

KISSsoft 03/2012 – Tutorial 16

Schneckengetriebe - Geometrieberechnung mit Globoidschneckenrad

KISSsoft AG

Uetzikon 4
8634 Hombrechtikon
Schweiz

Tel: +41 55 254 20 50
Fax: +41 55 254 20 51
info@KISSsoft.AG
www.KISSsoft.AG

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Antriebs Elemente Schneckengetriebe mit Globoidschneckenrad starten	3
1.3	Eingabedaten in der Hauptmaske	4
1.4	Besonderheiten Flankenfläche Schneckenradzahn	6
1.5	Eingabedaten zum Zahnradpaar	6
1.6	Eingabedaten der Toleranzen	8
2	Festigkeitsberechnung	9
2.1	Resultate der Geometrieberechnung	10

1 Aufgabenstellung

1.1 Aufgabenstellung

Es soll ein Schneckengetriebe mit dem Achsabstand 100 mm berechnet werden. Die Zahnzahl der Schnecke beträgt 2, die des Schneckenrades 41. Der Axial/Stirnmodul ist 4. Der Eingriffswinkel im Normalschnitt beträgt 20° . Die Verzahnungslänge der Schnecke beträgt 60 mm. Für das Schneckenrad ist eine sinnvolle Zahnbreite zu wählen. Die Achstoleranz ist js7.

Das Zahndickenabmass der Schnecke im Normalschnitt hat eine Toleranz von 0 bis -0.04 mm. Die Zahndickenabmasse für das Schneckenrad sind -0.128 bis -0.168. Der Aussendurchmesser der Schnecke beträgt 44 -0.01 mm der Fusskreis ist 26.4 -0.110 mm. Das effektive Kopfspeil soll 0.8 mm betragen. Der Fussradiusfaktor beträgt 0.2. Der Radinnendurchmesser beträgt 134.4mm.

Die Toleranz für den Aussendurchmesser des Schneckenrades ist von 0 bis -0.01 und für den Fusskreisdurchmesser -0.360 bis -0.473. Die Schnecke ist in Verzahnungsqualität 6 nach DIN 3974 zu fertigen, die für das Schneckenrad beträgt die Qualität 7. Die Steigungsrichtung ist rechts. Die Flankenform der Schnecke ist ZI.

1.2 Antriebselemente Schneckengetriebe mit Globoidschneckenrad starten

Nach Installation und Freischaltung kann KISSsoft aufgerufen werden. Der Programmstart erfolgt üblicherweise mittels „Start→Programme→KISSsoft 03-2012→KISSsoft“. Es erscheint die folgende KISSsoft Benutzeroberfläche:

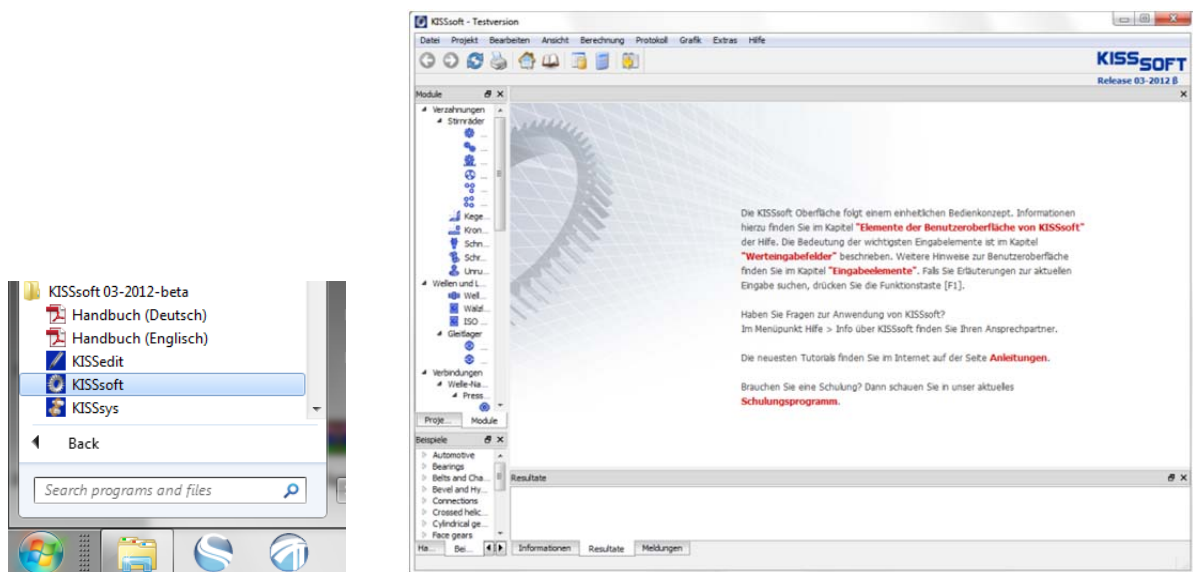


Abbildung 1. Starten von KISSsoft, Startfenster

Über das Modulbaumfenster im Tab „**Module**“ wird die Berechnung „Schnecke mit Globoid-Schneckenrad“ aufgerufen:

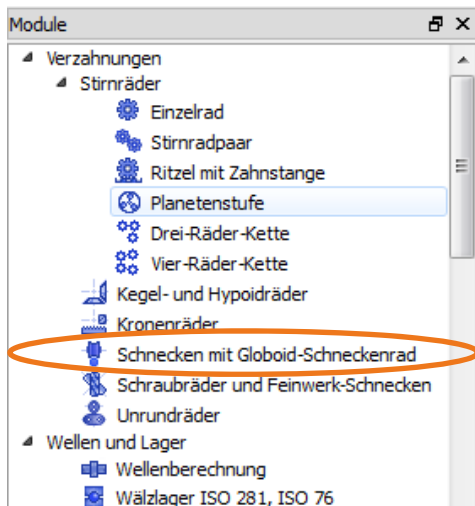


Abbildung 2. Aufruf der Schneckengetriebeberechnung

1.3 Eingabedaten in der Hauptmaske

Nach dem Aufruf Schneckenberechnung mit Globoidschneckenrad erscheint die nachfolgende Eingabemaske. Um die Rechenmethode auf „Nur Geometrie“ zu stellen deaktivieren sie im Menu „Berechnung->Belastung“.

