

KISSsoft AG - +41 55 254 20 50
Uetzikon 4 - +41 55 254 20 51
8634 Hombrechtikon - info@KISSsoft.CH
Schweiz - www.KISSsoft.CH

KISSsoft Tutorial: Kegelräder

1 Starten von KISSsoft

Nach Installation und Freischaltung von KISSsoft als Test- oder lizenzierte Version wird KISSsoft wie folgt aufgerufen. Der Programmstart erfolgt über „Start/Programme/KISSsoft 03-2011/KISSsoft“. Es erscheint die folgende KISSsoft Benutzeroberfläche:

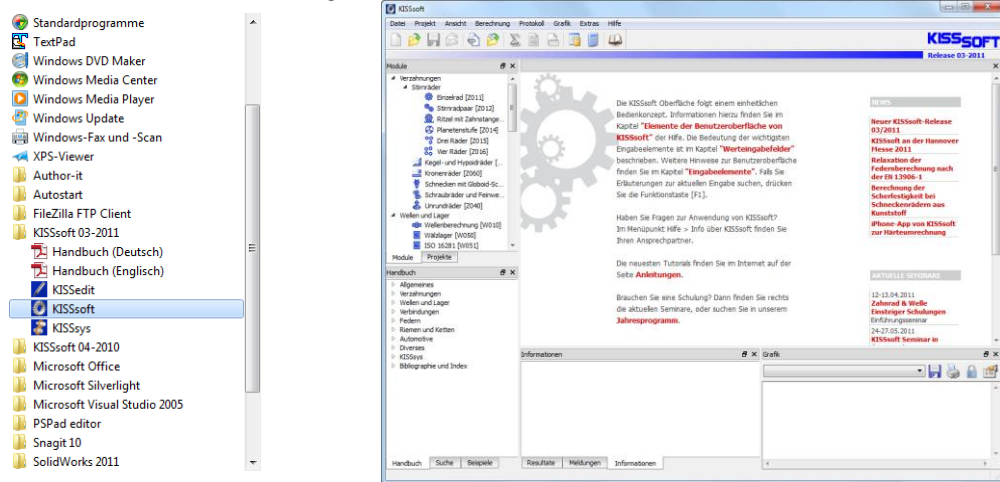


Abbildung 1.1 KISSsoft Hauptfenster

1.1 Das Berechnungsmodul starten

Das Berechnungsmodul **"Kegel- und Hypoidräder"** durch Doppelklicken des entsprechenden Eintrags im Fenster **"Module"** in der linken oberen Ecke des Hauptfensters starten.

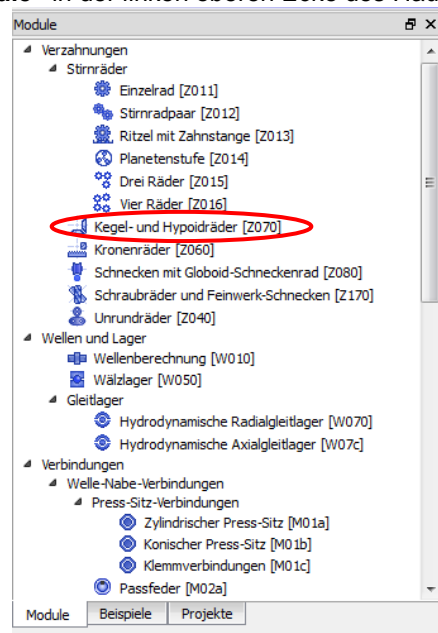


Abbildung 1.2 Das Berechnungsmodul "Kegel- und Hypoidräder" aus dem "Module"-Fenster auswählen

2 Einführung

Es gibt verschiedene Arten von Kegelrädern, und jede Bauart weist Besonderheiten auf, die berücksichtigt werden müssen. Das folgende Tutorial befasst sich mit den verschiedenen Bauformen und gibt Anleitungen, wie diese in KISSsoft zu berechnen sind.

2.1 Differential Kegelräder

Differential Kegelräder haben normalerweise Geradverzahnung und die Bauform weicht aus Herstellungsgründen häufig stark von der theoretischen Form ab. Um also einen bestehenden Kegelradsatz ab Zeichnung nachzurechnen, wird eine andere Vorgehensweise als üblich empfohlen.

Die Zeichnungen von Differential Kegelrädern enthalten oft wenig theoretische Daten. Üblicherweise wird auf der Zeichnung kein theoretischer äußerer Kopfkreisdurchmesser d_{ae} oder äußerer Teilkreisdurchmesser d_e angegeben, sondern der gefertigte Aussendurchmesser, so dass der äußere Teilkreisdurchmesser geschätzt werden muss.

Beim Modul ist häufig unklar, ob es sich um mittleres oder äusseres Modul handelt. Dies kann einfach überprüft werden mit $m_{te} = d_e / z$. Stirn- und Normalmodul sind identisch, da es sich um Geradverzahnung handelt.

2.2 Berechnung der Geometrie in KISSsoft

1. Im Reiter **„Geometrie“** → **„Systemdaten“** die Option **„Standard, Bild 2 (Kopf-, Teil- und Fuss-Kegelspitze NICHT in einem Punkt)“** auswählen. Diese Bauform ermöglicht die Eingabe von Kopf- und Fusswinkeln (siehe Abbildung 2.1).

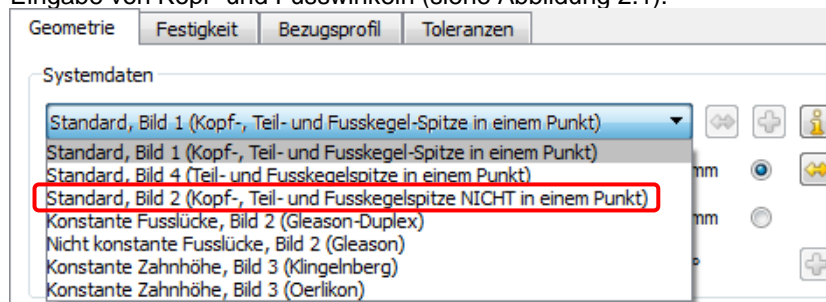



Abbildung 2.1 Bauform „Standard, Bild 2“ anwählen

2. „Teilkreisdurchmesser Rad 2 aussen“ oder „Normalmodul Mitte“ gemäss der Zeichnung eingeben. Falls die Werte auf der Zeichnung nicht gegeben sind, müssen diese anhand der Grafik auf der Zeichnung ermittelt werden.
3. „Eingriffswinkel“ und „Zähnezahl“ gemäss der Zeichnung eingeben.
4. „Zahnbreite“ eingeben. Falls die Zahnbreite nicht angegeben ist, muss sie auf der Zeichnung nachgemessen werden. Es wird die Länge auf dem Teilkegel verwendet.
5. „Profilverschiebungsfaktor“ und „Zahndickenänderungsfaktor“ = 0 eingeben.
6. Bevor „Kopf- und Fusswinkel Rad 2“ eingegeben werden, wird zuerst die Berechnung durchgeführt mit Σ oder "F5" drücken, so dass die Teilkegelwinkel berechnet werden. Mit Rechts-Klick auf „Umrechnen“  die Kopf- und Fusskegelwinkel eintragen. Mit dem Knopf „Berechnen“ werden die Zahnwinkel berechnet und übernommen (siehe Abbildung 2.2).

