d_c_o]	49.649

Referenzlebensdauer (-)	[L ₁₀]	3147.641
Effektive Drehzahl (1/min)	[n]	1450.000
Referenzlebensdauer (h)	[L _{rrh}]	36179.780
Überrollfrequenz des Innernrings (Hz)	[BPFI]	155.259
Überrollfrequenz des Außenrings (Hz)	[BPFO]	110.574
Überrollfrequenz des Wälzkörpers (Hz)	[BSF]	69.853
Käfigfrequenz (Hz)	[FTF]	10.052

Wälzlagerringsteifigkeit im Betriebspunkt
 $dFr/dur = 108.488 \text{ N}/\mu\text{m}$, $(dFr/dur)_{eff} = (Fr/ur) = 47.518 \text{ N}/\mu\text{m}$
 $dMr/drr = 0.795 \text{ Nm}/\text{mrad}$ (13.869 Nm/°), $(dMr/drr)_{eff} = (Mr/rr) = 0.032 \text{ Nm}/\text{mrad}$ (0.562 Nm/°)

	[u _x]	[u _y]	[u _z]	[r _y]	[r _z]
[Fx]	-2.752	-0.000	-0.002	18.031	-48.177
[Fy]	-0.000	-99.488	-22.492	-0.003	0.002
[Fz]	-0.002	-22.492	-52.645	0.061	0.004
[My]	0.018	-0.000	0.000	-0.354	0.225
[Mz]	-0.047	0.000	0.000	0.225	-0.886

F-u: N/μm, F-r: N/mrad, M-u: Nm/μm, M-r: Nm/mrad

Wälzkörper Fx	Fy	Fz	My	Mz	α	p _{max}	(a, b) _i	(a, b) _o
1 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
2 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
3 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
4 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
5 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
6 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00
7 0.011	31.112	105.956	-0.000	0.000	0.01	1308.68	605.48 , 66.54	501.77 , 86.07
8 -0.005	259.606	224.950	0.000	-0.000	360.00	1910.37	883.86 , 97.14	732.46 , 125.65
9 -0.014	374.896	53.902	0.000	-0.000	360.00	1973.59	913.10 , 100.35	756.70 , 129.81
10 0.007	163.655	-74.739	0.000	0.000	0.00	1539.90	712.45 , 78.30	590.42 , 101.28
11 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00 , 0.00	0.00 , 0.00

F(N), M(Nm), α(°), p_{max}(N/mm²)

Grosse Ellipsenachse 2 * a, Kleine Ellipsenachse 2 * b (μm)