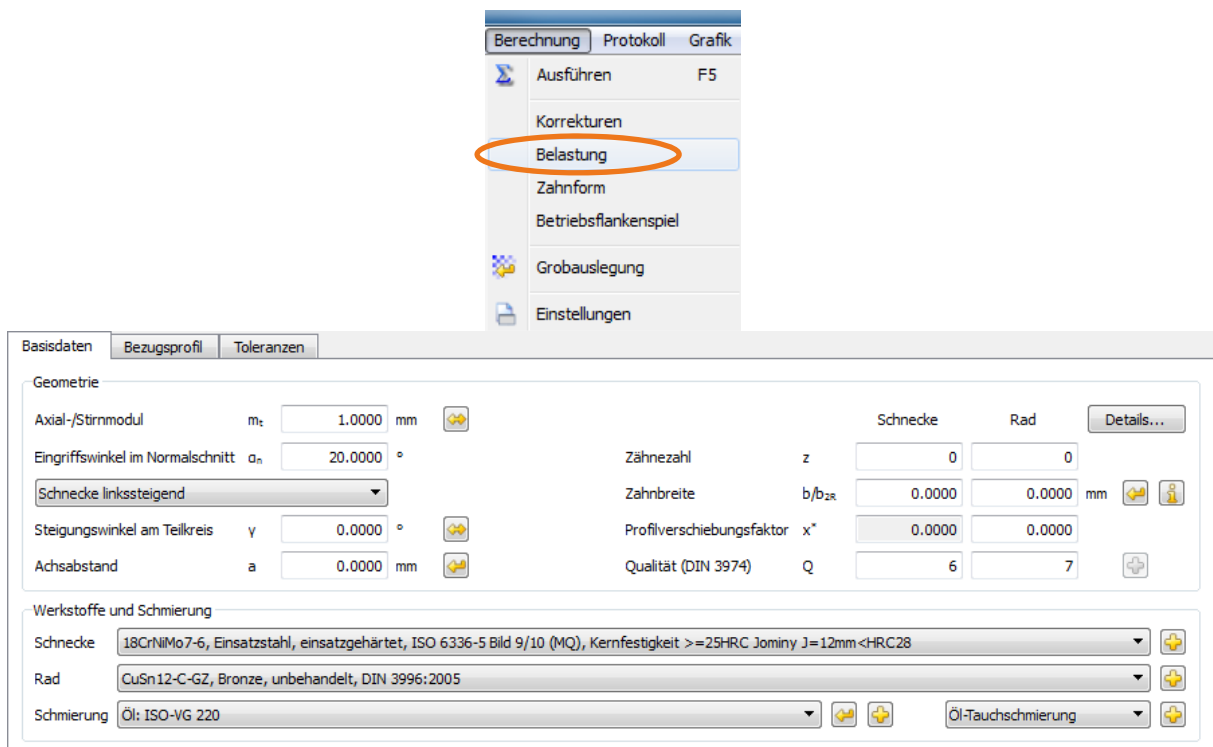


Abbildung 3. Eingabemaske für Schnecken

Die Eingabe für den Axial/Stirnmodul, die Zahnzahl, die Qualität und Zahnbreite der Schnecke erfolgt im Tab „**Basisdaten**“. Ebenfalls ist auch noch die Eingabe des Achsabstandes (1) erforderlich. Nachfolgender Zwischenstand ergibt sich, in dem nun der Steigungswinkel ermittelt werden muss. Dazu ist der „**Umrechnen-Button**“ (2) zu benutzen und mit „**Berechnen**“ (3) wird der Steigungswinkel ermittelt und mit Übernehmen (4) in die Hauptmaske übernommen (siehe Abbildung 4).

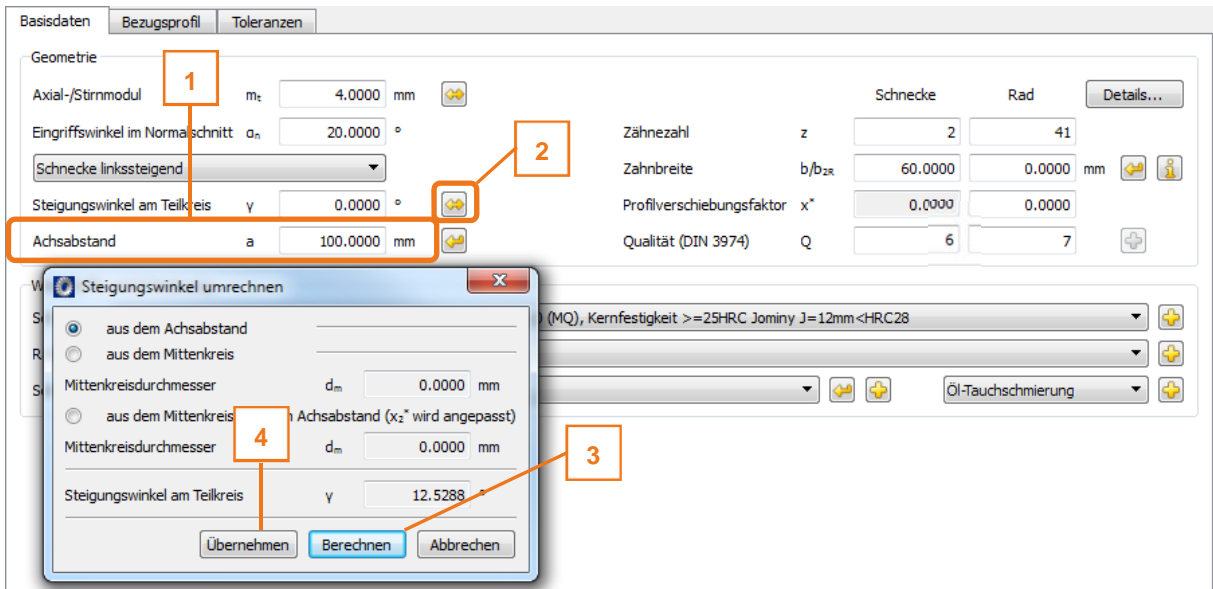


Abbildung 4. Zwischenstand mit Eingabemaske Auslegung Steigungswinkel

Über den Button „**Details**“ wird die Untermaske „Details der Geometrie definieren“ aufgerufen und die Flankenform ZI entsprechend ausgewählt. Der Innendurchmesser des Schneckenrades mit 134.4mm wird ebenfalls eingegeben.

