

Gear Design Software

KISSsoft

KISSsoft

Release 2024

Produktbeschreibung

Wissen teilen

Inhaltsverzeichnis

I Produktbeschreibung.....	13
1 Hard- und Softwarevoraussetzungen.....	14
2 Programmversionen	15
3 Berechnungsmodule.....	16
4 Allgemein: K-Rechte.....	18
4.1 K02 Sprachen	18
4.2 K04 COM-Schnittstelle.....	18
4.3 K04a Erweiterte COM-Schnittstelle	18
4.4 K05a DXF-Schnittstellen.....	19
4.5 K05e IGES-Schnittstelle	19
4.6 K05f GDE (Gear-Data-Exchange)-Format.....	19
4.7 K04 COM-Schnittstelle.....	19
4.8 K04 COM-Schnittstelle.....	19
4.9 K04 COM-Schnittstelle.....	20
4.10 K05g GAMA Format (Gleason).....	20
4.11 K05d Solid Edge-Schnittstelle.....	20
4.12 K05k SolidWorks-Schnittstelle	21
4.13 K05m Autodesk Inventor-Schnittstelle	22
4.14 K05n NX-Schnittstelle	22
4.15 K05o* CATIA-Schnittstelle	23
4.16 K05q* Creo Parametric-Schnittstelle	23
4.17 K05s Parasolid Ansichtsfenster	24
4.18 K05u STEP-Format Export (Parasolid).....	24

4.19 K05u1 Export des gesamten Wellensystems aus einer Wellenberechnung (STEP von Parasolid).....	24
4.20 K05u2 Prüfung auf Übermass im 3D-Modell	24
4.21 K05w Kontaktanalyse-Datenexport.....	25
4.22 K07 Benutzerdatenbank	25
4.23 K7a Werkstoffverwaltung	25
4.24 K09 Härteumrechnung.....	25
4.25 K10 Toleranzrechnung.....	25
4.26 K12 Festigkeitsnachweis mit örtlichem Konzept (FKM).....	26
4.27 K14 Hertzsche Pressung	26
4.28 K14a Beliebiger Kontakt	26
4.29 K15 Linearantrieb.....	26
4.30 K17 Kunststoff-Manager	27
4.31 K18 Zuverlässigkeit.....	27
4.32 K19 Zeitreihen für Lastkollektivberechnung.....	27
4.33 K20 Import einer Steifigkeitsmatrix	27
4.34 K21 Radkörperberechnung im Stirnradmodul.....	28
4.35 K21a Radkörperberechnung im Stirnradmodul, manuelle Eingabe.....	28
4.36 K21b Radkörperberechnung im Stirnradmodul, STEP-Datei-Import	28
4.37 K22 SKRIPT Basis.....	28
4.38 K22a SKRIPT Erweitert	29
5 Zahnräder: Z-Rechte	30
5.1 Z01 Zahnrad-Basisrecht	30
5.2 Z01a Planeten, Drei- und Vier-Räder-Kette.....	31
5.3 Z01b Ritzel mit Zahnstange	32
5.4 Z01x Erweiterung Stirnradgeometrie	32
5.5 Z01y Asymmetrische Zahnräder.....	33
5.6 Z01z Individuelle Modifikationen pro Zahn	33

5.7 Z02 Festigkeitsberechnung nach DIN 3990.....	33
5.8 Z02a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336.....	34
5.9 Z02b Festigkeitsberechnung nach BV RINA	34
5.10 Z02e Festigkeitsberechnung nach GOST.....	34
5.11 Z02f Festigkeitsberechnung nach ISO 13691.....	35
5.12 Z02x Statische Festigkeit des Zahnfusses	35
5.13 Z03 Grobauslegung Stirnrad.....	35
5.14 Z04 Feinauslegung Stirnrad.....	36
5.15 Z04a Zusätzliche Festigkeitsberechnung aller Varianten	36
5.16 Z04b Werkzeug in Datenbank speichern.....	37
5.17 Z04c Zahneingriffsfrequenzen	37
5.18 Z05 Zahnformberechnung und -darstellung.....	37
5.19 Z05a Eingabe beliebiger Fräser- oder Zahnformen.....	38
5.20 Z05b Zahnformexport als Koordinatenpunkte.....	38
5.21 Z05c Berechnung Bezugsprofil für Zahnräder mit Evolventen- oder Spezialprofil	38
5.22 Z05d Berechnung der Zahnform aus dem Gegenrad (Abwälzen mit Gegenrad)	39
5.23 Z05e Zusatz für Formenbau	39
5.24 Z05f Fertigungsbedingter Twist	40
5.25 Z05g Optimale Zahnfussausrundung.....	40
5.26 Z05h Zykloiden- und Kreisbogenverzahnungen	41
5.27 Z05i Kreisbogenapproximation	41
5.28 Z05j Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Stirnräder).....	41
5.29 Z05k Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Schnecken/Schraubräder).....	42
5.30 Z05n Geradlinige Flanke.....	42
5.31 Z05o Messgitterpunkte für Topologiemessungen.....	42
5.32 Z05q Spezialfunktionen Uhrenindustrie	42
5.33 Z05x Animation der 2D-Darstellung.....	43
5.34 Z06 Berechnung Kronenräder	43

5.35 Z06a Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 6336/Literatur	43
5.36 Z06b Festigkeitsberechnung in Anlehnung an CrownGear/DIN 3990	44
5.37 Z06c Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 10300, Methode B	44
5.38 Z06d Festigkeitsberechnung in Anlehnung an DIN 3991, Methode B	44
5.39 Z06e Statische Festigkeit.....	44
5.40 Z06f 3D-Darstellung.....	45
5.41 Z07 Berechnung Kegel- und Hypoidräder	45
5.42 Z07a Kegelräder mit Zylo-Palloid- und Palloid-Verzahnung	45
5.43 Z07b Hypoidräder mit Zylo-Palloid-Verzahnung	46
5.44 Z07d Gleason-Kegelradverzahnung.....	47
5.45 Z07e Festigkeitsberechnung nach ISO 10300 Methode B und C.....	47
5.46 Z07g Festigkeitsberechnung nach DIN 3991.....	47
5.47 Z07h Festigkeitsberechnung für Kunststoffe	48
5.48 Z07i Berechnung von Kegelrad-Differentialen	48
5.49 Z07j Festigkeitsberechnung nach AGMA 2003	48
5.50 Z07m Grobauslegung	48
5.51 Z07n Feinauslegung	49
5.52 Z07p 3D-Darstellung.....	49
5.53 Z7o Optimierung von Flanken- und Profilmodifikationen mit Kontaktanalyse unter Last.....	49
5.54 Z7s3 Auslegung topologischer Modifikationen	50
5.55 Z08 Berechnung Schnecken.....	50
5.56 Z08a Festigkeitsberechnung nach DIN 3996.....	50
5.57 Z08b Festigkeitsberechnung nach ISO/TR 14521	51
5.58 Z08c Festigkeitsberechnung nach AGMA 6034 und AGMA 6135.....	51
5.59 Z08n Feinauslegung Schneckenradstufen	51
5.60 Z08p 3D-Darstellung.....	52
5.61 Z08s 3D-Generierung, spezielle Einstellungen.....	52
5.62 Z09a Zahnwelle (Festigkeit und Geometrie).....	52

5.63 Z09b Bogenzahn.....	53
5.64 Z10 Stirnradberechnung nach FVA-Methode	53
5.65 Z12 Betriebsflankenspiel.....	53
5.66 Z13 Berechnung nach AGMA-Normen	54
5.67 Z13b Berechnung nach AGMA 6011/AGMA 6014	54
5.68 Z13C Berechnung nach API 613:2021	55
5.69 Z14/Z14a Festigkeitsberechnung nach VDI 2545 und VDI 2736 (Kunststoffzahnräder)	55
5.70 Z15 Berechnung von Angaben zur Profilmodifikation von Stirnrädern	56
5.71 Z16 Drehmomentauslegung	56
5.72 Z16a Drehmomentauslegung bei Lastkollektiven	56
5.73 Z17 Berechnung Schraubrad-Paarungen	57
5.74 Z17a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336/Hirn	57
5.75 Z17b Festigkeitsberechnung nach Niemann/VDI 2545	58
5.76 Z17c Festigkeitsberechnung nach Hoechst.....	58
5.77 Z17d Statische Festigkeitsberechnung.....	58
5.78 Z17e Festigkeitsberechnung nach VDI 2736-3.....	58
5.79 Z17f Verschleissberechnung nach Pech	59
5.80 Z17g Schraubrad mit Zahnstange	59
5.81 Z17h Eingriffsgrafiken mit Schnitten für Schraubräder	59
5.82 Z17n Feinauslegung Schraubräder	59
5.83 Z18 Lebensdauerberechnung.....	60
5.84 Z18a Lebensdauerberechnung bei Lastkollektiven	60
5.85 Z18b/Z18br Bestimmung eines Lastkollektivs für Zahnräder aus dem gemessenen Drehmomentverlauf	60
5.86 Z19a Berechnung mit Betriebsachsabstand und Profilverchiebung gemäss Herstellung....	61
5.87 Z19b Schneckenberechnung mit Auslegung über den Normalmodul.....	61
5.88 Z19d Achsabstand bezüglich ausgeglichenem Gleiten	61
5.89 Z19e Darstellung des spezifischen Gleitens.....	61
5.90 Z19g Berechnung der Mittelpunkte von Planeten oder Zwischenrädern	62

5.91 Z19h Auslegung von Hochverzahnungen.....	62
5.92 Z19i Berechnung Zahnformfaktor nach grafischer Methode	62
5.93 Z19j Profilmodifikationen mit Schleifschnecken/Abrichtscheiben	63
5.94 Z19k Schmierspalt	63
5.95 Z19l Umrechnung Profilverchiebungsfaktor und Zahndickenabmasse.....	64
5.96 Z19m Blitztemperaturverlauf.....	64
5.97 Z19n Profil- und Flankenliniendiagramme	64
5.98 Z19v Flankenspielberechnung aus Zahnform	64
5.99 Z19w Spezialfunktionen für die Uhrenindustrie	65
5.100 Z19p Prüfen auf Wälzschälen.....	65
5.101 Z19x Berechnung von topologischen Modifikationen	65
5.102 Z22 Einhärtetiefe.....	65
5.103 Z23 Berechnung der Zahnfußtragfähigkeit von Innenverzahnungen mit Zahnkranzeinfluss nach VDI 2737 und Berechnung der Deformation von Zahnkränzen	65
5.104 Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares und Drehwegfehler	66
5.105 Z25 Grafische Darstellung der Hertzschen Pressung und der Zahnfußspannung entlang der tatsächlichen Zahnform	66
5.106 Z26 Fördervolumen von Zahnradpumpen	67
5.107 Z26a Zahnradpumpen-Zusatzrecht	67
5.108 Z27 Kinematik aufgrund der tatsächlichen Zahnform	68
5.109 Z29 Auslegung und Kontrolle von Lehrzahnradern	68
5.110 Z30 Micropitting (Graufleckigkeit) und Blitztemperatur	68
5.111 Z31 Verschleiss	69
5.112 Z31a Iterative Verschleissberechnung.....	69
5.113 Z32 Berechnung Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare.....	70
5.114 Z32a Kontaktanalyse mit asymmetrischer Verzahnung.....	70
5.115 Z32b Kontaktanalyse mit konischer Profilverchiebung	70
5.116 Z33 Optimierung von Profil- und Flankenmodifikationen mit Kontaktanalyse unter Last.....	71
5.117 Z34 Berechnung Kontaktanalyse unter Last für Planetensysteme	71

5.118 Z35 Berechnung Kontaktanalyse unter Last für Kegelradpaare	71
5.119 Z37 Berechnung Planetenträgerverformung mit FEM	72
5.120 Z38a 2D-FEM-Berechnung der Fussspannung	72
5.121 Z38b 3D-FEM-Berechnung der Fussspannung	73
5.122 Z39a Kontaktanalyse Grafikgruppe Geräusch	73
5.123 Z39b Kontaktanalyse Grafikgruppe Wirkungsgrad	73
5.124 Z39c Kontaktanalyse Grafikgruppe Kräfte und Spannungen	74
5.125 Z39d Kontaktanalyse Grafikgruppe Sicherheiten	74
5.126 Z40 Unrundräder.....	75
5.127 Z50 Beveloidräder.....	76
5.128 Z50p 3D-Darstellung.....	76

6 Wellen und Lager: W-Rechte..... 77

6.1 W01 Wellen-Basisrecht.....	77
6.2 W01a Eingabe von mehreren Wellen	78
6.3 W01b Lagerversatz, Lagerverkipfung, Lagerspiel	78
6.4 W01c Berücksichtigung Druckwinkel	78
6.5 W1f Wellen Grobauslegung	79
6.6 W01s Lastkollektive	79
6.7 W03 Berechnung von Durchbiegung und Lagerkräften.....	79
6.8 W03a Berücksichtigung Schubverformung.....	80
6.9 W03b Nichtlineare Welle.....	80
6.10 W03c Wärmedehnung	80
6.11 W03d Nichtlineare Steifigkeit	80
6.12 W04 Berechnung der kritischen Drehzahl	80
6.13 W04x Kreiseleffekt.....	81
6.14 W05 Lebensdauer von Kugel- und Rollenlager	81
6.15 W05a Lastkollektive Lager.....	82
6.16 W05b Referenzlebensdauer nach ISO/TS 16281	82

6.17 W05c Lastverteilung im Lager	82
6.18 W05d Anbindung an externe Schnittstellen für Steifigkeits- und Referenzlebensdauerberechnungen.....	83
6.19 W06 Dauerfestigkeits- und statische Berechnung von Querschnitten	83
6.20 W06a Rechenmethode Hänchen und Decker	83
6.21 W06b Rechenmethode DIN 743	84
6.22 W06c Rechenmethode FKM Richtlinie	84
6.23 W06d Rechenmethode AGMA 6101/6001.....	84
6.24 W06s Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven	84
6.25 W06t Rotationsfreiheitsgrad in Lastkollektiven	84
6.26 W07a Berechnung nach Niemann	84
6.27 W07b Berechnung nach ISO 7902	85
6.28 W07d Berechnung nach DIN 31657	85
6.29 W07e Berechnung nach DIN 31652	85
6.30 W07 Hydrodynamische Radialgleitlager	85
6.31 W07c Hydrodynamische Axialgleitlager.....	86
6.32 W08 Fettgeschmierte Radialgleitlager	86
6.33 W10 Flankenlinienmodifikation	86
6.34 W12 Wellenauslegung	86
6.35 W13 Knicken.....	87
6.36 W14 Erzwungene Schwingungen	87
6.37 W51 Nachrechnung von Wälzlagern nach ISO/TS 16281	87
6.38 W51a Wälzlager Feinauslegung	87
7 Verbindungen: M-Rechte.....	88
7.1 M01a Zylindrischer Presssitz	88
7.2 M01b Konischer Presssitz	88
7.3 M01x Erweiterte Berechnung Presssitz	89
7.4 M01c Klemmverbindungen	89

7.5 M02a Passfeder.....	90
7.6 M02b Keilwelle/ Vielnutprofil.....	91
7.7 M02c Kerbverzahnung.....	91
7.8 M02d Polygon.....	92
7.9 M02e Scheibenfeder.....	92
7.10 M03a Berechnung Bolzen- und Stiftverbindungen	93
7.11 M04 Schraubenberechnung.....	93
7.12 M04a Exzentrische Verspannung und Belastung.....	94
7.13 M04b Schraubenberechnung mit Temperatureinfluss.....	94
7.14 M05 Seegerring	95
7.15 M06 Hirthverzahnung.....	95
8 Federn: F-Rechte	96
8.1 F01 Berechnung Druckfedern.....	96
8.2 F02 Berechnung Zugfedern.....	96
8.3 F03 Berechnung Schenkelfedern	96
8.4 F04 Berechnung Tellerfedern	97
8.5 F05 Berechnung Drehstabfedern	97
8.6 F06 Berechnung Kegelstumpffedern	97
9 Riemen- und Kettentriebe: Z-Rechte	99
9.1 Z90 Keilriemen.....	99
9.2 Z91 Zahnriemen.....	100
9.3 Z92 Kettentriebe	101
10 Automotive: A-Rechte.....	102
10.1 A10 Synchronisation.....	102
10.2 A20 Schaltbare fremdbetätigte Kupplungen	102
11 KISSsys: K11-Rechte	103

11.1 Überblick.....	103
11.2 K11 GPK.....	104
11.3 K11a Administrator	104
11.4 K11e Eclipse Debug Classes.....	104
11.5 K11f Industriegetriebe-Variantengenerator.....	104
11.6 K11h Thermische Bilanz	105
11.7 K11i1 Modalanalyse.....	105
11.8 K11i2 Campbell-Diagramm.....	106
11.9 K11i3 Erzwungene Schwingung	106
11.10 K11j Gehäusedeformation in statischen Berechnungen.....	106
11.11 K11k Export Modelldaten.....	107
11.12 K11k1 MSC Schnittstelle	107
11.13 K11k6 GEMS Schnittstelle.....	107

12 KISSsoft System Module: S20-Rechte 108

12.1 S20f Charakteristische Frequenzen	108
12.2 S20h Thermische Bilanz.....	108
12.3 S20i1 Modalanalyse.....	109
12.4 S20i2 Campbell-Diagramm.....	109
12.5 S20i3 Erzwungene Schwingung	109
12.6 S20i4 Erweiterte Berechnung erzwungener Schwingungen.....	110
12.7 S20i5 Drehmomenttrippel-Anregung in der erweiterten Berechnung erzwungener Schwingungen	110
12.8 S20j Gehäusedeformation in statischen Berechnungen.....	111
12.9 S20k7 REXS Import und Export	111
12.10 S20k8 KISSsys Import.....	111
12.11 S20k9 Export des kompletten Wellensystems aus dem Systemmodul (STEP von Parasolid)	111
12.12 S20k10 Prüfung auf Übermass im 3D-Modell.....	111

12.13 S20l Systemlastkollektiv	112
12.14 S20m Verlustleistungsiteration	112
12.15 S20n Systemkontaktanalyse.....	112
12.16 S20o Sketcher	112
12.17 S20p Administrator	112
12.18 S20q Systemkinematik	113
12.19 S20r Kraftübertragung	113
12.20 S20s Systemmodul-Modell Import	113
12.21 S20t Varianten	113
12.22 S20u Systemdaten.....	113
12.23 S20v Gruppenansicht	114
12.24 S20w System-Grobauslegung	114
12.25 S20x Modellierungsassistent	114
13 Literaturverzeichnis	115

I

Produktbeschreibung

Kapitel 1 - 13

1 Hard- und Softwarevoraussetzungen

Für den Betrieb der KISSsoft Berechnungsprogramme ist die folgende Computerkonfiguration notwendig:

- Betriebssystem: Windows 64-bit, Windows 8.1 oder höher
- Windows N und KN erfordern die Installation von Microsoft Media Feature Pack
- Windows Server erfordern die Installation von Microsoft Media Foundation
- Prozessor: mindestens SSE2 kompatibel
- Arbeitsspeicher: mindestens 4 GByte RAM
- Bildschirmauflösung: mindestens 1280 x 1024 Bildpunkte
- OpenGL 3.2
- Drucker: Windows-Drucker
- Speicher: Harddisk Platzbedarf ca. 800 - 3000 MB (je nach Umfang)

Netzwerk-/Floatinglizenzen:

- Server-Anforderungen bei Installation auf einem Server: Windows Server 2016 und höher.
- Zur Verwaltung einer Floatinglizenz wird ein Zugriffsverzeichnis benötigt, welches auf einem Datenserver liegt.
- Jeder KISSsoft-Nutzer muss Lese-/Schreib-/Löschberechtigung auf dem Zugriffsverzeichnis haben.
- Der Hardwarecode des Zugriffsverzeichnisses muss unverändert bleiben und ungleich 0 sein (dies kann im KISSsoft Lizenztool überprüft werden).
- Bei einem virtuellen Server muss explizit eine feste Festplatten-Seriennummer des Zugriffsverzeichnisses definiert werden. Ein ordnungsgemäßer Betrieb mit einem virtuellen Server kann nicht garantiert werden, hier müssen Versuche durchgeführt werden.

Bei Serverfarmen können mehrere Festplatten-Seriennummern auftreten, diese können in einer Lizenzdatei erfasst werden (maximal 10).

Lizenzen mit Hardware-Dongle:

- Benötigen mindestens einen freien USB 2.0 Port

Für bestimmte Funktionen können weitere Voraussetzungen notwendig sein. In diesem Fall empfehlen wir, sich mit der KISSsoft AG in Verbindung zu setzen.

2 Programmversionen

Testinstallation: Eine für einen Zeitraum von 30 Tagen aktivierbare Vollversion mit allen Modulen, die je nach Bedarf deaktiviert werden können. Die Testinstallation gibt Ihnen die Möglichkeit, unsere Programme im praktischen Einsatz zu testen. Sie darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden.

Einzelplatzversion: Die Software kann auf beliebigen Rechnern installiert werden. Es wird ein Software-USB-Schutzstecker (Dongle) mitgeliefert, der an den USB-Anschluss des Computers gesteckt wird. Auf diesem Rechner ist die Software dann jeweils lauffähig.

Multiuser-Netzwerkinstallation mit Zugriffsverzeichnis: Eine Netzwerkinstallation, bei der beliebig viele Benutzer mit der Software arbeiten können, wobei aber gleichzeitig nur eine beschränkte Zahl (entsprechend der Anzahl Zugriffsrechte) von Benutzern zugelassen wird. Für die Verwaltung der aktuellen Zugriffe wird ein Verzeichnis mit vollen Rechten auf einem Server mit allgemeiner Zugänglichkeit für KISSsoft Anwender benötigt.

Multiuser-Netzwerkinstallation mit USB-Schutzstecker: Alternativ kann die Netzwerkinstallation mit einem USB-Schutzstecker am Server betrieben werden. Voraussetzung ist ein Server mit Windows-Betriebssystem und USB-Port sowie ein Verzeichnis, auf das sowohl Server als auch Clients mit Lese- und Schreibrechten zugreifen können.

3 Berechnungsmodule

Für die einzelnen Berechnungsmodule werden folgende Abkürzungen verwendet:

S020	Systemmodul
Z011	Einzelstirnradberechnung
Z012	Stirnradpaarberechnung
Z013	Stirnradritzel mit Zahnstange
Z014	Stirnrad - Planetenstufe
Z015	Stirnrad - Drei-Räder-Kette
Z016	Stirnrad - Vier-Räder-Kette
Z070	Kegel- und Hypoidradberechnung
Z060	Kronenräder
Z080	Schnecken mit Globoidschneckenrad
Z170	Schraubräder
Z050	Beveloidräder
Z040	Unrundräder
W010	Wellenberechnung
W050	Wälzlagerberechnung
W051	Wälzlagerberechnung mit innerer Geometrie
W070	Hydrodynamische Radialgleitlager
W07c	Hydrodynamische Axialgleitlager
M010	Zylindrischer Presssitz
M01b	Konischer Presssitz
M01c	Klemmverbindungen
M02a	Passfeder
M02b	Keilwelle
M02c	Zahnwelle (Festigkeit)
Z09a	Zahnwelle (Festigkeit und Geometrie)
M02d	Polygon
M02e	Scheibenfeder
M03a	Bolzen und Stifte

M040	Schraubenberechnung nach VDI 2230
M080	Schweisverbindungen
M090	Kleb- und Lötverbindungen
M050	Seegerring
F010	Druck- und Kegelstumpfedern
F020	Zugfedern
F030	Schenkelfedern
F040	Tellerfedern
F050	Drehstabfedern
Z090	Keilriemen
Z091	Zahnriemen
Z092	Kettentrieb
A010	Synchronisation
A020	Schaltbare fremdbetätigte Reibkupplungen
K010	Toleranzrechnung
K120	Festigkeitsnachweis mit örtlichen Spannungen
K140	Hertzsche Pressung
K150	Linearantrieb
K170	Kunststoff-Manager
K190	Lastkollektive

4 Allgemein: K-Rechte

Programm übergreifende Import-/Exportfunktionen, Datenbanken und modulübergreifende Berechnungen

4.1 K02 Sprachen

Die Benutzeroberfläche, Meldungen sowie Protokolle inklusive Grafiken in KISSsoft können in folgenden Sprachen bedient und erstellt werden:

- Deutsch
- Englisch
- Französisch
- Italienisch
- Spanisch
- Portugiesisch
- Russisch
- Chinesisch
- Japanisch

4.2 K04 COM-Schnittstelle

KISSsoft bietet die Möglichkeit der Fernsteuerung über eine COM Schnittstelle (Programmiersprachen- und Betriebssystem unabhängig).

KISSsoft kann so z.B. mit Visual Basic aus Excel angesprochen werden.

Mit diesem Recht können Dateien geladen, Variablen gesetzt und gelesen, Berechnungen durchgeführt sowie Protokolle erstellt werden.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktionen ist im Handbuch zu finden.

4.3 K04a Erweiterte COM-Schnittstelle

Über die Funktionen „CallFunc“ und „CallFuncNParam“ können zahlreiche Auslegungs- und Optimierungsfunktionen aufgerufen werden. Eine Liste dieser Funktionen ist auf Anfrage erhältlich.

4.4 K05a DXF-Schnittstellen

Erlaubt die Ausgabe von 2D Grafiken im DXF-Format, Version R12 und R14. Es kann ein Layer definiert werden.

4.5 K05e IGES-Schnittstelle

Ausgabe aller 2D-Grafiken im IGES-Format.

4.6 K05f GDE (Gear-Data-Exchange)-Format

Das GDE xml-Format ist in der VDI Richtlinie 2610 beschrieben und definiert Zahnwellen, Stirn- und Beveloidräder.

4.7 K04 COM-Schnittstelle

KISSsoft bietet die Möglichkeit der Fernsteuerung über eine COM Schnittstelle (Programmiersprachen- und Betriebssystem unabhängig).

KISSsoft kann so z.B. mit Visual Basic aus Excel angesprochen werden.

Mit diesem Recht können Dateien geladen, Variablen gesetzt und gelesen, Berechnungen durchgeführt sowie Protokolle erstellt werden.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktionen ist im Handbuch zu finden.

4.8 K04 COM-Schnittstelle

KISSsoft bietet die Möglichkeit der Fernsteuerung über eine COM Schnittstelle (Programmiersprachen- und Betriebssystem unabhängig).

KISSsoft kann so z.B. mit Visual Basic aus Excel angesprochen werden.

Mit diesem Recht können Dateien geladen, Variablen gesetzt und gelesen, Berechnungen durchgeführt sowie Protokolle erstellt werden.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktionen ist im Handbuch zu finden.

4.9 K04 COM-Schnittstelle

KISSsoft bietet die Möglichkeit der Fernsteuerung über eine COM Schnittstelle (Programmiersprachen- und Betriebssystem unabhängig).

KISSsoft kann so z.B. mit Visual Basic aus Excel angesprochen werden.

Mit diesem Recht können Dateien geladen, Variablen gesetzt und gelesen, Berechnungen durchgeführt sowie Protokolle erstellt werden.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktionen ist im Handbuch zu finden.

4.10 K05g GAMA Format (Gleason)

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016 sowie Z0170

Das GAMA xml-Format wird bei den Gleason Messmaschinen verwendet und in ein Spezialprotokoll geschrieben.

Die folgenden Parameter, die in KISSsoft vorhanden sind, werden zurzeit vom GAMA-Code unterstützt:

- Normalmodul
- Zähnezahl
- Schrägungswinkel
- Zahnbreite
- Profilverschiebung
- Fussdurchmesser
- Beginn der Evolvente
- Bezugsdurchmesser
- Zahndicke im Normalschnitt, Bogen

4.11 K05d Solid Edge-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen Solid Edge und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. Sie ermöglicht den Start aller KISSsoft-Berechnungsmodule aus Solid Edge heraus. In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können in Solid Edge als 3D-Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Von KISSsoft kann über die Zahnformberechnung mit einem Klick Solid Edge gestartet werden, wo ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt wird. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder, Zahnstangen, geradverzahnte

Kegelräder nach DIN 3971 (Bild 1) sowie Wellen (Konus- und Zylinderelemente) möglich.

Weiter gibt es die Möglichkeit, nachträglich Verzahnungen auf bestehende Wellen einzufügen. Wird bei einer bestehenden Welle eine Referenzebene an eine Seitenfläche angefügt und selektiert, wird dort die Zahnform am Wellenrohteil ausgeschnitten. Ausserdem bietet die Schnittstelle im 2D-Bereich die Möglichkeit, Zahnradherstelltdaten automatisch als Textfeld in die Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelltdaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

Einschränkungen:

- Stirnräder: Pfeilverzahnungen nicht direkt erstellbar, muss manuell erfolgen, zuerst eine Seite dann die andere Seite.
- Schnecken: keine Globoid-Schnecken oder Schneckenräder möglich (nur Zylinderschnecken/-schneckenräder).
- Allgemein: Modifikationen über die Zahnbreite werden nicht mitberücksichtigt (nur Zahnformmodifikationen berücksichtigt).