(a, b)_i :Kontakt zur inneren Laufbahn, (a, b)_o :Kontakt zur äusseren Laufbahn

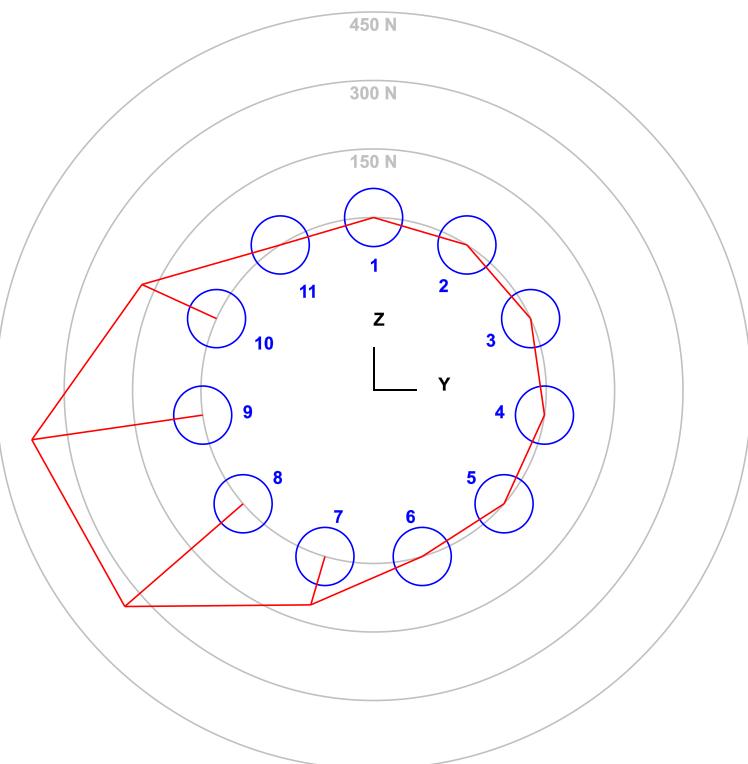


Abbildung: Lastverteilung

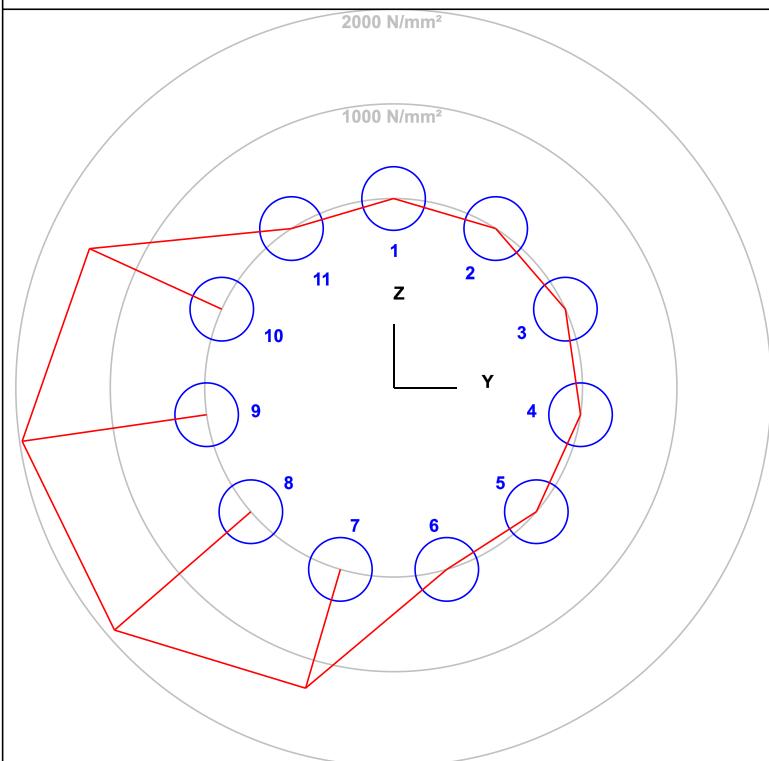


Abbildung: Pressungsverlauf(Hertzsche Pressung Kontakt zur inneren Laufbahn)

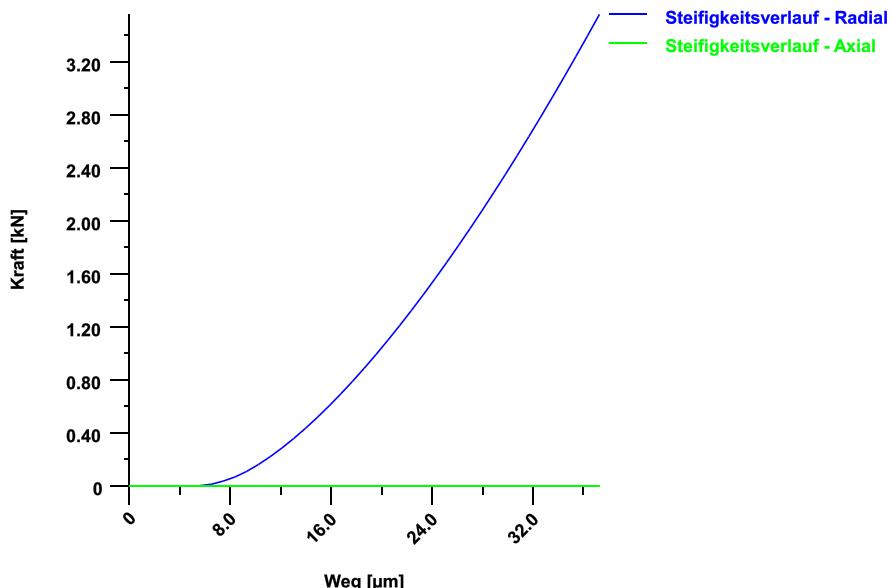


Abbildung: Steifigkeitsverlauf

Passfeder

Passfeder abtriebswelle zahnrad

Geändert am
31.01.2023, 07:43:13
Geändert von
Matias Nicky

Inhalt

1	Meldungen	3
2	Übersicht	3
3	Welle	3
4	Nabe	3
5	Passfeder	4
6	Bemerkungen	4

1 Meldungen

Es sind während der Berechnung keine Meldungen aufgetreten.

2 Übersicht

Rechenmethode: DIN 6892-B:2012

Bezeichnung	DIN 6885.1:1968 Standard	
Passfederbreite (mm)	[b]	10.00
Passfederhöhe (mm)	[h]	8.00
Kantenbruch (Mittelwert) (mm)	[r]	0.50
Wellendurchmesser (mm)	[d]	35.00
Nenndrehmoment (Nm)	[T]	450.40
Anwendungsfaktor	[KA]	1.25
Äquivalentes Drehmoment (Nm)	[Teq]	562.99
Maximaldrehmoment (Nm)	[Tmax]	562.99
Minimalreibschlussmoment bei Press-Sitz (Nm)	[TRmin]	0.00
Drehmomentverlauf: Kein Wechselmoment		
Häufigkeit der Lastspitze	[NL]	1000
Häufigkeit der Lastrichtungswechsel	[NW]	1
Lastrichtungswechselfaktor	[fw]	1.00
Anzahl Passfedern	[i]	1
Tragfaktor	[phi]	1.00
Äquivalente Umfangskraft (N)	[Feq]	32171.13
Maximale Umfangskraft (N)	[Fmax]	32171.13
Traganteilfaktor für äquivalente Flächenpressung	[Kveq]	1.00
Traganteilfaktor für maximale Flächenpressung	[Kvmax]	1.00
Hilfsfaktor	[Kle]	1.030
Lastverteilungsfaktor	[KL]	1.030
Reibschlussfaktor äquivalentes Torsionsmoment	[KRreq]	1.000
Reibschlussfaktor maximales Spitzentorsionsmoment	[KRmax]	1.000

