

KISSSOFT

Berechnungsprogramme für den Maschinenbau

KISSSOFT RELEASE 03/2017 PRODUKT-BESCHREIBUNG

Ausgabe 1.5

Copyright Hinweis:

© 2017 KISSsoft AG
Rosengartenstrasse 4
CH-8608 Bubikon Schweiz

Alle Rechte vorbehalten
This documentation may not be copied without the express written approval of KISSsoft AG.

Inhaltsverzeichnis

I Produktbeschreibung I-13

1 Hard- und Softwarevorraussetzungen I-14

1.1 Programmversionen I-14
1.2 Computerkonfiguration..... I-16

2 Basis -K-Module.....I-17

2.1 K1 Grundmodul I-17
2.2 K02 Protokolltext und Oberfläche I-19
2.3 K04 COM-Schnittstelle I-19
2.4 K04a Erweiter COM-Schnittstelle I-19
2.5 K05 CAD-Schnittstellen I-19
2.6 K05a DXF-Schnittstellen I-20
2.7 K05e IGES-Schnittstelle I-20
2.8 K05d SolidEdge-Schnittstelle I-20
2.9 K05k SolidWorks-Schnittstelle I-21
2.10 K05m Inventor-Schnittstelle I-21
2.11 K05n NX-Schnittstelle I-22
2.12 K05o* CATIA-Schnittstelle I-22
2.13 K05q* ProEngineer-Schnittstelle I-22
2.14 K05s Parasolid Ansichtsfenster I-23
2.15 K05u STEP-Format exportieren (Parasolid) I-23
2.16 K07 Benutzerdatenbank (Werkstoffe etc.) I-23
2.17 K7a Werkstoffverwaltung (immer vorhanden) I-23
2.18 K7b Smith-Haigh-Diagramm I-23
2.19 K09 Härteumrechnung (im Menü Extras) I-23
2.20 K10 Toleranzrechnung I-23
2.21 K11i Dynamische Analyse von Wellensystemen I-25
2.22 K11k Export von KISSsys-Modelldaten I-26
2.23 K12 Festigkeitsnachweis mit örtlichem Konzept (FKM-Richtlinie) I-26

2.24 K14 Hertzsche Pressung I-26
2.25 K14a Beliebiger Kontakt I-27
2.26 K15 Linearantrieb I-27
2.27 K16 Radkörperdeformation I-28
2.28 K17 Kunststoff-Manager I-29
2.29 K18 Zuverlässigkeit I-30
2.30 K20 Import einer reduzierten Steifigkeitsmatrix aus diversen FEM-Programmen I-31

3 Wellen, Achsen, Lager - W-Module I-32
3.1 Allgemeines I-32
3.2 W01 Wellen-Grundmodul I-34
3.3 W01a Eingabe von mehreren Wellen I-35
3.4 W01b Lagerversatz, Lagerspiel I-35
3.5 W01c Druckwinkel berücksichtigen I-36
3.6 W01s Lastkollektive I-36
3.7 W03 Berechnung der Durchbiegung und Lagerungskräfte I-36
3.8 W03a Berücksichtigung von Schubverformungen I-37
3.9 W03b Welle nichtlinear I-37
3.10 W03c Wärmedehnung I-37
3.11 W03d nichtlineare Steifigkeiten I-37
3.12 W04 Berechnung der kritischen Drehzahl I-38
3.13 W04x Kreiseleffekt I-38
3.14 W05 Kugel- und Rollenlager-Lebensdauer I-38
3.15 W05b Referenzlebensdauer nach ISO/TS 16281 ..... I-39
3.16 W05a Lastkollektive Lager I-40
3.17 W05c Lastverteilung im Lager I-41
3.18 W51 Nachrechnung von Wälzlagern nach ISO/TS 16281 ..... I-42
3.19 W06 Dauerfestigkeits- und statische Berechnung von Querschnitten I-42
3.20 W06a Rechenmethode Hänchen + Decker I-43
3.21 W06b Rechenmethode DIN 743 ..... I-43
3.22 W06c Rechenmethode FKM Richtlinie I-43
3.23 W06d Rechenmethode AGMA 6101/ 6001 ..... I-44