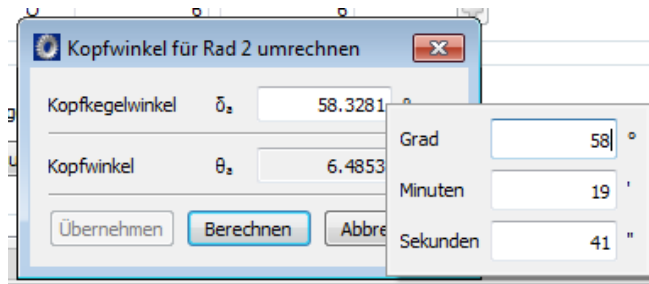




Abbildung 2.2 Die Kopf- und Fusskegelwinkel eingeben und umrechnen

- Unter „Herstelldaten“ sind keine Angaben notwendig, da diese ignoriert werden
- Die Berechnung durchführen mit  oder "F5" drücken. Das Protokoll erstellen und öffnen mit  oder „F6“ drücken. Die Resultate können vom Protokoll zu den Vorgabedaten auf der Zeichnung verglichen werden, beispielsweise die Winkel (siehe Abbildung 2.3).

Teilkegelwinkel (°)	[delta]	38.157	51.843
Weitere Winkel (°):	[dela]	46.878	58.328
	[thaa=dela-delta]	8.721	6.485
	[delf]	31.672	43.122
	[thef=delta-delf]	6.485	8.721

Abbildung 2.3 Protokoll von Kegelrad, Abschnitt 1 Zahngeometrie

2.3 Berechnung der Festigkeit (statische Festigkeit)

Differenzial Kegelräder werden normalerweise mit statischer Last gerechnet, da ihre Anwendung meistens statisch ist. Mit der statischen Berechnung wird lediglich der Fußbruch aufgrund von Biegung berechnet.

- Im Reiter **“Festigkeit”** → **„Systemdaten“** die Rechenmethode **„Differential, statische Berechnung“** auswählen (siehe Abbildung 2.4)

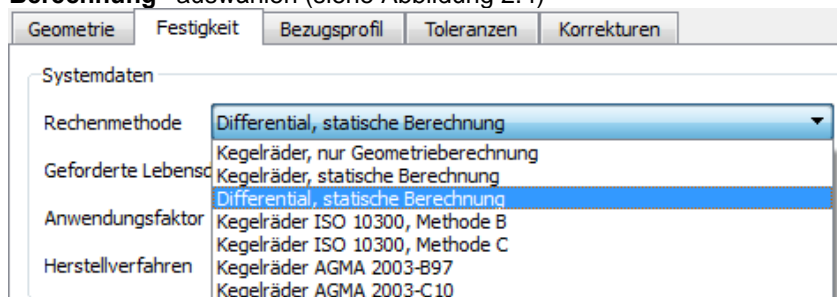




Abbildung 2.4 Festigkeitsberechnung „Differential, statische Berechnung“

- Die Leistungs- / Drehmoment- / Drehzahldaten anhand der Vorgaben eingeben
- Die Differential Kegelräder werden meistens mit mehreren Strängen verwendet. Die **“Anzahl Stränge”** kann unter **„Paardaten“** → **„Details“** geprüft und eingestellt werden. Per Standard ist 2 eingestellt, da dies der übliche Fall ist.
- Die Berechnung durchführen mit  oder "F5" drücken. Das Protokoll erstellen und öffnen mit  oder „F6“ drücken.

2.4 Bestehenden Kegelradsatz von Gleason Datenblatt eingeben

Wenn ein bestehender Kegelradsatz (mit Bogenverzahnung) anhand von Zeichnungen oder Gleason Datenblättern (sogenannte „Gleason dimension sheet“) nachgerechnet werden soll, wird das folgende Vorgehen angewandt.

Die Zeichnungen von bogenverzahnten Kegelrädern und die Gleason dimension sheet enthalten üblicherweise genaue und umfassende Informationen über die Verzahnung. In KISSsoft können die Eingaben mit der Funktion **“Umrechnung aus Gleason Datenblättern”** vorgenommen werden. Die benötigten Daten sind m_{te2} (oder d_{e2}), β_{m1} , Σ , a_v , r_{c0} , z_1 , z_2 , b , d_{ae} , h_e , δ_a

2.4.1 Berechnung der Geometrie

1. Im Reiter **„Geometrie“** → **„Systemdaten“** die Bauform **„konstante Fusslücke“** oder **„nicht konstante Fusslücke“** auswählen (siehe Abbildung 2.5).

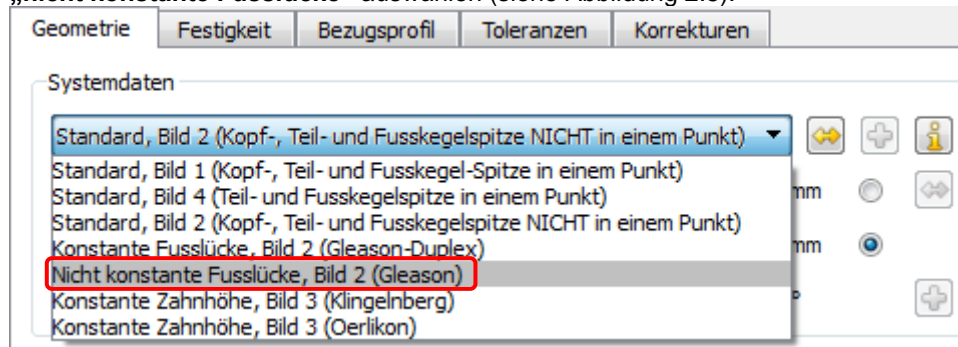


Abbildung 2.5 Bauform „konstante Fusslücke“ oder „nicht konstante Fusslücke“ auswählen

2. Rechts von Bauform auf **„Umrechnung von GLEASON Datenblättern“** klicken und die Daten eingeben (siehe Abbildung 2.6 und Abbildung 2.7).

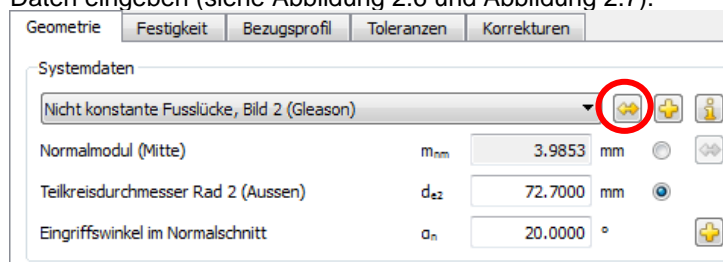


Abbildung 2.6 Umrechnung von GLEASON Datenblättern

Abbildung 2.7 die Daten von GLEASON Datenblättern eingeben

Der Messerkopf Flugkreisradius ist leider häufig auf den Zeichnungen nicht angegeben. Auf GLEASON Datenblättern ist der Messerkopf Flugkreisradius meistens angegeben.

3. "Berechnen" drücken und die berechneten Werte kontrollieren, dann mit „Übernehmen“ in die Haupteingabemaske übertragen.
4. Die Berechnung durchführen mit oder "F5" drücken. Das Protokoll erstellen und öffnen mit oder „F6“ drücken.