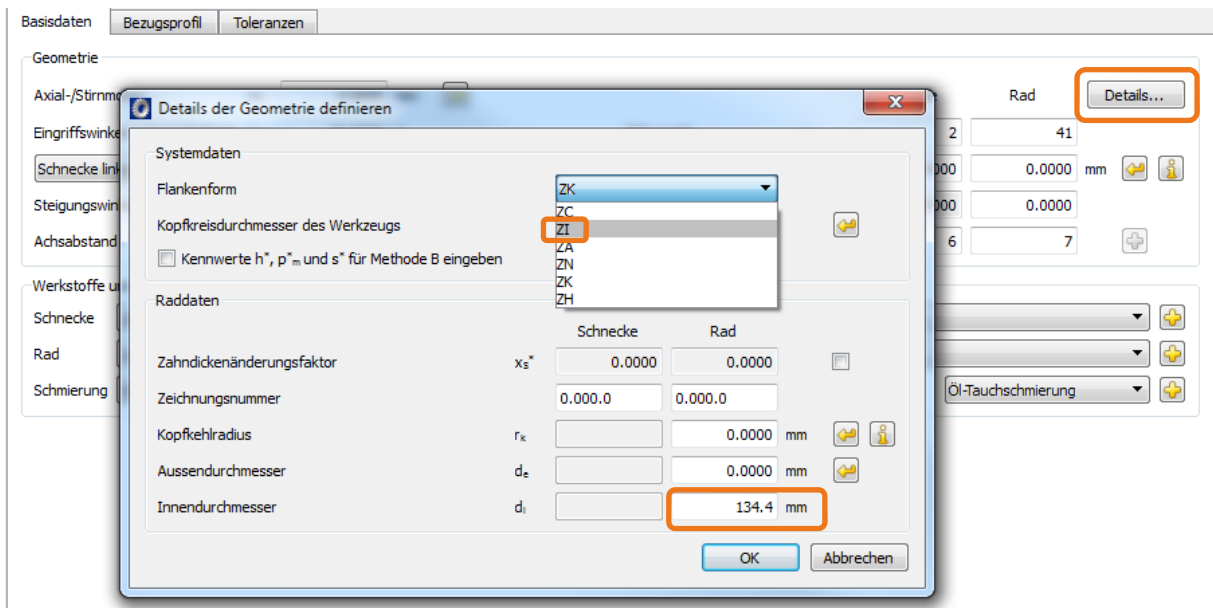


Abbildung 5. Zwischenstand mit Eingabemaske „Details der Geometrie definieren“

1.4 Besonderheiten Flankenfläche Schneckenradzahn

Die Flankenfläche eines Schneckenradzahnes wird anders definiert als bei Stirnrädern.

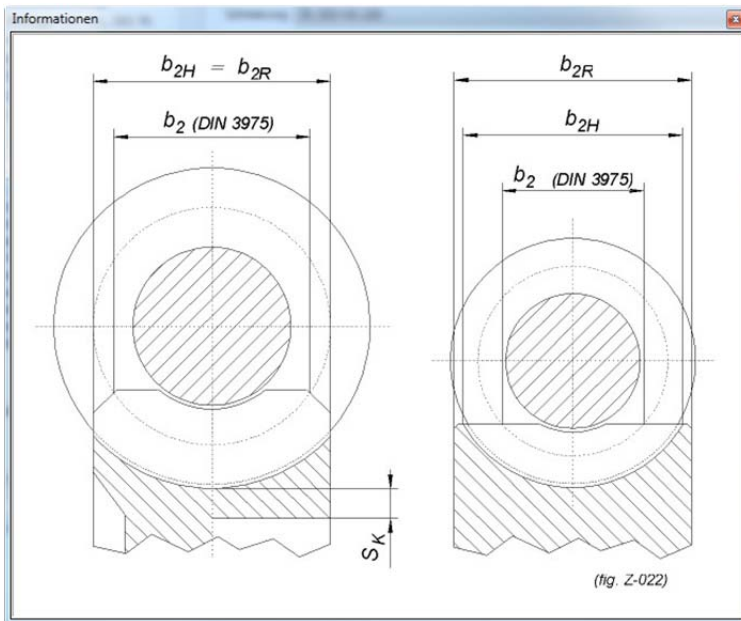



Abbildung 6. Aufruf der Informationsgrafik zur Beschreibung der Radkranzbreite b_{2R} und Radbreite b_{2H} en

Die Berechnung der Radbreite erfolgt über den „Auslegen-Button“ .

Geometrie		Schnecke		Rad			
Axial-/Stirnmodul	m_n	4.0000	mm	Zähnezahl	z	2	41
Eingriffswinkel im Normalschnitt	α_n	20.0000	°	Zahnbreite	b/b_{2a}	64.9000	29.4000 mm
Schnecke linkssteigend		Profilverschiebungsfaktor	x^*	0.0000	0.0000		
Steigungswinkel am Teilkreis	γ	12.5288	°	Qualität (DIN 3974)	Q	6	7
Achsabstand	a	100.0000	mm				

Abbildung 7. Berechnete Radkranzbreite b_{2R}

1.5 Eingabedaten zum Zahnradpaar

Im Tab „Bezugsprofil“ ist die Auswahl von vordefinierten Werkzeugprofilen auf „Eigene Eingabe“ auszuwählen. Die Berechnung der Kopf- und Fusshöhenfaktoren für die Schnecke erfolgt über die entsprechenden „Umrechnen-Button“  für den Fuss- und Kopfhöhenfaktor mit Übernehmen werden die Werte in die Hauptmaske übernommen.

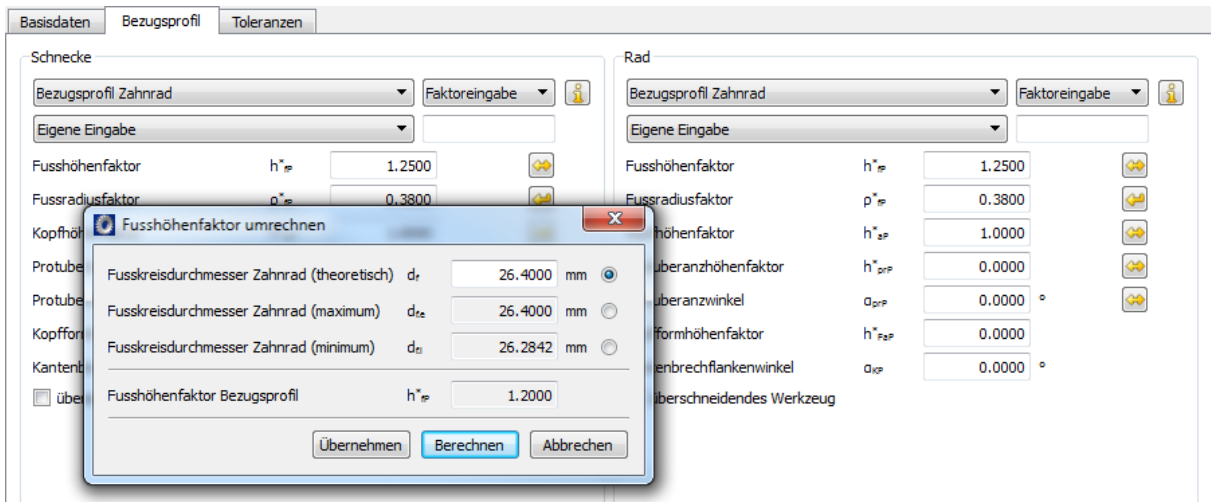


Abbildung 8. Berechnen der Fuss- bzw. Kopfkreisdurchmesser Schnecke

Der Fussradiusfaktor ist mit 0.2 einzugeben.

Die Ermittlung der Fuss- bzw. Kopfkreisdurchmesser für das Schneckenrad erfolgt anhand des effektiven Kopfspiels. Der Fusskreisdurchmesser berechnet sich aus $(\text{Achsabstand} - \text{Kopfkreisdurchmesser der Schnecke} / 2 - \text{Kopfspiel}) * 2 = (100 - 44 / 2 - 0.8) * 2 = 154.4 \text{ mm}$. Der Kopfkreisdurchmesser berechnet sich aus $(\text{Achsabstand} - \text{Fusskreisdurchmesser der Schnecke} / 2 - \text{Kopfspiel}) * 2 = (100 - 26,4 / 2 - 0.8) * 2 = 172 \text{ mm}$.