3.24 W06s Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven I-44
3.25 W07 Hydrodynamisches Radialgleitlager I-44
3.26 W07a Berechnung nach Niemann I-44
3.27 W07b Berechnung nach ISO 7902 ..... I-44
3.28 W07d Berechnung nach DIN 31657..... I-46
3.29 W07e Berechnung nach DIN 31652..... I-47
3.30 W08 Fettgeschmierte Radialgleitlager I-47
3.31 W07c Hydrodynamisches Axialgleitlager I-47
3.32 W10 Berechnung der Verformung in Längsrichtung I-47
3.33 W10a Flankenlinienkorrektur mit zusätzlicher FEM-Verschiebungsmatrix I-49
3.34 W12 Wellenauslegung (Integriertes Konstruktionswerkzeug) I-49
3.35 W13 Knickung I-50
3.36 W14 Erzwungene Schwingungen in der KISSsoft-Wellenberechnung..... I-51
3.37 W51a Wälzlager Feinauslegung I-52

4 Maschinenelemente - M-Module I-53

4.1 M01a Zylindrischer Presssitz I-53
4.2 M01b Kegelpressverband I-53
4.3 M01x Zusatzfunktion zum Presssitz I-54
4.4 M01c Klemmverbindungen I-54
4.5 M02a Passfeder I-54
4.6 M02b Keilwelle/ Vielnutprofil I-55
4.7 M02c Kerbverzahnung I-55
4.8 M02d Polygon I-56
4.9 M02e Scheibenfeder I-56
4.10 M03a Bolzenberechnung I-57
4.11 M04 Schraubenberechnung I-57
4.12 M04a Exzentrische Verspannung und Belastung, Konfigurationen (zu M04) I-58
4.13 M04b Schraubenberechnung bei hohen und tiefen Temperaturen (zu M04) I-58
4.14 M08 Schweissverbindungen I-59
4.15 M09a Kleb- und Lötverbindungen I-59

4.16 M050 Seegerring I-61

5 Federn - F-Module I-62

5.1 F01 Druckfederberechnung I-62
5.2 F03 Schenkelfederberechnung I-62
5.3 F04 Tellerfederberechnung I-62
5.4 F02 Zugfederberechnung I-62
5.5 F05 Drehstabfederberechnung I-62

6 Zahnräder - Z-Module I-63

6.1 Z01 Zahnrad-Grundmodul I-63
6.2 Z01x Erweiterung der Stirnradgeometrie I-64
6.3 Z19h Auslegung von Hochverzahnungen I-65
6.4 Z15 Berechnung von Angaben zur Profilkorrektur von Stirnrädern I-66
6.5 Z19a Berechnung mit Beriebsachsabstand und Profilverschiebung gemäss Herstellung I-66
6.6 Z19d Achsabstand bezüglich ausgeglichenem Gleiten I-66
6.7 Z19e Darstellung des spezifischen Gleitens I-66
6.8 Z19f Vorschlag für sinnvolle Flankenlinienkorrektur I-67
6.9 Z19j Profilkorrekturen mit Schleifschnecken/ Abrichtscheiben..... I-68
6.10 Z19l Umrechnung Profilverschiebungsfaktor und Zahndickenabmasse I-68
6.11 Z19n Profil- und Flankenliniendiagramme I-68
6.12 Z02 Festigkeitsberechnung nach DIN 3990 ..... I-68
6.13 Z02a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336 ..... I-69
6.14 Z02x Statische Festigkeit des Zahnfusses I-70
6.15 Z13 Berechnung nach AGMA-Standard (USA-Norm) I-70
6.16 Z13b Berechnung nach AGMA 6011/ AGMA 6014 (USA-Norm) I-71
6.17 Z02b Festigkeitsberechnung nach BV RINA I-71
6.18 Z10 Stirnradberechnung nach FVA-Methode I-71
6.19 Z14 Zahnräder aus Kunststoff I-72
6.20 Z19i Zahnformfaktor-Berechnung nach grafischer Methode I-73
6.21 Z19m Blitztemperaturverlauf I-73
6.22 Z01a Planeten, 3- und 4-Räder I-74

