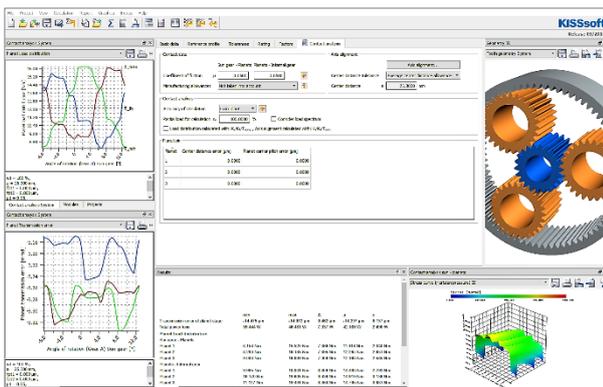


Kontaktanalyse für Planeten

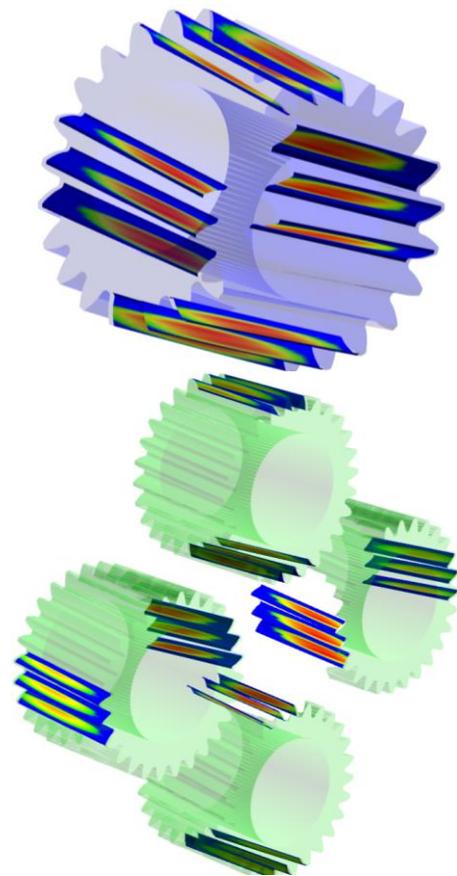
Die Kontaktanalyse berechnet für Stirnradpaare und Planetensätze die während des Abwälzens auftretende Normalkraft, die tatsächliche Eingriffslinie unter Last, Drehwegabweichung, Spannungsverläufe, Bliztemperatur, spezifisches Gleiten, Verlustleistung, Wärmeerzeugung, Schmierpaltdicke, Sicherheit gegen Graufleckigkeit, Verschleiss und andere Kenndaten – welche bei Zahnrädern unter Last von Interesse sind. Die Simulation deckt dabei die tatsächliche Lager- und Wellenverformung (Biegung sowie Torsion) und natürlich die Mikrogeometrie der Verzahnung ab. Die Verformung des Radkörpers und Planetenträgers kann mittels einer separaten FEM-Berechnung berücksichtigt werden.

Planetensufen

Die Kontaktanalyse für Planetensysteme wurde im Release 03/2015 deutlich verbessert. Die Berechnung bezieht nun das Systemgleichgewicht in allen Eingriffen mit ein. Zusätzlich wird der Breitenlastverteilungsfaktor $KH\beta$, der Lastverteilungsfaktor Ky und die statische Drehwegabweichung im gesamten Radsatz berechnet. Das Wechselspiel zwischen Lastverteilung am Planeten und Verkippen desselben auf den spielbehafteten Planetenlagern wird dabei iterativ gelöst – bis ein Gleichgewichtszustand gefunden ist.