2.5 Dimensionierung eines Kegelradsatzes mit "Grobauslegung"

Zur Dimensionierung eines neuen Kegelradsatzes kann die Funktion "**Grobbauslegung**" verwendet werden. Die Grobauslegung verwendet die Formeln nach Klingelnberg (gemäß dem Buch von Klingelnberg "Kegelräder"), unabhängig von der ausgewählten Berechnungsmethode (ISO, DIN, AGMA, Klingelnberg).

Wichtiger Hinweis:

Der Berechnungsgang ist ausgelegt für Kegelradsätze ohne Achsversatz und Einsatzstahl, mit Eingriffswinkel 20°. Andere Vorgaben in der Haupt-Eingabemaske werden nicht berücksichtigt. Trotzdem kann die Grobauslegung auch für andere Kegelräder verwendet werden und liefert gute Ausgangswerte für weitere Entwicklungen.

1. Im Reiter "**Geometrie**" → „**Systemdaten**“ die gewünschte Bauform (Standard, Klingelnberg, Gleason) auswählen.
2. Im Reiter „**Festigkeit**“ die Leistungsdaten eingeben (siehe Abbildung 2.8).

Abbildung 2.8 die Leistungsdaten eingeben

3. Die Grobauslegung anwählen unter „**Berechnung**“ → „**Grobbauslegung**“ oder auf
4. Die Daten gemäß Ihren Anforderungen eingeben (siehe Abbildung 2.9)
 - Verhältnis Zahnbreite zu Normalmodul: 8...12
Werte näher zu 8 führen zu höheren Modulen und Biegefestigkeit, Werte näher zu 12 zu kleineren Modulen und einer höheren Überdeckung
 - Verhältnis der Teilkegellänge zur Zahnbreite: $R_e/b = 3,5$.Um Probleme bei der Produktion mit herkömmlichen Maschinen zu vermeiden, sollte das Verhältnis nicht kleiner als 3 sein.
- Schrägungswinkel: üblicherweise für das Tellerrad (Rad 2) im Bereich von 20...35°

Abbildung 2.9 Grobauslegung

5. "Berechnen" drücken, um die Werte zu berechnen.
6. Wenn die berechneten Daten nicht so ausgegeben werden, wie gewünscht (bsp. Teilkreisdurchmesser Tellerrad ist zu groß), kann der Wert vorgegeben werden, indem der Haken zur Eingabe gesetzt wird, und erneut „Berechnen“ drücken.
7. Die Daten mit "Übernehmen" in die KISSsoft Haupteingabemaske übertragen.

2.6 Gleason-Spiralkegelrad und Hypoidkegelrad

Gleason Kegelräder werden historisch mit dem Einzelteil-Verfahren (Face Milling) hergestellt. Diese Zahnräder können aufgrund ihrer kreisbogenförmigen Zahnflanksform nach der Wärmebehandlung geschliffen werden. Für die Automobilindustrie werden die Kegelräder auch geläppt. Gleason wendet jedoch auch kontinuierlich teilende Verfahren (Face Hobbing) an.

In den folgenden Beispielen wurde vorher die Dimensionierung mit der **Grobauslegung** durchgeführt, und damit sind die Daten bereits grösstenteils vorhanden (siehe Abschnitt 2.5). Daher werden lediglich die besonderen Eingaben für die jeweilige Methode erwähnt. Wenn keine **Grobauslegung** durchgeführt wurde, sind demzufolge alle Eingabefelder von Hand einzutragen.

2.6.1 Gleason, 5-Schnitt Methode

1. Im Reiter **„Geometrie“** → **„Systemdaten“** die Bauform **„nicht konstante Fusslücke“** auswählen (siehe Abbildung 2.10). Das Ritzel hat eine veränderliche Lückenweite aufgrund von unterschiedlichen Maschineneinstellungen für jede Flanke.

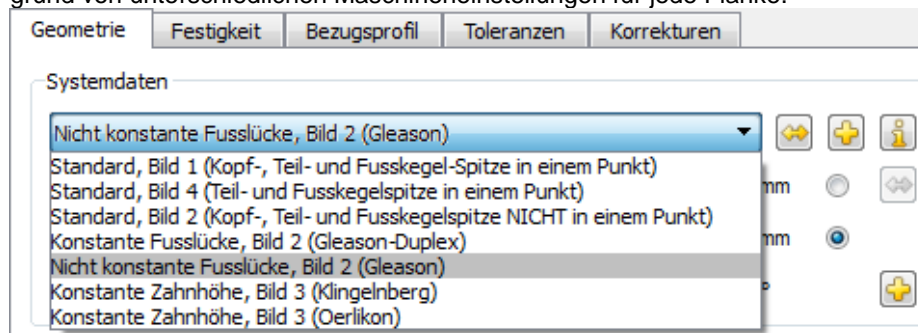







Abbildung 2.10 Bauform „nicht konstante Fusslücke“ für 5-Schnitt Kegelräder anwählen

2. „Eingriffswinkel“ eingeben.
3. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Eingriffswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Hypoidräder“** können Werte für den „Nenn-Eingriffswinkel“ und den „Einflussfaktor Grenzeingriffswinkel“ (üblicherweise 1 für „nicht konstante Lückenweite“) eingegeben werden. Wenn eine Achsversetzung (Hypoidrad) vorgegeben wird, wird der Einflussfaktor für die Berechnung des „erzeugten und effektiven Eingriffswinkels“ berücksichtigt.
4. „Spiralrichtung“ für das Ritzel eingeben.
5. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Schrägungswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Bogenverzahnung“** ist die Bogenverzahnung zu aktivieren. Wenn die Grobauslegung angewandt wurde, ist die Bogenverzahnung aktiviert.
6. „Achsversatz“ eingeben anhand der Vorgaben.
7. Der **„Profilverschiebungsfaktor“** kann von Hand eingegeben werden oder mit KISSsoft mit dem Auslegungsknopf  ausgelegt werden. Wenn KISSsoft Unterschnitt ermittelt, wird der Profilverschiebungsfaktor so gesetzt, dass Unterschnitt vermieden wird. Alle anderen Kriterien (optimales spezifisches Gleiten, usw.) sind im Protokoll aufgeführt und können von Hand eingetragen werden.
8. Für die Berechnung von Kopf- und Fusswinkel wird empfohlen, die Auslegungsfunktion zu verwenden. Die Winkel werden beeinflusst vom Messerkopfradius, Bezugsprofil und der Profilverschiebung, daher müssen Sie die Auslegungsfunktion erneut verwenden, wenn einer dieser Werte nachträglich geändert wird (siehe Abbildung 2.11).

Kopfwinkel Rad 2 θ_{z2} °  




Fusswinkel Rad 2 θ_{f2} °  

Abbildung 2.11 Auslegungsfunktion für Kopf- und Fusswinkel

9. Unter „Herstelldaten“ die Herstellung „**Einzel teilendes Verfahren**“ anwählen und den „Flugkreisradius“ eingeben. Wir empfehlen die Auslegungsfunktion  rechts neben dem Eingabefeld „Flugkreisradius“ zu verwenden um einen Vorschlag für die minimale Messerkopfgrösse zu erhalten (gemäss Klingelnberg „Kegelräder“ S. 70) und daraufhin den tatsächlich verwendeten Messerkopfradius aus der Produktion einzutragen. Zusätzlich wird eine Warnung ausgegeben, wenn der Fräskopfradius kleiner ist als die Empfehlung, da in der praktischen Anwendung der Zahneingriff möglicherweise nicht korrekt ist (siehe Abbildung 2.12).