6.23 Z19g Berechnung der Mittelpunkte von Planeten oder Zwischenrädern ... I-75
6.24 Z01b Zahnstange ... I-75
6.25 Z03 Stirnrad-Grobauslegung ... I-76
6.26 Z04 Stirnrad-Feinauslegung ... I-76
6.27 Z04a Zusätzliche Festigkeitsberechnung aller Varianten ... I-77
6.28 Z05 Zahnform-Berechnung und Darstellung ... I-78
6.29 Z05x Animation der 2D-Darstellung ... I-80
6.30 Z05a Eingabe von beliebigen Fräserformen oder Zahnformen ... I-80
6.31 Z05c Bezugsprofil-Berechnung für Zahnräder mit Evolventen- oder Spezialprofil ... I-80
6.32 Z05d Berechnung der Zahnform aus dem zugepaarten Rad (Abwälzen mit Gegenrad) ... I-81
6.33 Z05e Zusatz für Formenbau ... I-81
6.34 Z05f Kreisbogenförmige Einlaufkurve am Zahnkopf ... I-82
6.35 Z05g Optimale Zahnfuss-Ausrundung ... I-82
6.36 Z05h Zykloiden- und Kreisbogenverzahnungen ... I-83
6.37 Z05i Kreisbogenapproximation ... I-83
6.38 Z05j Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Stirnräder) ... I-84
6.39 Z05k Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Schnecken/ Schraubräder) ... I-84
6.40 Z05l Mehrfachverwendung des gleichen Werkzeugtyps ... I-84
6.41 Z05m Unsymmetrische Zahnräder ... I-85
6.42 Z05n Geradlinige Flanke ... I-85
6.43 Z05q Spezialfunktionen Uhrenindustrie ... I-85
6.44 Z19k Schmierspalt EHD/ Scoring ... I-85
6.45 Z23 Berechnung der Zahnfusstragfähigkeit von Innenverzahnungen mit Zahnkranzeinfluss nach VDI 2737 und Berechnung der Deformation von Zahnkränzen ... I-86
6.46 Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares und Drehwegfehler ... I-87
6.47 Z25 Grafische Darstellung der Hertzschen Pressung und der Zahnfussspannungen entlang der tatsächlichen Zahnform ... I-87
6.48 Z26 Fördervolumen von Zahnradpumpen ... I-88
6.49 Z26a Zusatz-Option zu Zahnradpumpen Z26 ... I-88
6.50 Z27 Kinematik aufgrund der tatsächlichen Zahnform ... I-89

6.51 Z29 Auslegung und Kontrolle von Lehrzahnrädern I-89
6.52 Z30 Micropitting (Graufleckigkeit) und Blitztemperatur I-89
6.53 Z31 Verschleiss I-90
6.54 Z31a Iterative Verschleiss-Berechnung I-90
6.55 Z32 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare..... I-92
6.56 Z34 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Planetensysteme I-94
6.57 Z35 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Kegelradpaare..... I-96
6.58 Z37 Berechnung der Verformung des Planetenträgers mit FEM (z37). I-97
6.59 Z33 Optimierung der Profilkorrekturen mit der Kontaktanalyse unter Last .. I-97
6.60 Z38 Berechnung der Spannung im Zahnradfuss mit FEM I-98
6.61 Z06 Kronenrad-Berechnung (Z060) I-98
6.62 Z06a Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 6336/ Literatur I-98
6.63 Z06b Festigkeitsberechnung in Anlehnung an CrownGear/ DIN 3990 ..... I-99
6.64 Z06c Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 10300, Methode B I-99
6.65 Z06d Festigkeitsberechnung in Anlehnung an DIN 3991, Methode B I-99
6.66 Z6e Statische Festigkeit..... I-99
6.67 Z6f 3D-Darstellung..... I-100
6.68 Z07 Kegelrad-Berechnung (Z070) I-100
6.69 Z07d Gleason-Kegelradverzahnung I-100
6.70 Z07e Festigkeitsberechnung nach ISO 10300 Methode B und C I-101
6.71 Z07g Festigkeitsberechnung nach DIN 3991 ..... I-101
6.72 Z07h Festigkeitsberechnung für Kunststoffe I-101
6.73 Z07i Berechnung von Kegelrad-Differentialen I-102
6.74 Z07j Festigkeitsberechnung nach AGMA 2003 ..... I-102
6.75 Z07a Kegelräder mit Zyklo-Palloid- und Palloid-Verzahnung I-102
6.76 Z07b Hypoidräder mit Zyklo-Palloid-Verzahnung I-103
6.77 Z07p 3D-Darstellung..... I-105
6.78 Z7o Optimierung von Flanken- und Profilkorrekturen mit Kontaktanalyse unter Last I-106
6.79 Z08 Schneckenberechnung (Z080) I-106
6.80 Z08a Festigkeitsberechnung nach DIN 3996 ..... I-106
6.81 Z08b Festigkeitsberechnung nach ISO 14521 ..... I-107