Auch hier erfolgt die Umrechnung über die entsprechenden „Umrechnen-Button“ für den Fuss- und Kopfhöhenfaktor am Schneckenrad mit Übernehmen werden die Werte in die Hauptmaske übernommen.

Erklärung dazu: Beim Aufruf der Schneckenradberechnung gibt es eine vordefinierte Grundeinstellung. Das voreingestellte Profil 1.25/ 0.38/ 1 ISO 53 A entspricht nicht unseren gesuchten Vorgaben. Dabei zeigt sich, dass die Software schon den oben errechneten Kopfkreisdurchmesser angibt.

Die besondere Geometrie von Globoidschneckenrädern macht auch noch eine Berechnung des Kopfkehlradius und des Aussendurchmessers d_{e2} erforderlich.

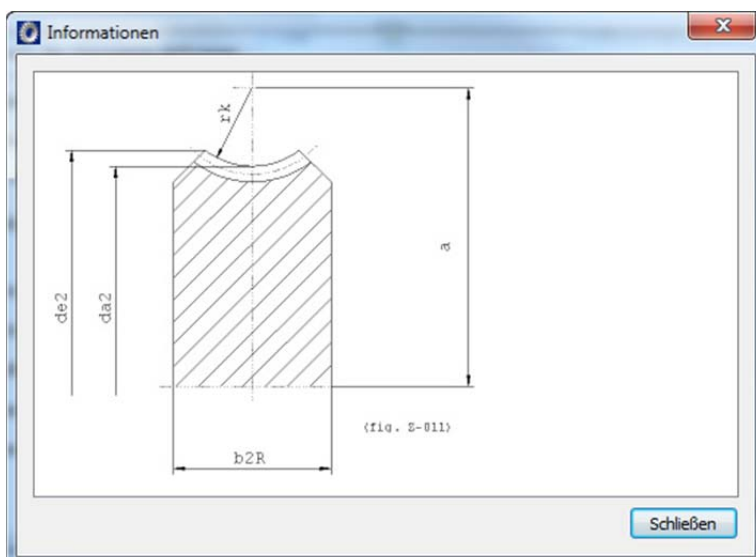


Abbildung 9. Geometrie von Globoidschneckenrädern

Im Tab „Basisdaten“ wird über Button „Details“ die Untermaske „Details der Geometrie definieren“ aufgerufen und es erfolgen mit den entsprechenden „Auslegen-Button“ die erforderlichen Berechnungen für den Kopfkehlradius r_k und den Aussendurchmesser d_{e2} , siehe dazu die Abbildung 10.

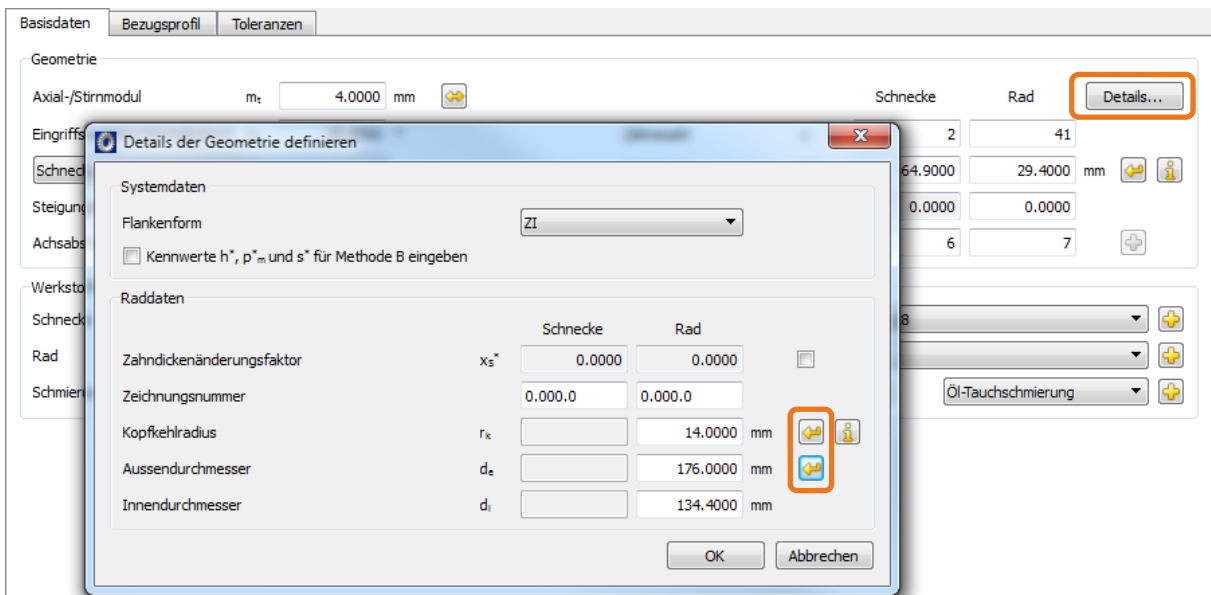


Abbildung 10. Berechnung des Kopfkreisladiuses r_k und des Aussendurchmessers

1.6 Eingabedaten der Toleranzen

Im Tab „Toleranzen“ ist die Auswahl von vordefinierten Abmassen auf „Eigene Eingabe“ auszuwählen. Danach erfolgt die Eingabe für die Zahndickenabmasse entsprechend der Vorgaben sowie die Eingabe für die Abmasse der Kopfkreisladius.

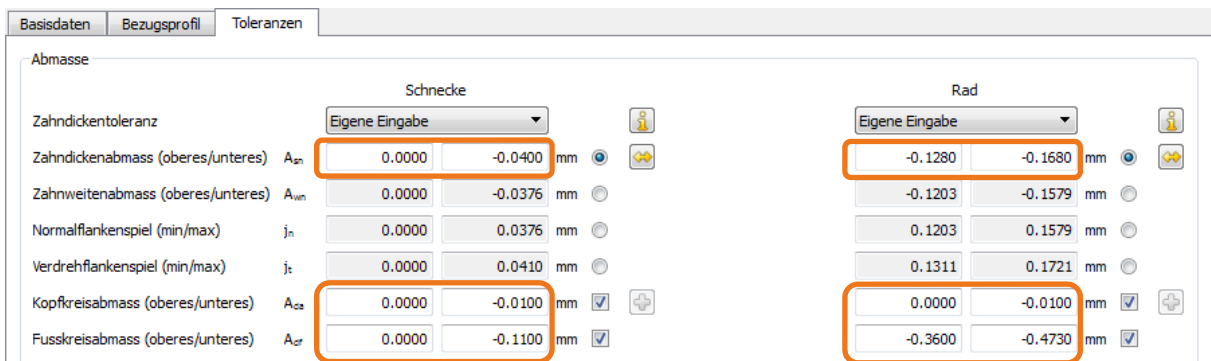


Abbildung 11. Eingabe Zahndickentoleranz und Kopfkreisabmasse

Die Abmasse für die Fusskreise sind noch zu überprüfen und gegebenenfalls zu verändern. Als Nächstes erfolgt die Auswahl der Achsabstandstoleranz.