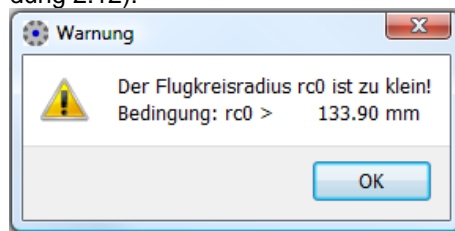


Abbildung 2.12 Warnmeldung, wenn der Flugkreisradius kleiner ist als die Empfehlung

Der Teilkegel (bei Hypoidrädern) und die Spiralwinkel außen und innen werden vom Messerkopfradius beeinflusst und KISSsoft überprüft, ob die Werte vernünftig sind.

10. Im Reiter „**Bezugsprofil**“ wählen Sie das passende Bezugsprofil aus oder benützen Sie „**eigene Eingabe**“. Der empfohlene Kopfspielfaktor für „nicht konstante Fusslücke“ beträgt 0,3 (gemäss Klingelnberg „Kegelräder“ S.72), daher von Hand 1.3/0.3/1 eingeben.
11. Im Reiter „**Festigkeit**“ die gewünschte „Rechenmethode“ anwählen (ISO, DIN, AGMA, VDI, beziehungsweise ISO Proposition für Hypoidräder). Unter „**Werkstoffe, Herstellarten und Schmierung**“ die Einstellungen „Wälzverfahren“ oder „Formschneideverfahren“ anwählen, was die Zahnfussdicke beeinflusst. Die Faustregel ist, dass bei Übersetzungen $i > 2.5$ das „Formschneideverfahren“ für Tellerräder gewählt wird, um eine schnellere Fertigung zu erzielen. Das Ritzel ist immer gewälzt. (siehe Abbildung 2.13).

Werkstoffe, Herstellarten und Schmierung









Rad 1	<input type="text" value="18CrNiMo7-6, Einsatzstahl, einsatzgehärtet, ISO 6336-5 Bild 9/10 (MQ), Kernfestigkeit >=25HRC Jominy J=12mm<HR"/>	 	<input type="text" value="Wälzverfahren"/>
Rad 2	<input type="text" value="18CrNiMo7-6, Einsatzstahl, einsatzgehärtet, ISO 6336-5 Bild 9/10 (MQ), Kernfestigkeit >=25HRC Jominy J=12mm<HR"/>	 	<input type="text" value="Wälzverfahren"/>
Schmierung	<input type="text" value="Öl: ISO-VG 220"/>	 	<input type="text" value="Öl-Tauchschmierung"/>

Abbildung 2.13 Herstellarten „Wälzverfahren“ und „Formschneideverfahren“

12. Im Reiter „**Toleranzen**“ die Zahndickentoleranz „ISO23509“ auswählen, damit das Flankenspiel und das entsprechende Zahndickenabmass automatisch gemäß dem Modul eingestellt werden kann. Häufig wird auch „**Spielfrei**“ angewählt, da das Spiel erst bei der Montage durch Verändern des Einbaumasses eingestellt wird.
13. Die Berechnung durchführen mit  oder "F5" drücken. Das Protokoll erstellen und öffnen mit  oder „F6“ drücken.

2.6.2 Gleason, Duplex Methode

1. Im Reiter „**Geometrie**“ → „**Systemdaten**“ die Bauform „**konstante Fusslücke**“ auswählen (siehe Abbildung 2.14). Das Ritzel hat eine konstante Lückenweite, da beide Flanken im gleichen Durchgang hergestellt werden.

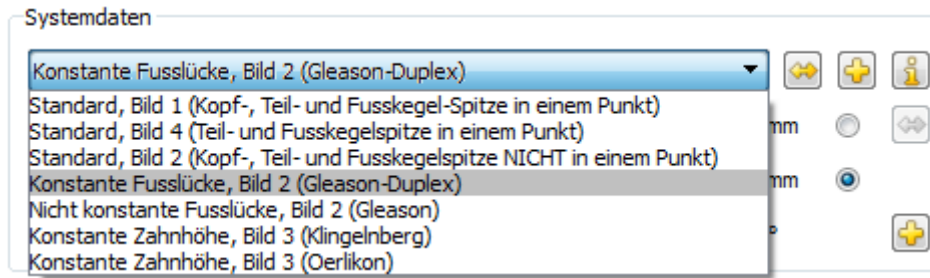


Abbildung 2.14 Bauform „konstante Fusslücke“ für Duplex Kegelräder anwählen





2. „Eingriffswinkel“ eingeben.
3. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Eingriffswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Hypoidräder“** können Werte für den „Nenn-Eingriffswinkel“ und den „Einflussfaktor Grenzeingriffswinkel“ (üblicherweise 0.5 für „konstante Lückenweite“) eingegeben werden. Wenn eine Achsversetzung (Hypoidrad) vorgegeben wird, wird der Einflussfaktor für die Berechnung des „erzeugten und effektiven Eingriffswinkels“ berücksichtigt.
4. „Spiralrichtung“ für das Ritzel eingeben.
5. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Schrägungswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Bogenverzahnung“** ist die Bogenverzahnung zu aktivieren. Wenn die Grobauslegung angewandt wurde, ist die Bogenverzahnung aktiviert.
6. „Achsversatz“ eingeben anhand der Vorgaben.
7. Der **„Profilverschiebungsfaktor“** kann von Hand eingegeben werden oder mit KISSsoft mit dem Auslegungsknopf  ausgelegt werden. Wenn KISSsoft Unterschnitt ermittelt, wird der Profilverschiebungsfaktor so gesetzt, dass Unterschnitt vermieden wird. Alle anderen Kriterien (optimales spezifisches Gleiten, usw.) sind im Protokoll aufgeführt und können von Hand eingetragen werden.
8. Für die Berechnung von Kopf- und Fusswinkel wird empfohlen, die Auslegungsfunktion zu verwenden. Die Winkel werden beeinflusst vom Messerkopfradius, Bezugsprofil und der Profilverschiebung, daher müssen Sie die Auslegungsfunktion erneut verwenden, wenn einer dieser Werte nachträglich geändert wird (siehe Abbildung 2.15).



Abbildung 2.15 Auslegungsfunktion für Kopf- und Fusswinkel

9. Unter „Herstelltdaten“ die Herstellung **„Einzel teilendes Verfahren“** anwählen und den „Flugkreisradius“ eingeben. Wir empfehlen die Auslegungsfunktion  rechts neben dem Eingabefeld „Flugkreisradius“ zu verwenden um einen Vorschlag für die minimale Messerkopfgrösse zu erhalten (gemäss Klingelnberg „Kegelräder“ S. 70) und daraufhin den tatsächlich verwendeten Messerkopfradius aus der Produktion einzutragen. Zusätzlich wird eine Warnung ausgegeben, wenn der Fräskopfradius kleiner ist als die Empfehlung, da in der praktischen Anwendung der Zahneingriff möglicherweise nicht korrekt ist (siehe Abbildung 2.16).

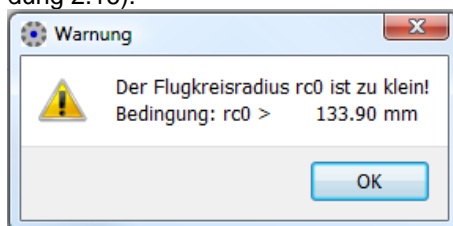


Abbildung 2.16 Warnmeldung, wenn der Flugkreisradius kleiner ist als die Empfehlung

Der Teilkegel (bei Hypoidrädern) und die Spiralwinkel außen und innen werden vom Messerkopfradius beeinflusst und KISSsoft überprüft, ob die Werte vernünftig sind.