6.82 Z08c Festigkeitsberechnung nach AGMA 6034 und AGMA 6135 ..... I-107
6.83 Z08p 3D-Darstellung I-108
6.84 Z19b Schneckenberechnung mit Auslegung über den Normalmodul (Werkzeugmodul) I-108
6.85 Z17 Berechnung von Schraubräder-Paaren I-108
6.86 Z17a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336/ Hirn I-109
6.87 Z17b Festigkeitsberechnung nach Niemann/ VDI 2545 ..... I-109
6.88 Z17c Festigkeitsberechnung nach Hoechst I-109
6.89 Z17d Statische Festigkeitsberechnung: Verformung und Schubspannung I-110
6.90 Z17e Festigkeitsberechnung nach VDI 2736-3 ..... I-111
6.91 Z17n Feinauslegung für Schraubräder I-112
6.92 Z09 Zahnwellenverbindung (Splines) I-112
6.93 Z12 Betriebsflankenspiel I-113
6.94 Z22 Einhärtetiefe I-113
6.95 Z16 Drehmomentauslegung I-113
6.96 Z18 Lebensdauerberechnung I-114
6.97 Z16a Drehmomentauslegung bei Lastkollektiven I-114
6.98 Z18a Berechnung der Lebensdauer bei Lastkollektiven I-114
6.99 Z40 Unrundräder I-115
6.100 Z50 Beveloidräder I-116

7 Riemen-/ Kettentriebe - Z-Module I-117
7.1 Z90 Keilriemen (Z090) I-117
7.2 Z91 Zahnriemen (Z091) I-117
7.3 Z92 Kettengetriebe (Z092) I-118

8 Automotive - A-Module I-120
8.1 A10 Synchronisation (A010) I-120
8.2 A20 Schaltbare fremdbetätigte Kupplungen (A020) I-120

9 KISSsys - K11-Module I-121
9.1 Überblick I-121
9.2 Module I-121

9.2.1 K11h Wirkungsgradberechnung I-121
9.2.2 K11i Modalanalyse von Wellensystemen (k11i) I-122
9.2.3 K11j Berücksichtigung der Gehäuseverformung in statischen KISSsys-Berechnungen (k11j) I-122
9.3 Verschiedene Ansichten der Daten I-123
9.4 Modellierungen I-123
9.5 Varianten I-123
9.6 Anwendungsbeispiele I-124