3 Welle

Werkstoff	16 MnCr 5 (1)		
Typ	Einsatzstahl		
Behandlung	einsatzgehärtet		
Bruchfestigkeit (N/mm ²)	[Rm]	900.00	(d=16 -40 mm)
Streckgrenze (N/mm ²)	[Re]	590.00	(d=16 -40 mm)
Wellennuttiefe (Minimalwert) (mm)	[t1]	5.00	
Kantenbruch an der Welle (mm)	[s1]	0.01	
Tragende Passfederlänge (mm)	[ltr]	10.00	
Tragende Passfederhöhe (mm)	[t1tr]	3.76	
Äquivalente wirksame Flächenpressung (N/mm ²)	[peq]	881.86	
Maximale wirksame Flächenpressung (N/mm ²)	[pmax]	881.86	
Stützfaktor	[fs]	1.30	
Härteeinflussfaktor	[fH]	1.15	
Zulässige Flächenpressung (N/mm ²)	[pzul]	882.05	
Lastspitzen-Häufigkeits-Faktor	[fL]	1.50	
Lastrichtungswechselfaktor	[fw]	1.00	
Sicherheitsfaktor, äquivalente Belastung (fw*pzul/peq)	[SFeq]	1.00	
Sicherheit, maximale Belastung (fL * pzul / pmax)	[SFmax]	1.50	
Minimale Sicherheit	[SF]	1.00	

4 Nabe

Werkstoff	16 MnCr 5 (1)		
Typ	Einsatzstahl		
Behandlung	einsatzgehärtet		
Bruchfestigkeit (N/mm ²)	[Rm]	1000.00	(d= 0 -16 mm)
Streckgrenze (N/mm ²)	[Re]	695.00	(d= 0 -16 mm)

Die Werkstofffestigkeitswerte werden mit der Wandstärke als Rohdurchmesser bestimmt.

Nabennuttiefe (Minimalwert) (mm)	[t2]	3.30
Kantenbruch an der Nabe (mm)	[s2]	0.01
Tragende Passfederlänge (mm)	[ltr]	10.00
Tragende Passfederhöhe (mm)	[t2tr]	3.22
Kleiner Aussendurchmesser Nabe (mm)	[D1]	50.00
Grosser Aussendurchmesser Nabe (mm)	[D2]	50.00
Breite des Nabenteils mit D2 (mm)	[c]	10.00
Ersatzdurchmesser Nabe (mm)	[D]	50.00
Abstand a0 (Bild 2, DIN 6892) (mm)	[a0]	10.00
Äquivalente wirksame Flächenpressung (N/mm ²)	[peq]	1028.29
Maximale wirksame Flächenpressung (N/mm ²)	[pmax]	1028.29
Stützfaktor	[fs]	1.50
Härteeinflussfaktor	[fH]	1.15
Zulässige Flächenpressung (N/mm ²)	[pzul]	1198.88
Lastspitzen-Häufigkeits-Faktor	[fL]	1.50
Lastrichtungswechselfaktor	[fw]	1.00
Sicherheitsfaktor, äquivalente Belastung (fw*pzul/peq)	[SFeq]	1.17
Sicherheit, maximale Belastung (fL * pzul / pmax)	[SFmax]	1.75
Minimale Sicherheit	[SF]	1.17

5 Passfeder

Werkstoff	C45 (1)		
Typ	Vergütungsstahl		
Behandlung	unlegiert, vergütet		
Bruchfestigkeit (N/mm ²)	[Rm]	700.00	(d= 0 -16 mm)
Streckgrenze (N/mm ²)	[Re]	490.00	(d= 0 -16 mm)
Äquivalente wirksame Flächenpressung (N/mm ²)	[peq]	881.86	/ 1028.29
Maximale wirksame Flächenpressung (N/mm ²)	[pmax]	881.86	/ 1028.29
Stützfaktor	[fs]	1.10	
Härteeinflussfaktor	[fH]	1.00	
Zulässige Flächenpressung (N/mm ²)	[pzul]	539.00	
Lastspitzen-Häufigkeits-Faktor	[fL]	1.50	
Lastrichtungswechselfaktor	[fw]	1.00	
Sicherheitsfaktor, äquivalente Belastung (fw*pzul/peq)	[SFeq]	0.52	
Sicherheit, maximale Belastung (fL * pzul / pmax)	[SFmax]	0.79	
Minimale Sicherheit	[SF]	0.52	
Querschnittsfläche (mm ²)	[b*ltr]	100.00	
Scherbeanspruchung (N/mm ²)	[tau]	321.71	

6 Bemerkungen

Sicherheit = Minimum (fw*pzul/peq, fL*pzul/pmax)

Bedingung gemäss DIN 6892 Sicherheit >= 1.0

Kantenbruch an der Passfeder: Mittelwert entsprechend den Beispielen in DIN 6892

Nuttiefe: Minimalwert entsprechend den Beispielen in DIN 6892