10. Im Reiter „**Bezugsprofil**“ wählen Sie das passende Bezugsprofil aus oder benützen Sie „**eigene Eingabe**“. Der empfohlene Kopfspiefaktor für „konstante Fusslücke“ beträgt 0,35 (gemäss Klingelnberg „Kegelräder“ S.72), daher von Hand 1.35/0.3/1 eingeben.
11. Im Reiter „**Festigkeit**“ die gewünschte „Rechenmethode“ anwählen (ISO, DIN, AGMA, VDI, beziehungsweise ISO Proposition für Hypoidräder). Unter „**Werkstoffe, Herstellarten und Schmierung**“ die Einstellungen „Wälzverfahren“ oder „Formschneideverfahren“ anwählen, was die Zahnfussdicke beeinflusst. Die Faustregel ist, dass bei Übersetzungen $i > 2.5$ das „Formschneideverfahren“ für Tellerräder gewählt wird, um eine schnellere Fertigung zu erzielen. Das Ritzel ist immer gewälzt. (siehe Abbildung 2.17).

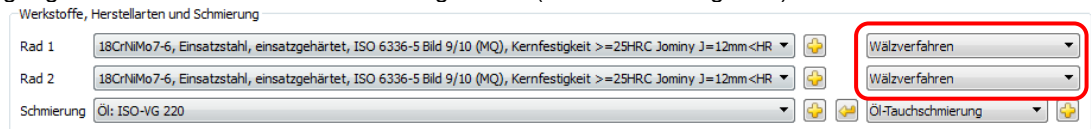




Abbildung 2.17 Herstellarten „Wälzverfahren“ und „Formschneideverfahren“

12. Im Reiter „**Toleranzen**“ die Zahndickentoleranz „ISO23509“ auswählen, damit das Flankenspiel und das entsprechende Zahndickenabmass automatisch gemäß dem Modul eingestellt werden kann. Häufig wird auch „**Spielfrei**“ angewählt, da das Spiel erst bei der Montage durch Verändern des Einbaumasses eingestellt wird.
13. Die Berechnung durchführen mit  oder "F5" drücken. Das Protokoll erstellen und öffnen mit  oder „F6“ drücken.

2.6.3 Gleason, Face Hobbing

Wenn Gleason Face hobbing Methode angewandt werden soll (d.h. Triac, Pentac FH), empfehlen wir, die Oerlikon-Methode zu verwenden (siehe Abbildung 2.18).

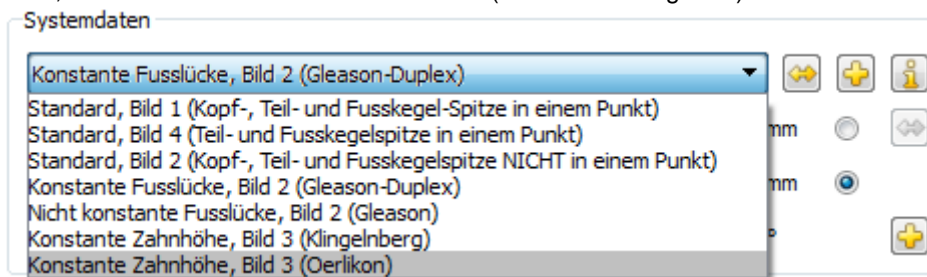


Abbildung 2.18 Bauform „konstante Zahnhöhe, Bild 3 (Oerlikon)“ anwählen

2.7 Klingelnberg Zyklopalloid

Das Zyklopalloid Verfahren ist ein kontinuierlich teilendes Verfahren (Face Hobbing). Die Kegelräder weisen eine konstante Zahnhöhe auf. Zyklopalloid Kegelräder werden oft für kleine Serien oder Grosskegelräder verwendet.

In den folgenden Beispielen wurde vorher die Dimensionierung mit der **Grobauslegung** durchgeführt, und damit sind die Daten bereits grösstenteils vorhanden (siehe Abschnitt 2.5). Daher werden lediglich die besonderen Eingaben für die jeweilige Methode erwähnt. Wenn keine **Grobauslegung** durchgeführt wurde, sind demzufolge alle Eingabefelder von Hand einzutragen.

1. Im Reiter „**Geometrie**“ → „**Systemdaten**“ die Bauform „**konstante Zahnhöhe, Bild 3 (Klingelnberg)**“ auswählen (siehe Abbildung 2.19).

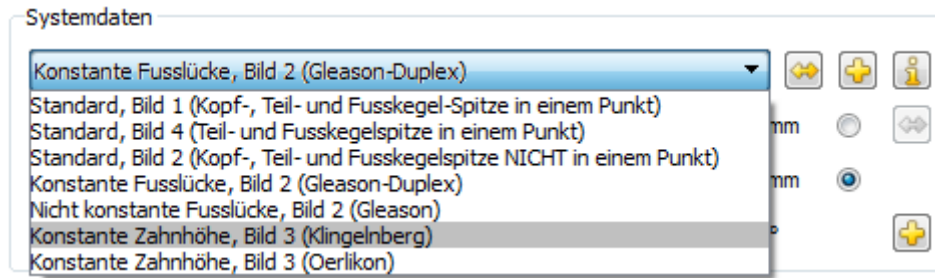






Abbildung 2.19 Bauform „konstante Zahnhöhe“ für Zyklopalloid Verfahren anwählen

2. „Eingriffswinkel“ eingeben.
3. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Eingriffswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Hypoidräder“** können Werte für den „Nenn-Eingriffswinkel“ und den „Einflussfaktor Grenzeingriffswinkel“ (üblicherweise 0 für Zyklopalloid Verfahren) eingegeben werden. Wenn eine Achsversetzung (Hypoidrad) vorgegeben wird, wird der Einflussfaktor für die Berechnung des „erzeugten und effektiven Eingriffswinkels“ berücksichtigt.
4. „Spiralrichtung“ für das Rad eingeben.
5. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Schrägungswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Bogenverzahnung“** ist die Bogenverzahnung zu aktivieren. Wenn die Grobauslegung angewandt wurde, ist die Bogenverzahnung aktiviert.
6. „Achsversatz“ eingeben anhand der Vorgaben.
7. Der **„Profilverschiebungsfaktor“** kann von Hand eingegeben werden oder mit KISSsoft mit dem Auslegungsknopf  ausgelegt werden. Wenn KISSsoft Unterschnitt ermittelt, wird der Profilverschiebungsfaktor so gesetzt, dass Unterschnitt vermieden wird. Alle anderen Kriterien (optimales spezifisches Gleiten, usw.) sind im Protokoll aufgeführt und können von Hand eingetragen werden.
8. „Winkelkorrektur Rad 1“ eingeben, falls erforderlich
9. Unter **„Herstelldaten“** die Herstellung **„kontinuierlich teilendes Verfahren“** anwählen und den „Flugkreisradius“ sowie die „Gangzahl des Werkzeuges“ eingeben. Wir empfehlen die Auslegungsfunktion  rechts neben dem Eingabefeld „Flugkreisradius“ zu verwenden um einen Vorschlag für die minimale Messerkopfgrösse zu erhalten (gemäss Klingelberg „Kegelräder“ S. 70) und daraufhin den tatsächlich verwendeten Messerkopfradius aus der Produktion einzutragen. Alternativ dazu kann der Messerkopf aus der **„Liste von Klingelberg Maschinen“** übernommen werden, wenn der Haken in der Checkbox aktiviert wird (siehe Abbildung 2.20).