II Index II-125

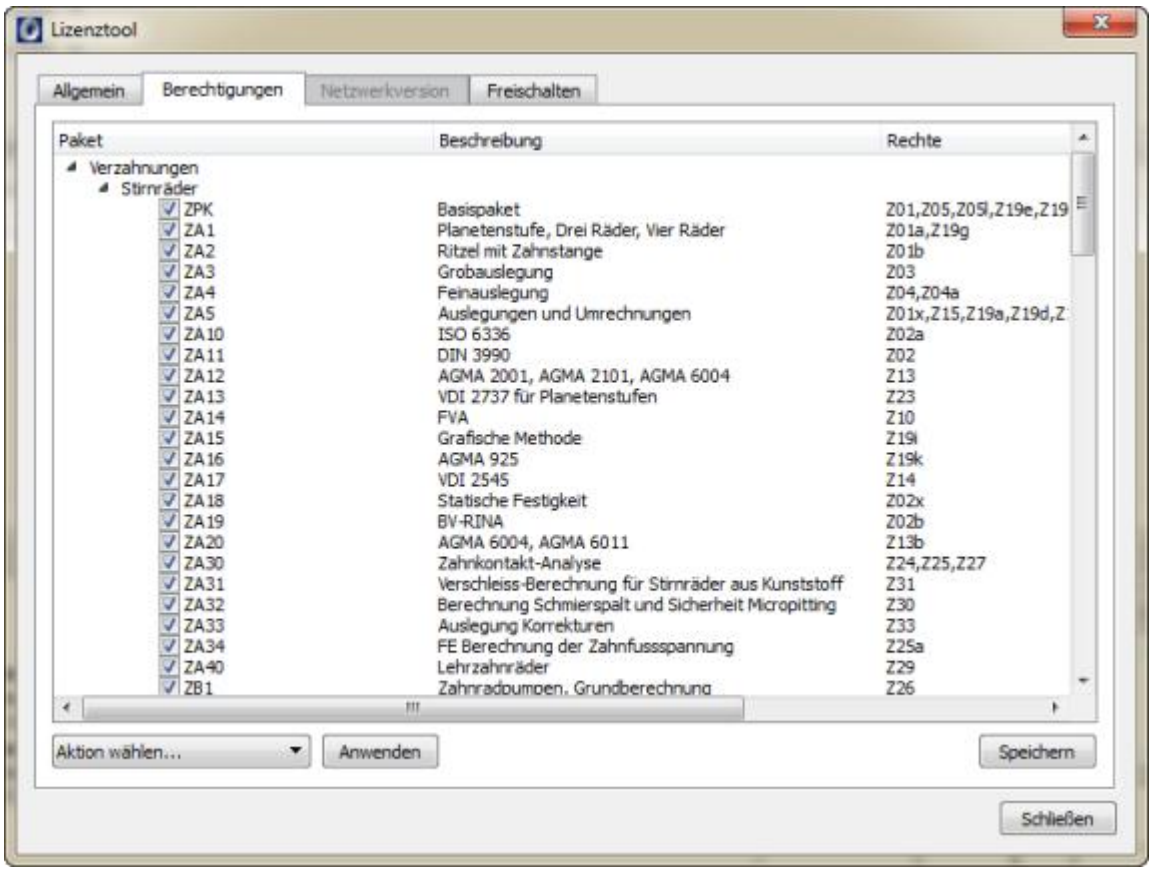
Kapitel 1
Produktbeschreibung

Zeichenerklärung:

* Programme von anderen Herstellern. Unterstützung und kompatible Installation wird von uns gewährleistet.

K02a Kurzbeschreibung des Berechnungsmoduls. Diese Abkürzung finden Sie auch wieder in der Preisliste.

(M02a) Modulbezeichnung wie sie in der Software und im Berechtigungen-Tab vom KISSsoft Lizenztool auftritt.



1.1 Programmversionen

- **Demoprogramm:** Der gesamte Programmumfang kann in einem Demonstrationsprogramm ausgetestet werden. Die Demoversion entspricht im Umfang der Vollversion, enthält aber folgende Einschränkungen:
  - Das Speichern von Berechnungsdateien und Resultaten ist nicht möglich
  - In den Listen kann jeweils nur die erste Position angewählt werden
  - Der Export von Grafiken (DXF, IGES, etc.) ist nicht möglich
  - Beim Drucken der Grafiken erscheint der Text „This license is for non-commercial use only"

Ebenfalls nicht inbegriffen sind die von uns angebotenen Fremdprogramme. Das Demoprogramm gibt Ihnen einen guten Einblick in die Handhabungsmöglichkeiten von KISSsoft.

- **Testinstallation:** Im weiteren besteht die Möglichkeit, ab einem von Ihnen festgelegten Zeitpunkt eine Vollversion unserer Programme für einen Zeitraum von 30 Tagen mit sämtlichen zur Zeit verfügbaren Berechnungsmodulen ohne Einschränkungen zu testen. Die Testinstallation gibt Ihnen die Möglichkeit, unsere Programme im praktischen Einsatz zu testen.
- **Einzelplatzversion:** Kopierschutz: Die Programme können zu Sicherheitszwecken jederzeit kopiert werden. Um eine illegale Verbreitung der Programme einzuschränken, wird bei der Einzelplatzversion ein Software-USB-Schutzstecker mitgeliefert, der an den USB-Anschluss des Computers gesteckt wird.
- **Multiuser-Netzwerkinstallation mit Zugriffsverzeichnis:** Eine Netzwerk-Installation, bei der beliebig viele Benutzer mit der Software arbeiten können, wobei aber gleichzeitig nur eine beschränkte Zahl (entsprechend der Anzahl Lizenzen) von Benutzern zugelassen wird, ist lieferbar. Dabei lässt sich KISSsoft sehr flexibel an die Netzwerkstruktur anpassen. Für die Verwaltung der Lizenzen wird lediglich ein Verzeichnis mit vollen Rechten auf einem Server mit allgemeiner Zugänglichkeit für KISSsoft Anwender benötigt. Es werden keinerlei Server-Prozesse oder ähnliches gestartet. Die Lizenzdatei beinhaltet den Pfad des Zugriffsverzeichnisses und die logische Seriennummer des Netzwerklaufwerks.
- **Multiuser-Netzwerkinstallation mit USB-Schutzstecker:** Alternativ kann die Netzwerkinstallation auch mit einem USB-Schutzstecker am Server betrieben werden. Voraussetzung ist hier ein Server mit Windows-Betriebssystem

und USB-Port sowie ein Verzeichnis, auf das sowohl Server und Clients mit Lese- und Schreibrechten zugreifen können.