4.12 K05k SolidWorks-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen SolidWorks und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. Sie ermöglicht den Start aller KISSsoft-Berechnungsmodule aus SolidWorks heraus. In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können in SolidWorks als 3D-Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Von KISSsoft kann über die Zahnformberechnung mit einem Klick SolidWorks gestartet werden, wo ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt wird. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder, Zahnstangen, geradverzahnte Kegelräder nach DIN 3971 (Bild 1) sowie Wellen (Konus- und Zylinderelemente) möglich.

Weiter gibt es die Möglichkeit, Verzahnungen auf bestehende Wellen einzufügen. Wird bei einer bestehenden Welle eine Seitenfläche selektiert, wird dort die Zahnform am Wellenrohteil ausgeschnitten. Ausserdem bietet die Schnittstelle im 2D-Bereich die Möglichkeit, Zahnradherstelltdaten automatisch als Textfeld auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelltdaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

Einschränkungen:

- Stirnräder: Pfeilverzahnungen nicht direkt erstellbar, muss manuell erfolgen, zuerst eine Seite dann die andere Seite.
- Schnecken: keine Globoid-Schnecken oder Schneckenräder möglich (nur Zylinderschnecken/-schneckenräder).
- Allgemein: Modifikationen über die Zahnbreite werden nicht mitberücksichtigt (nur Zahnformmodifikationen berücksichtigt).

4.13 K05m Autodesk Inventor-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen Autodesk Inventor und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. Sie ermöglicht den Start aller KISSsoft-Berechnungsmodule direkt aus Inventor heraus. In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können direkt in Inventor als 3D-Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Von KISSsoft kann über die Zahnformberechnung mit einem Klick Inventor gestartet werden, wo ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt wird. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder, Zahnstangen, geradverzahnte Kegelräder nach DIN 3971 (Bild 1) sowie Wellen (Konus- und Zylinderelemente) möglich.

Weiter gibt es die Möglichkeit, nachträglich Verzahnungen auf bestehende Wellen einzufügen. Wird bei einer bestehenden Welle eine Seitenfläche selektiert, wird dort die Zahnform am Wellenrohteil ausgeschnitten. Ausserdem bietet die Schnittstelle im 2D-Bereich die Möglichkeit, Zahnradherstelldaten automatisch als Tabelle auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelldaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

Einschränkungen:

- Stirnräder: Pfeilverzahnungen nicht direkt erstellbar, muss manuell erfolgen, zuerst eine Seite dann die andere Seite.
- Schnecken: keine Globoid-Schnecken oder Schneckenräder möglich (nur Zylinderschnecken/-schneckenräder).
- Allgemein: Modifikationen über die Zahnbreite werden nicht mitberücksichtigt (nur Zahnformmodifikationen berücksichtigt).

4.14 K05n NX-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen NX und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. Sie ermöglicht den Start aller KISSsoft-Berechnungsmodule aus NX heraus. In KISSsoft berechnete Stirnräder können in NX als 3D-Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder, Zahnstangen sowie Wellen (Konus- und Zylinderelemente) möglich.

Weiter gibt es die Möglichkeit, Verzahnungen auf bestehende Wellen einzufügen. Wird bei einer bestehenden Welle eine Seitenfläche selektiert, wird dort die Zahnform am Wellenrohteil ausgeschnitten. Ausserdem bietet die Schnittstelle im 2D-Bereich die Möglichkeit, Zahnradherstelldaten automatisch als Tabelle auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelldaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

Einschränkungen:

- Stirnräder: Pfeilverzahnungen nicht direkt erstellbar, muss manuell erfolgen, zuerst eine Seite dann die andere Seite.
- Schnecken: keine Globoid-Schnecken oder Schneckenräder möglich (nur Zylinderschnecken/-schneckenräder).
- Allgemein: Modifikationen über die Zahnbreite werden nicht mitberücksichtigt (nur Zahnformmodifikationen berücksichtigt).

4.15 K05o* CATIA-Schnittstelle

In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können direkt in CATIA V5 als 3D-Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. CATIA V5 muss bereits geöffnet sein, wenn man in KISSsoft die 3D-Erzeugung startet. In CATIA V5 wird ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder möglich. Ausserdem bietet die Schnittstelle im 2D-Bereich die Möglichkeit, Zahnradherstelldaten einzufügen.

Einschränkungen:

- Stirnräder: Pfeilverzahnungen nicht direkt erstellbar, muss manuell erfolgen, zuerst eine Seite dann die andere Seite.
- Schnecken: keine Globoid-Schnecken oder Schneckenräder möglich (nur Zylinderschnecken/-schneckenräder).
- Allgemein: Modifikationen über die Zahnbreite werden nicht mitberücksichtigt (nur Zahnformmodifikationen berücksichtigt).

Diese Schnittstelle wird von SWMS entwickelt.

4.16 K05q* Creo Parametric-Schnittstelle

In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können direkt in Creo Parametric als 3D-Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Creo Parametric muss bereits geöffnet sein, wenn man in KISSsoft die 3D-Erzeugung startet. In Creo Parametric wird ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder und geradverzahnte Kegelräder nach DIN 3971 (Bild 1) möglich. Ausserdem bietet die Schnittstelle im 2D-Bereich die Möglichkeit, Zahnradherstelldaten einzufügen.

Einschränkungen:

- Stirnräder: Pfeilverzahnungen nicht direkt erstellbar, muss manuell erfolgen, zuerst eine Seite dann die andere Seite.

- Schnecken: keine Globoid-Schnecken oder Schneckenräder möglich (nur Zylinderschnecken/-schneckenräder).
- Allgemein: Modifikationen über die Zahnbreite werden nicht mitberücksichtigt (nur Zahnformmodifikationen berücksichtigt).

Diese Schnittstelle wird von Applisoft entwickelt.

4.17 K05s Parasolid Ansichtsfenster

In KISSsoft berechnete Stirnräder, Zahnstangen, Kegelräder, Kronenräder, Schraub- und Schneckenräder können direkt in diesem Parasolid-3D-Ansichtsfenster angezeigt werden.

4.18 K05u STEP-Format Export (Parasolid)

Recht für den Export in das STEP-Format der angezeigten 3D-Modelle im Parasolid-Ansichtsfenster. Es können 3D-Modelle von Stirnrädern, Zahnstangen, Kegelrädern, Kronenrädern, Schraub- und Schneckenrädern erzeugt und exportiert werden. Je nach Verzahnungstyp können für das Generieren von 3D-Modellen zusätzliche Module benötigt werden (siehe Rechte Z07p für Kegelräder, Z08p für Schnecken und Globoid-Schneckenräder, Z06f für Kronenräder und Z50p für Beveloidräder).

4.19 K05u1 Export des gesamten Wellensystems aus einer Wellenberechnung (STEP von Parasolid)

Dieses Recht ermöglicht, das komplette Wellensystem aus einer Wellenberechnung zu exportieren. Die Formate STEP, Parasolid Text (X_T) und Parasolid binär (X_B) stehen zur Auswahl. Die für den 3D-Viewer definierten Vereinfachungen gelten ebenfalls für den Export.

4.20 K05u2 Prüfung auf Übermass im 3D-Modell

Dieses Recht erlaubt die Prüfung auf Übermass zwischen den verschiedenen Komponenten der Wellenzusammenstellung. Ein Übermass zwischen zwei Komponenten liegt vor, wenn sie sich ein Volumen teilen.

4.21 K05w Kontaktanalyse-Datenexport

Ermöglicht den Export von Kontaktanalyse-Daten für alle Module, die die Kontaktanalyse unterstützen. Alle Kontaktanalyse-Resultate können nativ via Skript oder, bei Verwendung der COM-Schnittstelle, serialisiert abgerufen werden. Die Resultate können dann mit anderen Programmen, z.B. Excel oder Matlab, weiterverarbeitet werden.

4.22 K07 Benutzerdatenbank

Datenbank-Recht zur Verwaltung diverser technischer Daten wie Werkstoffe, Toleranzen, Bezugsprofile, Schraubennormen usw. Über ein Datenbanktool können eigene Datensätze zugefügt, erweitert oder abgeändert sowie in der Reihenfolge verschoben wie auch ein-/ausgeblendet werden.

4.23 K7a Werkstoffverwaltung

Recht zur Eingabe weiterer Werkstoffe in die Datenbank sowie zur Änderung von spezifischen Daten bereits vorhandener Werkstoffe.

4.24 K09 Härteumrechnung

Recht zur Umrechnung von Härteangaben nach Vickers, Brinell und Rockwell für verschiedene Werkstoffgruppen nach DIN EN ISO 18265:2014. Die Härteumrechnung kann im Menü 'Extras' aufgerufen werden.

4.25 K10 Toleranzrechnung

Berechnung der Gesamtabmasse der Massketten von eingegebenen Elementen. Die Toleranzen können entweder als Allgemeintoleranz (DIN ISO 2768:1991, DIN 7168:1991 (zurückgezogen)), mit Toleranzfeldeingabe nach ISO oder mit eigenen Werten definiert werden. Das Gesamttoleranzfeld wird jeweils mit der konstanten Verteilung (arithmetische Summe) und mit der Quadratwurzel der Toleranzquadrate (Normalverteilung) gerechnet.

4.26 K12 Festigkeitsnachweis mit örtlichem Konzept (FKM)

Statischer- und Ermüdungsfestigkeitsnachweis (zeit- oder dauerfest) mit elastisch berechneten örtlichen Spannungen nach der FKM-Richtlinie [1] für nicht geschweisste Bauteile.

Diese Methode erlaubt - ausgehend von Spannungen in kritischen Punkten, die mit einem FE-Programm berechnet wurden - einen vollständigen Festigkeitsnachweis mit Sicherheit gegen Bruch bzw. gegen die Streckgrenze und mit Sicherheit gegen Dauerbruch. Die Berechnung kann auch mit Lastkollektiven durchgeführt werden.

4.27 K14 Hertzsche Pressung

Berechnung der Hertzschen Pressung von zwei Körpern. Die maximale Pressung (Hertzsche Pressung) sowie die Annäherung beider Körper (Kugel, Zylinder, Ellipsoid, Ebene (konvex und konkav)) wird mit Hilfe der Hertzschen Gleichungen berechnet. Ausserdem wird der Spannungsverlauf normal zur Oberfläche ermittelt.

Die Berechnung des Kontaktes und der Annäherung der Körper basiert auf der Literatur von Borelli/Schmidt 2002 [2], Weber/Banaschek 1955 [3] und Norden 1973 [4].

4.28 K14a Beliebiger Kontakt

Berechnung des Linienkontaktes zwischen zwei Körpern mit beliebigem Profil (Linienbelastung eines elastischen Halbraums). Zu den Resultaten gehören Verformungen sowie Belastungen im Kontaktbereich und unter der Oberfläche entlang der Profile. Plastizität und Reibung finden keine Berücksichtigung. Die Berechnungen basieren auf Johnson 2003 [5].

4.29 K15 Linearantrieb

Mit diesem Recht können Bewegungsschrauben berechnet werden. Bewegungsschrauben wandeln Dreh- in Längsbewegungen oder werden zur Erzeugung grosser Kräfte verwendet. Als Bewegungsschrauben kommen fast ausschliesslich Trapezgewinde (DIN 103 auswählbar) zur Anwendung. Die Berechnung der Linearantriebe (Bewegungsschrauben) basiert auf Roloff/Matek 2001 [6].

4.30 K17 Kunststoff-Manager

Voraussetzung: Rechte Z14 und Z14a (wenn die zulässigen Fuss- und Flankenpressungen berechnet werden sollen)

Mit diesem Recht können neue Kunststoffe in der KISSsoft-Werkstoffdatenbank hinzugefügt werden, wenn die Werkstoffkenndaten zur Verfügung stehen. Beim Hinzufügen eines Werkstoffs in die Datenbank, wird eine entsprechende DAT-Werkstoffdatei erzeugt. Stehen Ergebnisse aus Zahnradtests zur Verfügung (Radgeometrie, Drehmoment, Drehzahl, Anzahl Zyklen bis Ausfall, Temperatur), so können die zulässige Fuss- und/oder Flankenermüdung berechnet sowie statistisch bewertet werden. Die Ermüdungsdaten werden automatisch zu den entsprechenden DAT-Dateien hinzugefügt. Diese können dann für die Berechnung von Sicherheitsfaktoren über die gesamte Lebensdauer verwendet werden.

4.31 K18 Zuverlässigkeit

Voraussetzung: entsprechende Festigkeitsberechnung für das Maschinenelement

Berechnung der Zuverlässigkeit von Zahnrädern, Wellen und Lagern nach Bertsche 2008 [7] unter Verwendung der 3-Parameter-Weibull-Verteilung. Systemsteifigkeit innerhalb KISSsys. Die Faktoren f_b und b können eingegeben werden (Vorgabewerte gemäss Bertsche).

4.32 K19 Zeitreihen für Lastkollektivberechnung

Voraussetzung: Recht für entsprechende Festigkeitsberechnung

Lastkollektivberechnung aus gemessenen Drehmoment-Drehzahl-Zeitserien für Zahnräder, Wellen und Lager. Für die Berechnung stehen die Simple-Count Methode und die Rainflow-Methode zur Verfügung. Das erzeugte Lastkollektiv kann entweder für die Festigkeitsberechnung in den Verzahnungsmodulen oder in der Wellenberechnung verwendet werden.

4.33 K20 Import einer Steifigkeitsmatrix

Erweiterung für Berechnungsmodul K160 und das Recht K11j

Import einer reduzierten Steifigkeitsmatrix basierend auf folgenden Formaten:

- Standard-KISSsoft-Format (K20a)
- Abaqus-Format (K20b)
- Nastran-Format (K20c)

- Code_aster-Format (K20d)
- ANSYS-Format (K20e)

4.34 K21 Radkörperberechnung im Stirnradmodul

Dieses Recht ermöglicht, die durch eine Linienlast am Wälzkreisdurchmesser eines Radkörpers verursachte Verformung zu berechnen. Die Ergebnisse sind die Verformungen des Radkörpers, die Verformung der Linienlast und eine reduzierte Steifigkeitsmatrix. Die Ergebnisse können für die Kontaktanalyse unter Last und die Berechnung der Linienlast nach ISO 6336-1, Annex E verwendet werden. Diese Berechnung ist der grundlegende Einstiegspunkt für Daten in Bezug auf den Radkörper für sämtlichen KISSsoft-Berechnungen.

4.35 K21a Radkörperberechnung im Stirnradmodul, manuelle Eingabe

Erweiterung für Recht K21

Das Recht ermöglicht es, die Eingabe der Geometrie anhand von Punkten zu definieren. So kann der Querschnitt des Radkörpers über die Eingabe-Tabelle definiert werden. Dies ist eine Alternative zum Importieren einer STEP-Datei des Radkörpers (Recht K21b)

4.36 K21b Radkörperberechnung im Stirnradmodul, STEP-Datei-Import

Erweiterung für Recht K21

Dieses Recht dient dazu, die Geometrie des Radkörpers mit einer STEP-Datei zu importieren. Dies ist eine Alternative zur Verwendung der Eingabe-Tabelle, um die Geometrie des Radkörper zu definieren (Recht K21a).

4.37 K22 SKRIPT Basis

In KISSsoft ist die Skriptsprache «SKRIPT» eingebaut. Diese erlaubt in der Basisversion neben dem eigentlichen Programmiersprachen-Umfang das Laden und Speichern von Berechnungsdateien, das Ausführen der Berechnung und das Erzeugen eines Protokolls. SKRIPT hat Zugriff auf alle Variablen, die auch für die Protokollierung zur Verfügung stehen.

Als Basis zur Ausführung benötigt SKRIPT ein Berechnungsmodul. Es können neben direkt ausgeführten Skripten auch bei bestimmten Ereignissen automatisch ausgeführte Skripte definiert

werden. Diese Ereignisse sind: Nach dem Laden einer Datei, vor dem Speichern einer Datei, vor oder nach der Berechnung und vor dem Protokollieren.

4.38 K22a SKRIPT Erweitert

Diese Erweiterung erlaubt den Zugriff auf alle per erweiterter COM Schnittstelle erreichbaren Funktionen im jeweiligen Berechnungsmodul. Es steht ein Befehl zum Ausführen externer Programme zur Verfügung und es können Grafiken erstellt werden.

5 Zahnräder: Z-Rechte

5.1 Z01 Zahnrad-Basisrecht

Das Recht ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Einzelstirnrad Z011
- Stirnradpaar Z012

und beinhaltet die Zahnrad-Geometrieberechnung für Stirnräder nach ISO 21771 (und DIN 3960). Die Berechnungen sind gültig für Innen- und Aussenverzahnungen:

- Gerad- und Schrägverzahnungen, Pfeilverzahnungen
- Bezugsprofile nach ISO 53, DIN 867, DIN 3972 Profil I, II, III und IV, DIN 58400 und freie Wahl (für Feinwerktechnik: überschneidende Werkzeuge), Protuberanz, Knickfussflanke
 - Eingabe von Abwälzfräsern (nach DIN 3972 und eigene Werkzeuglisten) und Stossrädern (nach DIN 1825, 1826, 1828 und eigene Werkzeuglisten)
 - Alternativ auch die werkzeugfreie Bestimmung der Zahnform als theoretische Evolvente
- Berücksichtigung von Kopfhöhenänderung, Längsballigkeit, Fasen, Kopfkantenbruch, Profilmodifikationen etc.
- Kontrolle auf Unterschnitt, spitzer Zahn, Eingriffsstörung, Kopfspiel, Montierbarkeit, Kopf- und Fussformkreis, Kopf- und Fussnutzkreis (aktive Evolvente), Anstossen ausserhalb des Eingriffsbereiches etc.
- Berechnung der Prüfmasse, Zahnweite, Zahndicke, Einkugel- und Zweikugelmass, Einrollen- und Zweirollenmass. Die Prüfmasse werden je für das untere und obere Abmass berechnet.
- Zahndickenabmasse:
 - nach DIN 3967 (z.B. e25), Datentabellen eingebaut
 - nach ISO 1328 (z.B. GJ), Ausgabe 1980 (in der aktuellen Ausgabe sind diese Angaben nicht mehr vorhanden)
 - nach ISO 23509 (für Kegelräder)
 - nach DIN 58405 (z.B. 8g) für die Feinwerktechnik, Datentabellen eingebaut
 - aus dem Soll-Verdrehflankenspiel oder aus dem Normalflankenspiel
- Benutzerdefinierte Tabellen der Zahndickenabmasse
- Für Feinwerktechnik: Kopfkreis (mit Toleranzen) bei überschneidendem Werkzeug

- Berechnung des Verdrehflankenspiel-Bereichs (sowie Normalflankenspiel-Bereichs) der Zahnradpaarung unter Berücksichtigung der Zahndickenabmasse und der Achsabstandstoleranz
- Berechnung aller relevanten Grössen wie Überdeckung, spez. Gleiten etc.
- Berechnung und Kontrolle der effektiven Überdeckungen und Fusskreise (Berücksichtigung der Zahndickenabmasse). Berechnung aller wichtigen Daten bei kleinstem Achsabstand und grösster Zahndicke, sowie bei grösstem Achsabstand und kleinster Zahndicke
- Winkeleingabe als Dezimalzahl mit Komma oder mit Minuten und Sekunden
- Moduleingabe in mm oder als Diametral Pitch, Transverse Diametral Pitch, Stirn- oder Normalteilung
- Unterschiedliche Verzahnungsqualität für einzelne Räder
- Vergrösserung des Intervalls für ausführbare Profilverschiebungen
- Bei Festigkeitsberechnungen aller Art (Stirnräder, Kegelräder, Schnecken), zusätzliche Bestimmung von Verlustleistung, Trägheitsmoment und Gewicht

Werkstoffe und Bezugsprofile ab Datenbank

Beliebig viele verschiedene Werkstoffe und Bezugsprofile können in speziellen Datenbankeinträgen vom Benutzer festgelegt werden. Mitgeliefert werden aktuell mehr als 200 verschiedene Werkstoffe und verschiedenste Bezugsprofile, Abwälzfräser- und Stossradlisten. Sämtliche in DIN 3990 verwendeten Härteverfahren sind berücksichtigt. Zusätzlich werden rostfreie Stähle, Aluminium, Bronzen etc. unterstützt sowie Kunststoffe mit Recht Z14.

5.2 Z01a Planeten, Drei- und Vier-Räder-Kette

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Planetenstufe Z014: Sonne, Planet, Kranz
- Drei-Räder-Kette Z015: Leistungsverteilungsstufe oder Verlagerungsstufe (Ritzel, Zwischenrad/-räder, Rad)
- Vier-Räder-Kette Z016: Doppel-Verlagerungsstufe (Ritzel, Zwischenrad/-räder I, Zwischenrad/-räder II, Rad) und Doppelplaneten-Konfiguration (Sonne, Planet I, Planet II, Hohlrad)

Bei Planetenstufen (Z014) wird auch das Gesamtspiel Sonne zu Planetenträger berechnet. Bei Festigkeitsberechnungen werden Hinweise entsprechend der gewählten Rechenmethode berücksichtigt. Beispielsweise werden bei der Berechnung des Dynamikfaktors und des Breitenlastfaktors die speziellen Hinweise der ISO 6336 oder DIN 3990 für Planetenstufen oder für Verlagerungsstufen verwendet.

In der 2D-Darstellung (Recht Z05) werden die einzelnen Zahneingriffe dargestellt. In der 3D-Darstellung (Recht Z05x) wird die Konfiguration mit allen Zahnrädern dargestellt (bei 3-Rad und 4-Rad-Konfigurationen wird nur ein Strang dargestellt).

Bei Planeten kann die Kontrolle der Montierbarkeit, bei regelmässiger Teilung der Planetenmittelpunkte, ein- und ausgeschaltet werden. Im letzteren Fall kann mit dem Recht Z19g die Berechnung der Mittelpunkte durchgeführt werden. Drehzahlen der Planetenkonfiguration sind frei definierbar. Es können 2 der 3 Drehzahlen vorgegeben werden: Drehzahl von Sonne, Kranz und Steg.

5.3 Z01b Ritzel mit Zahnstange

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Ritzel mit Zahnstange Z013

Die Distanz Ritzel-Zentrum zu Unterkante Zahnstange wird als Achsabstand eingegeben. Zur Bestimmung der Lastwechselzahl an einem Zahn der Zahnstange kann bei Festigkeitsberechnungen die überrollte Zahnstangenlänge eingegeben werden. Die Festigkeitsberechnung der Zahnstange nach ISO, AGMA oder DIN wird wie für ein Innenzahnrad mit sehr grosser Zähnezahl durchgeführt. Das Einrollenmass wird für die Zahnstange korrekt berechnet.

5.4 Z01x Erweiterung Stirnradgeometrie

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z060, Z080 und Z170

Auslegung von Profilverschiebungen (optimaler Bereich, ausgeglichenes Gleiten etc.); Hoch- und Kurzverzahnungen; überschneidendes Werkzeug; Spezialausdruck mit sämtlichen Herstelltoleranzen ISO 1328, DIN 3961, AGMA 2015, AGMA 2001, DIN 58405, BS 436; Berechnung der Toleranzen/Abmasse aus gemessenen Werten

Vorbereitungswerkzeug und Zugabe für Vorbereitung

Eingabe des Vorbereitungswerkzeugs mit Bearbeitungszugabe sowie Eingabe der Schleifscheibe (Kopfrundung und Tiefe der Schleifbearbeitung bis Form- oder Nutzkreis bzw. eigene Eingabe). Berechnet und dokumentiert werden alle Kontrollmasse für Vor- und Fertigbearbeitung, die Zahnform für Vor- und Fertigbearbeitung, die Schleifkerbe (falls diese entsteht und für die Festigkeitsberechnung nach ISO 6336 oder DIN 3990 festigkeitsmindernd ist). Herstellprozesse mit mehr als zwei Bearbeitungsstufen (z.B. zwei Fräsprozesse plus ein Schleifprozess) werden mit Recht Z05l durchgeführt.

Formkreise aus der Zahnform bestimmen

Die Kopf- und Fussformkreise werden im Normalfall nach den theoretischen Gleichungen der ISO 21771 berechnet. Bei Aktivierung der Option „Kopf- und/oder Fussformkreise aus der Zahnform

bestimmen" wird aufgrund der effektiven Zahnform der Formkreis bestimmt. Bei Verzahnungen mit Unterschnitt wird dann der Beginn des Unterschnitts ermittelt und in der Berechnung der Profilüberdeckung etc. berücksichtigt.

Zu beachten ist, dass bei Verzahnungen mit Profilmodifikationen der Beginn der Modifikation angezeigt wird. Damit kann die Profilüberdeckung als zu klein angezeigt werden.

Bestimmung der Zahndicke in beliebigem Durchmesser

Protokoll der Zahndicke (Sehne und Bogen mit Abmassen) in einem beliebigen Durchmesser.

5.5 Z01y Asymmetrische Zahnräder

Voraussetzung: Rechte Z02a oder Z14 oder Z14a

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016

Berechnung von Geometrie und Festigkeit asymmetrischer Zahnräder (nur möglich nach ISO 6336, VDI 2545 und VDI 2736). Einige Funktionen wie Vorfertigung, Grob- und Feinauslegung, etc. stehen nicht zur Verfügung.

5.6 Z01z Individuelle Modifikationen pro Zahn

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016

Verwendung unterschiedlicher Modifikationen individuell für jeden Zahn. Nur die Geometrieberechnung ist möglich.

5.7 Z02 Festigkeitsberechnung nach DIN 3990

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Nach DIN 3990 [8] (neueste, gültige Ausgabe), wahlweise auch Methode DIN 3990, Teil 41, für Fahrzeuggetriebe.

Berechnung der allgemeinen Einflussgrößen (DIN 3990, Teil 1) mit Dynamik-, Breiten- und Stirnfaktoren:

- Breitenlastfaktoren für Stirnradpaare nach Methode C2 mit grafischer Darstellung der Belastungskonfiguration bei Anwahl. Wahlweise Berücksichtigung der Stützwirkung und der Tragbildkontrolle.

- Breitenlastfaktoren für Planetenstufen nach Methode C1.
- Breitenlastfaktoren nach Methode B durch exakte Nachrechnung der Flankenlinienabweichung infolge Verformung mit der Wellenberechnung (Recht W10.)
- Berechnung der Zahnflanken-Tragfähigkeit (Grübchen: DIN 3990, Teil 2) nach Methode B.
- Berechnung der Zahnfuss-Tragfähigkeit (DIN 3990, Teil 3) nach Methode B. Zahnform- und Spannungskorrektur wahlweise auch nach Methode C.
- Berechnung der Fresssicherheit (DIN 3990, Teil 4) mit beiden Berechnungsverfahren (Blitz- und Integraltemperatur-Kriterium) nach Methode B.
- Werkstoffe nach DIN 3990, Teil 5.
- Berücksichtigung des Einflusses von Schleifkerben. Eingabe des Verhältnisses $tg/\varrho g$ (tg : Tiefe der Schleifkerbe, ϱg : Radius der Schleifkerbe) gemäss Bild DIN 3990, Teil 3, Kap.4.4 oder ISO 6336, Teil 3, Bild 33. Berechnung von Yg' (Faktor, der mit YS multipliziert wird). Bei Eingabe der Vor- und Fertigbearbeitungswerkzeuge erfolgt die Berechnung $tg/\varrho g$ automatisch.

5.8 Z02a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Die Berechnung nach ISO 6336 [9] beinhaltet die allgemeinen Faktoren (Teil 1), die Flankensicherheit (Teil 2), die Fussicherheit (Teil 3), die Werkstoffe (Teil 5) und die Fresssicherheit (nach DIN 3990-4). Schleifkerben werden nach DIN 3990 (Recht Z02) berücksichtigt. Die Berechnung der Blitz- und Integraltemperatur erfolgt nach ISO/TS 6336-20/21:2022.

5.9 Z02b Festigkeitsberechnung nach BV RINA

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Festigkeitsberechnung von Stirnrädern. Spezielle Rechenmethode für Schiffsgetriebe (vor allem für Frankreich und Italien), ähnlich der ISO 6336 mit einigen Zusätzen. Spezielle Dokumentation auf Anfrage.

5.10 Z02e Festigkeitsberechnung nach GOST

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Festigkeitsberechnung von Stirnrädern nach der russischen Vorschrift GOST-21354-87 (neueste Ausgabe von 1987).