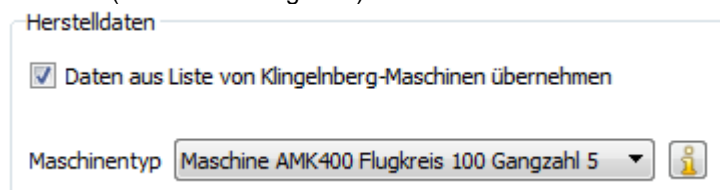


Abbildung 2.20 Auswählen des Messerkopfes aus der Liste der Klingelberg Maschinen

Zusätzlich wird eine Warnung ausgegeben, wenn der Fräskopfradius kleiner ist als die Empfehlung, da in der praktischen Anwendung der Zahneingriff möglicherweise nicht korrekt ist (siehe Abbildung 2.21).

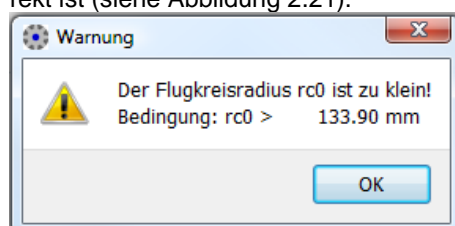


Abbildung 2.21 Warnmeldung, wenn der Flugkreisradius kleiner ist als die Empfehlung

Der Teilkegel (bei Hypoidrädern) und die Spiralwinkel außen und innen werden vom Messerkopfradius beeinflusst und KISSsoft überprüft, ob die Werte vernünftig sind.

10. Im Reiter „**Bezugsprofil**“ wählen Sie das passende Bezugsprofil aus oder benützen Sie „**eigene Eingabe**“. Der empfohlene Kopfspielfaktor für „Zyklopalloid Verfahren“ beträgt 0.25 (gemäss Klingelnberg „Kegelräder“ S.72), und kann in der Liste mit „**1.25/0.3/1 CYC-LOPALLOID**“ angewählt werden.
11. Im Reiter „**Festigkeit**“ die gewünschte „Rechenmethode“ anwählen (Klingelnberg 3028, ISO, DIN, AGMA, VDI, beziehungsweise Klingelnberg 3029 oder ISO Proposition für Hypoidräder). Unter „**Werkstoffe, Herstellarten und Schmierung**“ ist automatisch „Wälzverfahren“ angewählt, da Zyklopalloid immer gewälzt wird (siehe Abbildung 2.22).

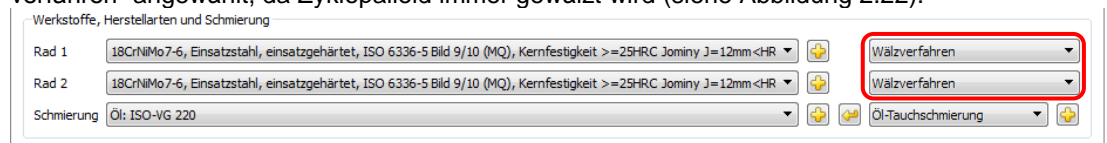




Abbildung 2.22 Herstellart „Wälzverfahren“ für Zyklopalloid

12. Im Reiter „**Toleranzen**“ die Zahndickentoleranz „**Spielfrei**“ anwählen, da das Spiel erst bei der Montage durch Verändern des Einbaumasses eingestellt wird.
13. Die Berechnung durchführen mit  oder "F5" drücken. Das Protokoll erstellen und öffnen mit  oder „F6“ drücken.

2.8 Klingelnberg Palloid

Das Palloid Verfahren ist ein kontinuierlich teilendes Verfahren. Die Kegelräder weisen eine konstante Zahnhöhe auf. Palloid-Kegelräder werden oft für kleinere Kegelräder verwendet (bis zu Modul 6mm).

In den folgenden Beispielen wurde vorher die Dimensionierung mit der **Grobauslegung** durchgeführt, und damit sind die Daten bereits grösstenteils vorhanden (siehe Abschnitt 2.5). Daher werden lediglich die besonderen Eingaben für die jeweilige Methode erwähnt. Wenn keine **Grobauslegung** durchgeführt wurde, sind demzufolge alle Eingabefelder von Hand einzutragen.

1. Im Reiter „**Geometrie**“→ „**Systemdaten**“ die Bauform „**konstante Zahnhöhe, Bild 3 (Klingelnberg)**“ auswählen (siehe Abbildung 2.23).

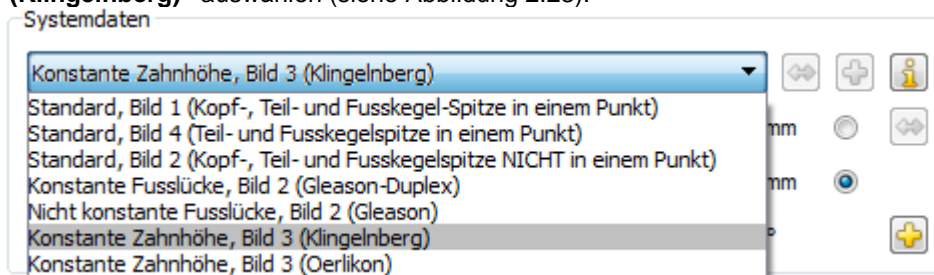


Abbildung 2.23 Bauform „konstante Zahnhöhe“ für Palloid Verfahren anwählen

2. Im Reiter „**Festigkeit**“ die Rechenmethode „Klingelnberg Palloid 3025“ anwählen (siehe Abbildung 2.24).

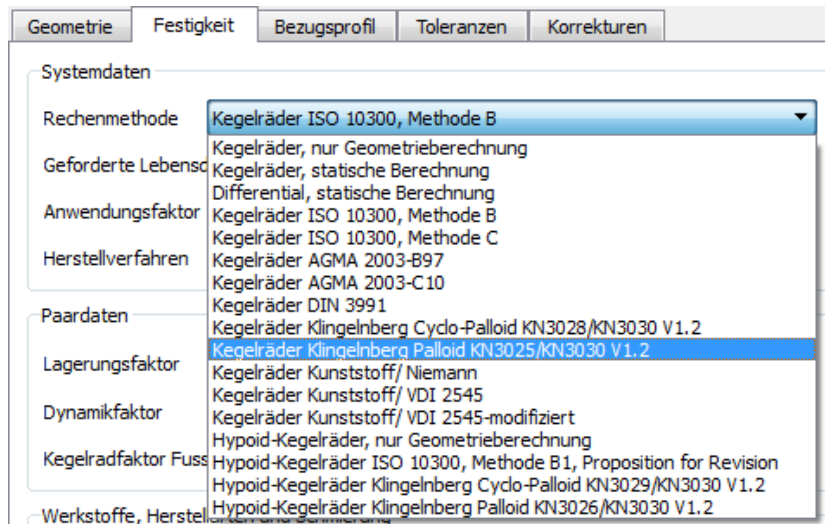






Abbildung 2.24 Festigkeit Rechenmethode „Palloid“ anwählen

Unter **„Werkstoffe, Herstellarten und Schmierung“** ist automatisch „Wälzverfahren“ angewählt, da Zyklopallloid immer gewälzt wird.