1.2 Computerkonfiguration

Für den Betrieb der Programme ist die folgende Computerkonfiguration notwendig:

- Betriebssystem: Windows VISTA, Windows 7, Windows 8 oder Windows 10
- Prozessor: mindestens SSE2 kompatibel
- Arbeitsspeicher: mindestens 4 GB RAM
- Bildschirmauflösung: mindestens 1280 x 960 Bildpunkte
- OpenGL kompatibel
- Drucker: Windows-Drucker
- Speicher: Harddisk Platzbedarf: ca. 800 - 3000 MB (je nach Umfang)

2.1 K1 Grundmodul

Dieses Modul stellt das Administrationsmodul dar und ist die Grundlage für alle Berechnungsmodule. Folgende Punkte werden abgedeckt:

- **KISSsoft in verschiedenen Fremdsprachen:** KISSsoft ist durchgängig fünfsprachig. Das Umschalten der Sprache kann getrennt für Berechnungsprotokolle und Benutzeroberfläche während des Programmlaufs geschehen (siehe auch K02).
- **Datenspeicherung:** Die vom Benutzer eingegebenen Daten und die Berechnungsresultate werden von KISSsoft auf einer frei definierbaren Speichereinheit (Diskette, lokale Harddisk, Netzwerk-Server) gespeichert. Durch die Verwendung der Projektverwaltung können projektspezifische Verzeichnisse angelegt werden.
- **Protokollierung der Resultate:** Der Ausgabeort (Drucker oder Datei) und die Darstellungsart der Ausgabe kann den eigenen Bedürfnissen angepasst werden. Weitere Eigenschaften:
  - Das Format der Protolldatei ist RTF. Es steht ein interner Editor zur Verfügung, aber auch ein externer Editor kann ausgewählt werden. Bei Verwendung eines RTF fähigen Editors (z.B. das mitgelieferte KISSedit, Wordpad oder MS Word) werden relevante Grafiken im Protokoll dargestellt.
  - Die Ausführlichkeit des Ausdrucks ist wählbar (ausführliche Variante und Kurzfassung, wählbar in 9 Stufen)
  - Inhalt und Aussehen können durch Anpassung der Protokollvorlagen mit einem Texteditor leicht angepasst werden. Dabei können Formatierungen wie Schriftgrösse, fett, kursiv oder unterstrichen vorgegeben werden.
  - Sprache des Ausdrucks ist wählbar (siehe Option K2).
  - Automatische Seitenschaltung und Numerierung.
  - Anwenderspezifischer Druckkopf (z.B. zur Unterstützung einer Qualitätssicherung nach ISO 900x).
  - Darstellung in einem Protokolleditor. Hierdurch einfaches Zufügen von Kommentaren möglich. Im Protokolleditor (KISSedit) können das Format der Kopf- und Fusszeilen gewählt werden. Dabei können auch Firmenlogos mit aufgenommen werden. Die erzeugten Protokolle können direkt eingesehen werden. Die Darstellung erfolgt in einem Textverarbeitungsprogramm, normalerweise in einem mitgelieferten komfortablen Editor. Über die KISSsoft Einstellungen kann jedes gewünschte Textverarbeitungsprogramm voreingestellt werden.