5.11 Z02f Festigkeitsberechnung nach ISO 13691

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Die ISO 13691 ist eine Rechenvorschrift für Stirnräder. Die Grundlage für diese Rechenmethode bildet die ISO 6336, in der einige Faktoren festgesetzt werden, damit diese für Turbogetriebe verwendet werden kann. Diese Rechenmethode gilt nur für Zahnradpaare.

5.12 Z02x Statische Festigkeit des Zahnfusses

Voraussetzung: Recht Z02 oder Z02a oder Z13 oder Z14

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Berechnung der statischen Zahnfußfestigkeit von Stirnrädern:

Bestimmung der Zahnfußspannung nach ISO 6336 mit und ohne Spannungskorrekturfaktor YS.

Berechnung der Sicherheit gegen Gewaltbruch und gegen bleibende Verformung (Streckgrenze).

Für metallische Werkstoffe und für Kunststoffe wird die Bruchfestigkeit und Streckgrenze in Abhängigkeit von der Temperatur bestimmt.

5.13 Z03 Grobauslegung Stirnrad

Voraussetzung: Recht Z02 oder Z02a oder Z13 oder Z14

Erweiterung der Berechnungsmodule: Z012, Z014

Automatisches Bestimmen der wichtigsten Zahnparameter (Achsabstand, Modul, Zähnezahl, Breite) aus der zu übertragenden Leistung und der gewünschten Übersetzung mit anschliessendem Optimierungsdurchlauf durch das Festigkeitsberechnungsprogramm. Die gewünschten Mindestsicherheiten werden vorgegeben.

Zur Festigkeitsberechnung können wahlweise die ISO-, AGMA- oder DIN-Methode verwendet werden sowie für Kunststoffe die VDI 2545 und die VDI 2736. Als Resultat wird eine Liste mit Lösungen herausgegeben, die den möglichen Achsabstands-, Zahnbreiten- und Modulbereich aufzeigt. Diese Liste kann vom Anwender erweitert oder verkleinert werden, damit zusätzliche oder weniger Einzelresultate einer Lösung angezeigt werden können. Auch das Gesamtgewicht einer Lösung wird angezeigt. Dies ist bei gleicher Festigkeit ein Hinweis auf günstigere oder teurere Lösungen.

5.14 Z04 Feinauslegung Stirnrad

Erweiterung der Berechnungsmodule: Z012, Z014, Z015 und Z016

Durch Eingabe einer Sollübersetzung, eines Achsabstandes und eines Intervalls für den Modul erfolgt die Berechnung und der Ausdruck aller Vorschläge für Zähnezah, Modul, Schrägungswinkel und Profilverschiebung mit Angabe der Abweichung von der Sollübersetzung, des spezifischen Gleitens und der Überdeckungen. Zusätzlich gibt es Variationsmöglichkeiten für den Schrägungswinkel, den Eingriffswinkel, die Zahnbreite und den Achsabstand. Die Ausgangsparameter können mittels verschiedener Optionen eingegeben werden. Zusätzlich kann die Qualität des Zahnrades variiert werden.

Bei Planetengetrieben oder Stirnradstufen mit Zwischenrad kann wahlweise mit vorgegebenem Achsabstand oder mit vorgegebenem Hohlrad-Teilkreis gerechnet werden.

Bei Stirnradstufen kann wahlweise der Achsabstand fest oder in einem Intervall vorgegeben werden.

Alle gefundenen Varianten werden nach unterschiedlichen Kriterien (Vibrationserzeugung, Genauigkeit der Übersetzung, Gewicht, Festigkeit, Variation der Zahneingriffssteifigkeit etc.) aufgelistet und klassifiziert. Wichtige Parameter, wie z.B. Kopfkreis, Fusskreis, Mindest-Zähnezah, tolerierter Unterschnitt, Varianten mit spezifischem Gleiten 3.0 verwerfen, können je nach Bedarfsfall eingeschränkt werden.

Ein mit Parametern einstellbares Gesamtbewertungskriterium (Bewertung) erlaubt das Auffinden der optimalsten Variante. Der Benutzer kann die Liste erweitern oder verkleinern, je nachdem, ob weniger oder mehr Einzelresultate einer Lösung angezeigt werden sollen. Eine Lösung kann ausgewählt und in das Basisfenster übertragen werden. Dort wird es im Anschluss geprüft und verfeinert. Solange das Fenster der Feinauslegung nicht geschlossen ist, kann jederzeit auf alternative Lösungen zugegriffen werden.

5.15 Z04a Zusätzliche Festigkeitsberechnung aller Varianten

Voraussetzung: Recht Z04 und entweder Z02 oder Z02a oder Z13 oder Z14

Gleichzeitig mit der Berechnung von Geometrievarianten kann, von KISSsoft selbständig für alle vorgeschlagenen Varianten, die Festigkeit (Zahnfuss, Flanke und Fressen) berechnet und in Listenform ausgedruckt werden. Bei Vorhandensein der entsprechenden Rechte können zusätzlich für jede Geometrievariante der Drehwinkelfehler (Transmission Error), der Verschleiss, die Profilüberdeckung unter Last sowie die Variation der Lagerkräfte durch Nachrechnen der Eingriffslinie unter Last bestimmt werden.

Eine Grafik, bei der der dargestellte Inhalt variiert werden kann, ist zum Auffinden des optimalen Lösungsraums sehr hilfreich. Alle Ergebnisse können auch grafisch dargestellt werden.

5.16 Z04b Werkzeug in Datenbank speichern

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 - Z016, Z050, Z060, Z080, Z170, Z09a

Benutzerdefinierte Wälzfräser oder Stossräder können direkt aus dem Tab **Bezugsprofil** in die Werkzeugdatenbank gespeichert werden. Diese Funktionalität für Werkzeuge steht auch im Tab **Zahnform** zur Verfügung.

5.17 Z04c Zahneingriffsfrequenzen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016 und Z080

Zahneingriffsfrequenzen einschliesslich Hunting Tooth-Frequenz und Montagephasenfrequenz werden gemäss der entsprechenden Literatur [10], [11], [12], [13], [14], [15] und [16] berechnet. Die Berechnung der Eingriffsfrequenz lässt sich auch unter Berücksichtigung des Lastkollektivs durchführen. Für Planetengetriebe lassen sich die lokale und die verteilte Frequenz jedes Zahnrads berechnen. Alle Resultate können auf zwei Arten grafisch dargestellt werden. Zudem lassen sich die Resultate mit drei verschiedenen Einheiten anzeigen: Hertz, Zyklus pro Minute oder mit Angabe der Bezugsraddrehzahl.

5.18 Z05 Zahnformberechnung und -darstellung

Für alle Zahnradtypen ausser:

- Kegelräder: Berechnung der Zahnform auf Basis der Ersatzstirnrad-Verzahnung
- Hypoidräder: Keine Zahnformberechnung
- Schraubräder: Keine 2D-Darstellung des Zahnradpaares (Zahneingriff) bei Achswinkel $\langle \rangle 90^\circ$
- Exakte Berechnung der Zahnform unter Berücksichtigung des Herstellverfahrens (Bezugsprofil, Wälzfräser oder Stossrad)
- Mit Vorgabe der Toleranzlage für Zahndicke und Kopf-/Fusskreis.
- Zahnradansicht: Grafische Darstellung der Zahnräder im Stirn- und im Achsschnitt
- Kontrolle der Herstellbarkeit (Nutzevolvente etc.): Exakte Überprüfung, ob die Verzahnung mit dem gewählten Werkzeug herstellbar ist
- 2D-Darstellung der Zahnform: Die Räder können einzeln oder gepaart angezeigt werden: Übergabe der Zahnform (von einem oder mehreren Zähnen) sowie der Zahnradansicht im Stirn- und Axialschnitt an CAD-Systeme, sofern die entsprechenden Rechte wie K05a, etc. vorhanden sind.

- 3D-Darstellung der Zahnräder: Übergabe der 3D-Solids an CAD's oder über 3D-Schnittstellen ist mit den entsprechenden Rechten (K05u, etc.) möglich.

5.19 Z05a Eingabe beliebiger Fräser- oder Zahnformen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z070, Z080, Z170 und Z09A

Sonderwerkzeuge (Abwälzfräser oder Stossräder), die nicht in die dafür vorgesehene Eingabemaske eingegeben werden können, werden mittels einer DXF-Datei eingelesen und zur Berechnung der Zahnform verwendet. Alternativ kann auch die Zahnform direkt aus einer DXF-Datei eingelesen werden.

Die so erzeugte oder eingelesene Zahnform kann dann in allen Berechnungsoptionen, welche die Daten direkt aus der Zahnform beziehen wie z.B. die Rechte Z24, Z25, Z26 und Z27, zur Analyse von Zahneingriffsverhalten und Festigkeiten verwendet werden.

5.20 Z05b Zahnformexport als Koordinatenpunkte

Erweiterung für die Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z040, Z050, Z060, Z070, Z080, Z170 und Z09A

Exportiert die Zahnform als Koordinaten in eine Textdatei. Die Fertigungsschritte für Zahnrad und Werkzeug können in verschiedenen Schnitten exportiert werden. Der Anwender kann beim Export zwischen X- und Y-Koordinaten, X- und Y-Koordinaten mit normalem Winkel sowie zusätzlicher Krümmung wählen. Es stehen mehrere Optionen wie Anzahl der Punkte oder Position der Zahnform zur Verfügung.

5.21 Z05c Berechnung Bezugsprofil für Zahnräder mit Evolventen- oder Spezialprofil

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z070, Z080, Z170 und Z09A

Von einer beliebigen Zahnform (evolventische und nicht-evolventische) kann das entsprechende Zahnrad-Bezugsprofil (im Stirnschnitt) berechnet werden. Das Profil lässt sich anschliessend auch im Normalschnitt darstellen und wird meist zur Berechnung des Werkzeugprofils einer beliebigen Zahnform verwendet, mit dem sich das Zahnrad im Abwälzverfahren herstellen lässt.

Der Berechnungsvorgang bestimmt zuerst das Bezugsprofil (= Werkzeug) und erzeugt anschliessend mit dem so bestimmten Werkzeug wieder die Zahnform. In der grafischen Darstellung

ist dann, die ursprüngliche Zahnform und die mit dem Werkzeug nochmals erzeugte Zahnform zu sehen. Wenn Unterschiede zwischen den beiden Zahnformen bestehen, bedeutet dies, dass sich die gewünschte Zahnform nicht im Wälzverfahren herstellen lässt oder, dass ein falscher Herstellwälzkreis vorgegeben wurde.

5.22 Z05d Berechnung der Zahnform aus dem Gegenrad (Abwälzen mit Gegenrad)

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015 und Z016

Bei der Berechnung der Zahnform aus dem Gegenrad wird das Zahnradpaar mit Zähnezahl usw. in der Stirnrad-Eingabe definiert, wobei Rad 1 das erzeugende Rad (Gegenrad) ist und Rad 2 dasjenige Rad, dessen Zahnform aus Rad 1 durch Abwälzen erzeugt wird. Die Berechnung der Zahnform aus dem Gegenrad wird in zwei Schritten automatisch durchgeführt:

- Schritt 1: Berechnung der Zahnform des erzeugenden Rades. Dazu berechnet KISSsoft das erzeugende Rad 1 und die Zahnkontur wird dabei um das Abmass von Rad 2 vergrößert. Das Rad 1 wird dann als Stossrad zur Erzeugung von Rad 2 genommen. Da eine brauchbare Verzahnung immer etwas Kopfspiel benötigt, wird der Kopfkreis des Stossrades (Rad 1) vergrößert. Dazu kann der Benutzer das gewünschte Kopfspiel c eingeben, und der Kopfkreis des Rades 1 wird dann um $2 \cdot c$ vergrößert. Ein üblicher Betrag ist $c = 0.2 \cdot mn$. Der Kopf wird zusätzlich optimal verrundet. Damit wird bei der Berechnung von Rad 2 ein entsprechendes Fussspiel und eine optimale Fussrundung erreicht.
- Schritt 2: Berechnung von Rad 2 ohne Abmass (das Abmass wurde bereits in Schritt 1 berücksichtigt) mit dem in Schritt 1 bestimmten Werkzeug. Damit ergibt sich für Rad 1 und Rad 2 die effektive Zahnform.

5.23 Z05e Zusatz für Formenbau

Erweiterung für Recht: Z05

Berechnung der Zahnform mit Berücksichtigung von:

- Radialer Dehnung (Zahnkopf und Zahnfuss)
- Tangentialer Dehnung (Zahndicke)
- Einlegkörper aus Stahl

Die so errechnete Kontur ergibt die Kontur der Spritzgussform.

Berechnung der Elektrode zur Herstellung der Spritzgussform:

- Berechnung wie zuvor, aber zusätzlich mit Berücksichtigung des Funkenspalts
- Der Wälzfraser zur Herstellung der Elektrode lässt sich ggf. mit Recht Z05c berechnen

5.24 Z05f Fertigungsbedingter Twist

Im Tab **Herstellung** kann als Modifikation ein **Fertigungsbedingter Twist** gewählt werden. Dabei handelt es sich um einen natürlichen Twist, welcher entsteht, wenn auf üblichen Schleifmaschinen an schrägverzahnten Zahnrädern eine Breitenballigkeit im Abwälzverfahren geschliffen wird. Der entstehende Twist hängt vom Betrag C_β der Breitenballigkeit, dem Schrägungswinkel sowie der Evolventenlänge ab. Die Berechnung erfolgt gemäss Angaben der Firma Gleason-Pfauter in Ludwigsburg.

5.25 Z05g Optimale Zahnfussausrundung

Erweiterung für Recht: Z05

Der Zahnfuss, wie er aufgrund des gewählten Werkzeugs entsteht, ist nicht zwangsläufig optimal gerundet. Durch einen zu kleinen Radius im Fussbereich ergibt sich oft eine hohe Kerbwirkung und dadurch eine niedrigere Zahnfussfestigkeit. Das Recht Z05g berechnet deshalb im Fussbereich von einem definierbaren Durchmesser an (meist der Fussnutzkreis) eine Ellipse mit möglichst grossem Zahnfussradius und führt die entsprechende Modifikation der Zahnform durch. Auf dem Fusskreisdurchmesser kann eine ebenfalls definierbare Strecke belassen werden. Dies kann für spezielle Zwecke sinnvoll sein, z.B. um Messrollen korrekt anlegen zu können. Diese Option lässt sich für folgende Zwecke einsetzen:

1. Die Zahnform wird anschliessend erodiert: Die Fussform soll festigkeitsmässig möglichst optimal ausgeführt werden.
2. Das Zahnrad wird gefräst, ein möglichst optimales Werkzeug soll ausgelegt werden: Dazu muss diese Option aktiviert werden. Zusätzlich wird dann aus der Zahnform das Bezugsprofil der Verzahnung berechnet (Recht Z05c) und damit das gewünschte Werkzeug hergestellt.

Überprüfung mit der Festigkeitsberechnung: Die optimierte Fussrundung kann in der Festigkeitsberechnung berücksichtigt werden, wenn unter Details im Tab Belastung bei Zahnformfaktoren (YF, YS) die Option 'nach grafischer Methode' (Recht Z19i) ausgewählt wird. Im Tab Zahnform bei der elliptischen Fussmodifikation kann die 'Modifikation ab Durchmesser' ausgelegt werden. Der Vorschlag beträgt: $d_{mod} = d_{Nf.i} + 0.02 \cdot m_n$.

5.26 Z05h Zykloiden- und Kreisbogenverzahnungen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z070, Z09A und Z170

In der KISSsoft-Basis-Maske werden Zykloiden- und Kreisbogenverzahnungen (Stirnräder) wie evolventische Stirnräder eingegeben. Bei der Zahnformberechnung kann als Flankenform 'Zykloide' oder 'Kreisbogenverzahnung' ausgewählt und mit den entsprechenden Daten definiert werden. Für alle nicht-evolventischen (oder modifizierten evolventischen) Zahnformen gilt: Die effektive Eingriffslinie wird auf Grund der Zahnform durch Simulation des Abwälzens bestimmt (mit Recht Z24).

Mit den so bestimmten Daten können folgende Berechnungen durchgeführt werden:

- Drehwegabweichung, Momentan-Übersetzungsveränderung, Momentan-Verlustleistung etc. (mit Recht Z24)
- Schmierespalt EHD und Blitztemperatur (mit Recht Z30)
- Verschleiss (mit Recht Z31)
- Gleitgeschwindigkeit, spezifisches Gleiten (mit Recht Z27)
- Hertzsche Pressung und Zahnfußspannungen (mit Recht Z25)

5.27 Z05i Kreisbogenapproximation

Erweiterung für Recht: Z05

Umrechnung der Zahnflanke in Kreisbögen. Die Genauigkeit ist einstellbar. Da manche Erodiermaschinen Probleme haben, den Polygonzug zu verarbeiten, kann durch die Ausgabe der Daten mit Kreisbögen Abhilfe geschaffen werden.

5.28 Z05j Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Stirnräder)

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 und Recht Z05

Beim Abwälzen von zwei Zahnrädern kann in der graphischen Darstellung die Kollisionsanzeige eingeschaltet werden. Dabei werden in der Darstellung die Punkte mit Quadraten markiert, bei denen Berührung oder Kollision vorkommen.

Schwarze Markierung: Berührung (zwischen $0.005 \cdot \text{Modul Abstand}$ und $0.001 \cdot \text{Modul Durchdringung}$)

Rote Markierung: Kollision (über $0.001 \cdot \text{Modul}$ Durchdringung)

Die Kollisionen werden an allen eingreifenden Zähnen erkannt und markiert. Die Option eignet sich speziell für die Analyse des Abwälzens von nicht-evolventischen Zahnformen oder von gemessenen Zahnformen (über eine 3D-Messmaschine) mit der theoretischen Einflankenwälzprüfung.

5.29 Z05k Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Schnecken/Schraubräder)

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170 und Recht Z05

Gleiche Funktion wie bei Recht Z05j.

5.30 Z05n Geradlinige Flanke

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z070, Z09A und Z170

In der KISSsoft-Basis-Maske werden geradlinige Flanken (Stirnräder) wie evolventische Stirnräder eingegeben. Bei der Zahnformberechnung kann als Flankenform 'Geradlinige Flanke' ausgewählt und mit den entsprechenden Daten definiert werden.

Die Flankenform 'Geradlinige Flanke' wird vor allem für die Zahnwellenprofile nach DIN 5481 verwendet.

5.31 Z05o Messgitterpunkte für Topologiemessungen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016

Mit diesem Recht können die Messgitterpunkte für Zahnradflanke und Fuss ausgegeben und für Topologiemessungen verwendet werden. Dies gilt für Stirn-, Kegel- und Schraubräder sowie für Schnecke und Globoid-Schneckenrad wie auch Splines.

5.32 Z05q Spezialfunktionen Uhrenindustrie

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016

Beim Einlesen eines Stirnrades, Werkzeugs oder Stossrades aus einer DXF-Datei kann eine Skalierung vorgegeben werden, so dass die DXF-Datei einen anderen Normalmodul als die Berechnung hat.

5.33 Z05x Animation der 2D-Darstellung

Erweiterung für Recht: Z05

Das schrittweise Drehen am Bildschirm ermöglicht das Beobachten des Abwälzens des Zahnradpaares sowie die Simulation des Fertigungsprozesses. Die in die Grafik integrierte Messfunktion ermöglicht die Bestimmung von Distanzen und Winkeln. Die Zahnräder können auch relativ zueinander verdreht werden. Zusätzlich ist eine Speicherfunktion vorhanden, die einen Vergleich verschiedener Varianten oder Modifikationen erlaubt. Bei Stirn-, Schraubrädern und Schnecken kann wahlweise auch die Messkugel im Normalschnitt in der Grafik angezeigt werden.

5.34 Z06 Berechnung Kronenräder

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Kronenräder Z060

Berechnung der Geometrie von mit Stirnrad-Ritzeln gepaarten Kronenrädern. Die Kontrolle auf Unterschnitt und spitzer Zahn erfolgt grafisch in der 2D-Darstellung. Die Kopfhöhenänderung zur Vermeidung von spitzem Zahn kann vorgegeben werden. Gleichzeitig 2D-Darstellung der Zahnform des Kronenrades innen, mittig und aussen. 3D-Darstellung mit Exportmöglichkeit (Recht K05u). Die Berechnung der Zahnform erfolgt über die Simulation der Herstellung mit einem Stossrad.

Möglich für gerad- und schrägverzahnte Räder ohne Achsversatz und mit 90° Achswinkel.

5.35 Z06a Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 6336/Literatur

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Diese Berechnungsmethode beruht grundsätzlich auf dem in der Literatur dokumentierten Ansatz von Crown Gear [17]. Sie ist ähnlich dem Recht Z06b, setzt aber als wirksame Zahnbreite für die Berechnung der Hertzschen Pressung die kleinste Berührlinienlänge ein. Die verwendeten Formeln werden im Protokoll angegeben.

5.36 Z06b Festigkeitsberechnung in Anlehnung an CrownGear/DIN 3990

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Diese Berechnungsmethode ergibt die gleichen Resultate wie die von Crown Gear [17] entwickelte Software Crown Gear. Die Methode ist ähnlich Recht Z06a, setzt aber als wirksame Zahnbreite für die Berechnung der Hertzchen Pressung immer die gemeinsame Zahnbreite von Ritzel und Rad ein, auch wenn die Berührlinienlänge kleiner ist. Die verwendeten Formeln werden im Protokoll angegeben.

5.37 Z06c Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 10300, Methode B

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Kronenräder gehören an sich zu den Kegelrädern, wobei das Ritzel einen Kegelwinkel von 0° und das Kronenrad einen Kegelwinkel von 90° hat. Deshalb kann auch eine Kegelrad-Festigkeitsberechnung wie die ISO 10300 [18] verwendet werden.

5.38 Z06d Festigkeitsberechnung in Anlehnung an DIN 3991, Methode B

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Kronenräder gehören an sich zu den Kegelrädern, wobei das Ritzel einen Kegelwinkel von 0° und das Kronenrad einen Kegelwinkel von 90° hat. Deshalb kann auch eine Kegelrad-Festigkeitsberechnung wie die DIN 3991 [19] verwendet werden.

5.39 Z06e Statische Festigkeit

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Berechnung der statischen Festigkeit von Kronenrädern.

5.40 Z06f 3D-Darstellung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

3D-Darstellung der Kronenradgeometrie mit beliebigem Wellenwinkel und Achsversatz im Parasolid-Viewer mit Exportmöglichkeit (Recht K05u) ins STEP-Format.

5.41 Z07 Berechnung Kegel- und Hypoidräder

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Kegel- und Hypoidräder Z070

Berechnung der Geometrie von gerad-, schräg- und bogenverzahnten Kegelrädern. Geometrie und Kontrollmasse nach ISO 23509. Die Berechnung beinhaltet die Geometrie von Kegelrädern für alle heute verwendeten Fertigungstechniken. Berechnung aller notwendigen Masse für die Erstellung der Kegelradzeichnung wie Kopf- und Fusskreisdurchmesser am Aussen- und Innenkegel. Für alle Arten von Kegelrädern und Herstellverfahren wie Gleason, Klingelberg, Oerlikon. Die Kegelräder werden zusätzlich auch grafisch dargestellt.

Eingabe der Geometrie über Vorgabe von Teilkreisdurchmesser (d_{e2}) oder Normalmodul (m_{nm}) mit Auslegungsvorschlag für die Profilverschiebung und den Flugkreisradius.

Die Grobauslegung ist eine einfache Vorauslegung von Kegel- und Hypoidrädern. Nach Eingabe der Untersetzung, des Schrägungswinkels und der Design-Parameter b/mn und Re/b wird ein Vorschlag für Modul, Zähnezahlen, Zahnbreite und Aussendurchmesser berechnet.

5.42 Z07a Kegelräder mit Zylo-Paloid- und Palloid-Verzahnung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Geometrie, Herstellbarkeit und Festigkeitsberechnung von Kegelrädern nach dem Klingelberg-Verfahren. Gemäss der Klingelberg-Werknorm KN3028 (Geometrie und Herstellung von Zylo-Paloid-Kegelrädern) oder KN3025 (Geometrie und Herstellung von Palloid-Kegelrädern) und KN3030 (Festigkeitsberechnung) wird eine komplette Berechnung durchgeführt:

- Maschinentypen FK41B, AMK400, AMK635, AMK855, AMK1602, KNC25, KNC40, KNC60 mit allen entsprechenden Messerköpfen, Flugkreisradien und Gangzahlen
- Achswinkel, Winkelkorrektur beliebig wählbar

- Gesamte Geometrie mit Maschinendistanz, Modulen (Innen, Mitte, Aussen), Zahnschrägen, Kontrolle auf Verschnitt, Unterschnittfreiheit, Berechnung der Profilverschiebung für ausgeglichenes Gleiten, Kontrolle auf rückwärtiges Ausschneiden, Kontrolle und Berechnung der erforderlichen Kopfkürzung am Innendurchmesser, Profil- und Sprungüberdeckung, Zahnformfaktor und Spannungskorrekturfaktor
- Berechnung aller Verzahnungsmasse
- Berechnung der Grübchen-, der Zahnfuss-, sowie der Fresstragfähigkeit (nach dem Integraltemperatur-Kriterium) mit allen Anpassungen der Werksnorm KN3030

Auslegungen:

- Auslegung der Profilverschiebung für:
 - minimal notwendiger Wert zur Vermeidung von Unterschnitt
 - ausgeglichenes Gleiten

5.43 Z07b Hypoidräder mit Zylo-Paloid-Verzahnung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Geometrie, Herstellbarkeit und Festigkeitsberechnung von Hypoidrädern (Kegelräder mit Achsversatz) nach dem Klingelberg-Verfahren. Gemäss der Klingelberg-Werksnorm KN3029 (Geometrie und Herstellung von Zylo-Paloid-Hypoidrädern) oder KN3026 (Palloid-Hypoidräder) und KN3030 (Festigkeitsberechnung) wird eine komplette Berechnung für Zylo-Paloid-Verzahnungen durchgeführt:

- Maschinentypen FK41B, KNC40, KNC60, AMK855, AMK1602, KNC25, KNC40, KNC60 mit allen entsprechenden Messerköpfen, Flugkreisradien und Gangzahlen
- Achswinkel, Winkelkorrektur, Eingriffswinkel für Zug- und Schubflanke beliebig wählbar
- Gesamte Geometrie mit Berechnung von Zahnschrägen, Zahnbreiten, Maschinendistanz, Modulen (Innen, Mitte, Aussen), Kontrolle auf Verschnitt, Unterschnittfreiheit, Berechnung der Lückenweiten, Kontrolle auf rückwärtiges Ausschneiden, Kontrolle und Berechnung der erforderlichen Kopfkürzung am Innendurchmesser, Profil- und Sprungüberdeckungen, Zahnformfaktor und Spannungskorrekturfaktor, wahlweise für die Zug- oder Schubflanke
- Berechnung aller Verzahnungsmasse
- Berechnung der Grübchen-, der Zahnfuss-, sowie der Fresstragfähigkeit (nach dem Integraltemperatur-Kriterium für das Ersatz-Schraubrad) mit allen Anpassungen der Werksnorm KN3030

Auslegungen:

- Vorschlag für einen geeigneten Eingriffswinkel an der Zug- und Schubflanke
- Auslegung der Profilverschiebung für den minimal notwendigen Wert zur Vermeidung von Unterschnitt

5.44 Z07d Gleason-Kegelradverzahnung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Auf Datenblättern von Gleason-Berechnungen sind oft die Eingabedaten, welche für die Geometrieberechnung nach ISO 23509 benötigt werden, nicht ersichtlich. Ein spezielles Eingabefenster ermöglicht deshalb die Eingabe von Daten, welche auf allen Gleason-Datenblättern zu finden sind. Die Software kontrolliert diese Angaben und rechnet diese in die Geometrie nach ISO 23509 um.

In einem zweiten Eingabefenster kann man die Kegelrad-Geometrie definieren und erhält eine gute Approximation zu den Basisdaten der Gleason-Datenblätter für die folgenden Kegelradtypen:

- Konstante Zahnschräge (gerade oder schräg)
- Duplex (konstante Fusslücke)
- Spiralverzahnt, Standard (nicht konstante Fusslücke)
- Zerol "Duplex Taper"
- Zerol "Standard"

5.45 Z07e Festigkeitsberechnung nach ISO 10300 Methode B und C

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Die ISO 10300 erlaubt den Nachweis gegen Zahnbruch und Micropitting. Die Berechnung der Fresssicherheit (Integraltemperatur-Kriterium) erfolgt nach DIN 3991. Eine Erweiterung der Methode auf Hypoid-Kegelräder ist zurzeit in Diskussion. Ein Vorschlag nach FVA ist bereits in KISSsoft implementiert.