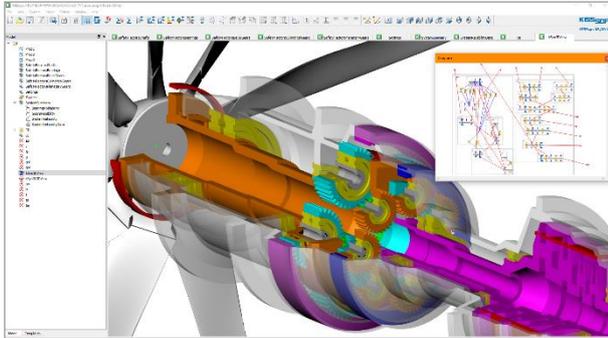
Besonders hilfreich ist die gleichzeitige Darstellung aller Kontakte, wahlweise über drei Zähne oder über einem Zahn. Damit verbessert sich das Verständnis des Systemverhaltens und der Abgleich zwischen Berechnung und Versuchsergebnissen.



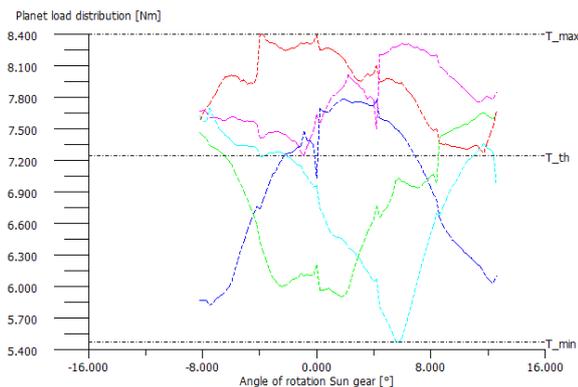
Berechnung von Ky

Bei Planetensätzen mit mehr als drei Planeten (siehe in Folge ein Helikoptergetriebe mit fünf Planeten) ist die Berechnung der Lastverteilung zwischen den Planeten interessant. Hier werden Positionsfehler der Planetenbolzen berücksichtigt.

Planet bolt		
Planet	Center distance error [μm]	Pitch error [μm]
1	0.0000	0.0000
2	50.0000	0.0000
3	-50.0000	0.0000
4	0.0000	30.0000
5	0.0000	-30.0000



Die Last pro Planet wird dann über einen Eingriff dargestellt und K_y berechnet:

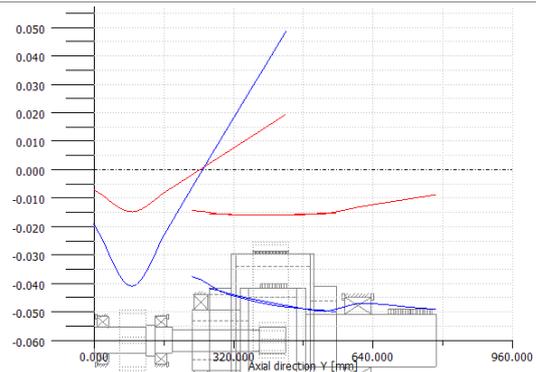
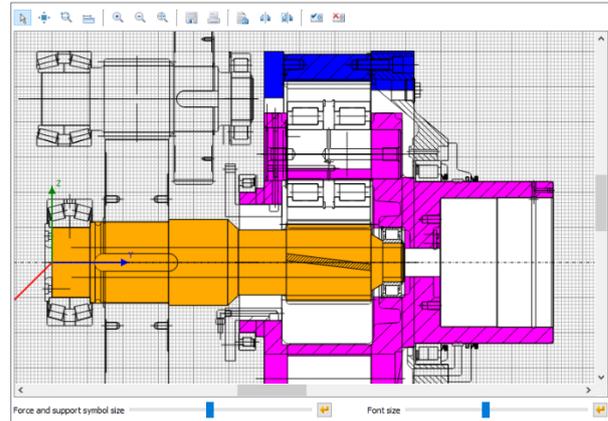