- **Grafische Darstellungen und Plotter:** Als Eingabe- und Kontrollhilfe werden an verschiedenen Stellen im Programm die Eingaben grafisch massstäblich dargestellt. Sämtliche Abbildungen können durch Knopfdruck ausgedruckt bzw. in Grafik-Formaten abgespeichert oder über eine CAD-Schnittstelle (DXF, IGES, siehe Module K05a und K05e) ausgegeben werden. Koordinatensysteme, Linientypen und Farben können vom Anwender definiert werden.
- **Hilfefunktion:** KISSsoft bietet ein leistungsfähiges Hilfesystem an. Durch Drücken der Funktionstaste F1 kann jederzeit Information zur aktuellen Situation im Programm angefordert werden. Zusätzlich lassen sich innerhalb des Hilfesystems weitere beliebige Themen über Inhaltsverzeichnis oder Querverweise abrufen. Auch Grafiken werden angezeigt, so dass die Konsultation des Handbuches während der Arbeit mit KISSsoft praktisch überflüssig wird.
- **Umschalten der Einheiten:** KISSsoft unterstüzt das interaktive Umschalten von Einheiten. Neben vorbereiteten Standardeinstellungen kann der Benutzer auch eine Konfiguration speichern, die seinen Bedürfnissen entspricht.
- **Parameter als Formel eingeben:** Die Oberfläche erlaubt, einfache Hilfsrechnungen direkt bei der Eingabe vorzunehmen. Dies kann hilfreich sein, wenn z.B. aus Kraft und Hebelarm ein Moment oder aus mehreren Massen eine Länge berechnet werden muss.
- **Taschenrechner:** Jederzeit kann ein Taschenrechner-Programm aktiviert werden, mit dem einfache Berechnungen durchgeführt werden können.
- **Datenaustausch zwischen verschiedenen Programmteilen:** An verschiedenen Stellen im Programm kann auf die Resultate bereits berechneter Daten anderer Programmodule zurückgegriffen werden. Somit kann z.B. bei der Definition von äusseren Kräften in der Welleneingabe auf Daten aus der Zahnrad-Berechnung zugegriffen werden.
- **öffentliche Datenschnittstelle:** Die frei formatierbare Datenschnittstelle erlaubt eine sehr mächtige Kommunikation mit Fremdprogrammen und ist vor allem im Hinblick auf das Einbinden von KISSsoft in CAD-Programme entwickelt worden. Sämtliche Ein- und Ausgabedaten können im ASCII-Format in frei definierbarem Umfang und Format exportiert werden. Dazu verfügt jedes Berechnungsmodul über eine editierbare Reportdatei. Externe Programme können ausserdem Eingabedaten (auch im ASCII-Format) an Berechnungsmodule übergeben. Solche Dateien werden automatisch beim Starten gelesen und die Daten in der Maske angezeigt.
- **Berechnungsserver, KISSsoft API:** Für eigene Programm-Entwicklungen kann KISSsoft als Berechnungsserver verwendet werden. Dies kann entweder über die öffentliche Datenschnittstelle geschehen (s.o.), oder aber über eine COM-Schnittstelle.

2.2 K02 Protokolltext und Oberfläche

Zur Zeit ist das Programm in folgenden Sprachen erhältlich:

- Berechtigung K02 deutsch (immer vorhanden)
- Berechtigung K02a englisch
- Berechtigung K02b französisch
- Berechtigung K02c italienisch
- Berechtigung K02d spanisch
- Berechtigung K02f portugiesisch
- Berechtigung K02e russisch

2.3 K04 COM-Schnittstelle

Über die COM Schnittstelle ist es möglich, die Software von aussen zu starten, Dateien zu laden, Variablenwerte zu setzen und zu lesen, Berechnungen durchzuführen und Protokoll zu erstellen.

Eine detaillierte Beschreibung der Funktionen ist im Handbuch zu finden.

2.4 K04a Erweiter COM-Schnittstelle

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

2.5 K05 CAD-Schnittstellen

Mit der öffentlichen Schnittstelle verfügt KISSsoft über ein leistungsfähiges Werkzeug zur Erstellung von CAD-Integrationen. Der modulare Aufbau der KISSsoft-Programme erlaubt dabei einen problemlosen Einbau von einzelnen Berechnungsfunktionen im CAD. Eine ausführliche Anleitung zum Erstellen der CAD-seitigen Schnittstellen ist erhältlich (Handbuch).

Einbindung von KISSsoft:

Neben dieser allgemeinen Lösung sind diverse Standard-Formate für die graphischen Darstellungen implementiert. Ausserdem sind CAD-Integrationen für zahlreiche CADs erhältlich.

2.6 KO5a DXF-Schnittstellen

Alle zweidimensionalen grafischen Daten sind im DXF-Datenformat von AutoCAD beschrieben. Diese Schnittstelle ist bei vielen CAD-Systemen vorhanden, so dass diese Option auch für andere CAD-Systeme eingesetzt werden kann. Bei Ein- und Ausgabe können auf Wunsch die sogenannten Layer spezifiziert werden.

2.7 KO5e IGES-Schnittstelle

Ausgabe aller zweidimensionalen grafischen Daten im IGES-Format.