5.46 Z07g Festigkeitsberechnung nach DIN 3991

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Festigkeitsberechnung nach DIN 3991 (Methode der Ersatz-Stirnradverzahnung) mit Nachweis gegen Zahnbruch, Micropitting und Fressen (Integraltemperatur-Kriterium).

5.47 Z07h Festigkeitsberechnung für Kunststoffe

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Festigkeitsberechnung für Kunststoffe auf Zahnfussbruch und Flankenfestigkeit nach Niemann, VDI 2545 und VDI 2736. Die Berechnung erfolgt nach der in Recht Z14 beschriebenen Methode der Ersatz-Stirnradverzahnung.

5.48 Z07i Berechnung von Kegelrad-Differentialen

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Berechnung von Kegelrad-Differentialen sowie der statischen Festigkeit von Kegelrädern. Die Berechnung der statischen Festigkeit des Zahnfusses erfolgt nach dem Recht Z02x.

Kegelräder in Differentialen sind üblicherweise nur statisch belastet und werden deshalb nur auf die statische Bruchsicherheit des Zahnfusses geprüft. Die Berechnung eines Differentials erfolgt mit Eingabe des Drehmomentes am Differential und der Anzahl Stränge.

5.49 Z07j Festigkeitsberechnung nach AGMA 2003

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Berechnung der Festigkeit von Kegelrädern nach AGMA 2003.

5.50 Z07m Grobauslegung

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z014, Z070, Z080 und Z170

Die Grobauslegung liefert Vorschläge für mögliche Verzahnungen aufgrund der Vorgabe von Übersetzung und Belastung. Ziel der Grobauslegung ist es, den möglichen Bereich geeigneter Lösungen - alle ausgelegt für das vorgegebene Drehmoment - gemäss den vorgegebenen Sollsicherheiten darzulegen.

5.51 Z07n Feinauslegung

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z014, Z015, Z070, Z080 und Z170

In der Feinauslegung werden bei Vorgabe von Zahnbreite und Achsabstand alle möglichen Geometrievarianten (Modul, Zähnezahl, ...) generiert, dokumentiert und grafisch dargestellt. Bei Planetenstufen erfolgt meist die Vorgabe des Zahnkranzdurchmessers mit Variation des Achsabstandes.

5.52 Z07p 3D-Darstellung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

3D-Darstellung der Kegelradgeometrie im Parasolid-Viewer mit Exportmöglichkeit (Recht K05u) ins STEP-Format. Es sind gerad, schräg- und bogenverzahnte Zahnrädertypen verfügbar, ausgenommen Hypoidräder. Die Basisgeometrie und die Zahnform werden nach der ISO 23509 berechnet. Die endgültige Zahnform entlang der Zahnbreite ist nach dem Herstellungsprozess 'Einzel teilendes Verfahren' oder 'Kontinuierlich teilendes Verfahren' definiert.

Dieses Recht wird für alle bogenverzahnten Kegelräder benötigt sowie für gerad- und schrägverzahnten Kegelräder, welche in der Software mit der Bauform 'Standard, Bild 4 (Teil- und Fusskegelspitze in einem Punkt)' und 'Standard, Bild 2 (Kopf-, Teil- und Fusskegelspitze NICHT in einem Punkt)' ausgewählt und erzeugt werden. Ebenso wird es für gerad- und schrägverzahnte Kegelräder benötigt, welche mit der Bauform 'Standard, Bild 1 (Kopf-, Teil- und Fusskegelspitze in einem Punkt)' berechnet werden und zusätzlich mit Modifikationen (wie z.B. Balligkeiten) versehen sind.

5.53 Z7o Optimierung von Flanken- und Profilmifikationen mit Kontaktanalyse unter Last

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Kontaktanalyse für einen Bereich von Profilmifikationsvarianten und Teillasten. Die Details der Kontaktanalyse sind wie bei der Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare (Recht Z32). Die genaue Auslegung von Flanken- und Profilmifikationen ist nicht nur für einen spezifischen Lastfall, sondern auch für einen Lastbereich möglich.

5.54 Z7s3 Auslegung topologischer Modifikationen

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Berechnung von topologischen Modifikationen auf Basis der Messgitterdaten von Kegelrad-Zahnflanken.

5.55 Z08 Berechnung Schnecken

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Schnecken mit Globoid-Schneckenrad Z080

Dieses Berechnungsmodul dient zur Auslegung und Nachrechnung von Schneckenrieben (Zylinderschnecken oder Globoidschnecken) mit Globoidschneckenrad. Für die Nachrechnung von Schneckenrieben mit Zylinderschneckenrad ist das Berechnungsmodul Z170 zu verwenden.

- Berechnung der Schneckengeometrie nach ISO/TR 14521 und DIN 3975 [20]. Zahndicken und Kontrollmasse (Zahnweite, Rollen- und Kugelmass des Schneckenrades) nach DIN 3960 [21]. Fertigungstoleranzen nach DIN 3974-1 und 3974-2:1995.
- Diverse Schneckenradwerkstoffe mit speziellen Daten für die Verschleiss- und Wirkungsgradberechnung. Flankenformen: ZA, ZE, ZH, ZI, ZK, ZN, ZC.
- Für Schnecken mit Flankenform ZA, ZI (oder ZE), ZK, ZN werden Kontrollmasse berechnet unter Berücksichtigung der Zahndickenabmasse: Dreidrahtmass und Zahndicke für die Schnecke, Kugelmass für das Schneckenrad und spielfreier Achsabstand für die Paarung Schneckenrad.

5.56 Z08a Festigkeitsberechnung nach DIN 3996

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

- Auslegung der Zahnbreite, des Achsabstandes, des Steigungswinkels etc.
- Festigkeitsberechnung nach DIN 3996:1998 oder nach DIN 3996:2012 mit: Temperatur-, Grübchen-, Verschleiss-, Zahnbruch- und Durchbiegesicherheit sowie Wirkungsgrad.
- Berechnung des Anfahr Drehmoments unter Last, welches bei der Auslegung von Antrieben sehr wichtig sein kann.

5.57 Z08b Festigkeitsberechnung nach ISO/TR 14521

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

Festigkeitsberechnung nach ISO/TR 14521:2010 mit Berechnung von Verschleiss-, Grübchen-, Zahnbruch-, Temperatur- und Durchbiegesicherheit sowie Wirkungsgrad.

5.58 Z08c Festigkeitsberechnung nach AGMA 6034 und AGMA 6135

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

Die Methode nach AGMA 6034 gilt für Zylinderschnecken aus Stahl mit Bronze-Globoidschneckenrad und berechnet die übertragbare Leistung der Paarung. Es handelt sich um eine einfache Methode, welche für überschlägige Auslegung geeignet ist.

Die Methode nach AGMA 6135 gilt für Globoidschnecken aus Stahl mit Bronze-Globoidschneckenrad und berechnet ebenfalls die übertragbare Leistung der Paarung. Auch dies ist eine einfache Methode für eine überschlägige Auslegung.

Zusätzlich wird die Durchbiegesicherheit nach AGMA 6135, Anhang B, bestimmt.

5.59 Z08n Feinauslegung Schneckenradstufen

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

Mit Hilfe der Feinauslegung können die besten Varianten für Schneckenradstufen mit vorgegebenen, definierbaren Randbedingungen gefunden werden. Nach Eingabe von Sollübersetzung, Formzahl, Eingriffswinkel, Mittenkreis, Achsabstand und Zähnezahlen werden alle möglichen Lösungen berechnet und dargestellt.

Alle gefundenen Varianten werden nach verschiedensten Kriterien wie Genauigkeit der Übersetzung, Überdeckung, Festigkeitsfaktoren, Gewicht, Axialkräfte etc. klassifiziert aufgelistet. Die Liste kann vom Anwender erweitert oder verkleinert werden, wenn zusätzliche oder weniger Einzelresultate einer Lösung angezeigt werden sollen.

5.60 Z08p 3D-Darstellung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

3D-Darstellung der Geometrie von Globoid-Schneckenrädern im Parasolid-Viewer mit Exportmöglichkeit (Recht K05u) ins STEP-Format. Das Schneckenrad-Modell wird im Simulationsschneidprozess unter Verwendung des idealen Werkzeugs generiert.

5.61 Z08s 3D-Generierung, spezielle Einstellungen

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

Unterschiedliche Einstellmöglichkeiten, welche insbesondere die Generierung der 3D-Daten des Schneckenrades beeinflussen, stehen zur Verfügung. Eine Veränderung des Simulationsschneidprozesses wird dadurch ermöglicht. Das sind beispielsweise die Veränderung des Vergrößerungsfaktors für den Schneckenrad-Fräser oder die Veränderung des Schaftwinkels des Fräasers oder die Veränderung der zugeordneten Flankenform des Schneckenrad-Fräasers. Mit Hilfe des Dünnwandmodells kann eine lastfreie visuelle Prüfung des Zahnkontaktes erfolgen.

5.62 Z09a Zahnwelle (Festigkeit und Geometrie)

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Zahnwelle (Festigkeit und Geometrie) Z09a

Berechnung der Geometrie mit Toleranzsystem sowie Festigkeitsnachweis nach drei verschiedenen Methoden (Niemann [22], DIN 5466 oder AGMA 6123).

Die Geometrie und die Kontrollmasse von Zahnwellen und Naben werden berechnet nach:

- DIN 5480:2006
Die Nenn- und Prüfmasse sind im Teil 2 der Norm enthalten.
- DIN 5481:2019
Für die Ausgabe von geradlinigen Zahnflanken wird zusätzlich das Recht Z05h benötigt. Alle Standardgeometrien werden als Datei zum Einlesen mitgeliefert.
- DIN 5482:1973
Alle Standardgeometrien werden als Datei zum Einlesen mitgeliefert.
- ISO 4156:2021
Sämtliche Daten für die Konstruktion von Lehren werden nach ISO 4156, Amendment 1 berechnet mit Angaben für GO und NO GO Lehren.

- ANSI B92.1:1992 und ANSI B92.2:1992

Die Auswahl wird erleichtert durch Listen mit empfohlenen Abmessungen und mit allen möglichen Abmessungen. Mittels der Option **Eigene Eingabe** können beliebig viele weitere Abmessungen definiert werden. Die Toleranzsysteme (Abmasse und Herstelltoleranzen) der Normen sind vollständig vorhanden mit Kontrollmassen für ‚Actual‘ und für ‚Effective‘. Die ‚Actual‘ Daten beinhalten die Abmessungen bei Einzelmessung (z.B. Zahnweite). Die ‚Effective‘ Daten die Abmessungen unter Berücksichtigung von Herstellfehlern bei Kontrollen mit Lehren.

5.63 Z09b Bogenzahn

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z09a

Ein Bogenzahn wird im Modul Welle-Nabe-Verbindungen auf einer Welle definiert. Dazu gehört auch die Kombination von Kopfballigkeit und Flankenlinienballigkeit. Solche Zahnwellenverbindungen werden als Kupplungen eingesetzt, um den Versatz zwischen den Wellen zu kompensieren. Zurzeit ist die Geometrie nur in 3D verfügbar.

5.64 Z10 Stirnradberechnung nach FVA-Methode

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Die Berechnung der Zahnradfestigkeit erfolgt nach der Methode des Zahnrad-Berechnungsprogrammes der Forschungsvereinigung Antriebstechnik. Der Berechnungsablauf folgt der DIN 3990. Alle Abweichungen wurden berücksichtigt, so dass mit dieser Berechnungsoption genau die gleichen Resultate wie mit dem FVA-Programm erhalten werden. Da das Berechnungsprogramm der FVA als Referenzprogramm gilt, kann bei Problemen mit dem Vergleich von Berechnungen, die mit verschiedenen Programmen durchgeführt wurden, die Berechnung der FVA als Referenz verwendet werden.

5.65 Z12 Betriebsflankenspiel

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016, Z08 und Z170

Zusätzlich zur Berechnung des theoretischen Flankenspiels (im Basisrecht Z01 integriert) erfolgt bei Stirnrädern die Berechnung des Abnahme flankenspiels und des Betriebsflankenspiels nach DIN 3967. Bei der Berechnung des Abnahme flankenspiels werden die Verzahnungsabweichungen und die Achsschränkung nach ISO 10064 oder DIN 3964 sowie die Form- und Lageabweichungen berücksichtigt. Bei der Berechnung des Betriebsflankenspiels werden die Temperaturunterschiede zwischen Rädern und Gehäuse miteinbezogen. Bei Kunststoffzahnradern wird zusätzlich der

Einfluss des Quellens in Betracht gezogen. Ausserdem werden die Zunahme des Teilungsfehlers und die Verminderung des Kopfspiels durch Wärmedehnung dokumentiert.

5.66 Z13 Berechnung nach AGMA-Normen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Berechnung nach verschiedenen AGMA-Normen:

Die Festigkeitsberechnung von Stirnrädern wird wahlweise nach dem USA-Standard ANSI/AGMA 2001-B88, 2001-C95, 2001-D04 (in imperialen Masseinheiten) und 2101-D04 (in metrischen Masseinheiten) ausgeführt. Für den Dynamik- und Breitenlastfaktor werden die Vorschläge nach AGMA berechnet, wahlweise können auch eigene Faktoren eingegeben werden. Geometriefaktoren (für Zahnfuss und Flanke) werden vollumfänglich nach ANSI/AGMA 908-B89 berechnet mit Ausgabe von Pitting Resistance Power Rating, Contact Load Factor, Bending Strength Power Rating, Unit Load for Bending Strength, Service Factor und anderen. Die Berechnung kann für alle Zahnradkonfigurationen, auch Planetenstufen, verwendet werden. Zu beachten ist, dass die AGMA-Norm die Berechnung der Zahnfussfestigkeit von Innenradpaaren nicht zulässt. Mit Recht Z19j (grafische Methode) kann diese Berechnung durchgeführt werden.

Für offene Zahnkränze (z.B. in Zementmühlen) steht die Festigkeitsberechnung nach AGMA6004-F88 zur Verfügung.

Der Zahnformfaktor Y muss gemäss AGMA 908 je nach Art und Genauigkeit der Verzahnung für den Fall TipLoad (Kraftangriff am Kopf) oder für HPSTC (Kraftangriff im Einzeleingriffspunkt) berechnet werden. Bei geradverzahnenden, qualitativ hochstehenden Zahnrädern wird mit HPSTC gerechnet, andernfalls mit TipLoad. Auf Wunsch kann dieser Automatismus übersteuert werden, indem generell nach TipLoad oder nach HPSTC gerechnet wird.

5.67 Z13b Berechnung nach AGMA 6011/AGMA 6014

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

- Festigkeitsberechnung für Turbogetriebe nach AGMA 6011-I03.
- Festigkeitsberechnung für grosse, offene Zahnkränze nach AGMA 6014-A06. Die AGMA 6014 ersetzt die AGMA 6004-F88.

Diese Rechenmethoden gelten nur für Zahnradpaare.

5.68 Z13C Berechnung nach API 613:2021

Voraussetzung: Recht Z13

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z014, Z015 und Z016

Festigkeitsberechnung für Spezialgetriebe in der Erdöl-, Chemie- und Gasindustrie (Special-purpose Gears for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services) beruht auf der AGMA 2001-D04 unter Berücksichtigung spezieller Reduktionsfaktoren (betr. die zulässige Werkstofffestigkeit). Bei dieser Methode zur Festigkeitsberechnung werden besondere Einschränkungen in Bezug auf Materialtyp, Härte, Qualität, erforderliche Lebensdauer und Breitenlastfaktor berücksichtigt. Für Aussenverzahnungen gilt die Norm (siehe Kapitel [5.66](#), Z13 Berechnung nach AGMA-Normen).

5.69 Z14/Z14a Festigkeitsberechnung nach VDI 2545 und VDI 2736 (Kunststoffzahnräder)

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Berechnung der Zahnfuß- und Zahnflankensicherheiten für Stirnräder aus Kunststoff nach VDI 2545 (Recht Z14) oder VDI 2736 (Recht Z14a).

Die Berechnungsverfahren für Kunststoffe berücksichtigen vor allem die Temperaturabhängigkeit dieser Werkstoffe. Als Schmierung kann Öl-, Fettschmierung oder Trockenlauf vorgesehen werden.

Die Rechenmethode bestimmt die lokale Temperatur an der Zahnflanke sowie am Zahnfuß und ermittelt daraus aufgrund der Lastwechselzahl die zulässigen Belastungen. Die Berechnung erfolgt für die Paarungen Kunststoff/Kunststoff sowie Stahl/Kunststoff. Die Sicherheit Zahnbiegung (Deformation) wird ebenfalls ermittelt.

In der mitgelieferten Datenbank sind alle in der VDI 2545 und VDI 2736 dokumentierten Werkstoffe enthalten:

- Polyamide (PA12, PA6, PA66, PA46)
- Polyacetal (POM)
- Polyetheretherketon (PEEK)
- Polybutylenterephthalat (PBT)
- Schichtpressstoff

Werkstoffe mit Daten verschiedener Hersteller wie PEEK (Victrex, Sabic, Dupont) werden laufend zugefügt. Die entsprechenden Werkstoffdaten beruhen auf Messungen der Hersteller. Je nach Werkstoff sind für gewisse Rechenmethoden keine Daten vorhanden, so dass nicht alle Rechenvarianten durchgeführt werden können.

Alle spezifischen Eigenschaften des Werkstoffs sind in Texttabellen (Werkstofffestigkeit in Abhängigkeit von Temperatur und Lastwechselzahl) abgelegt.

Zusätzlich zur Zahnflankensicherheit nach VDI 2545 oder VDI 2736 oder als Ersatz derselben, falls keine Wöhlerlinien für die zulässige Hertzsche Pressung bekannt sind, kann eine Lebensdauerberechnung auf Verschleiss durchgeführt werden, sofern die Verschleisskennwerte der Kunststoffe bekannt sind.

5.70 Z15 Berechnung von Angaben zur Profilmodifikation von Stirnrädern

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Berechnung der Punkte A bis E der Eingriffslinie mit den entsprechenden Evolventenlängen. Ausgabe von Durchmesser, Radien, Evolventen- und Wälzlängen für das Evolventen-Prüfdiagramm (für Rad und zugepaartes Gegenrad). Angabe von Anhaltswerten nach verschiedenen Methoden für die Kopfrücknahme. Ein Vorschlag für das Werkzeug zur Erzeugung der Profilmodifikation wird berechnet. Daten wie kurze oder lange Korrekturlänge, Kopf- und/oder Fussrücknahme, Vorgabe der Last, für die die Auslegung erfolgen soll, können in die Zahnformberechnung übernommen werden.

5.71 Z16 Drehmomentauslegung

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z070, Z080 und Z170

Für Stirnräder, Kegelräder, Schraubräder und Schnecken wird auf Grundlage der gewünschten Lebensdauer und der Sollsicherheiten für Zahnbruch, Micropitting, Fressen (bei Schnecken auch für Verschleiss- und Temperatursicherheit) das maximal übertragbare Drehmoment berechnet, mit dem die vorgegebenen Sicherheiten erreicht werden sollen.

5.72 Z16a Drehmomentauslegung bei Lastkollektiven

Erweiterung für Recht: Z16

Mit diesem Recht erfolgt die Berechnung für Lastkollektive. Mit Angabe von Häufigkeit, Leistung/Drehmoment und Drehzahl können beliebige Lastkollektive frei definiert werden. Alle Lastkollektive nach DIN 15020 (Kranbau) sind eingebaut. Die Berechnung erfolgt nach ISO 6336-6:2006 [9] und beruht auf die Palmgren-Miner-Regel. Im Dauerfestigkeitsbereich kann in Abweichung von ISO 6336 die Wöhlerlinie in modifizierter Form angewählt werden:

- nach Miner (entspricht der ISO 6336 oder DIN 3990)
- nach Corten/Dolan
- nach Haibach

5.73 Z17 Berechnung Schraubrad-Paarungen

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Schraubräder Z170

Dieses Berechnungsmodul dient zur Auslegung und Nachrechnung von Schraubrad-Paarungen und von Schneckenrieben mit Zylinderschneckenrad.

Berechnung der Geometrie von Schraubrädern (Stirnräder mit gekreuzten Achsen) nach Niemann [23]. Die vorliegende Version beinhaltet die Berechnung und Kontrolle der Geometrie von Schraubenrädern für beliebige Achswinkel. Kontroll- und Fabrikationsmasse werden berechnet.

Die Berechnung erlaubt sowohl die übliche Kombination von gleichsinnig schrägen links-links oder rechts-rechts Zahnradpaaren aber auch die links-rechts Kombinationen. Bei Schneckenrieben mit Kunststoffrad und Stahl-Schnecke kann die Lebensdauer wesentlich verlängert werden, wenn die Zahndicke beim Rad vergrößert und bei der Schnecke verringert wird. Für die Auslegung solcher Antriebe sind spezielle Funktionen vorhanden.

Berechnet wird der Verschleiss von gefetteten Schneckenrädern für POM, PEEK, PEEK+30%CF und PA46 nach Pech [24].

5.74 Z17a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336/Hirn

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Festigkeitsberechnung für metallische Werkstoffe:

Die Methode nach Niemann [23] kombiniert mit der Methode ISO 6336 [9] erlaubt eine umfassende Festigkeitsberechnung von Schraubrädern (Fuss-, Flanken- oder Verschleissfestigkeit sowie Fresssicherheit). Die Berechnung der Druckellipse nach Niemann berücksichtigt die spezielle Geometrie von Schraubrädern. Daraus wird die effektiv tragende Zahnbreite bestimmt. Die Zahnfußberechnung erfolgt analog nach ISO 6336. Die Flankenfestigkeit wird nach Niemann unter Einbezug der Lebensdauerfaktoren nach ISO 6336 berechnet. Die Fresssicherheit mit Integraltemperatur-Verfahren ermittelt nach Niemann entspricht der DIN 3990.

Die Rechenmethode nach Hirn wird für spezielle Materialpaarungen verwendet wie Stahl/Bronze, Stahl/Aluminium sowie für verschiedene Stahl/Stahl-Kombinationen. Es handelt sich um eine vereinfachte Methode, die nicht mehr zur Verwendung empfohlen wird.

5.75 Z17b Festigkeitsberechnung nach Niemann/VDI 2545

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Die Methode nach Niemann [23], ist analog der Methode für Stahlzahnräder, enthält jedoch die Nachrechnung nach VDI 2545 und andere Verfahren für Kunststoffzahnräder (so wie jene in Recht Z14 für Stirnräder).

5.76 Z17c Festigkeitsberechnung nach Hoechst

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Die Festigkeitsberechnung nach Hoechst [25] erlaubt die Berechnung der Lastfaktoren und der Schubspannungsfestigkeit für Materialkombinationen mit Stahl/Hostaform.

5.77 Z17d Statische Festigkeitsberechnung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Das Recht erlaubt die Berechnung der statischen Zahnfußsicherheitsfaktoren gegen Gewaltbruch und bezüglich Streckgrenze (bei Stirnrädern). Es erlaubt auch die Berechnung der statischen Sicherheit gegen Scherung bei Schneckenrädern nach VDI 2736-3 [26].

5.78 Z17e Festigkeitsberechnung nach VDI 2736-3

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Dieses Recht berechnet die Fuss- und Flankensicherheit von Schraubrädern nach VDI 2736-3 [26], dabei werden mehrere Kunststoffe für die Berechnung zur Verfügung gestellt.

5.79 Z17f Verschleissberechnung nach Pech

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Mit diesem Recht kann der Verschleiss für Schneckenräder nach Pech [24] für Stahl/Kunststoff Kombinationen berechnet werden (nur für POM, PEEK, PEEK+30%CF and PA46).

5.80 Z17g Schraubrad mit Zahnstange

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Eine Ritzel-Zahnstangen-Konfiguration kann berechnet werden (Geometrie und Festigkeit). In der 3D-Darstellung kann das Tragbild beurteilt werden.

Die Grobauslegung und die Feinauslegung stehen in diesem Fall nicht zur Verfügung. An der Zahnstange können keine Modifikationen angebracht werden.

5.81 Z17h Eingriffsgrafiken mit Schnitten für Schraubräder

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Für die Schnecken-/Schneckenradkonfiguration können Eingriffsgrafiken mit unterschiedlichen Schnitten (parallel zur Mitte) dargestellt werden. Die Eingriffsgrafiken werden auch für Achswinkel $\lt \gt 90^\circ$ dargestellt.

5.82 Z17n Feinauslegung Schraubräder

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Mit Hilfe der Feinauslegung können die besten Varianten für Schraubradstufen mit vorgegebenen, definierbaren Randbedingungen gefunden werden. Nach Eingabe von Sollübersetzung, Normalmodul, Eingriffswinkel, Schrägungswinkel, Achsabstand und Profilverschiebungsfaktor werden alle möglichen Lösungen berechnet und dargestellt.

Alle gefundenen Varianten werden nach verschiedensten Kriterien wie Genauigkeit der Übersetzung, Überdeckung, Festigkeitsfaktoren, Gewicht, Axialkräfte etc. klassifiziert aufgelistet. Die Liste kann vom Anwender erweitert oder verkleinert werden, wenn zusätzliche oder weniger Einzelresultate einer Lösung angezeigt werden sollen.

5.83 Z18 Lebensdauerberechnung

Erweiterung für Recht: Z16

Nach Eingabe oder Bestätigung von Mindestsicherheiten für Zahnfuß- und Flankenfestigkeit wird für alle Zahnräder, ausser für Zahnwellen, die Lebensdauer in Stunden bei eingegebener Belastung berechnet. Die Lebensdauer wird nach ISO 6336-6:2006 [9] nach der Palmgren-Miner-Regel berechnet. Im Dauerfestigkeitsbereich kann in Abweichung von ISO 6336 die Wöhlerlinie in modifizierter Form angewählt werden:

- nach Miner (entspricht der ISO 6336 oder der DIN 3990)
- nach Corten/Dolan
- nach Haibach

Auch die Lebensdauer des Systems, für alle Zahnräder der Konfiguration, wird ausgegeben.

5.84 Z18a Lebensdauerberechnung bei Lastkollektiven

Erweiterung für Recht: Z18

Beliebige Lastkollektive können mit Angabe von Häufigkeit, Leistung/Drehmoment und Drehzahl frei definiert werden. Alle Belastungskollektive nach DIN 15020 (Kranbau) sind eingebaut. Die Berechnung beruht auf ISO 6336-6:2006 [9] nach der Palmgren-Miner-Regel.

Bei Vorgabe der Solllebensdauer, der Belastung des Anwendungsfaktors (normalerweise 1.0 bei klassischen Lastkollektiven) und einem Lastkollektiv werden die resultierenden Sicherheiten für Zahnfuß und Zahnflanke sowie die Fresssicherheit für das kritische Element des Kollektivs berechnet und protokolliert.

5.85 Z18b/Z18br Bestimmung eines Lastkollektivs für Zahnräder aus dem gemessenen Drehmomentverlauf

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016, Z050, Z060, Z070, Z170

Diese Berechnungsoption erlaubt es, aus einem gemessenen Drehmomentverlauf ein Lastkollektiv zu erzeugen. Wenn alle Drehmoment-Messpunkte positiv sind (Recht Z18b), wird eine erweiterte sogenannte 'Simple Count' Methode verwendet. Für komplexere Drehmomentverläufe mit positiven und negativen Werten (zusätzlich Recht Z18br), wird die 'Rainflow' Methode angewandt und ein

Lastkollektiv mit Wechselbiegungsfaktoren Y_M zur Berücksichtigung von Wechseldrehmoment-Komponenten ermittelt.

5.86 Z19a Berechnung mit Betriebsachsabstand und Profilverschiebung gemäss Herstellung

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 und Z09A

Die Stirnradgeometrie nach ISO 21771 oder DIN 3960 beruht auf der Berechnung der (theoretischen) spielfreien Verzahnung. Damit ist die Summe der Profilverschiebung der einzelnen Räder über dem Achsabstand festgelegt. Mit diesem Recht können Profilverschiebungen unabhängig vom Achsabstand eingegeben werden.

5.87 Z19b Schneckenberechnung mit Auslegung über den Normalmodul

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

Die Geometrie von Schneckenpaarungen wird normalerweise mit dem Axialmodul berechnet. Mit diesem Recht kann die Auslegung wahlweise mit dem Normalmodul (Werkzeugmodul) durchgeführt werden. Damit wird insbesondere der Kopf- und Fusskreis sowie die Profilverschiebung beeinflusst.

5.88 Z19d Achsabstand bezüglich ausgeglichenem Gleiten

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015 und Z016

Zur Optimierung des Achsabstandes wird bei festgelegter Profilverschiebung eines ausgewählten Rades der Achsabstand für Stirnräder so berechnet, dass das spezifische Gleiten des Radpaares ausgeglichen ist.