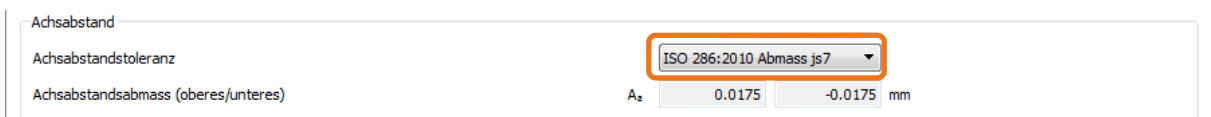


Abbildung 12. Achstoleranzeingabe

Für eine spätere Festigkeitsberechnung sind noch nachfolgende Veränderungen vorzunehmen: Die erforderliche Zahnweite des Schneckenrades b_{2R} ist auf 31mm zu vergrößern und der Aussendurchmesser d_{e2} beträgt 181.41 mm.

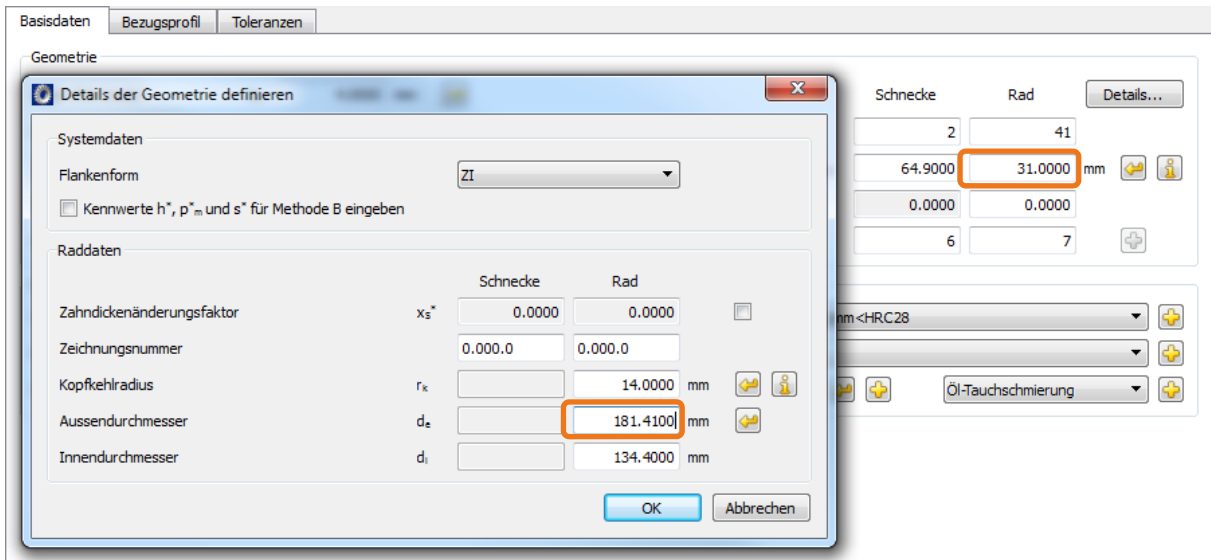


Abbildung 13. Abschliessende Eingaben

Nach dem die Berechnung ausgeführt wird ergeben sich die folgenden Resultate.

2 Festigkeitsberechnung

Die verschiedenen Berechnungsmethoden sind im Handbuch (Kapitel 16) dokumentiert. Bitte nutzen Sie diese Hinweise im Falle von Fragen. Das in diesem Tutorial durchgearbeitete Beispiel kann über „Datei→Öffnen“ und Auswahl von „WormGear 1 (DIN3996 Example 1)“ geöffnet werden.

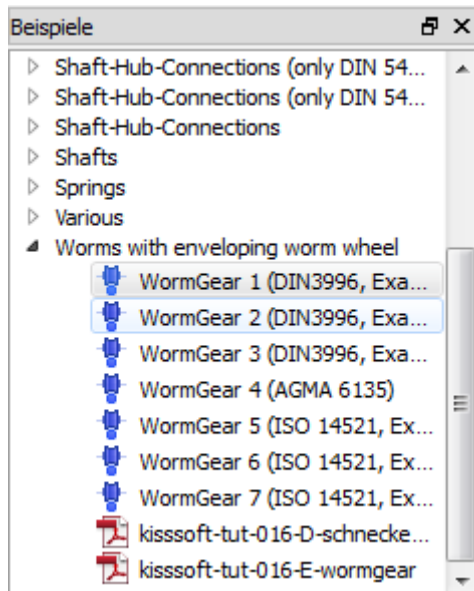


Abbildung 14. Öffnen des Berechnungsbeispiels

2.1 Resultate der Geometrieberechnung

----- KISSsoft - Release 03-2012
 KISSsoft-Entwicklungs-Version KISSsoft AG CH-8634 HOMBRECHTIKON

----- Datei
 Name : WormGear 1 (DIN3996, Example 1)
 Beschreibung: KISSsoft example
 Geändert von: KISSsoft AG am: 14.03.2012 um: 09:39:03

Wichtiger Hinweis: Bei der Berechnung sind Warnungen aufgetreten:

l-> Hinweis:
 Die Berechnung erfolgt nach Entwurf E-DIN3996:2005.
 Diese Methode ist sehr ähnlich wie die DIN3996:1998, hat aber einige sinnvolle Erweiterungen.

SCHNECKEN-BERECHNUNG

Zeichnungs- oder Artikelnummer:
 Schnecke: 0.000.0
 Rad: 0.000.0

Rechenmethode E DIN 3996:2005
 (Geometrie: DIN 3975:2002)
 Geometrieberechnung mit Axialmodul

		----- SCHNECKE -----	----- RAD -----
Leistung (kW)	[P]	4.500	
Schnecke treibt			
Leistung (kW)	[P]	5.302	4.500
Drehzahl (1/min)	[n]	1500.0	73.2
Anwendungsfaktor	[KA]	1.00	
Drehmoment (Nm)	[T]	33.754	587.282
Geforderte Lebensdauer	[H]	25000.00	
Anzahl Startvorgänge (1/h)	[Ns]	0.00	