Verknüpfung mit der Wellenberechnung

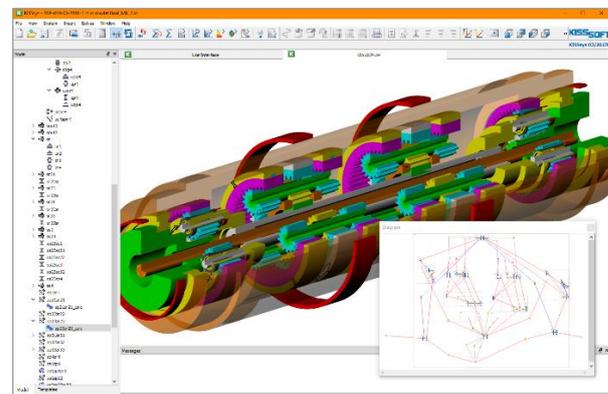
Auch in der Kontaktanalyse für Planeten können direkt Wellendateien von KISSsoft angegeben werden, womit dann die Ausrichtung und Verformung der Zahnflanken bestimmt wird. Dabei werden folgende Deformationen berücksichtigt:

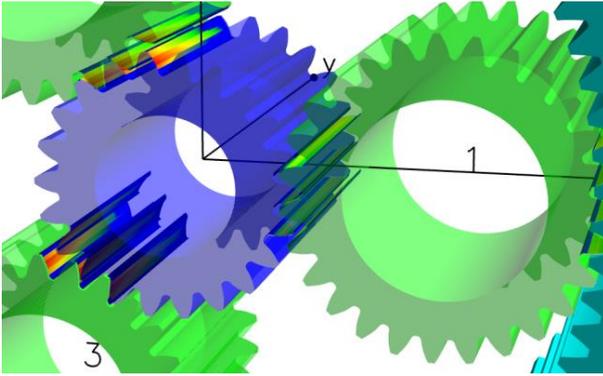
- Schrägstellung Sonne, Planetenträger und Hohlräder
- Verdrehen des Planetenträgers als Verkippen des Planetenzapfens
- Kippen des Planeten auf den Planetenlagern
- Torsion Sonnenwelle und Hohlräder

Falls die Gehäuse- oder Lagersteifigkeit in der Wellenberechnung definiert (oder – bei der Lagersteifigkeit – berechnet) ist, werden diese Effekte bei der Kontaktanalyse einkalkuliert. Auch eine Wellendatei mit mehreren coaxialen Wellen (beispielsweise Sonnenwelle, Planetenträger und Gehäuse mit integriertem Hohlräder) kann verwendet werden.



Alternativ können in der Kontaktanalyse nach wie vor Verschränkungen und Neigungen der Wellen oder der Planeten manuell vorgegeben werden oder die Verknüpfung zu den Wellenberechnungen erfolgt automatisch in KISSsys. Damit wird das Verhalten des gesamten Systems ohne grossen Zusatzaufwand mit beachtet.



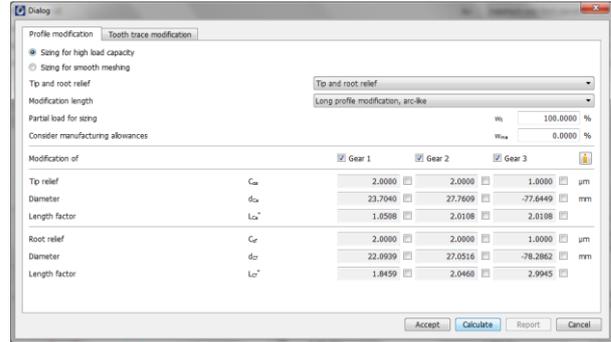


Berechnung von $KH\beta$

Der Breitenlastfaktor $KH\beta$ wird unter Berücksichtigung der Schiefelage und der Flanken- sowie Profilkorrekturen beider Zahnräder im Eingriff berechnet. Die Berechnung wird separat für alle Eingriffe zwischen der Sonne und den Planeten sowie den Planeten und dem Hohlrad durchgeführt. Für eine erhöhte Genauigkeit der Lastverteilung lässt sich diese über alle Planetenräder iterativ bestimmen, bis sich die Lastverteilung zwischen den Zahnrädern nicht mehr ändert. Dabei entspricht die Berechnung von $KH\beta$ der ISO 6336-1, Anhang E. Zusätzlich können Herstellabweichungen in der Berechnung von $KH\beta$ berücksichtigt werden.