5.89 Z19e Darstellung des spezifischen Gleitens

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 sowie Z070

Verlauf des spezifischen Gleitens (Gleit- und Rollgeschwindigkeit) während des Zahneingriffs. Die Berechnung erfolgt für die evolventische Stirnradverzahnung. Dargestellt wird das spezifische

Gleiten bei kleinstem Achsabstand und grösster Zahndicke sowie bei grösstem Achsabstand und kleinster Zahndicke.

Für die Berechnung des spezifischen Gleitens und der Gleitverhältnisse beliebiger Zahnformen sowie Evolventenzahnräder mit Profilmodifikationen wird Recht Z27 verwendet.

5.90 Z19g Berechnung der Mittelpunkte von Planeten oder Zwischenrädern

Voraussetzung: Recht Z01a

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z014 und Z015

Planeten:

Berechnung der Mittelpunkte der Planetenräder, so dass die Planeten montiert werden können.

Zahnradketten (3-Räder):

Bei Angabe des gewünschten Abstandes zwischen dem ersten und dem letzten Rad der Kette wird die Lage des oder der Zwischenräder unter Berücksichtigung der Montierbarkeit bestimmt.

5.91 Z19h Auslegung von Hochverzahnungen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Für Hochverzahnungen werden Sonderbezugsprofile mit grösseren Kopf- und Fusshöhen verwendet. Das Recht ermöglicht die Auslegung des erforderlichen Bezugsprofils zur Erzeugung der gewünschten Soll-Profilüberdeckung. Die Funktion ist auch in der Zahnradfeinauslegung verfügbar.

5.92 Z19i Berechnung Zahnformfaktor nach grafischer Methode

Voraussetzung: Recht Z02 oder Z02a oder Z13 oder Z14

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Die Zahnformberechnung und die Bestimmung des Spannungskorrekturfaktors erfolgt nach ISO 6336 [9] oder DIN 3990 [8] an der Stelle des Zahnfusses, wo die Tangente 30° beträgt. Dieser Ansatz ist insbesondere für Sonderformen, z.B. Hochverzahnungen, oder für Zahnräder mit stark von 20° abweichendem Eingriffswinkel ungenau. Ein verbesserter Ansatz ist, gemäss Obsieger [27], wenn an der durch das Herstellverfahren effektiv bestimmten Zahnform für alle Punkte im gesamten Fussbereich das Produkt von Zahnform- und Spannungskorrekturfaktor berechnet und der

Maximalwert bestimmt wird. Mit diesem Maximalwert wird dann die Festigkeitsberechnung durchgeführt.

Für Aussenzahnräder bietet die AGMA eine Methode zur Berechnung des Zahnformfaktors Y an. Für Innenverzahnungen gibt es keine Rechenmethode, hier werden nach AGMA die Innenverzahnungen nur über die grafische Methode (Recht Z19j) berechnet. Dabei wird die exakte Zahnform gezeichnet und die wesentlichen Werte ausgemessen (Fussradius etc.). KISSsoft kann nun diese Werte berechnen, indem das Programm zuerst die Zahnform berechnet und daraus selbständig die benötigten Parameter bestimmt (Fussradius, Hebelarm, Zahnfussbreite). Zur Bestimmung des Zahnformfaktors Y und des Spannungskorrekturfaktors K_f wird eine gegenüber dem AGMA-Vorschlag verbesserte Methode angewandt. Analog nach dem Verfahren von Obsieger wird derjenige Punkt des Zahnfusses bestimmt, an dem der Faktor $I(=Y/K_f^*)$ minimal wird. An diesem Punkt tritt die grösste Beanspruchung auf.

Insbesondere für Sonderzahnformen und für Innenverzahnungen (bei Nachrechnungen nach AGMA und DIN) ist diese Methode sehr empfehlenswert. Sie wird sowohl in der Festigkeitsberechnung für Metalle nach ISO 6336, DIN 3990, AGMA 2001 oder AGMA 2101 angewandt als auch für Kunststoffe nach VDI 2545 [28] oder VDI 2736 [26] wie auch in der Feinauslegung (Recht Z04a).

5.93 Z19j Profilmodifikationen mit Schleifschnecken/Abrichtscheiben

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016

Mit diesem Recht wird geprüft, ob eine vorhandene Schleifschnecke mit zugehöriger Abrichtscheibe geeignet ist, für eine neu ausgelegte Verzahnung verwendet zu werden.

In einer Datei werden alle vorhandenen Schleifschnecken mit jeweils zugehöriger Abrichtscheibe erfasst. Für eine bestimmte Verzahnung (mit gegebenem Modul und Eingriffswinkel) werden die geeigneten Schleifschnecken/Abrichtscheiben in einer Tabelle angezeigt. Berechnet und angezeigt wird die mit der Schleifschnecke tatsächlich erreichte Kopfrücknahme und die Länge der Modifikation. Damit kann der Anwender entscheiden, ob eine gewünschte Kopfrücknahme mit einer vorhandenen Schleifschnecke/Abrichtscheibe erzeugt werden kann.

In einem zweiten Fenster besteht die Möglichkeit, nach Auswahl einer Schleifschnecke, zu untersuchen, ob mit einer veränderten Eintauchtiefe des Abrichters in der Schleifschnecke oder bei einer Veränderung des Abhebebetrages des Abrichters, die beim Schleifen erzeugte Kopfprofilmodifikation noch besser an die theoretisch optimale Modifikation angenähert werden kann.

5.94 Z19k Schmierpalt

Voraussetzung: Recht Z02 oder Z02a oder Z13

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Mit diesem Recht kann nach AGMA 925-A03 "Effect of Lubricant on Gear Surface Distress" die Fress- und Verschleisswahrscheinlichkeit sowie die Anfälligkeit auf Graufleckigkeit bestimmt werden. Die Norm beschreibt die Verhältnisse im Schmierespalt über dem Zahneingriff und ermöglicht die Berechnung der Schmierespalthöhe mit Berücksichtigung der Flankenkrümmung, der Schmierstoffeigenschaften, der Gleitgeschwindigkeit und der örtlichen Pressbelastung. Die Resultate lassen sich sowohl im Protokoll als auch in einer Grafik darstellen.

5.95 Z19l Umrechnung Profilverschiebungsfaktor und Zahndickenabmasse

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z080, Z170 und Z09A

Mit diesem Recht werden der Profilverschiebungsfaktor aus Zahnweite, Kugelmass usw. umgerechnet wie auch die Zahndickenabmasse in der Toleranzmaske.

5.96 Z19m Blitztemperaturverlauf

Voraussetzung: Recht Z02 oder Z02a oder Z13 oder Z14

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 sowie Z070

Darstellung des Blitztemperaturverlaufs während des Zahneingriffs nach DIN 3990-4 [8].

5.97 Z19n Profil- und Flankenliniendiagramme

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, Z050, Z060, Z070, Z170 und Z09A

Mit diesem Recht können die Profil- und Flankenliniendiagramme angezeigt werden.

5.98 Z19v Flankenspielberechnung aus Zahnform

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016, Z170

Mit diesem Recht kann das lastfreie Flankenspiel aus der Zahnform berechnet werden unter Berücksichtigung von Profil- und Flankenlinienmodifikationen. Bei Schraubrädern deckt die Berechnung nur Schneckenräder mit Achskreuzungswinkel 90° ab.

5.99 Z19w Spezialfunktionen für die Uhrenindustrie

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016

Mit diesem Recht kann die KISSsoft-Bedienung für Anwendungen der Uhrenindustrie erleichtert werden. Trockenlaufende Zahnräder aus Stahl können berechnet werden. Und da die Uhrenindustrie mehrheitlich nicht-evolventische Zahnformen verwendet, werden Fehlermeldungen unterdrückt, welche sich auf evolventische Zahnräder beziehen. Ausserdem können damit Zahnraddefinitionen im Uhrenindustrieformat (CH) eingelesen werden.

5.100 Z19p Prüfen auf Wälzschälen

Ermöglicht das Überprüfen von Verzahnungen auf ihre Fertigbarkeit mittels Wälzschälen.

5.101 Z19x Berechnung von topologischen Modifikationen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z017, Z09A und Z060

Berechnung von topologischen Modifikationen auf Basis von Messgitterdaten unter Verwendung von topographischen Messdaten (Messgitter) von Stirnradzahnflanken. Hierzu werden die Messdaten im GAMA-CMM-Daten-Format benötigt. Mit den topologischen Modifikationen kann der Nachweis der Geräuschanregung von gefertigten Zahnrädern mittels 'Design – Manufacture - Measure' Loop vorgenommen werden.

5.102 Z22 Einhärtetiefe

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 sowie Z070

Berechnung der optimalen Einhärtetiefe für einsatz- oder nitriert gehärtete Zahnräder durch Berechnung des Spannungsverlaufs in der Tiefe nach dem Hertzschen Gesetz. Darstellung des Spannungsverlaufs in der Tiefe (senkrecht zur Flankenoberfläche) und Darstellung des Härteverlaufes mit Warnung bei ungenügenden Verhältnissen. Ausserdem Dokumentation der empfohlenen Einhärtetiefe nach ISO 6336-5 [9], AGMA 2001 und Niemann [29].

5.103 Z23 Berechnung der Zahnfusstragfähigkeit von Innenverzahnungen mit Zahnkranzeinfluss nach

VDI 2737 und Berechnung der Deformation von Zahnkränzen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Die VDI 2737 geht vom Grundaufbau und den Grundgleichungen der DIN 3990 oder ISO 6336 aus und präzisiert die Berechnung der vom Bereich der Zahnfußübergangskurve ausgehenden Beanspruchung für den Zahnfuß- bzw. Zahnkranzquerschnitt.

Werden aus konstruktiven Gründen die Zahnkränze von Hohlrädern relativ dünn ausgeführt, so kann der Kranz durch die Zahnkräfte beim Eingriff merklich deformiert werden. Für die Verhältnisse beim Zahneingriffspunkt und in der Mitte zwischen den Eingriffspunkten von zwei benachbarten Planetenrädern lassen sich die Biege- und Tangentialspannung sowie die radiale Verformung berechnen.

5.104 Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares und Drehwegfehler

Voraussetzung: Recht Z32 oder Z34 oder Z35

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 sowie Z070

Berechnung des Zahneingriffs unter Last mit Berücksichtigung der Zahn deformation und Bestimmung des Drehwegfehlers (Transmission Error).

Basierend auf der Literatur von Weber/Banaschek [3] wird der Verlauf der Eingriffssteifigkeit eines Zahnradpaares aufgrund der effektiven Zahnform unter Berücksichtigung der Zahn- und Radkörperverformung sowie der Hertzchen Abplattung berechnet und grafisch dargestellt. Ausserdem wird die mittlere Veränderung der Steifigkeit (Varianz) ermittelt. Diese Berechnung ist ebenfalls in der Feinauslegung (Recht Z04) eingebaut. Dort wird für jede Variante die Varianz der Steifigkeit ausgegeben.

5.105 Z25 Grafische Darstellung der Hertzchen Pressung und der Zahnfußspannung entlang der tatsächlichen Zahnform

Voraussetzung: Rechte Z32 oder Z34 oder Z35

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 sowie Z070

Von zwei Rädern mit beliebiger Zahnform (berechnet oder eingelesen, evolventisch, Zykloide oder Kreisbogen) wird die effektive Eingriffslinie berechnet und dargestellt. Damit wird der Verlauf der Hertzschen Pressung sowie die Zahnfußspannung ermittelt und ebenfalls grafisch dargestellt.

Ausserdem werden grafisch dargestellt der Normkraftverlauf und das Drehmoment an beiden Rädern unter der Annahme einer beidseitig symmetrischen Lageranordnung sowie der Verlauf der Grösse und der Richtung, der auf das Lager wirkenden Kraft (Rechte Z32 und Z34). Des Weiteren können die Hertzsche Pressung, der Normkraftverlauf und die Zahnfußspannung als Spannungsverteilung am Zahn dargestellt werden (Rechte Z32 und Z34).

5.106 Z26 Fördervolumen von Zahnradpumpen

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z012

Berechnung des Fördervolumens ohne Berücksichtigung des Verlustes durch Rückführung im eingeklemmten Volumen (Auswahl unter Einstellungen) aufgrund der tatsächlichen Zahnform mit Ausgabe im Protokoll. Diese Berechnungsfunktion ist in der Feinauslegung (Recht Z04) vorhanden.

5.107 Z26a Zahnradpumpen-Zusatzrecht

Voraussetzung: Recht Z32 und Z01 (für geradverzahnte Stirnrad-Zahnradpaare)

Dieses Recht erlaubt eine sehr detaillierte Zahnradpumpen-Analyse. Berechnung für Aussen- und Innenradpumpen (mit oder ohne Einlegekeil). Die Berechnung erlaubt die Analyse von beliebigen Stirnrädern mit evolventischen und nicht-evolventischen Zahnformen.

Die Veränderungen wichtiger Parameter einer Pumpe während des Zahneingriffs werden berechnet und grafisch dargestellt. Dazu gehören geometrische Parameter wie das eingeklemmte Volumen (zwischen zwei Zahnpaaren im Eingriff, Rückführvolumen), das Volumen mit kritischer Zuflussfläche (Ölzustrom sollte möglichst kontinuierlich sein), engste Stelle (kleinster Abstand zwischen dem ersten Zahnpaar ohne Berührung), Zuflussgeschwindigkeit, Ölzufuss beim Eingang (mit Fourieranalyse zur Beurteilung der Geräuschentwicklung) und Volumen unter Eingangsdruck. Weitere wichtige Ausgaberesultate sind der Verlauf des Drehmomentes an beiden Zahnrädern, der Verlauf der Hertzschen Pressung σ_H , die Gleitgeschwindigkeit v_g und die Verschleisskenngrösse $\sigma_H \cdot v_g$. Bei der Kräfteberechnung kann die Hertzsche Abplattung im Zahnkontakt mitberücksichtigt werden, da dieser Effekt einen beträchtlichen Einfluss hat. Das eingeklemmte Volumen ist abhängig von der Pumpenkonstruktion unter Eingangs- oder Ausgangsdruck. Dies wird durch eine entsprechende Eingabe bestimmt und hat einen bedeutenden Einfluss auf den Drehmomentverlauf.

Das eingeklemmte Volumen ist abhängig von der Pumpenkonstruktion, isoliert (eingeschlossen) oder durch Druckentlastungsnuten mit Eingangs- oder Ausgangsdruck verbunden. Dies wird durch eine entsprechende Eingabe bestimmt und hat einen bedeutenden Einfluss auf den Drehmomentverlauf. Wenn sich das eingeklemmte Volumen verkleinert, steigt der Druck in diesem Volumen sehr stark an. Dies hat hohe pulsierende Kräfte auf die Lagerung zur Folge und erzeugt damit Lärm. Durch das

Anbringen einer Druckentlastungsnut kann der Druckanstieg vermieden werden. Die Berechnung und Darstellung des Druckverlaufs im eingeklemmten Volumen ist deshalb sehr nützlich.

5.108 Z27 Kinematik aufgrund der tatsächlichen Zahnform

Voraussetzung: Recht Z32 oder Z34 oder Z35

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 sowie Z070

Berechnung und Darstellung des Verlaufs der Gleitgeschwindigkeit, des spezifischen Gleitens und der Gleitfaktoren von zwei beliebigen Zahnrädern. Im Gegensatz zum Recht Z19e ist diese Berechnung allgemeiner Art und berücksichtigt alle Profilmodifikationen.

5.109 Z29 Auslegung und Kontrolle von Lehrzahnradern

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016 und Z170

Für die Zweiflanken-Wälzprüfung wird ein Lehrzahnrad benötigt, welches mit dem zu prüfenden Zahnrad zusammen auf einem Prüfgerät abgewälzt wird. Nach der Berechnung eines Zahnrades kann die Auslegung des Lehrzahnrades gestartet werden. Dabei wird beim Öffnen das passende Norm-Lehrzahnrad nach DIN 3970 vorgeschlagen und geprüft, ob ein vorhandenes Lehrzahnrad verwendet werden kann. Zusätzlich kann ein optimales Lehrzahnrad zur Prüfung eines Prüfrades ausgelegt werden. Die Anwendung ist für Stirn- und Schraubräder mit einer Zähnezahl grösser 6 verfügbar.

5.110 Z30 Micropitting (Graufleckigkeit) und Blitztemperatur

Voraussetzung: Rechte Z02 oder Z02a oder Z13 und Z24, Z25, Z26

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Berechnung des örtlichen Schmierpaltes (Dicke h) während des Zahneingriffs und der örtlichen Blitztemperatur nach zwei Methoden:

- ISO/TS 6336-22
- AGMA 925

Beide Methoden, die auf der Theorie von Blok basieren, ergeben ähnliche Resultate und beruhen auf der Berechnung des Zahneingriffs unter Last unter Verwendung der dabei ermittelten örtlichen Parameter Gleit- und Wälzgeschwindigkeit, Hertzsche Pressung, Linienlast und Krümmungsradien mit grafischer Darstellung und Ausgabe der (minimalen) Spalthöhe.

Berechnung der spezifischen Schmierfilmdicke λ_{GF} nach ISO/TS 6336-22 mit grafischer Darstellung und Ausgabe der spezifischen Schmierfilmdicke λ_{GFmin} . Zur Bestimmung der Sicherheit gegen Micropitting wird die zulässige spezifische Schmierfilmdicke λ_{GFP} benötigt. Diese wird berechnet, falls beim Schmierstoff die Laststufe gegen Micropitting nach FVA-Infoblatt 54/7, C-GF/8.3/90 [30] gegeben ist. Die Sicherheit gegen Micropitting wird im 2D-Diagramm (Mitte Zahnbreite) und im 3D-Diagramm (Eingriffslinie Zahnbreite) dargestellt.

5.111 Z31 Verschleiss

Voraussetzung: Rechte Z14 und Z32

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Der Zahnflankenverschleiss ist das dominierende Schadenskriterium bei trockenlaufenden Kunststoffzahnradern. Je nach Geometrie und Belastung kann der Verschleiss und seine Verteilung über die Zahnflanke sehr unterschiedlich sein.

Der lokale Verschleiss kann berechnet werden, sofern für den entsprechenden Werkstoff der Verschleissfaktor k_w bekannt ist. Bei Kunststoffen kann der Verschleissfaktor k_w in Abhängigkeit von der Temperatur in die Kunststoffdaten-Datei, z.B. Z014-100.DAT für POM, eingetragen werden. Die Angabe erfolgt in $10^{-6} \text{ mm}^3/(\text{Nm})$.

Als Ergebnis wird der örtliche Verschleiss (im Relativ-Massstab mit Strahlen normal auf der Zahnflanke) und die verschlissene Flanke in Echt-Koordinaten dargestellt.

5.112 Z31a Iterative Verschleissberechnung

Voraussetzung: Rechte Z14, Z32, Z31

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016

Die Funktionen sind wie in Recht Z31 beschrieben, allerdings wird der Verschleiss in mehreren Schritten gerechnet. Die Verschleissiteration erlaubt die genauere Bestimmung des Verschleisses entlang der Zahnflanke, da mehrere Schritte der Kontaktanalyse mit der verschlissenen Zahnflanke durchgeführt werden.

5.113 Z32 Berechnung Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z015, Z016

Berechnung der Eingriffslinie für beliebige Zahnformen. In der Theorie ist die Eingriffslinie zweier Evolventenverzahnungen eine Gerade. Bei beliebigen, nicht-evolventischen Zahnrädern ist die Eingriffslinie in jedem Fall eine beliebige Kurve. Durch die aufgebrachte Last verformen sich aber auch die Zähne evolventischer Zahnräder, so dass in der Praxis die Eingriffslinie nie eine exakte Gerade ist. Insbesondere kommt es zu einem etwas früheren Eingriffsbeginn und zu einem verzögerten Eingriffsende. Der Verlauf der Eingriffslinie und der damit bestimmbaren charakteristischen Parameter von Zahnrädern, z.B. der Drehwegfehler, ist sehr wichtig für die Abschätzung von Vibrationsanregung, Verlusten, lokaler Erwärmung und Verschleisseigenschaften eines Zahnradpaares.

Die Steifigkeit der Zahnräder wird mit Recht Z24 genau für den jeweiligen Kontaktpunkt berechnet. Die Resultate stimmen sehr gut mit sehr viel aufwendigeren FEM-Nachrechnungen überein. Ohne Recht Z24 wird die mittlere Zahnsteifigkeit nach ISO 6336 verwendet.

5.114 Z32a Kontaktanalyse mit asymmetrischer Verzahnung

Voraussetzung: Recht Z32

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Erweiterung der Steifigkeitsberechnung von Zahnpaaren im Eingriff zur Berücksichtigung asymmetrischer Verzahnungen nach Langheinrich [31]

5.115 Z32b Kontaktanalyse mit konischer Profilverschiebung

Voraussetzung: Recht Z32

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z012

Kontaktanalyse kann mit konischer Profilverschiebung rechnen. Konische Profilverschiebung wird über Profilverschiebungsfaktor Seite I und Seite II am Rad 1 definiert und überschreibt die Profilverschiebungsfaktoren im Tab **Basisdaten** .

5.116 Z33 Optimierung von Profil- und Flankenmodifikationen mit Kontaktanalyse unter Last

Voraussetzung: Recht Z32 oder Z34 oder Z02c

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z014, Z070

Berechnung der Kontaktanalyse für einen Bereich von Profil- und Flankenmodifikationsvarianten und Teillasten. Die Details der Kontaktanalyse entsprechen der Beschreibung unter Recht Z32. Das Recht ermöglicht nicht nur eine genaue Auslegung von Flanken- und Profilmodifikationen für einen spezifischen Lastfall, sondern auch für einen Lastbereich.

5.117 Z34 Berechnung Kontaktanalyse unter Last für Planetensysteme

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z014

Berechnung der Eingriffslinie für beliebige Zahnformen. In der Theorie ist die Eingriffslinie zweier Evolventenverzahnungen eine Gerade. Bei beliebigen, nicht-evolventischen Zahnrädern ist die Eingriffslinie in jedem Fall eine beliebige Kurve. Durch die aufgebrachte Last verformen sich aber auch die Zähne evolventischer Zahnräder, so dass in der Praxis die Eingriffslinie nie eine exakte Gerade ist. Insbesondere kommt es zu einem etwas früheren Eingriffsbeginn und zu einem verzögerten Eingriffsende. Der Verlauf der Eingriffslinie und der damit bestimmbaren charakteristischen Parameter von Zahnrädern, z.B. der Drehwegfehler, ist sehr wichtig für die Abschätzung von Vibrationsanregung, Verlusten, lokaler Erwärmung und Verschleisseigenschaften eines Zahnradpaares.

Bei der Berechnung mit Planetensystemen wird zusätzlich zur Berechnung jeder Stirnradpaarung in einem System (Sonne/Planet und Planet/Hohlräder) auch der Drehwegfehler des Planetenträgers und die Lastverteilung auf die einzelnen Planeten berechnet.

Die Steifigkeit der Zahnräder wird mit Recht Z24 genau für den jeweiligen Kontaktpunkt berechnet. Die Resultate stimmen sehr gut mit sehr viel aufwendigeren FEM-Nachrechnungen überein. Ohne Recht Z24 wird die mittlere Zahnsteifigkeit nach ISO 6336 verwendet.

5.118 Z35 Berechnung Kontaktanalyse unter Last für Kegelradpaare

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Mit diesem Recht wird die Eingriffslinie unter Last für gerad-, schräg-, und bogenverzahnte Kegelräder berechnet. Hypoidräder werden nicht unterstützt. Für die Analyse wird das Kegelradpaar

mit Hilfe der Ersatz-Stirnradverzahnung approximiert. Jedes dieser zwei Stirnradpaare besitzt eine über die Zahnbreite variable Zähnezahl, einen Wälzkreisdurchmesser und einen Schrägungswinkel (Bogenverzahnung).

5.119 Z37 Berechnung Planetenträgerverformung mit FEM

Voraussetzung: Recht Z34 oder Z02c

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z014

Berechnung der Achslage für die Planetenbolzen des Planetenträgers, wenn der Breitenlastfaktor nach ISO 6336-1, Anhang E oder mittels Kontaktanalyse berechnet wird.

Die Verkipfung der Planetenbolzen zur Planetenbolzenachse hat grosse Auswirkung auf die Auslegung einer Planetenstufe.

Mit diesem Recht kann der Anwender ein parametrisches Modell des Planetenträgers mit seiner Belastung erstellen. Die Software führt dann eine automatische FEM-Analyse der Verformung des Planetenträgers durch und bestimmt die resultierende Verkipfung der Planetenbolzen zur Planetenbolzenachse. Es können sowohl ein- als auch doppelwandige Planetenträger entwickelt werden. Das resultierende 3D-Modell des parametrischen Planetenträgers ist in der 3D-Ansicht der Zahngeometrie des Planetensystems zu sehen.

KISSsoft verwendet den Open-Source-FEM-Solver Code_Aster. Dieser kann während der Installation von KISSsoft ausgewählt werden. Bei Bedarf ist über dieses FEM-Tool auch der Zugriff auf die komplette 3D-Modellierung und die Ergebnisse der FEM-Analyse des Planetenträgers möglich.

5.120 Z38a 2D-FEM-Berechnung der Fussspannung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z012

Berechnung der Zahnfußspannung mit Hilfe des FEM-Solvers CM2, der im Lieferumfang von KISSsoft enthalten ist. Ein 2D-FEM-Modell des Zahnrades wird erstellt und analysiert. Die Last wird berechnet und am Einzeleingriffspunkt des einzelnen Zahns im Kraftangriffswinkel angelegt. Der eingespannte Bereich des Zahns (erforderliche Randbedingung für die FEM-Analyse) kann entweder am Innen- bzw. Aussendurchmesser des Rades (für Innen- bzw. Aussenräder) oder an den Seiten des für die Analyse ausgewählten Radsegments definiert sein. Bei der 2D-Analyse von Schrägstirnrädern wird nach ISO 6336-3 [9] das entsprechende äquivalente Geradstirnrad berechnet und verwendet.

5.121 Z38b 3D-FEM-Berechnung der Fussspannung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z012

Berechnung der Zahnfussspannung mit Hilfe des FEM-Solvers CM2, der im Lieferumfang von KISSsoft enthalten ist. Ein 3D-FEM-Modell des Zahnrades wird erstellt und analysiert. Als Last wird die gesamte Eingriffsstrecke und die zugehörige Lastverteilung aus der Kontaktanalyse verwendet. Alle in der Kontaktanalyse berechneten Positionen stehen als Lastfälle zur Auswahl zur Verfügung. Als Randbedingung der FEM-Analyse wird der Innendurchmesser und die Seiten des Rades fixiert.

5.122 Z39a Kontaktanalyse Grafikgruppe Geräusch

Voraussetzung: Recht Z32, Z34 oder Z35

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 und teilweise Z070

Beinhaltet die folgenden grafischen Ausgaben der Kontaktanalyse:

- Zahneingriff
- Drehwegabweichung
- Amplitudenspektrum der Drehwegabweichung
- Drehwegbeschleunigung
- Drehzahlverlauf
- Kraftanregung
- Drehmomentverlauf
- Einzeleingriffssteifigkeit
- Steifigkeitsverlauf
- Amplitudenspektrum der Eingriffssteifigkeit
- Kinematik

5.123 Z39b Kontaktanalyse Grafikgruppe Wirkungsgrad

Voraussetzung: Recht Z32 oder Z34 oder Z35

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 und teilweise Z070

Beinhaltet die folgenden grafischen Ausgaben der Kontaktanalyse:

- Gesamtverlustleistung
- Spezifische Verlustleistung 2D/3D

- Wirkungsgradverlauf
- Spezifisches Gleiten entlang der Zahnflanke Rad A/B
- Wärmeentwicklung 2D/3D
- Wärmeentwicklung entlang der Zahnflanke Rad A/B
- Kontakttemperatur 2D/3D
- Schmierfilm 2D/3D
- Spezifische Filmdicke 2D/3D

5.124 Z39c Kontaktanalyse Grafikgruppe Kräfte und Spannungen

Voraussetzung: Recht Z32 oder Z34 oder Z35

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 und teilweise Z070

Beinhaltet die folgenden grafischen Ausgaben der Kontaktanalyse:

- Kontaktlinien auf der Zahnflanke
- Tragbild auf der Zahnflanke (nur Z070)
- Lastverteilung am Wälzkreis
- Normalkraftverlauf (Linienlast, Eingriffsstecke) 2D/3D
- Normalkraftverteilung am Zahn (Linienlast, Eingriffsstecke)
- Lagerkraftverlauf
- Lagerkraftverlauf in %
- Richtung der Lagerkräfte
- Spannungsverlauf (Hertzsche Pressung) 2D/3D
- Zahnfußsspannung Rad A/B 2D/3D
- Zahnfußsspannung über Zahnbreite Rad A/B
- Biegespannung im Fußbereich Rad A/B 2D/3D
- Spannungsverteilung am Zahn Rad A/B

5.125 Z39d Kontaktanalyse Grafikgruppe Sicherheiten

Voraussetzung: Recht Z32 oder Z34 oder Z35

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016 und teilweise Z070

Beinhaltet die folgenden grafischen Ausgaben der Kontaktanalyse:

- Sicherheit gegen Fressen 2D/3D
- Sicherheit gegen Micropitting 2D/3D
- Sicherheit gegen Micropitting am Zahn
- Verschleiss entlang der Zahnflanke Rad A/B 2D/3D
- Verschleissfortschritt entlang der Zahnflanke Rad A/B
- Sicherheit gegen Flankenbruch Rad A/B 2D/3D

5.126 Z40 Unrundräder

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Unrundräder Z040

Berechnung der vollständigen Zahnkontur von Unrundrädern. Als Eingabe wird wahlweise verlangt:

- Achsabstand und Übersetzungsverlauf (Momentanübersetzung zu Drehposition von Rad 1)
- Achsabstand und Wälzkurve von Rad 1 (in Polarkoordinaten)
- Wälzkurve von Rad 1 und Wälzkurve von Rad 2 (in Polarkoordinaten)

Der Achsabstand kann fest oder variabel sein. Die Software bestimmt zuerst die Wälzkurven, dann werden die Wälzkurven mit Stossrad-Simulation verzahnt. Damit können sowohl Aussenkonturen wie auch einwärts verlaufende ‚Beulen‘ sehr schön verzahnt werden. Anschliessend können die beiden Räder gegeneinander abgewälzt werden, um das korrekte Funktionieren zu kontrollieren. Die Momentanübersetzung wird laufend angezeigt.