1. ZAHNGEOMETRIE UND WERKSTOFF

Flankenform: ZI

		----- SCHNECKE -----	----- RAD -----
Achsabstand (mm)	[a]	100.000	
Achsabstandstoleranz		ISO 286:2010 Abmass js7	
Achsenwinkel (°)	[Sigma]	90.0000	
Stirnmodul (mm)	[mt]		4.0000
Normalmodul (mm)	[mn]	3.9047	
Axialmodul (mm)	[mx]	4.0000	
Eingriffswinkel im Normalschnitt (°)	[alfn]	20.0000	
Mittensteigungswinkel (°)	[gamma]	12.5288	
Schrägungsrichtung		links	links
Zähnezahl	[z]	2	41
Zahnbreite (mm)	[b1]	60.00	
Radkranzbreite b2R (mm)	[b2R]		31.00
Radbreite b2H (mm)	[b2H]		31.00
Zahnbreite für Rechnung (mm)	[b1, b2]	60.00	30.83
Verzahnungsqualität (Herstellung)	[Vqual]	6	7
Innendurchmesser Radkörper (mm)	[di]	0.00	134.40

Werkstoff
 Schnecke: 16 MnCr 5 (1), Einsatzstahl, einsatzgehärtet
 ISO 6336-5 Bild 9/10 (MQ), Kernfestigkeit >=25HRC Jominy

J=12mm<HRC28

Rad: CuSn12Ni2-C-GZ, Bronze, unbehandelt
 DIN 3996:2005

		----- SCHNECKE -----	----- RAD -----
Oberflächen-Härte		HRC 59	HBW 95
Bruchfestigkeit (N/mm ²)	[Rm]	1000.00	280.00
Streckgrenze (N/mm ²)	[Rp]	695.00	150.00
Elastizitätsmodul (N/mm ²)	[E]	206000	98100

Poissonzahl	[ny]	0.300	0.350
Schub-Schwellfestigkeit (N/mm ²)	[tauFlim]	430.00	90.00
Dauerfestig. Hertzsche Pressung (N/mm ²)	[sigHlim]	1500.00	520.00
Mittenrauhwert Ra, Zahnflanke (µm)	[RAH]	0.50	2.00
Gemittelte Rauhtiefe Rz, Flanke (µm)	[RZH]	3.00	8.00
Gemittelte Rauhtiefe Rz, Fuss (µm)	[RZF]	3.00	8.00
Werkstoff-Faktor YW	[YW]		0.95
Werkstoff-Schmierstoff-Faktor	[WML_PolyG]		1.75

Werkzeug oder Bezugsprofil von Rad 1 :

Bezugsprofil	1.20 / 0.20 / 1.0 DIN 867:1986		
Kopfhöhenfaktor	[haP*]	1.000	
Fusshöhenfaktor	[hfP*]	1.200	
Kopfradiusfaktor	[rhoaP*]	0.000	
Fussradiusfaktor	[rhofP*]	0.200	
Kopfformhöhenfaktor	[hFaP*]	0.000	
Protuberanzhöhenfaktor	[hprP*]	0.000	
Protuberanzwinkel	[alfprP]	0.000	
Kantenbrechflankenwinkel	[alfKP]	0.000	
			nicht überschneidend

Werkzeug oder Bezugsprofil von Rad 2 :

Bezugsprofil	1.20 / 0.20 / 1.0 DIN 867:1986		
Kopfhöhenfaktor	[haP*]	1.000	
Fusshöhenfaktor	[hfP*]	1.200	
Kopfradiusfaktor	[rhoaP*]	0.000	
Fussradiusfaktor	[rhofP*]	0.200	
Kopfformhöhenfaktor	[hFaP*]	0.000	
Protuberanzhöhenfaktor	[hprP*]	0.000	
Protuberanzwinkel	[alfprP]	0.000	
Kantenbrechflankenwinkel	[alfKP]	0.000	
			nicht überschneidend

Zusammenfassung Bezugsprofil der Zahnräder:

Fusshöhe Bezugsprofil (in Modul)	[hfP*]	1.200	1.200
Fussradius Bezugsprofil (in Modul)	[rofP*]	0.200	0.200
Kopfhöhe Bezugsprofil (in Modul)	[haP*]	1.000	1.000
Protuberanzhöhenfaktor (in Modul)	[hprP*]	0.000	0.000
Protuberanzwinkel (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Kopfformhöhenfaktor (in Modul)	[hFaP*]	0.000	0.000
Kantenbrechflankenwinkel (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Schmierungsart	Öl-Tauchschmierung		
Ölsorte (Eigene Eingabe)	Öl: ISO-VG 220		
Schmierstoff-Basis	Synthetisches Öl auf Polyglykol-Basis		
Kinem. Nennvisko. Öl bei 40 Grad (mm ² /s)	[nu40]	220.00	
Kinem. Nennvisko. Öl bei 100 Grad (mm ² /s)	[nu100]	37.00	
FZG-Test A/8.3/90 Stufe	[FZGtestA]	13.00	
Spez. Dichte Öl bei 15 Grad (kg/dm ³)	[roOil]	1.020	
Öltemperatur (°C)	[TS]	73.226	
Erzeugungswinkel (°)	[alfa0]	20.000	
Eingriffswinkel im Normalschnitt (°)	[alfn]	20.000	

Angaben für die Fertigung des Schneckenrades nach ISO 14521:

(Nur gültig bei Schneckenrädern, welche mit einem schneckenähnlichen Fräser hergestellt werden.)

Mittensteigungswinkel der Schnecke (°)	[gamma]	12.5288	
Stirnmodul (mm)	[mt]	4.0000	
Teilkreisdurchmesser (mm)	[d]	164.000	
Mittlenkreisdurchmesser (mm)	[dm]	164.000	
Aussendurchmesser (mm)	[de]	181.410	
Kopfkehrradius (mm)	[rk]	14.000	
Profilverschiebungsfaktor	[x-worm]	0.0000	
Teilkreisteilung (mm)	[p2]	12.566	

Angaben für die Fertigung des Schneckenrades als Stirnrad oder für Formenbau:

(Die Angaben dienen nur als Hinweis, eine Berechnung der exakten Geometrie über die Schraubradberechnung ist notwendig!)

Eingriffswinkel im Stirnschnitt (°)	[alfst]	(59.205)	20.448
Eingriffswinkel im Axialschnitt (°)	[alfx]	(20.448)	59.205
Schrägungswinkel am Teilkreis (°)	[beta]	(77.471)	12.529
Steigungswinkel am Teilkreis (°)	[gamma]	(12.529)	77.471
Stirnmodul (mm)	[mt]	(18.000)	4.000