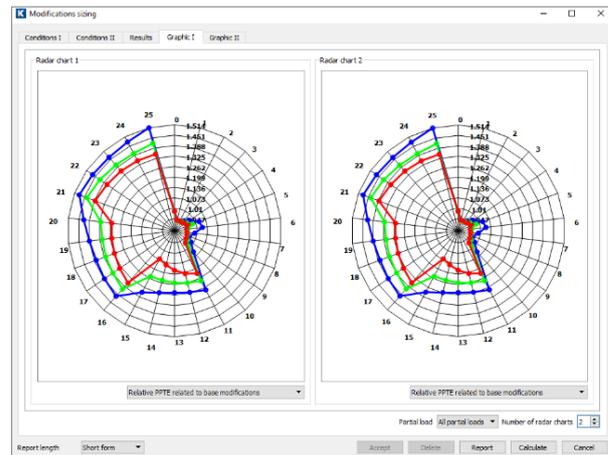
Auslegung und Optimierung von Profil- und Flankenlinienmodifikationen

Für die Auslegung der Profil- und Flankenlinienmodifikationen stehen zwei Assistenten zur Verfügung. Der Assistent für die Flankenlinienkorrektur berücksichtigt parallele oder konische Schrägungswinkelkorrekturen. Die notwendige Korrektur wird für die belastete Flanke berechnet und kann vom Anwender wie vorgeschlagen übernommen werden.



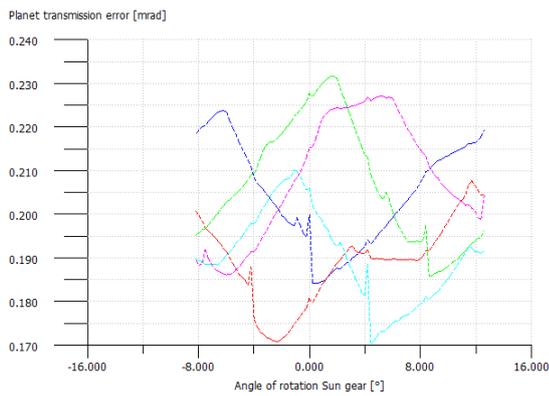
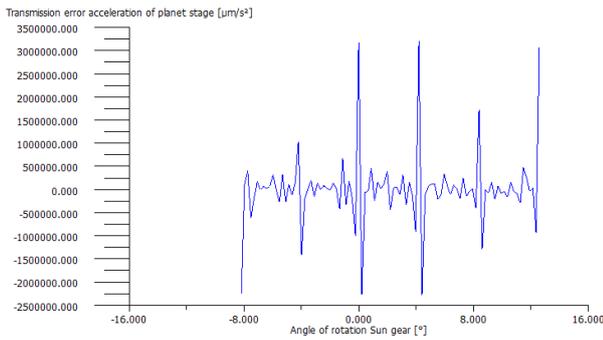
Der Suchalgorithmus für eine optimierte Modifikation ist nun auch für Planeten erhältlich. Diese iteriert in einem vom Benutzer vorgegebenen Parameterbereich durch alle möglichen Kombinationen von Profil- und Flankenmodifikationen. Dabei wird für jede Variante eine vollständige Kontaktanalyse durchgeführt, wobei auch noch die Last variiert werden kann. Die Resultate für alle Last- und Geometriekombinationen werden in verschiedenen Berichten gelistet und lassen sich einzeln in die Hauptberechnung importieren.