Zur Festigkeitsabschätzung steht eine Anleitung zur Verfügung, mit welcher die kritischen Bereiche der Unrundpaarung in ein analoges kreisrundes Zahnpaar umgerechnet und dann mit dem Stirnradberechnungsmodul Z012 nachgerechnet werden können.

Sowohl nicht geschlossene Unrundkonturen (z.B. ein Ritzel mit Drehwinkel 330° zu einem Rad mit Drehwinkel 60°) wie auch Unrundräder mit Gesamtuntersetzung 1:2 bis 1:10 (z.B. ein Ritzel mit Drehwinkel 720° zu einem Rad mit Drehwinkel 360°) können ausgeführt werden.

Einschränkung: Achsabstand > 0 (keine Innenverzahnungspaare)

5.127 Z50 Beveloidräder

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Beveloidräder Z050

Beveloidräder (auch Konuszahnräder genannt) entstehen durch Abwälzen mit einem leicht gekippten, zahnstangenartigen Werkzeug. Dadurch ist es möglich, eine Zahnradpaarung mit kleinen Achswinkeln zu erreichen.

Die Berechnung stützt sich auf einschlägige Fachliteratur sowie auf neuere Publikationen. Die Berechnung der Geometrie erfolgt auf der Basis von Roth [32] und Tsai [33].

5.128 Z50p 3D-Darstellung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z050

3D-Darstellung der Beveloidradgeometrie im Parasolid-Viewer mit Exportmöglichkeit (Recht K05u) ins STEP-Format.

6 Wellen und Lager: W-Rechte

6.1 W01 Wellen-Basisrecht

Das Recht ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls:

- Wellenberechnung W010

und die Eingabe von Geometrie- und Werkstoffdaten, Lagerungen, Randbedingungen, äusseren Kräften und Momenten (vereinfachte Eingabe für Kupplungen, Stirn- und Kegelräder, Schnecken, Schneckenräder, Riemenscheiben). Die grafische Oberfläche ermöglicht die massstäbliche Darstellung von Wellenkontur und Lager.

Weitere Eigenschaften sind:

- Beliebige Dimensionen (zylindrisch und konisch), rotationsymmetrischer Querschnitt, Voll- oder Hohlwellen, Träger (H-, I-, L-Profil etc.).
- Mit dem integrierten Zeichnungssystem lassen sich Korrekturen an der Wellenkontur (Durchmesser, Längen) vornehmen. Alle Elemente können durch Anklicken editiert werden.
- Listenfunktion: Die eingegebenen Elemente werden als Liste ausgegeben und können verändert werden durch Einfügen, Löschen usw.
- Beliebige Eingabe von Kräften und Momenten in allen räumlichen Lagen, vordefiniert sind:
 - Stirnrad
 - Kegelrad
 - Schnecke
 - Schneckenrad
 - Kupplung/Motor
 - Seil- oder Riemenscheibe
 - Einzelne Radial- und Axialkräfte, Biege- und Torsionsmomente
 - Äussere Massen mit Trägheitsmoment
 - Exzentrische Last
 - Verlustleistung
 - Schnittstelle zur Übernahme von Daten aus Zahnradberechnungen
 - Angreifende Kräfte auch ausserhalb der Welle
 - Alternative Eingabe von Leistung oder Drehmoment
- Statisch unbestimmte Lagerungen

- Berechnung von:
 - Wellengewicht
 - Trägheitsmoment
 - Schwungmoment
 - Resultierende Axialkraft
 - Statische Torsionsverdrehung der Welle
 - Torsionsmomentverlauf
- Allen Kraftelementen (äussere Kraft, Stirnrad, Kupplung etc.) können Lastkollektiven zugeordnet werden (erfordert Recht W01s). Bei den Berechnungen von Durchbiegung, Festigkeit und Wälzlager werden diese Informationen entsprechend ausgewertet.
- Übersichtliche Darstellung der Geometriedaten und der berechneten Lagerkräfte.
- Schnittstelle zu verschiedenen CAD-Systemen zur Übernahme der Wellengeometrie (Einlesen und Ausgabe) in verschiedenen Formaten (siehe Optionen zu K05).
- Ein Gesamtprotokoll fasst die Ergebnisse der Grundberechnung, der Berechnung von Durchbiegung (Recht W03), kritischer Drehzahl (Recht W04) und Festigkeit (Recht W06) inklusive der jeweils relevanten graphischen Darstellungen zusammen.

6.2 W01a Eingabe von mehreren Wellen

Ermöglicht die Eingabe und Berechnung mehrerer coaxialer Wellen. Die Verknüpfung der Wellen kann durch Wälzlager, Gleitlager oder allgemeinen Verbindungen erfolgen.

6.3 W01b Lagerversatz, Lagerverkipfung, Lagerspiel

Dieses Recht ermöglicht es, Lagerversatz, Lagerverkipfung und Lagerspiel einzugeben und bei der Berechnung zu berücksichtigen. Für Wälzlager kann, wo anwendbar, ein Radialspiel, basierend auf ISO 5753-1:2009, oder ein Absolutwert eingegeben werden. Für Gleitlager kann das Radialspiel als Absolutwert angegeben werden. Für allgemeine Lager kann das Spiel für alle sechs Freiheitsgrade im kartesischen Raum angegeben werden. Bei Wälzlagern kann zudem ein initialer Versatz und eine Verkipfung des Aussenrings vorgegeben werden.

6.4 W01c Berücksichtigung Druckwinkel

Das Recht erlaubt die Berücksichtigung des Lagerdruckwinkels in der Berechnung. Hierzu wird die Lagerkraft aus dem Druckmittelpunkt entlang der Wirkungslinie in den Lagermittelpunkt verschoben. An der Lagerstelle wirkt somit ein äquivalentes Biegemoment.

6.5 W1f Wellen Grobauslegung

Ermöglicht eine automatische Grobauslegung von Wellen basierend auf der Vergleichsspannung. Zusätzlich lassen sich im selben Schritt die Wälzlager automatisch ausgelegen.

6.6 W01s Lastkollektive

Das Recht ermöglicht die Definition und Berücksichtigung von benutzerdefinierten oder genormten Lastkollektiven. Zusammen mit dem Recht W05 können entsprechend die Lagerlebensdauer oder mit W06s die Festigkeit berechnet werden.

6.7 W03 Berechnung von Durchbiegung und Lagerkräften

Mit diesem Recht können die folgenden Berechnungen durchgeführt werden:

- Berechnung von Biegelinie, Querkraftverlauf und Momentenverlauf in XY- und ZY-Ebene (Wellenachse immer Y-Achse) mit oder ohne Berücksichtigung des Eigengewichtes
- Berechnung der Axialkraft mit Berücksichtigung des Gewichtes (in Abhängigkeit von der Wellenlage)
- Berechnung der axialen Dehnung der Welle
- Berechnung von Kräften und Momenten in Lagern für beliebige Lageranzahl und Typ
- Berechnung der Neigung der Biegelinie in den Lagern, z.B. für die Berücksichtigung bei der Berechnung von Zylinderrollenlagern
- Wird eine Welle mit Lastkollektiven eingegeben, so kann die Berechnung der Biegelinie auch einzeln für die Belastung bei jedem Lastkollektiv-Element erfolgen (Recht W01s)
- Berechnung aller Spannungskomponenten (Zug/Druck, Biegung, Scherung, Torsion) und der Vergleichsspannung. Darstellung des Verlaufs der Vergleichsspannung sowie der Spannungskomponenten
- Berechnung der Durchbiegung mit oder ohne Berücksichtigung der Schubverformung (Recht W03a)

6.8 W03a Berücksichtigung Schubverformung

Schubverformungen können bei der Berechnung der Deformationen berücksichtigt werden. Der Schubkorrekturfaktor kann dafür vorgegeben werden. Es gibt nur einen Schubkorrekturfaktor für das Wellensystem.

6.9 W03b Nichtlineare Welle

Berechnung mit einem geometrisch nichtlinearen Balkenmodell. Eine Wellenberechnung mit zwei Festlagern unter Querkraft liefert dann, beispielsweise, auch eine Axialkraft durch die Längsdehnungen. Die Berechnung mit einem nichtlinearen Wellenmodell erfordert die Berücksichtigung von Schubverformungen (Recht W03a).

6.10 W03c Wärmedehnung

Axiale Wärmedehnungen von Wellen und Gehäusen können über Temperatur und Wärmedehnungskoeffizient vorgegeben werden. Es wird dabei eine homogene Temperaturverteilung angenommen.

6.11 W03d Nichtlineare Steifigkeit

Das Recht ermöglicht für die meisten Wälzlagerarten die Berücksichtigung ihrer nichtlinearen Steifigkeit. Die Berechnung erfolgt nach ISO/TS 16281 (DIN ISO 281 Beiblatt 4). Die Daten zur inneren Geometrie werden, falls vorhanden und plausibel, der Wälzlagerdatenbank entnommen oder aus den Tragzahlen approximiert. Diese Berechnungsoption liefert eine geänderte Durchbiegung und Lastaufteilung auf die Lager, aber keine zusätzlichen Resultate (siehe Rechte W05b und W05c).

6.12 W04 Berechnung der kritischen Drehzahl

Berechnung beliebig vieler Eigenfrequenzen von Systemen koaxial angeordneter Wellen unter Berücksichtigung der Biege-, Torsions- und Axialschwingungen. Zahnräder können automatisch als Massen berücksichtigt werden. Das Hinzufügen von Zusatzmassen ist ebenfalls wahlweise möglich. Kopplungen zwischen Axial- und Biegeschwingungen werden bei geeigneten Wälzlagerarten mit bekannter innerer Geometrie berücksichtigt.

6.13 W04x Kreiseleffekt

Erweiterung für Recht: W04

Dieses Recht dient zur Berechnung von Eigenfrequenzen unter zusätzlicher Berücksichtigung des Kreiseffekts von grossen Schwungmassen für die vorgegebene Drehzahl. Berechnet werden die biegekritischen Frequenzen für den Gleich- und Gegenlauf.

6.14 W05 Lebensdauer von Kugel- und Rollenlager

Folgende Berechnungen stehen zur Verfügung:

- Rillenkugellager (einreihig, zweireihig)
- Pendelkugellager
- Schrägkugellager (einreihig, paarweise)
- Vierpunktlager
- Axial-Schrägkugellager (einseitig und zweiseitig wirkend)
- Axial-Rillenkugellager, (einseitig und zweiseitig wirkend)
- Radial-Zylinderrollenlager (einreihig, zweireihig)
- Radial-Zylinderrollenlager vollrollig (einreihig, zweireihig)
- Axial-Zylinderrollenlager
- Axial-Schrägrollenlager
- Nadellager mit/ohne Innenring
- Nadelkränze
- Axial-Nadelkränze
- Kegelrollenlager (einreihig, zusammengepasst (X, TDI) oder (O, TDO))
- Tonnenrollenlager
- Pendelrollenlager
- Axial-Pendelrollenlager

Via Datenbank stehen die meisten Lagerdaten verschiedener Hersteller direkt zur Verfügung. Eigene Lager können mit dem Datenbanktool definiert werden. Bei der Berechnung können sowohl Radial- als auch Axialkräfte berücksichtigt werden. Weiter umfasst das Recht auch die Bestimmung der Lebensdauer und des statischen Sicherheitsfaktors sowie eine Kontrolle der Drehzahlgrenze des Lagers (Öl- und Fettschmierung).

6.15 W05a Lastkollektive Lager

Ermöglicht die Berechnung der Lebensdauer nach ISO 281 für beliebige Lastkollektive. Zusätzlich können die erweiterte Lebensdauer und die thermisch zulässige Betriebsdrehzahl nach DIN ISO 15312 und DIN 732 aus der Wärmebilanz des Wälzlagers berechnet werden.

6.16 W05b Referenzlebensdauer nach ISO/TS 16281

Erweiterung für Recht: W03d

Bei der Lagerberechnung kann mit dem Recht W05b die Referenzlebensdauer nach ISO/TS 16281 berechnet und ausgewiesen werden. Dabei wird eine detaillierte Berechnung der Lagerlebensdauer mit Berücksichtigung der inneren Lagergeometrie (Wälzkörper, Spiel etc.) durchgeführt. Es wird die Referenzlebensdauer L_{nrh} und mit dem Recht W05a auch die modifizierte Referenzlebensdauer L_{nmrh} berechnet. Die Berechnung der inneren Geometrie ist aktuell implementiert für:

- Rillenkugellager (einreihig, zweireihig)
- Schrägkugellager
- Vierpunktlager
- Zylinderrollenlager (einreihig, zweireihig)
- Nadellager und -kränze
- Kegelrollenlager
- Pendelrollenlager
- Axial-Rillenkugellager
- Axial-Vierpunktlager
- Axial-Zylinderrollenlager
- Axial-Nadelkränze
- Axial-Pendelrollenlager

6.17 W05c Lastverteilung im Lager

Erweiterung für Rechte: W03d und W05b

Mit diesem Recht erfolgt die Berechnung der Pressung auf die einzelnen Wälzkörper nach ISO/TS 16281.

6.18 W05d Anbindung an externe Schnittstellen für Steifigkeits- und Referenzlebensdauerberechnungen

Erweiterung für Rechte: W03d und W05b

Mit diesem Recht können externe Schnittstellen genutzt werden, welche analog zur ISO/TS 16281 die Berücksichtigung der nicht linearen Steifigkeit von Wälzlagern ermöglichen. Sofern eine entsprechende Schnittstelle auch die Berechnung der Referenz-Lebensdauer ermöglicht, kann mit diesem Recht auch diese Funktion genutzt werden (Voraussetzung dafür ist W05b)

6.19 W06 Dauerfestigkeits- und statische Berechnung von Querschnitten

Dieses Recht ermöglicht den Festigkeitsnachweis (statisch und dauerfest) an beliebigen Querschnitten. Als Kerbfaktoren können berücksichtigt werden:

- Glatte Welle
- Wellenabsatz
- Wellenabsatz mit Freistich
- Konischer Wellenabsatz
- Presssitz
- Passfeder
- Zahnwelle/Kerbverzahnung
- Keilwelle
- Rechtecknut
- Umlaufnut
- Spitzkerbe
- Gewinde
- Querbohrung

Zusätzlich können eigene Kerbfaktoren definiert werden und die Oberflächenrauigkeit mit Qualitäten nach ISO 1302, die Oberflächen sowie die Wärmebehandlung miteinbezogen werden.

6.20 W06a Rechenmethode Hänchen und Decker

Die Festigkeitsberechnung nach Hänchen und Decker [34] ist eine sehr bewährte, inzwischen nicht mehr ganz den neuesten Erkenntnissen entsprechende, Rechenmethode für den Festigkeitsnachweis von Wellen (vom TÜV akzeptiert).

6.21 W06b Rechenmethode DIN 743

Die Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen nach DIN 743:2012, ähnlich wie die Berechnung nach der FKM Richtlinie, ermittelt die Festigkeit für Wellen und Achsen mit Sicherheitsnachweis gegen bleibende Verformung und Ermüdungsbruch. Die auftretenden Spannungen (mit Mittel- und Ausschlagspannung) werden aufgrund des vereinfachten Smith-Diagramms beurteilt.

6.22 W06c Rechenmethode FKM Richtlinie

Ermöglicht die Berechnung der statischen Festigkeit und der Zeitfestigkeit nach der FKM-Richtlinie [1].

6.23 W06d Rechenmethode AGMA 6101/6001

Ermöglicht die Berechnung der Sicherheit gegen Bruch und Ermüdung von Wellen und Achsen nach AGMA 6101-F19/AGMA 6001-F19.

6.24 W06s Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven

Erweiterung für Rechte: W06b und W06c

Mit dieser Festigkeitsberechnung können zusätzlich Lastkollektive berücksichtigt werden.

6.25 W06t Rotationsfreiheitsgrad in Lastkollektiven

Erweiterung für Rechte: W01s

Mit diesem Recht kann zusätzlich zu Leistungs- und Temperaturdaten auch der Rotationsfreiheitsgrad von allgemeinen und verbindenden Lagern lastfallspezifisch konfiguriert werden.

6.26 W07a Berechnung nach Niemann

Mit diesem Recht können Verlustleistung, Öldurchsatz, Ölerwärmung, minimale Schmierspaltgröße nach G. Niemann [22] und nach O. R. Lang [35] berechnet werden. Diese Berechnung ist nur für

druckgeschmierte Lager (Umlaufschmierung) geeignet, wobei auch die Betriebssicherheit geprüft wird.

6.27 W07b Berechnung nach ISO 7902

Vollständige Berechnung nach ISO 7902 [36] für drucklos- und druckgeschmierte Lager. Die Art der Schmierstoffzufuhr (Schmierlöcher, Schmiernut, Schmiertaschen) wird berücksichtigt. Berechnet werden alle Betriebsdaten nach ISO 7902 wie Betriebstemperatur, minimale Schmierpaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw. Die Betriebssicherheit wird kontrolliert und ausserdem die Federkonstante (radiale Steifigkeit) des Lagers im Betriebspunkt berechnet. Dieser Wert kann in die Wellenberechnung übertragen werden.

6.28 W07d Berechnung nach DIN 31657

Berechnung nach DIN 31657 [37]:

Vollständige Berechnung nach DIN 31657:1996 Teil 1-4, für druckgeschmierte hydrodynamische Gleitlager für hohe Umfangsgeschwindigkeiten. Es sind 2 Arten von Lagern in dieser Norm beschrieben, die Mehrflächen- und die Kippsegmentlager. Alle Betriebsdaten wie Betriebstemperatur, minimale Schmierpaltbreite, Schmierfilmdruck, Öldurchsatz usw. werden nach DIN 31657 berechnet. Die Betriebssicherheit wird kontrolliert und ausserdem die Federkonstante (radiale Steifigkeit) des Lagers im Betriebspunkt berechnet. Dieser Wert kann in die Wellenberechnung übertragen werden.

6.29 W07e Berechnung nach DIN 31652

Berechnung nach DIN 31652 [38]:

Vollständige Berechnung für drucklos- und druckgeschmierte Lager. Die Art der Schmierstoffzufuhr (Schmierlöcher, Schmiernut, Schmiertaschen) wird berücksichtigt. Alle Betriebsdaten wie Betriebstemperatur, minimale Schmierpaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw. werden nach DIN 31652 berechnet. Die Betriebssicherheit wird kontrolliert und ausserdem die Federkonstante (radiale Steifigkeit) des Lagers im Betriebspunkt berechnet. Dieser Wert kann in die Wellenberechnung übertragen werden.

6.30 W07 Hydrodynamische Radialgleitlager

Berechnung von hydrodynamischen Radialgleitlagern im stationären Betrieb. Verschiedene Ölsorten (ISO VG) sind vorprogrammiert, spezielle Schmierstoffe können eingegeben werden. Die Berechnung erfolgt für Gleitlager mit zylindrischer Bohrung (andere Bauformen ergeben aber nur kleine Abweichungen).

6.31 W07c Hydrodynamische Axialgleitlager

Berechnung von hydrodynamischen Axialgleitlagern im stationären Betrieb. Verschiedene Ölsorten (ISO VG) sind vorprogrammiert, spezielle Schmierstoffe können eingegeben werden.

- Berechnung nach DIN 31653[39]:
Vollständige Berechnung von Axialsegmentlagern für drucklos- und druckgeschmierte Lager. Alle Betriebsdaten wie Betriebstemperatur, minimale Schmierpaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw. werden nach DIN 31653 berechnet.
- Berechnung nach DIN 31654[40]:
Vollständige Berechnung von Axialkippssegmentlagern für drucklos- und druckgeschmierte Lager. Die Art der Schmierstoffzufuhr (Schmierlöcher, Schmiernut, Schmiertaschen) wird berücksichtigt. Alle Betriebsdaten wie Betriebstemperatur, minimale Schmierpaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw. werden nach der DIN 31654 berechnet.

6.32 W08 Fettgeschmierte Radialgleitlager

Berechnung der Lagerdaten im Betrieb und beim Übergang in die Mischreibung auf Grundlage der Berechnungsmethode für ölgeschmierte Gleitlager mit Mangelschmierung. Diverse Fette sind einprogrammiert.

6.33 W10 Flankenlinienmodifikation

Durch die Verschiebung eines Querschnittpunktes aus der Ruhelage mittels Verdrehung und Durchbiegung wird die Verformung in Längsrichtung ermittelt. Für diverse Zwecke, z.B. für das Schleifen der Breitenballigkeit von Verzahnungen (auch Längs- oder Flankenlinienmodifikation genannt), ist es wichtig zu wissen, um wieviel sich ein Punkt des Wellenquerschnitts durch elastische Deformation in eine bestimmte Richtung verschiebt. Dieses Recht berechnet die Verschiebung in einem bestimmtem Intervall längs der Achse. Bei Verzahnungen wird zusätzlich die Flankenlinienabweichung durch Deformation berechnet, die für eine genaue Stirnradberechnung benötigt wird.

6.34 W12 Wellenauslegung

Für die Auslegung von Wellen stehen zwei Funktionen zur Verfügung:

- Auslegung auf Festigkeit: Die Wellenkontur wird von KISSsoft so ausgelegt, dass die Vergleichsspannung in allen Querschnitten den gleichen (definierbaren) Wert hat.

- Auslegung auf Durchbiegung: Die gegebene Wellenkontur wird von KISSsoft in den Durchmessern proportional so verändert, dass eine vorgegebene maximale Durchbiegung erreicht wird.

6.35 W13 Knicken

Die Sicherheit gegen Knicken von Wellen und Trägern wird berechnet. Sämtliche Randbedingungen, Lagerungen und angreifende Axialkräfte (Punkt- oder Linienlast) werden bei der Berechnung berücksichtigt. Es wird die Sicherheit für mehrere Knickfälle ausgegeben, wobei meist nur der erste Wert relevant ist. Eine Vorgabe der Belastungen ist für die Berechnung erforderlich.

6.36 W14 Erzwungene Schwingungen

Berechnung von erzwungenen Schwingungen der in KISSsoft definierten Wellen. Die dynamische Erregung konzentrierter Unwuchtmassen wird als dynamische Anregung der Welle verwendet. Dynamische Anregungen von Zahnrädern (aufgrund von Drehwegabweichungen und Steifigkeitsschwankungen beim Zahneingriff) finden keine Berücksichtigung. Sowohl die (strukturelle) Materialdämpfung als auch die viskose Dämpfung können eingegeben werden. Das ermittelte Verhalten bei verschiedenen dynamischen Kräften wird im Zeitbereich addiert und das Endergebnis anhand des Grösstwertes dieser Superposition ermittelt. Transiente Phänomene finden keine Berücksichtigung. Für die Berechnung werden Übertragungsmatrizen verwendet.

6.37 W51 Nachrechnung von Wälzlagern nach ISO/TS 16281

Ermöglicht das Nachrechnen von Wälzlagern nach ISO/TS 16281. Die Lagerringe können wahlweise als elastisch berücksichtigt werden und auch ein Verkippen aufweisen.

6.38 W51a Wälzlager Feinauslegung

Optimierung der inneren Lagergeometrie mittels Variationsrechnungen.

7 Verbindungen: M-Rechte

7.1 M01a Zylindrischer Presssitz

Mit diesem Recht können zylindrische Presssitze und Bandagen mit Fliehkrafteinfluss berechnet werden. Mehrteilige Presssitze können definiert werden, wobei jeweils die auftretenden Kräfte (von aussen nach innen) an den nächst inneren Ring weitergegeben werden. Es kann dann der innerste Presssitz nachgewiesen werden.

Folgende Berechnungen sind möglich:

- Belastungen in Umfangs- und Axialrichtung.
- Berechnung des maximalen Drehmomentes für eine schlupffreie Passung. Bei Auftreten von Schlupf in der Passung tritt Reibkorrosion durch Mikrogleiten auf.
- Berechnung mit der kompletten Norm DIN 7190-1:2017 (im elastischen Bereich) mit Längs-, Quer- und Ölpressverbänden.
- Nachrechnung eines elastisch-plastisch belasteten Pressverbandes nach DIN 7190-1:2017 mit vorgegebenem Übermass (Spannungen und Dehnungen werden für den rein elastischen Fall ermittelt).

Die Spannungsverläufe (Vergleichs-, Tangential- und Radialspannungen) können in einer Grafik angezeigt werden. Zusätzlich sind in einer zweiten Grafik die Toleranzlagen mit Abmassen, Berücksichtigung der Temperatur und Fliehkraft mit oder ohne Berücksichtigung der Pressung darstellbar.

Die Spannungen (Radial- und Tangentialspannungen) werden nach der Theorie von 'ringförmigen Scheiben konstanter Dicke' berechnet [41]. Weiter wird die Sicherheit des Pressverbandes gegen Rutschen und die Sicherheit des Werkstoffes von Welle und Nabe gegen Bruch- und Streckgrenze berechnet. Zur Erleichterung der Eingabe ist das Toleranzsystem nach DIN EN ISO 286-1:2010 eingebaut (z.B. mit Eingabe Durchmesser 60 H7/f6).

7.2 M01b Konischer Presssitz

Beim konischen Presssitz (Kegelpressverband) können die Rechenmethoden nach Kollmann 1984 oder DIN 7190-2:2017 verwendet werden.

Dieses Recht ermöglicht die Berechnung und Auslegung eines Kegelpressverbandes für die Übertragung von Drehmomenten im elastischen Betriebszustand. Die Montage erfolgt entweder durch axiales Verspannen mittels einer Schraube (Kollmann) oder durch Aufpressen. Die Methode

nach Kollmann ist für Verbände mit gleichen Elastizitätsmodulen und vollem Innenteil. Der zulässige Bereich des Einstellwinkels (für obere Anlage) wird ausgelegt. Berechnet wird ausserdem der Aufschub und die Vorspannkraft beim Fügen und im Betrieb bei maximalem Drehmoment.

Bei der Rechenmethode nach DIN 7190-2:2017 sind auch Verbände mit Hohlwellen möglich. Bei dieser Methode werden das Rutschmoment, die Füge- und die Axialkraft bei Betrieb bestimmt sowie zusätzlich die Vergleichsspannungen beim Fügen nach vorgegebenem Fügedruck.

Mögliche Auslegungsfunktionen:

- Zulässiger Kegelwinkel (für Selbsthemmung)
- Sitzlänge zur Übertragung des maximalen Drehmomentes
- Maximal übertragbares Drehmoment

Bei der Nachrechnung nach Kollmann ist zusätzlich wählbar:

- Montageaufschub oder Montageaufschubkraft

7.3 M01x Erweiterte Berechnung Presssitz

Erweiterung für Rechte M01 und M01b

In die Berechnung wird der Einfluss der Fliehkraft auf die Aufweitung des Pressverbandes und die Spannungen in Welle und Nabe miteinbezogen. Neben der direkten Eingabe der Toleranz kann auch die automatische Bestimmung der optimalen Toleranzpaarungen aufgrund der gewünschten Sicherheit gegen Rutschen und für zulässige Werkstoffbeanspruchung durchgeführt werden. Eingabe der Oberflächenrauigkeit mit Qualitäten nach DIN EN ISO 1302:2002.