3. „Eingriffswinkel“ eingeben.
4. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Eingriffswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Hypoidräder“** können Werte für den „Nenn-Eingriffswinkel“ und den „Einflussfaktor Grenzeingriffswinkel“ (üblicherweise 0 für Palloid Verfahren) eingegeben werden. Wenn eine Achsversetzung (Hypoidrad) vorgegeben wird, wird der Einflussfaktor für die Berechnung des „erzeugten und effektiven Eingriffswinkels“ berücksichtigt.
5. „Spiralrichtung“ für das Rad eingeben.
6. Auf den **„Plus-Knopf“**  rechts von „Schrägungswinkel“ klicken. Unter **„Zusatzdaten Bogenverzahnung“** ist die Bogenverzahnung zu aktivieren. Wenn die Grobauslegung angewandt wurde, ist die Bogenverzahnung aktiviert.
7. „Achsversatz“ eingeben anhand der Vorgaben.
8. Der **„Profilverschiebungsfaktor“** kann von Hand eingegeben werden oder mit KISSsoft mit dem Auslegungsknopf  ausgelegt werden. Wenn KISSsoft Unterschnitt ermittelt, wird der Profilverschiebungsfaktor so gesetzt, dass Unterschnitt vermieden wird. Alle anderen Kriterien (optimales spezifisches Gleiten, usw.) sind im Protokoll aufgeführt und können von Hand eingetragen werden.
9. „Winkelkorrektur Rad 1“ eingeben, falls erforderlich
10. Unter **„Herstelldaten“** ist die Herstellung **„kontinuierlich teilendes Verfahren“** bereits angewählt. Die Werkzeugdaten „Fräserschnittlänge“ sowie „kleiner Durchmesser Fräser“ eingeben. Bei Anwählen des Information-Knopfes  erscheint die Tabelle mit den Standard Palloidfräsern. Es ist aber auch die Eingabe von Spezialfräsern möglich (siehe Abbildung 2.25).


Fräserschnittlänge	S _F	<input type="text" value="13.0000"/>	mm	
Kleiner Durchmesser Fräser	d _K	<input type="text" value="14.0000"/>	mm	

Abbildung 2.25 Eingabe der Palloid Fräserdaten

Zusätzlich wird eine Warnung ausgegeben, wenn der Palloidfräser zu klein ist, um das Rad fräsen zu können (siehe Abbildung 2.26).

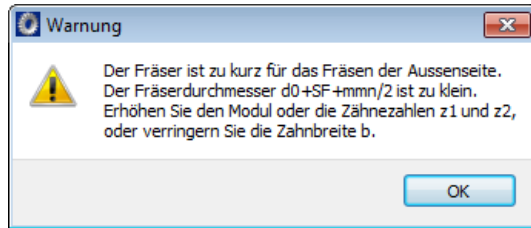




Abbildung 2.26 Warnmeldung, wenn der Palloid Fräser zu klein ist

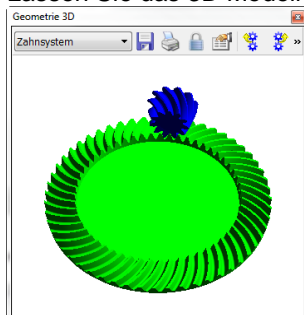
11. Im Reiter „**Bezugsprofil**“ wählen Sie das passende Bezugsprofil aus oder benützen Sie „**eigene Eingabe**“. Der empfohlene Kopfspiefaktor für „Palloid Verfahren“ beträgt 0.3 (gemäss Klingelnberg „Kegelräder“ S.72), und kann in der Liste mit „**1.3/0.38/1 PALLOID**“ angewählt werden.
12. Im Reiter „**Toleranzen**“ die Zahndickentoleranz „**Spielfrei**“ anwählen, da das Spiel üblicherweise erst bei der Montage durch Verändern des Einbaumasses eingestellt wird.
13. Die Berechnung durchführen mit  oder "F5" drücken. Das Protokoll erstellen und öffnen mit  oder „F6“ drücken.

3 3D Modell eines bogenverzahnten Kegelrades

Gerad-, schräg und bogenverzahnte Kegelräder können mit Flankenmodifikationen versehen und im STEP Format ausgegeben werden. Im nachfolgenden wird das Erstellen, Überprüfen und Ausgeben eines Kegelrades erläutert.

1. Laden Sie im Reiter "Beispiele" die Datei "BevelGear 1 (Klingelnberg)" und speichern Sie es in einem beliebigen Verzeichnis mit "Datei → speichern unter..." ab.
Ändern Sie im Reiter "Toleranzen" die Zahndickenabmasse auf "spielfrei". Das vereinfacht das folgende Handling und entspricht auch dem Vorgehen bei der Herstellung unter Verwendung von genormten Messerköpfen. Das Spiel wird dann üblicherweise mit Verstellen des Tellerrad-Einbaumasses (G-Verschiebung) eingestellt.
2. Stellen Sie unter "Grafik → Einstellungen → Parasolid" die Werte ein:

Modell:	Volumenmodell
Anzahl der Herstellungsschritte:	11 (wird nicht berücksichtigt)
Anzahl Schnitte über die Zahnbreite:	11
Skalierfaktor für das Schnittmodell:	5 (wird nicht berücksichtigt)
Toleranz der Modellbearbeitung:	1 µm
Renderqualität	5 µm
3. Lassen Sie das 3D Modell unter "Grafik → Geometrie 3D → Zahnsystem" darstellen:



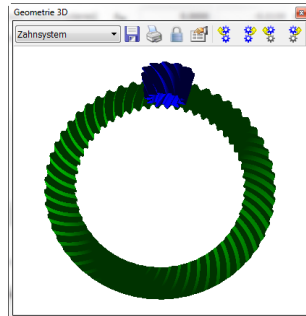
TIP: Nach Durchführung der Berechnung (mit F5) kann es sein, dass das **Grafik Fenster im Hintergrund** ist. Abhilfe ist dann, KISSsoft in die Taskleiste zu legen (minimieren) und wieder hervorholen (maximieren).

- Prüfen Sie das Tragbild, indem Sie unter "Grafik → Einstellungen → Parasolid" den Modelltyp umstellen:

Modell:

Dünnwandmodell

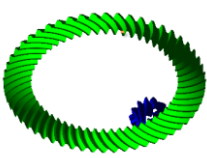
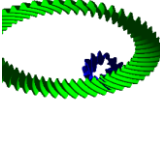
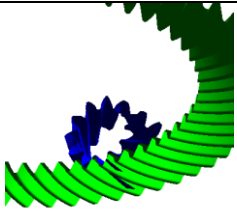
Die Grafik wird nachgeführt, sobald anschliessend entweder neu berechnen (F5) oder im Fenster "Geometrie 3D" in der Auswahlliste erneut "Zahnsystem" anwählen:



- Positionieren Sie das Modell so, dass Sie die Berührlinien für die Zugflanke (Tellerrad konvex) sehen können. Betrachten Sie dazu das Tellerrad von unten. Wählen Sie dazu mit Rechtsklick auf die Grafik die Einstellung "Ansicht von unten".