Axialmodul (mm)	[mx]	(4.000)	18.000
Schrägungswinkel am Wälzkreis (°)	[betas]	(77.471)	12.529
Wälzkreisdurchmesser (mm)	[dw]	(36.000)	164.000
Profilverschiebungsfaktor	[x-DIN3960]	(0.0000)	0.0000
Gesamtübersetzung	[itot]	-20.500	
Zähnezahlverhältnis	[u]	20.500	
Grundschrägungswinkel (°)	[betab]		11.762
Nullachsabstand (mm)	[ad]	100.000	
Formzahl q	[q]	9.000	
Profilverschiebungsfaktorsumme	[Summexi]	0.0000	
Profilverschiebungsfaktor	[x-worm]	0.0000	0.0000
Profilverschiebung (x*m) (mm)	[x*mx]	0.0000	0.0000
(Die Profilverschiebung bezieht sich gemäss ISO TR 14521:2010/DIN 3975:2002 auf den Axialmodul der Schnecke.)			
Kopfhöhenänderung (mm)	[k*mn]	0.000	0.000
Kopfspiel theoretisch (mm)	[c]	0.800	0.800
Kopfspiel effektiv (mm)	[c.e/i]	1.059/ 0.963	0.877/ 0.782
Mittlenkreisdurchmesser (mm)	[dm]	36.000	164.000
Teilkreisdurchmesser (mm)	[d]		164.000
Grundkreisdurchmesser (mm)	[db]		153.666
Kopfkreisdurchmesser (mm)	[da]	44.000	172.000
Kopfkantenbruch / Kopfrundung (mm)	[hK]	0.000	0.000
Kopfformkreisdurchmesser (mm)	[dFa]	44.000	172.000
	[dFa.e/i]	44.000/43.990	172.000/171.990
Kopfkreisabmasse (mm)	[Ada.e/i]	0.000/-0.010	0.000/-0.010
Fusskreisdurchmesser (mm)	[df]	26.400	154.400
Erzeugungprofilverschiebungsfaktor	[xE.e/i]		-0.0450/-0.0591
Erzeugter Fusskreis mit xE (mm)	[df.e/i]	26.400/26.290	154.040/153.927
Steigungshöhe (mm)	[pz]	25.133	
Axiale Teilung (mm)	[px]	12.566	
Profilüberdeckung (Richtwert nach Thomas-Charchut) [eps_a]		1.911	
Bei ZI-Schnecken:			
Grundkreisdurchmesser (mm)	[db]	18.431	
Grundsteigungswinkel (°)	[gamb]	23.463	
Grundzylinderteilung (mm)	[pb]	11.527	

2. ALLGEMEINE EINFLUSSFAKTOREN

		----- SCHNECKE -----	RAD ----
Nennumfangskraft im Teilkreis (N)	[Ft]	1875.2	7162.0
Axialkraft (N)	[Fa]	-7162.0	-1875.2
Radialkraft (N)	[Fr]	2847.3	-2847.3
Normalkraft (N)	[Fn]	8343.7	
Umfangsgeschwindigkeit Teilk. (m/sec)	[v]	2.827	0.628
Gleitgeschwindigkeit am Mittlenkreis (m/s)	[vgm]	2.896	
Lastwechselzahl (in Mio.)	[NL]	2249.999	109.756
Daten des Referenzgetriebes:			
Ersatz-E-Modul (N/mm ²)	[EredT]	150622.00	
Oberflächenrauigkeit der Schnecke (µm)	[RaT]	0.500	
Achsabstand (mm)	[aT]	100.000	
Übersetzungsverhältnis	[uT]	20.500	
Mittlenkreisdurchmesser (mm)	[dm1T]	36.000	164.000
Kennwert für die mittlere Hertzsche Pressung	[pmT*]	0.962	
Kennwert für die mittlere Schmierpalhöhe	[hT*]	0.070	
Kennwert für den mittleren Gleitweg	[sT*]	30.800	
Physikalische Kennwerte:			
Kennwert für die mittlere Schmierpaltdicke	[h*]	0.0692	
Kennwert für die mittlere Hertzsche Pressung	[pm*]	0.9470	
Kennwert für den mittleren Gleitweg	[s*]	30.2850	
Wirkungsgrad nach Methode C:			
Wälzlager mit angestellter Lagerung			
Lagerverlustleistung (kW)	[PVLV]	0.126	
Anzahl Dichtringe (Schneckenwelle)	[nVD]	2	
Dichtungsverlustleistung (kW)	[PVD]	0.046	
Leerlaufverlustleistung (kW)	[PVO]	0.153	
Grundreibungszahl	[muOT]	0.0245	
Baugrössenfaktor	[YS]	1.000	
Geometriefaktor	[YG]	1.006	
Rauhigkeitsfaktor	[YR]	1.000	

Werkstoff-Faktor YW	[YW]	0.950
Mittlere Zahnreibungszahl	[muzm]	0.0234
Zahnreibungswinkel (°)	[roz]	1.341
Verzahnungswirkungsgrad (%)	[etaz]	90.002
Verzahnungsverlustleistung (kW)	[PVZ]	0.477
Gesamtverlustleistung (kW)	[PV]	0.802
Gesamtwirkungsgrad (%)	[etaGes]	84.872

Radmasse-temperatur:

Schmierungsart	Öl-Tauchschmierung	
Schneckenrad taucht in den Schmierstoff		
Kühlfläche des Radsatzes (cm ²)	[AR]	50.840
Wärmeübergangskoeffizient Räder (W/m ² /K)	[alfL]	24439.990
Radmasse-temperatur (°C)	[theM]	77.1
Ölsumpftemperatur (°C)	[theS]	73.2

3. VERSCHLEISSTRAGFÄHIGKEIT NACH METHODE B,C

Mittlere Schmierpaltdicke (µm)	[hminm]	0.2480
(hminm berechnet mit etaOM= 0.0642 Ns/m2 theM=77.1°)		
Pressungsfaktor	[WH]	1.0000
Schmierstoff-Strukturfaktor	[WS]	2.6140
Startfaktor	[WNS]	1.0000
Kennwert	[Kw]	0.6484
Verschleissintensität	[JOT]	5.10181e-010
Verschleissintensität	[Jw]	8.92817e-010
Verschleissweg (m)	[sWm]	815829
Verschleissabtrag (mm)	[delWn]	0.728
Zulässige Zahndickenabnahme (Faktor, in Modul)	[DeltaS]	0.300
Zulässiger Massenabtrag (kg)		keine Angabe
Normal-Zahndicke am Kopfzylinder (mm)	[san]	2.907
(mm)	[san.e/i]	2.778/ 2.731
Grenzwert des Flankenabtrags (mm)	[delWlimn]	1.171
Begrenzt durch: Zulässige Zahndickenabnahme		
Verschleiss-Sicherheit	[SW]	1.608
Sollsicherheit	[SWmin]	1.100
Zur Information:		
Erreichbare Lebensdauer (mit SW = 1.100) (h)	[Lh]	36551.07

4. GRÜBCHENTRAGFÄHIGKEIT NACH METHODE B,C

	----- SCHNECKE ----- RAD -----	
Ersatz-E-Modul (N/mm ²)	[Ered]	149673.38
Mittlere Flankenpressung (N/mm ²)	[sigHm]	367.36
Lebensdauer-Faktor	[ZH]	1.000
Geschwindigkeits-Faktor	[ZV]	0.851
Baugrößenfaktor	[ZS]	1.000
Schmierstoff-Faktor	[Zoil]	1.000
Übersetzungs-Faktor	[Zu]	1.000
Grenzwert der mittleren Flankenpressung (N/mm ²)	[sigHG]	442.766
Sicherheit für Flankenpressung	[SH]	1.205
Sollsicherheit	[SHmin]	1.000
Zur Information:		
Erreichbare Lebensdauer (mit SHmin = 1.000) (h)	[Lh]	76640.67