Bei der Berechnung von zylindrischen und konischen Presssitzen mit KISSsoft kann der Aussendurchmesser der Nabe variieren. In solchen Fällen wird der Aussendurchmesser abschnittsweise mit Durchmesser und Länge eingegeben, daraus ein äquivalenter Durchmesser (nach Gross 1996) bestimmt und in der Berechnung berücksichtigt.

7.4 M01c Klemmverbindungen

Bei den Klemmverbindungen gibt es zwei unterschiedliche Konfigurationen, die berechnet werden können:

- Geschlitzte Nabe
- Geteilte Nabe

Die Berechnung von Flächenpressung und Haftsicherheit erfolgt nach Roloff/Matek [42]. Die Biegung wird nach Decker 2000 ermittelt.

7.5 M02a Passfeder

Für die Geometrie der Passfedern sind nach den Normen (auswählbar):

- DIN 6885.1:1968 Standard
- DIN 6885.1:1968 Form G, H, J
- DIN 6885.2:2012
- DIN 6885.3:1956
- ANSI B17.1:1967 Square
- ANSI B17.1:1967 Rectangular
- Eigene Eingabe

Mit diesem Recht kann eine Berechnung nach der Rechenmethode DIN 6892 Methode B oder Methode C durchgeführt werden.

Nach der DIN 6892:2012 Methode C wird eine Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) und der Passfeder (Scherung) mit der Bestimmung der Sicherheiten durchgeführt. Bei der Berechnung werden sowohl die Toleranzen der Keilrundungsradien als auch die Kraftangriffsrichtung berücksichtigt. Die Anzahl Passfedern, der Traganteilkfaktor und der Anwendungsfaktor können ebenfalls eingegeben werden. In einer Grafik kann die Welle und Nabe mit der Passfeder massstäblich dargestellt werden.

Die Passfeder-Berechnung nach DIN 6892:2012 Methode B enthält eine sehr differenzierte Berechnung der Passfeder auf Dauer- und Spitzenlast. Die Berechnungsnorm berücksichtigt das gleichzeitige Vorliegen einer Presspassung.

In einer Untermaske können zusätzlich der Kantenbruch an Welle und Nabe, der kleine und grosse Aussendurchmesser der Nabe, die Breite zum Aussendurchmesser, Abstand, Drehmomentverlauf und Häufigkeit des Lastrichtungswechsels definiert werden.

Mögliche Auslegungsfunktionen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle bzw. der Nabe aufgrund der Sollsicherheit
- Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes

7.6 M02b Keilwelle/ Vielnutprofil

Die Berechnung ist für Keilwellen/ Vielnutprofile nach:

- DIN ISO 14:1986 (leichte Reihe)
- DIN ISO 14:1986 (mittlere Reihe)
- DIN 5464:2010 (Fahrzeuge, schwere Reihe)
- DIN 5471:1974 (Werkzeugmaschinen mit 4 Keilen)
- DIN 5472:1980 (Werkzeugmaschinen mit 6 Keilen)
- Eigene Eingabe

Es wird eine Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) durchgeführt. Weitere Normen können hinzugefügt werden. Die Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) mit der Bestimmung der Sicherheiten erfolgt nach Niemann [22]. Die Verbindung kann massstäblich in einer Grafik dargestellt werden.

Auslegungsfunktionen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle bzw. der Nabe aufgrund der Sollsicherheit
- Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes

7.7 M02c Kerbverzahnung

Mit diesem Recht sind folgende Berechnungen für Kerbverzahnungen möglich:

- DIN 5480:1991
- DIN 5480:2006
- DIN 5481:2018
- DIN 5482:1973
- ISO 4156:2021
- ANSI B92.1:1996
- ANSI B92.2:1989
- Eigene Eingabe

Es wird eine Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) durchgeführt. Weitere Normen können hinzugefügt werden. Die Daten von Verzahnungen sind in der Datenbank definiert. Die Berechnung der Fabrikationsmasse und Toleranzen kann mit dem Recht Z09 der Zahnradberechnung ausgeführt werden. Die Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) mit der Bestimmung der Sicherheiten erfolgt nach Niemann [22].

Auslegungsfunktionen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle bzw. der Nabe aufgrund der Sollsicherheit
- Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes

7.8 M02d Polygon

Die Berechnung ist für Polygonwellen nach:

- DIN 32711-1:2023 (P3G-Profil)
- DIN 32712-1:2009 (P4C-Profil)

Es wird eine Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) durchgeführt. Weitere Normen können hinzugefügt werden. Die Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) mit der Bestimmung der Sicherheiten erfolgt entweder nach den Normen DIN 32711-2:2023 (für Profile P3G) und DIN 32712-2:2012 (für Profile P4C) oder nach Niemann [22].

Die Verbindung kann in einer massstäblichen grafischen Darstellung gemäss den DIN-Normen angezeigt werden.

Auslegungsfunktionen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle bzw. der Nabe aufgrund der Sollsicherheit
- Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes

7.9 M02e Scheibenfeder

Diese Recht ermöglicht die Berechnung für Scheibenfedern nach:

- DIN 6888:1956, Reihe A (hohe Nabennut)
- DIN 6888:1956, Reihe B (niedrige Nabennut)

Es wird eine Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) durchgeführt. Weitere Normen können hinzugefügt werden. Die Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) mit der Bestimmung der Sicherheiten erfolgt nach der klassischen Literatur [22]).

Auslegungsfunktion:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle bzw. der Nabe aufgrund der Sollsicherheit

7.10 M03a Berechnung Bolzen- und Stiftverbindungen

Bolzen- und Stiftverbindungen sind je nach Anwendungsfall in fünf Berechnungstypen unterteilt:

- Querstift unter Drehmoment
- Längsstift unter Drehmoment
- Steckstift unter Biegekraft
- Querbelastete Bolzenverbindung
- Bolzen in Kreisanordnung

Die Berechnung der Belastungen von Bolzen, Welle und Nabe (oder Bauteil) mit der Bestimmung der Sicherheiten erfolgt nach der klassischen Literatur von Niemann 2005 [22], ausgenommen sind Bolzen in Kreisanordnung.

Es können dabei wahlweise Vollstifte/Bolzen, Kerbstifte sowie Spiralspannstifte nach DIN EN ISO 8748:2007, DIN EN ISO 8750:2007 oder DIN EN ISO 8751:2007 und Spannstifte nach DIN EN ISO 8752:2009 oder DIN EN ISO 13337:2009 ausgewählt werden.

7.11 M04 Schraubenberechnung

Die Berechnung erlaubt die Verwendung des kompletten Umfangs der VDI 2230 Blatt 1, Ausgabe 2015 und die Berechnung mit FE-Resultaten nach VDI 2230 Blatt 2 (2014). Die Beispiele der VDI 2230 Blatt1 können zusammen mit dem Recht M04a berechnet werden. Für alle betroffenen Elemente sind Tabellen integriert, wie z.B. Schrauben nach:

- DIN EN ISO 4762:2004
- DIN 7984:2009
- DIN EN ISO 4014:2011
- DIN EN ISO 4017:2011
- DIN EN ISO 1207:2011
- DIN EN ISO 8765:2011
- DIN EN ISO 8676:2011
- DIN EN 1662:1998
- DIN EN 1665:1998
- ASME B18.2.1:2012
- Eigene Eingabe

Des Weiteren sind die Normen für Bohrungen, Unterlegscheiben, Muttern etc. in der Datenbank gespeichert. Eigene Definitionen von Schrauben mit bis zu 9 Abschnitten, auch Hohlschrauben, sind möglich. Als verspannte Elemente können Platten, Hülsen, Kreisringsegmente oder prismatische Körper definiert werden. In der Software können Vorschläge für den Nenndurchmesser und die Gewindelänge generiert werden. Die Vorspannkraft wird standardmässig auf 90% der Streckgrenze ausgelegt und kann angepasst werden. Berechnungen mit Vorgabe von Anziehdrehmoment oder Vorspannkraft sind durchführbar. Die Daten werden für den Zustand der minimalen Vorspannkraft (Anziehungsfaktor 1.0), der maximalen Vorspannkraft und der gewählten Ausnutzung der Streckgrenze ausgegeben. Auch die Schraubengeometrie, das Verspannungsdiagramm und das Verhältnis Vorspannkraft zu Anziehdrehmoment lassen sich grafisch darstellen.

7.12 M04a Exzentrische Verspannung und Belastung

Voraussetzung: Recht M04

Dieses Recht ermöglicht zusätzlich die Berücksichtigung einer exzentrischen Belastung und Verspannung und kontrolliert die Trennfuge auf Klaffen. Weitere Schraubenverbindungskonfigurationen mit Axial-, Quer- und Biegemomentbelastungen können ausgewählt werden sowie die Berechnung der Mindestschraubtiefe und Abstreiffestigkeit. Zur Bestimmung der notwendigen Mindestschraubtiefe kann - nach Kapitel 5 der VDI 2230 Blatt 1 - die Abstreiffestigkeit von Schrauben- und Muttergewinden unter Berücksichtigung der Mutteraufweitung und der plastischen Verformung berechnet werden.

7.13 M04b Schraubenberechnung mit Temperatureinfluss

Voraussetzung: Recht M04

Dieses Recht erlaubt nach Wiegand, Kloos, Thomala 1988, unter Verwendung der Rechenvorschrift nach VDI 2230, die Schraubenverbindungen auch bei Betriebstemperaturen zwischen -200 °C und $+1000\text{ °C}$ zu berechnen. Für Schrauben und verspannte Teile können unterschiedliche Temperaturen vorgegeben werden. Im Weiteren wird die Temperaturabhängigkeit des Elastizitätsmoduls, des Wärmedehnungskoeffizienten, der Streckgrenze und der zulässigen Pressung der Werkstoffe berücksichtigt. Die Schraubenverbindung wird für den Montagezustand bei Raumtemperatur sowie für den stationären oder instationären Zustand bei Betriebstemperatur auf sämtliche Kriterien überprüft (nach VDI 2230 Blatt 1: Vorspannkraft, Schraubkraft, Dauerhaltbarkeit und Flächenpressung).

7.14 M05 Seegerring

Diese Rechenmethode basiert auf den Seeger-Orbis-Katalog. Es wird zwischen Wellen- und Bohrungsringsen unterschieden, bei denen scharfkantige Auflagen oder Ausführungen mit Schräge (Kantenabstand/Radius) bearbeitet und definiert werden können.

Sowohl für Wellen- als auch für Bohrungsringsen sind folgende Berechnungen möglich:

- Tragfähigkeit der Nut, Tragfähigkeit des Seegerrings (Sicherungsring), Hebelarm des Umstülpmoments, Biegespannung des Rings, Zangenkraft

Zusätzlich für die Wellenringe lassen sich berechnen:

- Ablösedrehzahl der Welle, Haltekraft des Ringes

Dabei stehen folgende Auslegungsfunktionen zur Verfügung:

- Auslegung des Lastfaktors anhand des Verhältnisses von Bundlänge zu Nuttiefe
- Auslegung des Umstülpwinkels anhand des Nenndurchmessers

7.15 M06 Hirthverzahnung

Diese Berechnungsmethode wurde aus dem von Voith herausgegebenen Handbuch abgeleitet. Die Zahngeometrie sowie Belastungen und Sicherheitsfaktoren werden berechnet. Sie können eine bestehende Konstruktion aus dem Voith-Handbuch wählen oder über "Eigene Eingabe" eine eigene Geometrie eingeben.

8 Federn: F-Rechte

8.1 F01 Berechnung Druckfedern

Die Berechnung von zylindrischen Schraubendruckfedern wird nach DIN EN 13906-1:2013 durchgeführt.

Dieses Recht beinhaltet die Auslegung - mittels Vorgabe von Federkräften und Einbaumassen - und Nachrechnung von Druckfedern. Die Toleranzen und Hauptmasse sind nach DIN 2076:1984 (zurückgezogen), DIN 2077:1979 (zurückgezogen), DIN 2096:1981, DIN EN 15800:2009, DIN EN 10270-1:2017, DIN EN 10270-2:2012, DIN EN 10270-3:2012 (zurückgezogen), DIN EN ISO 6931-1:2017 und DIN EN 10218:2012 enthalten.

Die Datenbank umfasst die wichtigsten Federwerkstoffe sowie Federgeometrien nach DIN 2098 Blatt 1 (zurückgezogen).

In Grafiken kann die Federkennlinie, die Relaxation, der zeitliche Verlauf der Relaxation, der zeitliche Verlauf der Federkraft und das Goodman-Diagramm für dynamisch beanspruchte Federn dargestellt werden.

8.2 F02 Berechnung Zugfedern

Die Berechnung von zylindrischen Zugfedern wird nach DIN EN 13906-2 durchgeführt.

Dieses Recht beinhaltet die Auslegung - mittels Vorgabe von Federkräften und Einbaumassen - und Nachrechnung von Zugfedern. Die Toleranzen, Hauptmasse und Ösen sind nach DIN 2076:1984 (zurückgezogen), 2077:1979 (zurückgezogen), DIN 2096:1981, DIN 2097:1973, DIN 2194:2002, DIN EN 10270-1:2017 enthalten.

Die Datenbank umfasst die wichtigsten Federwerkstoffe sowie die Drahtdurchmesser nach DIN 2076:1984 (zurückgezogen), 2077:1979 (zurückgezogen), DIN EN 10270-1:2017, DIN EN 10270-2:2012, DIN EN 10270-3:2012 (zurückgezogen), DIN EN ISO 6931-1:2017 und DIN EN 10218:2012.

In Grafiken können die Federkennlinie und das Goodman-Diagramm für dynamisch beanspruchte Federn dargestellt werden.

8.3 F03 Berechnung Schenkelfedern

Die Berechnung von zylindrischen Drehfedern wird nach DIN EN 13906-3 durchgeführt.

Dieses Recht beinhaltet die Auslegung - mittels Vorgabe von Federkräften und Einbaumassen - und

Nachrechnung von Schenkelfedern. Die Toleranzen sind nach DIN 2076:1984 (zurückgezogen), DIN 2077:1979 (zurückgezogen), DIN 2194:2002 und DIN EN 10270-1:2017 enthalten.

Die Datenbank umfasst die wichtigsten Federwerkstoffe sowie die Drahtdurchmesser nach DIN 2076:1984 (zurückgezogen), DIN 2077:1979 (zurückgezogen), DIN EN 10270-1:2017, DIN EN 10270-2:2012, DIN EN 10270-3:2012 (zurückgezogen), DIN EN ISO 6931-1:2017 und DIN EN 10218:2012.

In einer Grafik kann die Federkennlinie dargestellt werden. Die Schenkel können fest eingespannt, abgestützt, tangential oder abgebogen sein.

8.4 F04 Berechnung Tellerfedern

Die Berechnung von Tellerfedern und Federpaketen wird nach DIN EN 16984:2017 durchgeführt.

Dieses Recht beinhaltet die Auslegung - mittels Vorgabe von Federkräften und Einbaumassen - und Nachrechnung von Tellerfedern.

Die Datenbank enthält Werkstoffkennwerten und Abmessungen nach DIN EN 16983:2017. Als Grafiken können die Federkennlinie und das Goodman-Diagramm dargestellt werden.

8.5 F05 Berechnung Drehstabfedern

Die Berechnung von Drehstabfedern mit rundem Querschnitt wird nach DIN 2091:1981 durchgeführt.

Dieses Recht beinhaltet die Auslegung - mittels Vorgabe von Federkräften und Einbaumassen - und Nachrechnung von Drehstabfedern.

Die Werkstoffkennwerte sind nach DIN EN 10089:2003 und die Hauptmasse nach DIN 2091:1981 enthalten.

Als Grafik kann die Federkennlinie dargestellt werden.

8.6 F06 Berechnung Kegelstumpffedern

Die Berechnung von konischen Schraubendruckfedern wird nach Meissner, Schorcht 2007 durchgeführt. Die Berechnung von Toleranzen und Werkstoffen sowie der Relaxation erfolgt nach DIN EN 13906-1:2013.

Dieses Recht beinhaltet die Auslegung - mittels Vorgabe von Federkräften und Einbaumassen - und Nachrechnung von konischen Druckfedern. Die Toleranzen und Hauptmasse sind nach DIN

2076:1984 (zurückgezogen), DIN 2077:1979 (zurückgezogen), DIN 2096:1981, DIN EN 15800:2009, DIN EN 10270-1:2017, DIN EN 10270-2:2012, DIN EN 10270-3:2012 (zurückgezogen), DIN EN ISO 6931-1:2017 und DIN EN 10218:2012 enthalten.

Die Datenbank umfasst die wichtigsten Federwerkstoffe.

In Grafiken kann die Federkennlinie, die Relaxation, der zeitliche Verlaufes der Relaxation, der zeitliche Verlauf der Federkraft und das Goodman-Diagramm für dynamisch beanspruchte Federn dargestellt werden.

9 Riemen- und Kettentriebe: Z-Rechte

9.1 Z90 Keilriemen

Vollständige Berechnung mit Angabe von Normkeilriemenlängen und genormten Wirkdurchmessern. Bestimmung der übertragbaren Leistung pro Riemen unter Berücksichtigung der Drehzahl, des Wirkdurchmessers, des Übersetzungsverhältnisses und der Riemenlänge. Alle Daten für die verschiedenen Riementypen sind in selbsterklärenden Textdateien abgelegt und enthalten die Angaben aus den technischen Katalogen der entsprechenden Hersteller (z.B. Fenner). Die Riemenspannung wird durch den Riemendurchbiegungstest ermittelt. Weiter wird der Zugtrum wie auch die Achslast bei Stillstand und im Betrieb für optimale Einstellung sowie für Einstellung nach Katalogangaben berechnet.

Keilriemenprofile:

- SPZ, SPA, SPB, SPC
- XPZ, XPA, XPB, XPC
- 3V/9N, 5V/15N, 8V/25N
- 3V/9J, 5V/15J, 8V/25J
- Dayco RPP (Panther)
- Weitere Profile auf Anfrage

Die Grobdimensionierung, die in diesem Recht enthalten ist, gibt einen Vorschlag für einen zu Ihrem Antriebsproblem passenden Keilriemen aus.

Weitere Auslegungsmöglichkeiten:

- Riemenzahl
- Riemenlänge aus dem Achsabstand und umgekehrt

Als Variante kann die Berechnung auch mit einer dritten Rolle (Spannrolle) erfolgen. Die Eingabe der Rollenposition erfolgt mittels grafischer Positionierung durch das Verschieben mit der Maus. Die Lage der Rolle kann wahlweise aussen- oder innenanliegend sein. Die geänderten Umschlingungsparameter werden in der anschließenden Berechnung berücksichtigt.

9.2 Z91 Zahnriemen

Vollständige Berechnung und Auslegung eines Zahnriementriebs mit Bestimmung der Zähnezahl und Riemenlänge unter Berücksichtigung der Standard-Zähnezahlen. Mit Eingabe der gewünschten Sollübersetzung und/oder des gewünschten Sollachsabstandes erstellt das Programm optimale Vorschläge. Die benötigte Riemenbreite wird unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren, der Mindestzähnezahlen und der Anzahl der eingreifenden Zähne berechnet. Im Protokoll werden die Montageangaben (Riemenzug-Prüfung) angezeigt. Die Daten für die einzelnen Riementypen sind in selbsterklärenden Textdateien abgelegt und können durch den Benutzer beliebig verändert werden.

Zahnriemenprofile:

- XL, L, H, 8m, 14mm ISORAN (FENNER)
- 8mm, 14mm ISORAN-RPP-GOLD, ISORAN-RPP-SILVER (Megadyne)
- 8mm, 14mm RPP-HRP (Pirelli)
- 3mm, 5mm, 8mm, 14mm PowerGrip HTD (Gates)
- 8mm RPP (Marke DAYCO, Panther)
- 8mm, 14mm MGT Poly Chain GT2 (Gates)
- 8mm, 14mm MGT Poly Chain GT Carbon (Gates)
- AT5mm, AT10mm, AT20mm BRECOflex (BRECO)
- AT3mm, AT3mm GEN III, AT5mm GEN III, AT10mm GEN III SYNCHROFLEX (CONTITECH)
- Andere Zahnriementypen auf Anfrage

Die Grobdimensionierung, die in diesem Recht enthalten ist, gibt einen Vorschlag für einen zu Ihrem Antriebsproblem passenden Zahnriemen aus.

Weitere Auslegungsmöglichkeiten:

- Riemenbreite
- Riemenzähnezahl aus dem Achsabstand und umgekehrt

Spezielle, verzugsfreie Zahnriemen mit Einlagen aus hochfesten Stahlseilen (z.B. AT5) können ebenfalls berechnet werden.

Analog zum Keilriemen-Recht Z90 kann auch hier eine Spannrolle miteinbezogen werden.

9.3 Z92 Kettentriebe

Die Berechnung von Kettentrieben mit Rollenketten wird nach DIN ISO 606:2012 unter Verwendung genormter Rollenketten aus der Datenbank durchgeführt. Für Einfach- und Mehrfachketten werden die Kettengeometrie (Achsabstand, Kettengliederzahl), die übertragbare Leistung, die Achskräfte, die Drehzahl-Variation durch den Polygoneffekt usw. berechnet.

Grundlagen für die Berechnungen bilden die DIN ISO 10823: 2006, [43] und [22]. Zusätzlich wird die Kontrolle der zulässigen Höchstdrehzahl durchgeführt und ein Vorschlag für die erforderliche Schmierung ausgegeben. Analog zum Keilriemen-Recht Z90 kann ein drittes Rad (Spannrolle) grafisch auf dem Bildschirm positioniert und in die Berechnung miteinbezogen werden.

Mögliche Auslegungen:

- Aufgrund der Antriebsdaten wird eine Liste von Vorschlägen für geeignete Kettentriebe angezeigt
- Berechnung der Kettenlänge aus dem Achsabstand und umgekehrt
- Spannrolle innen/aussen mit grafischer Positionierung (durch Verschieben mit der Maus)

10 Automotive: A-Rechte

10.1 A10 Synchronisation

Mit dieser Berechnung kann die Synchronisationszeit für das Ein- und Auskuppeln zweier Zahnräder berechnet werden durch Eingabe der Geometrie, der Betriebsbedingungen und dem verwendeten Material.

10.2 A20 Schaltbare fremdbetätigte Kupplungen

Mit diesem Recht werden schaltbare fremdbetätigte Kupplungen und Bremsen nach VDI 2241 Blatt 1:1982 und VDI 2241 Blatt 2:1984 berechnet. Es beinhaltet die Auslegung und Berechnung von Reibkupplungen durch Vorgabe von Trägheitsmomenten, Drehmomenten und Drehzahlen.

Des Weiteren lassen sich folgende Ergebnisse grafisch darstellen:

- Drehzahlverlauf zur Rutschzeit t_3
- Momentenverlauf zur Rutschzeit t_3
- Gleitreibungszahlverlauf zur Gleitgeschwindigkeit beim mittleren Radius r_m (wenn definiert)

11 KISSsys: K11-Rechte

11.1 Überblick

In KISSsys kann ein System von Maschinenelementen abgebildet werden. Für dieses System wird dann der Leistungsfluss berechnet und die Verknüpfungen zwischen verschiedenen Elementen verwaltet. Für die Festigkeitsberechnung der Maschinenelemente verwendet KISSsys die KISSsoft-Routinen. Die Berechnungsergebnisse stehen in tabellarischer und grafischer Form in KISSsys zur Verfügung. Der Anwender hat somit jederzeit einen Überblick über die Festigkeit und die Lebensdauer aller Elemente seiner Konstruktion.

Datenansicht

Innerhalb von KISSsys wird ein Modell des betrachteten Systems als Datenbasis abgelegt. Auf diese Daten hat der Anwender über verschiedene Ansichten Zugriff:

- Eine Tabellenansicht stellt Daten für Bauelemente übersichtlich zusammen und erlaubt die einfache Eingabe von Daten.
- Eine frei konfigurierbare Benutzerschnittstelle in Tabellenform fasst die wichtigsten Ein- und Ausgabegrößen zusammen und bietet die Möglichkeit, Funktionen aufzurufen.
- Die Konfiguration der vorhandenen Vorlagen erfolgt über flexible Dialoge. Für eigene Vorlagen können diese Dialoge auf einfache Weise verändert werden.
- Eine Baum-Ansicht bietet eine Übersicht über die Baugruppenstruktur.
- Die 2D-Prinzipskizze visualisiert den Leistungsfluss.
- Eine 3D-Ansicht dient der optischen Kontrolle der Eingaben. Interaktives Drehen, Verschieben und Zoomen sind selbstverständlich möglich.

Modellierung

Die in KISSsys modellierten Systeme sind weitgehend frei definierbar. Um die tägliche Arbeit effizienter zu gestalten, hat KISSsys die Möglichkeit, Vorlagen zu verwalten. Damit können bereits definierte Elemente - vom Bauteil bis hin zu einer kompletten Baugruppe - auf einfachste Weise zusammengefügt werden. Eine eingebaute Programmiersprache erlaubt es, sehr mächtige anwendungsspezifische Applikationen zu schreiben. So kann z.B. die Grobauslegung eines Antriebsstranges innerhalb KISSsys automatisiert werden. Zur Darstellung der Ergebnisse von Variationen stehen leistungsfähige Plot-Funktionen zur Verfügung.

Varianten

Die meisten Designs im Maschinenbau treten in Varianten auf. KISSsys unterstützt über spezielle Datenformate diese Varianten, so dass es jederzeit leicht möglich ist, zwischen verschiedenen Gerätetypen einer Baureihe, Schaltstellungen oder Ähnlichem umzuschalten.

11.2 K11 GPK

Voraussetzung: entsprechende KISSsoft-Rechte

Dieses Recht erlaubt die Verwendung von KISSsys ohne Administratorrechte. Der Anwender kann bestehende Modelle öffnen und alle Berechnungen durchführen, sofern die entsprechenden Rechte für die KISSsoft-Berechnungen vorhanden sind. Alle Funktionen im Modell können ausgeführt werden. Änderungen am Modellbaum oder an bestehenden Funktionen können jedoch nicht vorgenommen werden.

11.3 K11a Administrator

Erweiterung zu den Rechten: K11 und K11c

Dieses Recht ermöglicht die Verwendung von KISSsys im Administrator-Modus und erlaubt damit, das beliebige Verändern und auch neu Erstellen des KISSsys Modellbaums. Dabei sind alle Elemente frei hinzufügbare. Zusätzlich kann der Anwender eigene Funktionen mit der Interpretersprache Classcad generieren, ändern und ausführen.

11.4 K11e Eclipse Debug Classes

Dieses Recht gibt die Kommunikation zwischen KISSsys und dem Debugger Eclipse frei. Eclipse dient dazu, den Benutzercode mit der Classcad Interpretersprache zu erstellen, zu ändern und vor allem zu debuggen. Der vollständige Modellbaum, mit allen Elementen und den dazugehörigen Variablen sowie Funktionen, kann mit einer erfolgreichen Verbindung in Eclipse sichtbar gemacht werden. Es kann nach einzelnen Funktionen oder nach verwendeten Wörtern im gesamten Modell und in der gesamten Bibliothek gesucht werden. Mit Hilfe von Breakpoints kann nach einem Funktionsaufruf in KISSsys im erstellten Classcad-Code Schritt für Schritt nach Fehlern gesucht werden.

11.5 K11f Industriegetriebe-Variantengenerator

Dies ist ein spezielles KISSsys Modell mit erweiterter Funktionalität. Mit der Vorgabe des Bereiches für die Anzahl Stufen, der Übersetzungsschritte, der Gesamtübersetzung und des Abtriebsmomentes werden automatisch ganze Getriebeleistungen erzeugt. Es können sowohl die Verzahnungsstufen als auch die Wellen und Lager ausgelegt werden. Die entsprechenden KISSsoft-Dateien aller erzeugten Varianten werden im Projektordner abgespeichert und können zur Betrachtung ins Gesamtsystem in KISSsys eingelesen werden.

Bei den ausgelegten Getrieben handelt es sich um typische Industriegetriebe. Folgende Stufen sind als erste Getriebestufe definierbar:

- Stirnradstufe
- Kegelradstufe
- Schneckenstufe
- Schraubradstufe
- Planetenstufe

Bei der Erzeugung der weiteren Stufen werden nur Stirnräder berücksichtigt.

11.6 K11h Thermische Bilanz

Erweiterung für Recht: K11m

Mit der Wirkungsgradberechnung in KISSsys kann der Anwender die Wärmebilanz in einem Getriebe berechnen. Es sind unterschiedliche Methoden implementiert. Der Anwender kann auswählen, welche Berechnung gemäss ISO/TR 14179, Teil 1 und Teil 2 (zusammen mit AGMA 6123-B06), ausgeführt werden soll.

Eine Wärmeanalyse kann in zwei Teile – Verlustleistung und Wärmeabfuhr – aufgeteilt werden. Darüber hinaus kann auch ein externer Kühler berücksichtigt werden. Verlustleistung und Wärmeabfuhr können in mehrere Abschnitte unterteilt werden, um die Wirkung aller Getriebekomponenten im Einzelnen zu betrachten.