TIP: Alternativ kann folgendes Vorgehen gewählt werden: Drehen Sie die Verzahnung so, dass Sie die Berührlinien in 5-Uhr Stellung von leicht unten sehen können. Positionieren Sie die Grafik mit den Pfeiltasten nach rechts und nach oben und benützen Sie dann die Zoom Funktion (+ Taste).

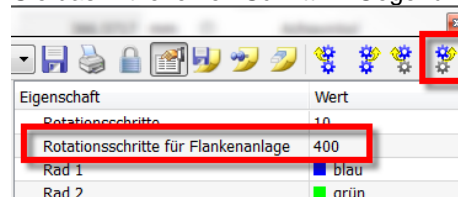
TIP: um das Zoomen zu vermeiden, kann das Fenster gross gezogen werden.

		
Grafik in 5 Uhr Stellung	Verschieben mit Pfeil ← und ↑	Zoomen mit + Taste oder Scrollen

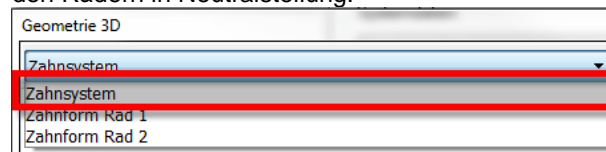
TIP: Wenn Sie die Berührlinien deutlicher sehen möchten, können Sie das Ritzel zusätzlich zum Tellerrad verdrehen, damit es die Tellerradflanke durchdringt. Um einen möglichst realitätsgetreuen Vergleich zu erhalten, darf die **Durchdringung nicht gross** sein. Beim Abrollen des Kegelradsatzes auf beispielsweise einem Tester soll ebenfalls wenig Touchierfarbe genommen werden.




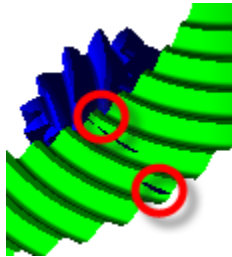
Stellen Sie die Rotationsschritte für Flankenanlage auf beispielsweise 400 und verdrehen Sie das Ritzel einen Schritt im Gegenuhrzeigersinn.



Wenn Sie die Räder wieder in **Ausgangsstellung** haben möchten, wählen Sie innerhalb des Grafikfensters nochmals das Zahnsystem an. Somit wird die Grafik neu aufgebaut, mit den Rädern in Neutralstellung.



6. Prüfen Sie den Flankenkontakt mit Rotieren der Verzahnung mittels . Beim lastfreien Abrollen soll das Tragbild nicht an die Kanten innen und aussen ("Zehe" und "Ferse") kommen. Sonst reagiert die Verzahnung empfindlich auf Achsverlagerungen, was im Betrieb unter Last zu Kantenträgen und Pressungsspitzen führt.



Das Kantenträgen unter Last wird vermieden über Flankenmodifikationen wie Längsballigkeit und Höhenballigkeit. Die Tragbildlage wird über die Flankenmodifikationen Eingriffswinkel und Schrägungswinkel eingestellt.

7. Geben Sie die **Flankenmodifikationen** ein. Nach Literatur ("Kegelräder", Hrsg: Jan Klingenberg, Seite 74) beträgt eine übliche Längsballigkeit $b_2/250$ bis $b_2/600$ (für normale Verlagerung), oder $b_2/350$ bis $b_2/800$ (für geringe Verlagerung). Die Zahnbreite b_2 beträgt hier 50mm, somit liegt der Bereich der Längsballigkeit bei 0.200 bis 0.084mm (für normale Verlagerung), oder 0.140 bis 0.063mm (für geringe Verlagerung).

Aktivieren Sie den Reiter Korrekturen unter "Berechnung → Korrekturen" und fügen Sie im Reiter "Korrekturen" eine Korrektur mit dem Plus Knopf hinzu. Geben Sie anschliessend für das Rad 1 (Ritzel) eine Breitenballigkeit von 140µm ein. Berechnen Sie die Datei neu mit F5.

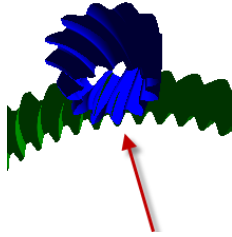
Zahnrad	Art der Korrektur	Betrag [µm]	Faktor 1	Faktor 2	Status	Kommentar
Rad 1	Breitenballigkeit	140.0000			aktiv	

TIP: wenn Sie die **Korrekturen flankenabhängig** machen möchten, also auf Zugflanke und Schubflanke unterschiedliche Balligkeiten etc. anwenden möchten, aktivieren Sie unter "Berechnung → Einstellung → Allgemein" die Option "unsymmetrische Korrekturen zulassen". Somit ist die Möglichkeit vorhanden, die linke oder rechte Flanke für die Modifikation anzuwählen.

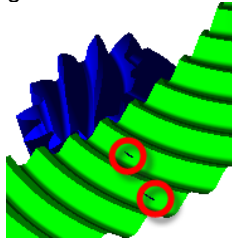
Zahnrad	Flanke	Art der Korrektur	Betrag [µm]	Faktor 1	Faktor 2	Status	Kommentar
Rad 1	beide	Breitenballigkeit	140.0000			aktiv	

Die **Definition der Flankenseite** ist mit Blickrichtung von der Kegelspitze her gesehen. Im

Falle des linkshändigen Ritzels ist die linke Flankenseite die konkave Seite, und somit Zugseite.



8. Prüfen Sie die Berührlinien erneut. Gehen Sie dabei vor wie unter den Punkten 5-7 beschrieben. Die Berührlinien berühren die Kanten nicht mehr. Die Balligkeit ist somit sachgemäss.



9. In KISSsoft ist es möglich, mittels **VH-Check** eine Tragbildverlagerung durchzuführen, um so die Empfindlichkeit der Verzahnung zu ermitteln. Geben Sie dazu die Verlagerungswerte unter Eigenschaften ein, und prüfen Sie die Tragbildlage wie unter Punkt 5-7 beschrieben.

Änderung	
H-Änderung	0.2000 mm
Toleranzlage	benutzerdefiniert
Wert	0.2000
Einheit	mm
G-Änderung	0.0000 mm
V-Änderung	-0.2000 mm
Toleranzlage	benutzerdefiniert
Wert	-0.2000
Einheit	mm

Weitere Informationen zu VH-Check sind beispielsweise in der ISO/TR 10064-6 "Code of inspection practice" gegeben.

Die **Messerkopf-Grösse** kann beliebig verändert werden und ist nicht an existierende Normreihen gebunden. Somit kann das lastfreie Verlagerungsverhalten besser beeinflusst werden. Weitere Erklärungen zum Effekt der Messerkopfgrösse sind beispielsweise in der ISO/TR 22849 "Design recommendations for bevel gears" gegeben.

10. Bei **kleinen Zähnezahlen am Ritzel** kann es sein, dass die Zähne an Kopf spitz (Zahninnenseite, "Zehe") werden. Dann kann das 3D Modell des Ritzels nicht erstellt werden. Abhilfe dazu ist:
- kleinere Profilverschiebung am Ritzel
 - geringere Zahnkopfhöhe am Ritzel, über Ändern der Bezugsprofilaten
 - geringere Zahnbreite
 - Wechseln von Face Hobbing (konstante Zahnhöhe, KlingelInberg Verzahnung) auf Face Milling (nicht konstante Zahnhöhe, Gleason). Siehe dazu auch Beispieldatei "BevelGear 5 (Gleason)" mit Übersetzung 8:36.