5. DURCHBIEGESICHERHEIT

Lagerabstand l1 (mm)	[l1]	150.000
Distanz l11 (mm)	[l11]	75.000
Durchbiegung (mm)	[delm]	0.030
Grenzwert der Durchbiegung (mm)	[dellim]	0.080
Sicherheit für Durchbiegung	[Sdel]	2.632
Sollsicherheit	[Sdelmin]	1.000

6. ZAHNFUSS-TRAGFÄHIGKEIT NACH METHODE C

	----- SCHNECKE ----- RAD -----	
Berechnung unter Berücksichtigung der Zahndickenabnahme durch Verschleiss		
(mit Minimum (delWn, delWlimn))		
Zahnfussdicke (mm)	[sft2]	9.663
Zahnformfaktor	[YF2]	1.200
Überdeckungsfaktor	[Yeps]	0.500
Steigungsfaktor	[Ygam]	1.024

Kranzdicke (mm)	[sk2]	10.000
Kranzdickenfaktor	[YK2]	1.000
Schub-Nennspannung am Zahnfuß (N/mm ²)	[tauF2]	35.51
Keine Qualitätsverschlechterung durch geringe plastische Verformung akzeptiert.		
Lebensdauer-Faktor	[YNL]	1.000
Grenzwert der Schub-Nennspannung am Zahnfuß (N/mm ²) [tauFG]	[tauFG]	90.00
Sicherheitsfaktor für Zahnfußspannung	[SF]	2.534
Sollsicherheit	[SFmin]	1.100

7. TEMPERATUR-SICHERHEIT NACH METHODE C

Gehäuse mit Lüfter		
Umgebungstemperatur (°C)	[TU]	20.0
Öltemperatur (°C)	[theOil]	73.2
Grenzwert der Öltemperatur (°C)	[theSlim]	100.0
Temperatur-Sicherheit	[ST=theSlim/theOil]	1.366
Sollsicherheit	[STmin]	1.100
Ölsumpftemperatur (°C)	[theS]	73.2
(Sicherheit)	[theSlim/theS]	1.366

8. ABMASSE FÜR DIE ZAHNDICKE

Zahndickentoleranz			
Schnecke:		Eigene Eingabe	
Rad:		Eigene Eingabe	
		----- SCHNECKE -----	----- RAD -----
Zahndickenabmass im Normalschnitt (mm)	[As.e/i]	0.000/-0.040	-0.128/-0.168
Spielfreier Achsabstand (mm)	[aControl]	99.820/ 99.707	
Spielfreier Achsabstand, Abmasse (mm)	[jta]	-0.180/-0.293	
Messzähnezahl	[k]		5.000
Zahnweite spielfrei (mm)	[Wk]		54.275
Effektive Zahnweite (mm)	[Wk.e/i]		54.155/54.117
Messkreisdurchmesser (mm)	[dMWk.m]		162.549
Zahnweite: Kann nur gemessen werden, falls das Schneckenrad wie ein Stirnrad gefertigt wird!			
Theor. Messkörperdurchmesser (mm)	[dm]	6.545	6.615
Eff. Messkörperdurchmesser (mm)	[DMeff]	7.000	7.000
Radiales Einkugelmass spielfrei (mm)	[MrK]		87.190
Eff. radiales Einkugelmass (mm)	[MrK.e/i]		87.034/86.985
Messkreisdurchmesser (mm)	[dMMr.m]	37.166	164.455
Diametrales Zweikugelmass spielfrei (mm)	[MdK]		174.257
Eff. diametrales Zweikugelmass (mm)	[MdK.e/i]		173.946/173.848
Theoretisches Dreidrahtmass (mm)	[Md3R]	46.559	
Effektives Dreidrahtmass (mm)	[Md3R.e/i]	46.559/46.452	
Zahndicke (Sehne) im Teilkreis (mm)	['sn]	6.133	6.132
Effektive Zahndickensehne (mm)	['sn.e/i]	6.133/6.093	6.004/5.964
Zahndicke im Axialschnitt (mm)	[smx]	6.283	
Effektive Zahndicke (mm)	[smx.e/i]	6.283/6.242	
Zahnlücke im Axialschnitt (mm)	[emx]	6.283	
Effektive Zahnlücke (mm)	[emx.e/i]	6.283/6.324	
Höhe über der Sehne ab da.m (mm)	[ham1, ha2]	3.997	4.052
Achsabstandsabmass (mm)	[Aa.e/i]	0.018/-0.018	
Verdrehflankenspiel (Stirnschnitt) (mm)	[jt]	0.226/0.118	
Normalflankenspiel (mm)	[jn]	0.207/0.108	

9. VERZÄHNUNGS-TOLERANZEN

		----- SCHNECKE -----	----- RAD -----
Nach DIN 3974:1995:			
Verzahnungsqualität	[Vqual]	6	7
Teilungs-Einzelabweichung (µm)	[fpx, fp2]	8.50	13.00
Teilungssprung (µm)	[fux, fu2]	11.00	16.00
Steigungs-Gesamtabweichung (µm)	[Fpz]	11.00	
Teilungs-Gesamtabweichung (µm)	[Fp2]		51.00
Profil-Winkelabweichung (µm)	[fHa]	7.50	11.00
Profil-Formabweichung (µm)	[ffa]	11.00	15.00
Profil-Gesamtabweichung (µm)	[Fa]	13.00	19.00
Rundlaufabweichung (µm)	[Fr]	18.00	35.00

Einflanken-Wälzabweichung (µm)	[Fi']	29.00	56.00
Einflanken-Wälzsprung (µm)	[fi']	15.00	22.00

10. ERGÄNZENDE DATEN

Gewicht - berechnet mit da (kg)	[Mass]	0.714	2.455
Anfahren unter Last:			
Zahnreibungszahl (nach Niemann)	[muzm_S]	0.140	
Drehmoment (Nm)	[Tl_S]	48.195	587.282

BEMERKUNGEN:

- Angaben mit [.e/i] bedeuten: Maximal- [e] und Minimalwert [i] bei Berücksichtigung aller Toleranzen
 - Die Angabe des Verdrehflankenspiels (sowie des spielfreien Achsabstands für die Kontrolle der Zahndicke) ist noch nicht genau überprüft, sie dient nur als Hinweis.
 - Die Angabe der Zahndickensehne ist nicht genau (Durchführung nach ISO TR 14521:2010/DIN 3975:2002, ohne Berücksichtigung der exakten Flankenform), sie dient nur als Hinweis.
 - Die ISO 14521 und die DIN 3996 gibt nicht für jeden Werkstoff immer alle notwendigen Daten an.
- In diesen Fällen erscheint der Vermerk:
'Nicht berechnet (fehlende Werkstoffdaten)'

Ende Report

Zeilen: 384