Die Verlustleistung kann in zwei Hauptkomponenten unterteilt werden, nämlich lastabhängige und lastunabhängige Verluste. Während dem Laufen des Getriebes treten normalerweise beide Verlustarten auf. Ausserdem kann die Verlustleistung nach Getriebeelementen wie Zahnrädern, Lagern und Dichtungen unterteilt werden. Für die Zahnräder werden Eingriffs- (nach Niemann) und Planschverluste (nach ISO/TR 14179) betrachtet, für die Lager die Roll-, Gleit- (nach SKF), Dichtungs- (nach ISO/TR 14179) und Luftreibung und für die Dichtungen die Dichtungsreibung. Zur Berechnung von Planschverlusten, beispielsweise, stellt die Norm eine Lösung für Stirnräder zur Verfügung, welche auf Kegelräder ausgedehnt wird. Die AGMA 6123-B06 enthält eine Lösung für Planetengetriebe mit festgehaltenem Hohlrad. Alle anderen Zahnradtypen oder –konfigurationen werden nicht betrachtet.

In manchen Fällen müssen die Ergebnisse mit besonderer Vorsicht behandelt werden, da die verwendeten Berechnungsmethoden möglicherweise die Art der Geometrie nicht vollständig unterstützen.

11.7 K11i1 Modalanalyse

Erweiterung für Recht: K11, K11a, K11c

Dieses Recht erlaubt mit der Durchführung dynamischer Analysen in kompletten Wellensystemen, die Modalanalyse eines kompletten Getriebemodells. Es können reine Torsionsschwingungen, gekoppelte Torsions-, Axial- oder Biegeschwingungen ausgewählt werden. Das Ergebnis wird in einer 3D-Animation des schwingenden Wellensystems gezeigt und zudem in Tabellenform exportiert. Auch ein ausführliches Protokoll wird erzeugt. Die Dämpfung wird nicht berücksichtigt. Die Amplituden der Eigenmoden werden auf 1 normiert.

In allen Fällen wird für die Berechnung die Methode der Übertragungsmatrizen verwendet. Unter der Voraussetzung, dass die entsprechenden Rechte in der Lizenz vorhanden sind, stehen für die Eingriffssteifigkeit verschiedene Modelle zur Verfügung: ISO 6336, Kontaktanalyse, unendliche Steifigkeit und Nullsteifigkeit.

11.8 K11i2 Campbell-Diagramm

Erweiterung für Rechte: K11, K11a, K11c

Berechnung des Campbell-Diagramms bei der Durchführung dynamischer Analysen in kompletten Wellensystemen. Die Eigenfrequenzen des Wellensystems werden für einen Betriebsdrehzahlbereich für eine Welle berechnet. Die Resultate werden zusammen mit den Anregungsfrequenzen der Wellen und der Verzahnungen in Form eines Plots, eines Protokolls und einer Tabelle ausgegeben.

11.9 K11i3 Erzwungene Schwingung

Erweiterung für Rechte: K11, K11a, K11c

Berechnung von erzwungenen Schwingungen bei der Durchführung dynamischer Analysen in kompletten Wellensystemen. Dabei wird das Verhalten des Wellensystems bei dynamischer Erregung berechnet. Die dynamische Erregung konzentrierter Unwuchtmassen wird für die dynamische Anregung des Systems genutzt. Dynamische Anregungen von Zahnrädern, aufgrund von Drehwegabweichungen und Steifigkeitsschwankungen beim Zahneingriff, finden keine Berücksichtigung. Sowohl die (strukturelle) Materialdämpfung als auch die viskose Dämpfung können eingegeben werden. Das ermittelte Verhalten bei verschiedenen dynamischen Kräften wird im Zeitbereich addiert und das Endergebnis anhand des Grösstwertes dieser Superposition ermittelt. Transiente Phänomene finden keine Berücksichtigung.

11.10 K11j Gehäusedeformation in statischen Berechnungen

Erweiterung für Recht: k11, K11a, k11c

Mit zunehmender Getriebeleistung und immer kleineren Getriebegrößen wird es noch wichtiger, die Gehäusesteifigkeit in Getriebeberechnungen zu berücksichtigen. Mit diesem Recht kann der Anwender statische Berechnungen unter Berücksichtigung der Gehäusesteifigkeit durchführen. Hierfür wird die reduzierte Steifigkeitsmatrix eines FEM-Modells des Gehäuses verwendet mit den Knoten in der Mitte der Stützlager als Masterknoten. Unter Verwendung der klassischen Methode werden die Lager in der Berechnung nur ohne Spiel berücksichtigt. Der daraus resultierende Lagerversatz hat direkten Einfluss auf alle betroffenen nachfolgenden Berechnungen.

11.11 K11k Export Modelldaten

Dieses Recht wird für den Datenexport eines beliebigen KISSsys Modells in das XML-Format benötigt. Eingabedaten und die Kinematik des Modells werden zusammen mit verschiedenen Berechnungsergebnissen exportiert (z.B. Lagersteifigkeit, Eingriffssteifigkeit usw.).

11.12 K11k1 MSC Schnittstelle

Dieses Recht erlaubt, die Geometriedaten des Modells in einem lesbaren Format ins MSC Adams Gear AT zu exportieren. Dabei werden die Systemdaten, Informationen zu Lagern, Wellengeometrien, Verbindungen, Lasten und Zahnradgeometrien mit den Korrekturen herausgeschrieben.

11.13 K11k6 GEMS Schnittstelle

Gewährleistet den Import der Geometrie einer Kegelradstufe von GEMS zu KISSsys. Mit den definierten Lasten kann KISSsys dann die Kegelrad-Verschiebungen in E-, P- und G- Richtung berechnen und für GEMS ausschreiben. Damit kann in GEMS die Kontaktanalyse der Kegelradstufe mit Berücksichtigung der Verlagerungen durchgeführt werden. Die Resultate wie Verlauf der Drehwegabweichung, Eingriffssteifigkeit und Hertzsche Pressung können in KISSsys importiert und in einzelnen Grafiken (Plots) dargestellt werden.

12 KISSsoft System Module: S20-Rechte

Im Systemmodul kann ein System von Maschinenelementen abgebildet werden. Für dieses System wird dann der Leistungsfluss berechnet und die Verknüpfungen zwischen verschiedenen Elementen verwaltet. Für die Festigkeitsberechnung der Maschinenelemente verwendet das Systemmodul die KISSsoft-Routinen. Die Berechnungsergebnisse stehen in tabellarischer und grafischer Form im Systemmodul zur Verfügung. Der Anwender hat somit jederzeit einen Überblick über die Festigkeit und die Lebensdauer aller Elemente seiner Konstruktion.

12.1 S20f Charakteristische Frequenzen

Erweiterung für Berechtigungen: S20

Die charakteristischen Frequenzen von Wälzlagern und Zahnradpaaren im Antriebsstrang-Modell werden quantifiziert und in zwei Diagrammen sowie im Protokoll abgebildet. Zusätzliche Analyse-Tools für charakteristische Frequenzen ermöglichen es, sich überschneidende oder ähnliche Frequenzen zu analysieren. Benutzereingaben von anderen Bauteilen lassen sich berücksichtigen. Die Resultate der Modalanalyse können ebenfalls für die Analyse verwendet werden (erfordert Recht S20i1). Im Resultatfenster wird eine Zusammenfassung der Resultate der Analyse der charakteristischen Frequenzen angezeigt. Detaillierte Resultate werden in einem Spezialprotokoll aufgeführt.

12.2 S20h Thermische Bilanz

Erweiterung für Recht: S20m

Mit der Wirkungsgradberechnung im Systemmodul kann die Wärmebilanz in einem Getriebe berechnet werden. Es sind unterschiedliche Methoden implementiert. Der Anwender kann auswählen, welche Berechnung gemäss ISO/TR 14179, Teil 1 und Teil 2 (zusammen mit AGMA 6123-B06), ausgeführt werden soll.

Eine Wärmeanalyse kann in zwei Teile – Verlustleistung und Wärmeabfuhr – aufgeteilt werden. Darüber hinaus kann auch ein externer Kühler berücksichtigt werden. Verlustleistung und Wärmeabfuhr können in mehrere Abschnitte unterteilt werden, um die Wirkung aller Getriebekomponenten im Einzelnen zu betrachten.

Die Verlustleistung kann in zwei Hauptkomponenten unterteilt werden, nämlich lastabhängige und lastunabhängige Verluste. Während dem Laufen des Getriebes treten normalerweise beide Verlustarten auf. Ausserdem kann die Verlustleistung nach Getriebeelementen wie Zahnrädern, Lagern und Dichtungen unterteilt werden. Für die Zahnräder werden Eingriffs- (nach Niemann) und Planschverluste (nach ISO/TR 14179) betrachtet, für die Lager die Roll-, Gleit- (nach SKF), Dichtungs- (nach ISO/TR 14179) und Luftreibung und für die Dichtungen die Dichtungsreibung. Zur

Berechnung von Planschverlusten, beispielsweise, stellt die Norm eine Lösung für Stirnräder zur Verfügung, welche auf Kegelräder ausgedehnt wird. Die AGMA 6123-B06 enthält eine Lösung für Planetengetriebe mit festgehaltenem Hohlrad. Alle anderen Zahnradtypen oder –konfigurationen werden nicht betrachtet.

In manchen Fällen müssen die Ergebnisse mit besonderer Vorsicht behandelt werden, da die verwendeten Berechnungsmethoden möglicherweise die Art der Geometrie nicht vollständig unterstützen.

12.3 S20i1 Modalanalyse

Erweiterung für Recht: S20

Dieses Recht erlaubt mit der Durchführung dynamischer Analysen in kompletten Wellensystemen, die Modalanalyse eines kompletten Getriebemodells. Es können reine Torsionsschwingungen, gekoppelte Torsions-, Axial- oder Biegeschwingungen ausgewählt werden. Das Ergebnis wird in einer 3D-Animation des schwingenden Wellensystems gezeigt und zudem in Tabellenform exportiert. Auch ein ausführliches Protokoll wird erzeugt. Die Dämpfung wird nicht berücksichtigt. Die Amplituden der Eigenmoden werden auf 1 normiert.

In allen Fällen wird für die Berechnung die Methode der Übertragungsmatrizen verwendet. Unter der Voraussetzung, dass die entsprechenden Rechte in der Lizenz vorhanden sind, stehen für die Eingriffssteifigkeit verschiedene Modelle zur Verfügung: ISO 6336, Kontaktanalyse, unendliche Steifigkeit und Nullsteifigkeit.

12.4 S20i2 Campbell-Diagramm

Erweiterung für Recht: S20

Berechnung des Campbell-Diagramms bei der Durchführung dynamischer Analysen in kompletten Wellensystemen. Die Eigenfrequenzen des Wellensystems werden für einen Betriebsdrehzahlbereich für eine Welle berechnet. Die Resultate werden zusammen mit den Anregungsfrequenzen der Wellen und der Verzahnungen in Form eines Plots, eines Protokolls und einer Tabelle ausgegeben.

12.5 S20i3 Erzwungene Schwingung

Erweiterung für Recht: S20

Berechnung von erzwungenen Schwingungen bei der Durchführung dynamischer Analysen in kompletten Wellensystemen. Dabei wird das Verhalten des Wellensystems bei dynamischer Erregung berechnet. Die dynamische Erregung konzentrierter Unwuchtmassen wird für die

dynamische Anregung des Systems genutzt. Dynamische Anregungen von Zahnrädern, aufgrund von Drehwegabweichungen und Steifigkeitsschwankungen beim Zahneingriff, finden keine Berücksichtigung. Sowohl die (strukturelle) Materialdämpfung als auch die viskose Dämpfung können eingegeben werden. Das ermittelte Verhalten bei verschiedenen dynamischen Kräften wird im Zeitbereich addiert und das Endergebnis anhand des Grösstwertes dieser Superposition ermittelt. Transiente Phänomene finden keine Berücksichtigung.

12.6 S20i4 Erweiterte Berechnung erzwungener Schwingungen

Erweiterung für Recht: S20

Im Modul zur erweiterten Analyse erzwungener Schwingungen werden neben den Unwuchtkräften (Analyse erzwungener Schwingungen) zwei weitere Kraftanregungsmodelle miteinbezogen. Die Hauptanregung wird durch Verzahnungskräfte aufgrund von Drehwegabweichung (PPTE) und variabler nichtlinearer Eingriffssteifigkeit verursacht. Mit der Implementierung dieser Erweiterung kann die Analyse erzwungener Schwingungen bei Antriebssträngen mit schrägverzahnten Stirnrädern und Kegelrädern, die auf normalen und koaxialen Wellen mit Schalt- oder Kupplungselementen angebracht sind, durchgeführt werden. Planetensysteme mit unterschiedlichen Anordnungen können ebenfalls modelliert werden. Aufgrund der statischen Drehwegabweichung von Zahnrädern können die transienten Lagerbelastungen unter Berücksichtigung von Trägheit und Masse berechnet werden. Da der Ansatz auf die analytische Methode beruht, geht die Berechnung sehr schnell, und Zahnräder können nicht nur hinsichtlich der statischen Parameter bewertet werden, sondern es kann auch die dynamische Auswirkung für jede Anregungsfrequenz evaluiert werden. Gleichzeitig können auch die Herstellungsfehler von Zahnrädern sowie deren Auswirkungen auf die dynamischen Eigenschaften mittels Zahnflanken-Messdaten weiter untersucht werden.

12.7 S20i5 Drehmomentrippel-Anregung in der erweiterten Berechnung erzwungener Schwingungen

Drehmomentwelligkeit (Drehmomentrippel) ist eine periodische Drehmomentanregung, die Schwingungen und Geräusche verursachen kann. Dieser Effekt ist in der Regel in vielen Elektromotoren zu beobachten und wird durch eine periodische Schwankung des Ausgangsdrehmoments bei Drehung der Motorwelle verursacht. In die erweiterte Berechnung erzwungener Schwingungen können neben Unwuchtkräften und Verzahnungskräften, die sich aus Drehwegabweichung (PPTE) und variabler nichtlinearer Eingriffssteifigkeit ergeben, auch die von aussen wirkenden Drehmomentwelligkeiten miteinbezogen werden. Der Hauptansatz ist demjenigen, der für die Berechnung der Verzahnungsschwingungen verwendet wird, sehr ähnlich. Jedoch werden die aus der Drehmomentwelligkeit resultierenden Anregungen zu denen aus der Drehwegabweichung hinzuaddiert, sodass die erzwungenen Schwingungen im System als Resultat beider Anregungen berechnet werden.

12.8 S20j Gehäusedeformation in statischen Berechnungen

Erweiterung für Recht: S20

Mit zunehmender Getriebeleistung und immer kleineren Getriebegrößen wird es noch wichtiger, die Gehäusesteifigkeit in Getriebeberechnungen zu berücksichtigen. Mit diesem Recht kann der Anwender statische Berechnungen unter Berücksichtigung der Gehäusesteifigkeit durchführen. Hierfür wird die reduzierte Steifigkeitsmatrix eines FEM-Modells des Gehäuses verwendet mit den Knoten in der Mitte der Stützlager als Masterknoten. Unter Verwendung der klassischen Methode werden die Lager in der Berechnung nur ohne Spiel berücksichtigt. Der daraus resultierende Lagerversatz hat direkten Einfluss auf alle betroffenen nachfolgenden Berechnungen.

12.9 S20k7 REXS Import und Export

Erweiterung zu Recht: S20

Ermöglicht den Import und Export von Systemmodellen gemäss der REXS-Spezifikation. Die REXS-Spezifikation, die von der Forschungsvereinigung FVA entwickelt wurde, ist als branchenweiter Standard für den Austausch von Getriebe-Modellen zwischen verschiedenen Programmen konzipiert. Derzeit werden Versionen bis zu REXS 1.4 unterstützt.

12.10 S20k8 KISSsys Import

Ermöglicht den Import von Systemmodellen, die mit der Funktion **Export System Module** aus KISSsys exportiert wurden. Die von dieser Funktion ausgegebenen Dateien sind ähnlich wie REXS-Dateien, enthalten aber zusätzliche benutzerdefinierte KISSsoft-Variablen, die dem Benutzer die manuelle Eingabe dieser Werte ersparen.

12.11 S20k9 Export des kompletten Wellensystems aus dem Systemmodul (STEP von Parasolid)

Dieses Recht ermöglicht den Export des kompletten Systemmodul-Modells. Die Formate STEP, Parasolid Text (X_T) und Parasolid binär (X_B) stehen zur Auswahl. Die genaue Geometrie der Zahnräder und die für den 3D-Viewer definierten Vereinfachungen gelten auch für den Export.

12.12 S20k10 Prüfung auf Übermass im 3D-Modell

Dieses Recht ermöglicht die Prüfung auf Übermass zwischen den verschiedenen Komponenten innerhalb des Systemmodul-Modells. Ein Übermass zwischen zwei Komponenten liegt vor, wenn sie sich ein Volumen teilen.

12.13 S20l Systemlastkollektiv

Dieses Recht erlaubt die Erstellung eines Lastkollektivs für das System, in dem eine benutzerdefinierte Anzahl von Parametern variiert werden kann. Randbedingungen für Belastungen, Verluste, Zahnradfaktoren, Wellentemperaturen und viele mehr können als variable Parameter im Kollektiv definiert werden. Verschiedene Anwendungsfälle mit mehreren Variationen von geforderter Lebensdauer können so erstellt werden. Ein Lastkollektiv kann auch direkt importiert werden. Anschliessend kann ein einfaches kinematisches Lastkollektiv oder die gesamte Festigkeitsanalyse durchgeführt werden. Auch die Bewertung jedes einzelnen Lastkollektivelements kann gerechnet werden. Im Hauptprotokoll werden die Ergebnisse der entsprechenden Berechnung angezeigt.

12.14 S20m Verlustleistungsiteration

Dieses Recht ermöglicht das Abrufen der in jedem Untermodul berechneten Zahneingriffs- und Lagerverluste und die Iteration der Kinematik, bis ein Drehmomentgleichgewicht gefunden ist.

12.15 S20n Systemkontaktanalyse

Zahnkontaktanalyse unter Last für jeden Eingriff unter Berücksichtigung des Einflusses jedes Eingriffs auf den Rest des Systems. Ausgehend von bestehenden Bezugsrandbedingungen wird die Systemkontaktanalyse berechnet, indem Schwingungen und Laständerungen auf die anderen Eingriffe im System übertragen werden. Dieses Modul ist mit den Verlustleistungen verknüpft, um die Systemverluste im Tab **Verlustleistung** zu verwenden.

12.16 S20o Sketcher

Dieses Recht erlaubt den Aufbau eines Getriebesystems per grafischer Eingabe ähnlich dem skizzieren eines Systems auf Papier.

12.17 S20p Administrator

Erweiterung zu Recht: S20

Dieses Recht ermöglicht die Verwendung des Systemmoduls im Administrator-Modus. Es können Änderungen an einer Modellbaumstruktur im Systemmodul vorgenommen oder eine komplett neue Struktur erzeugt werden. Elemente können beliebig hinzugefügt oder entfernt werden.

12.18 S20q Systemkinematik

Dieses Recht ermöglicht die Berechnung der vollständigen Kinematik eines Getriebes und verteilt die erzeugten Lasten auf alle Untermodule für die Festigkeitsberechnung. Randbedingungen, Verluste, Leistungsverzweigungen, Differentiale, Schaltgetriebe, hydrostatische Kupplungen und viele weitere Elemente des Leistungsflusses können berücksichtigt werden.

12.19 S20r Kraftübertragung

Dieses Recht erlaubt die Übertragung der Reaktionskräfte einer Lagerung in die zentrische Krafteinleitung auf einer anderen Welle. Ein Beispiel für einen Anwendungsfall ist die Übertragung von Bolzenreaktionskräften auf den Träger eines Planetengetriebes. Da die Lagerkräfte zuerst berechnet werden müssen, bevor sie auf die zweite Welle übertragen werden, ist eine Iteration der Festigkeit erforderlich. Sie kann mit der Iteration der Verlustleistungen kombiniert werden, die mit dieser Kraftübertragung zusammenhängt.

12.20 S20s Systemmodul-Modell Import

Dieses Recht ermöglicht den Import eines normalen Systemmodul-Modells in ein aktuelles Modell. Dank dieser Funktion kann mit kleineren Modellen ein grösseres Getriebe zusammengestellt werden. Eine Bibliothek von Modellen kann somit für eine schnellere Gruppenmodellierung gespeichert werden.

12.21 S20t Varianten

Dieses Recht ermöglicht es, mehrere Varianten von Untermodul-Berechnungen für alle Wellen und Zahnräder in einer Tabelle zu definieren. Eine Systemvariante kann dann ausgewählt werden, um alle Untermodul-Berechnungsdateien in das Modell zu importieren und die Ergebnisse mit einer anderen Variante zu vergleichen.

12.22 S20u Systemdaten

Dieses Recht erlaubt es, mehrere Parameter, die allen Untermodulen gemeinsam sind, in einer Systemtabelle zu verbinden. So kann z.B. ein globaler Ölstand im System definiert werden, der dann automatisch auf alle Wellenberechnungen übertragen wird.

12.23 S20v Gruppenansicht

Ermöglicht die Darstellung aller Komponentenbeziehungen in einer Ansicht. Eine Wellenberechnung kann zu dieser Ansicht hinzugefügt werden, und dann werden zum Beispiel alle Zahnradberechnungen, die mit den auf dieser Welle montierten Zahnrädern zusammenhängen, ebenfalls zu dieser Ansicht hinzugefügt.

12.24 S20w System-Grobauslegung

Dieses Recht ermöglicht eine grobe Dimensionierung aller im Modell vorhandenen Zahnräder und Wellen. Mehrere Parameter können variiert werden, um die am besten passende Lösung für die Dimensionierung zu erhalten.

12.25 S20x Modellierungsassistent

Dieses Recht ermöglicht das direkte Hinzufügen vordefinierter Gruppen von Komponenten zum Modell. Es kann zum Beispiel eine komplette Planetengruppe hinzugefügt werden. Die Grösse der Komponenten ist direkt mit den Standardgrössen verbunden, die in den modulspezifischen Einstellungen definiert sind.

13 Literaturverzeichnis

- [1] FKM-Richtlinie; Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile, 7. Auflage; Frankfurt; VDMA Verlag; 2020
- [2] Boresi, A.P., Schmidt R.J.; Advanced mechanic of material, 6th Edition; John Wiley and Sons Inc.; 2002
- [3] Weber C., Banaschek K.; FVA-Bericht 129 und 134, Elastische Formänderung der Zähne und der anschliessenden Teile der Radkörper von Zahnradgetrieben, FVA 1955
- [4] Norden, N.; On the compression of a Cylinder in Contact with a Plane Surface; National Bureau of Standard; 1973
- [5] Johnson, K.L.; Contact Mechanics; Cambridge University Press; 1987
- [6] Matek W., Muks D., Wittel H., Becker M., Jannasch D.; Roloff/Matek Maschinenelemente, 15. Auflage; Braunschweig; Vieweg Verlag; 2001
- [7] Bertsche, B.; Reliability in Automotive and Mechanical Engineering; Berlin; Springer Verlag; 2008
- [8] DIN 3990; Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern, Teil 1, 2, 3, 4, 5, 11 und 21; Berlin; Beuth Verlag; 1987
- [9] ISO 6336; Calculation of load capacity of spur and helical gears, Teil 1, 2, 3, 4, 5, 6; 2006
- [10] Girdhar, P. & Scheffer, C. ; Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance.; Elsevier; 2004
- [11] Tuma, J. ; Vehicle gearbox noise and vibration: Measurement, signal analysis, signal processing and noise reduction measures ; John Wiley & Sons; 2014
- [12] Miao, Q. & Zhou, Q. ; Planetary Gearbox Vibration Signal Characteristics Analysis and Fault Diagnosis. Shock and Vibration; 1-8; 2015
- [13] Feng, Z. & Zuo, M. J. ; Vibration signal models for fault diagnosis of planetary gearboxes. Journal of Sound and Vibration; 331(22), 4919–4939; 2012
- [14] Winterton, J. G. ; Component identification of gear-generated spectra; Orbit, June, 11–14.; 1991
- [15] Fernandez A. ; Troubleshooting of gears; <https://power-mi.com/content/troubleshooting-gears>; Power-MI; 2020

- [16] Fernandez, A. ; Frequencies of a gear assembly; Power-MI, 26.01., <https://power-mi.com/content/frequencies-gear-assembly>; 2021
- [17] Basstein, G., Sijtstra, A.; Neue Entwicklung bei Auslegungen und Fertigung von Kronenrädern; Antriebstechnik, 32, Nr 11; 1993
- [18] ISO/DIS 10300; Calculation of load capacity of bevel gears, Teil 1, 2, 3, ISO 10300 (2001), ISO/DIS 10300 (2022); 2011
- [19] DIN 3991; Tragfähigkeitsberechnungen von Kegelnrädern; Berlin; Beuth Verlag; 1990
- [20] DIN 3975; Begriffe und Bestimmungsgrößen für Zylinderschneckengetriebe mit Achsenwinkel 90 Grad; Berlin; Beuth Verlag; 1976
- [21] DIN 3960; Begriffe und Bestimmungsgrößen für Stirnräder und Stirnradpaare mit Evolventenverzahnung; Berlin; Beuth Verlag; 2011
- [22] Niemann G.; Maschinenelemente, Band 1; ; Berlin; Springer Verlag; 2005
- [23] Niemann G.; Maschinenelemente, Band 3; Berlin; Springer Verlag; 1985
- [24] Pech, M.; Tragfähigkeit und Zahnverformung von Schraubenradgetrieben der Werkstoffpaarung Stahl/Kunststoff; Bochum; Lehrstuhl für Maschinenelemente, Getriebe und Kraftfahrzeuge; 2011
- [25] Hoechst, High Chem; Technische Kunststoffe - Berechnen, Gestalten, Anwenden, B.2.2; Hoechst AG; 1992
- [26] VDI 2736; Thermoplastische Zahnräder, Blatt 1-4; 2016
- [27] Obsieger; Zahnformfaktoren von Aussen- und Innenverzahnungen; ; Zeitschrift Konstruktion 32, S.443-447; 1980
- [28] VDI 2545; Zahnräder aus thermoplastischen Kunststoffen; 1981
- [29] Niemann G.; Maschinenelemente, Band 2; ; Berlin; Springer Verlag; 1983
- [30] FVA-Informationsblatt Nr. 54/7; Testverfahren zur Untersuchung des Schmierstoffeinflusses auf die Entstehung von Graufleckigkeit bei Zahnrädern; Frankfurt; FVA; 1999
- [31] Langheinrich, A.; Geometrie, Beanspruchung und Verformung asymmetrischer Stirnradverzahnungen, Dissertation; München; FZG; 2014
- [32] Roth, K.; Zahnradtechnik - Evolventen-Sonderverzahnungen zur Getriebeverbesserung; Berlin; Springer Verlag; 1998

- [33] Tsai, S.-J., Wu, S.-H.; Geometrical Design of Conical Gear Drives with Profile-shifted Transmission; 12th IFToMM World Congress; 2007
- [34] Hänchen, R., Decker, K.H.; Neue Festigkeitslehre für den Maschinenbau, 3. Auflage; München; Carl Hanser Verlag; 1967
- [35] Lang, O., Steinhilper R.; Gleitlager, Konstruktionsbücher Band 31; Berlin; Springer Verlag; 1978
- [36] ISO 7902; Hydrodynamic plain journal bearings under steady-state conditions, Teil 1 (2015), Teil2 und 3 (1998); 2020
- [37] DIN 31657; Hydrodynamische Radial-Gleitlager im stationären Betrieb, DIN Taschenbuch 198; Berlin; Beuth Verlag; 2015
- [38] DIN 31652 1-3; Hydrodynamische Radial-Gleitlager im stationären Bereich; Berlin; Beuth Verlag; 2017
- [39] DIN 31653; Hydrodynamische Axial-Gleitlager im stationären Bereich, DIN Taschenbuch 198; Berlin; Beuth Verlag; 1991
- [40] DIN 31654; Hydrodynamische Axial-Gleitlager im stationären Bereich, DIN Taschenbuch 198; Berlin; Beuth Verlag; 1991
- [41] Dubbel, H.; Taschenbuch für den Maschinenbau; Springer Verlag Berlin; 15. Auflage
- [42] Matek W., Muks D., Wittel H., Becker M., Jannasch D.; Roloff/Matek Maschinenelemente; Vieweg Verlag Braunschweig; 15. Auflage
- [43] Dubbel, H.; Taschenbuch für den Maschinenbau, 16. Auflage; Berlin; Springer Verlag; 1987