Der Anwender kann dann die optimale Variante auf Basis der berechneten Drehwegabweichung, des Breitenlastfaktors $KH\beta$, der Sicherheit gegen Graufleckigkeit usw. auswählen, siehe [3]. Dabei unterstützen verschiedene Netzdiagramme, in denen gleichzeitig mehrere Resultate für mehrere Lastniveaus dargestellt werden können.



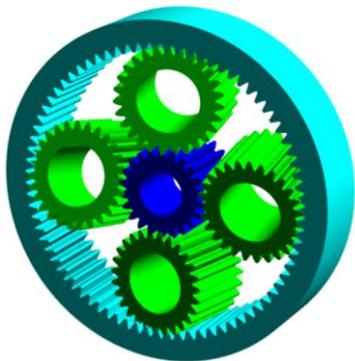
Zusätzliche Berechnungen

Ergänzend wird eine Fourieranalyse der Drehwegabweichung und des Steifigkeitsverlaufs durchgeführt. Zusätzlich wird die Beschleunigung der Drehwegabweichung berechnet – ein Kriterium für die Geräuschbewertung.

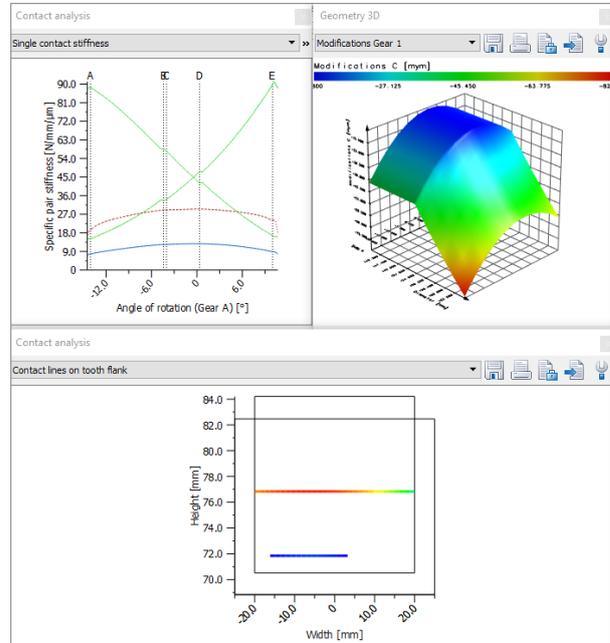


Grafische Anzeige der Ergebnisse

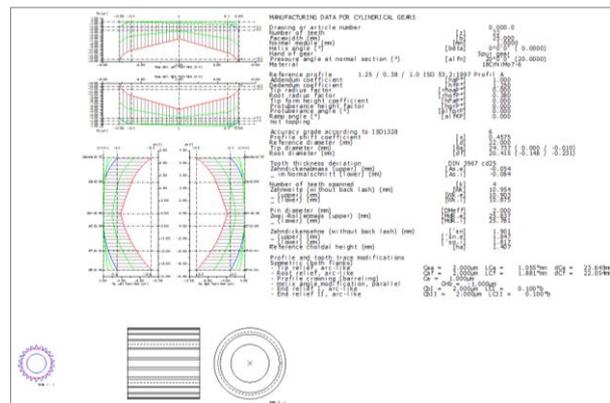
Die Ausrichtung der Achsen wird graphisch angezeigt und liefert damit eine einfache Kontrolle der aktuell definierten Verschränkung und Verkippung.



Die Normalkraft, Fussspannung, Hertzsche Pressung und Sicherheit gegen Mikropitting werden auf den Flanken von 3D-Zahnradmodellen angezeigt. Dies ermöglicht eine einfache visuelle Bewertung des Kontaktfeldes.



In KISSsoft werden die Zahnradaten inklusive Modifikationen in einer Zusammenstellungszeichnung dargestellt, diese kann direkt als Bilddatei oder als DXF abgespeichert werden.



Falls Sie Interesse an einer Testversion haben, schreiben Sie uns bitte auf info@KISSsoft.AG