2.8 KO5d SolidEdge-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen Solid Edge und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CADSystem. Sie ermöglicht den direkten Start aller KISSsoft- Berechnungsmodule direkt aus Solid Edge heraus. In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können direkt in Solid Edge als 3D Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Von KISSsoft kann über die Zahnformberechnung mit einem Knopfdruck Solid Edge gestartet werden, wo dann ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt wird. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder und geradverzahnte Kegelräder nach DIN 3971, Bild 1, möglich. Weiter gibt es die Möglichkeit nachträglich Verzahnungen auf bestehenden 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, Zahnradherstelldaten automatisch als Textfeld auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelldaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

2.9 K05k SolidWorks-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen SolidWorks und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CADSystem. Sie ermöglicht den direkten Start aller KISSsoft-Berechnungsmodule direkt aus SolidWorks heraus. In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können direkt in SolidWorks als 3D Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Von KISSsoft kann über die Zahnformberechnung mit einem Knopfdruck SolidWorks gestartet werden, wo dann ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt wird. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder und geradverzahnte Kegelräder nach DIN 3971, Bild 1, möglich. Weiter gibt es die Möglichkeit Verzahnungen auf bestehenden 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 Textfeld auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelldaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

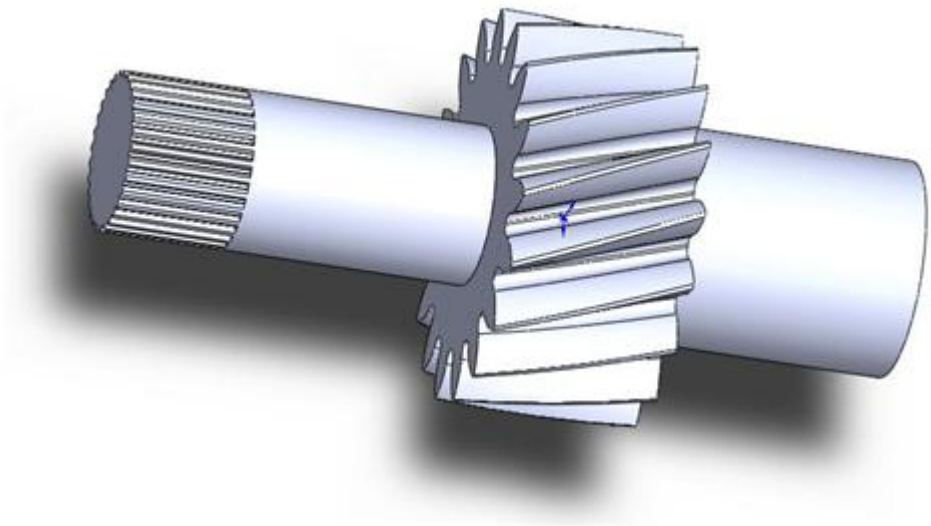


Abbildung 1.1: Ritzelwelle generiert aus KISSsoft

2.10 K05m Inventor-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen Inventor und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. Sie ermöglicht den direkten 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 Knopfdruck

Inventor gestartet werden, wo dann ein neues Part geöffnet und das entsprechende Bauteil erzeugt wird. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder und geradverzahnte Kegelräder nach DIN 3971, Bild 1, möglich. Weiter gibt es die Möglichkeit nachträglich Verzahnungen auf bestehenden 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.

2.11 KO5n NX-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen NX und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. Sie ermöglicht den direkten Start aller KISSsoft-Berechnungsmodule direkt aus NX heraus. In KISSsoft berechnete Stirnräder können direkt in NX als 3D Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Es sind gerad- und schrägverzahnte, aussen- oder innenverzahnte Stirnräder möglich. Weiter gibt es die Möglichkeit Verzahnungen auf bestehenden 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.

2.12 KO5o* 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 dann 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.

2.13 KO5q* ProEngineer-Schnittstelle

In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können direkt in ProEngineer als 3D Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. ProEngineer muss bereits geöffnet sein, wenn man in KISSsoft die 3D-Erzeugung startet. In ProEngineer wird dann 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.

2.14 K05s Parasolid Ansichtsfenster

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

2.15 K05u STEP-Format exportieren (Parasolid)

Modul für den Export in STEP-Format der angezeigten 3D-Modellen im Parasolid-Ansichtsfenster.

Es können 3D-Modelle von Stirnräder, Zahnstangen, Kegelräder, Kronenräder, Schraub- und Schneckenräder erzeugt und exportiert werden.

2.16 K07 Benutzerdatenbank (Werkstoffe etc.)

Alle Daten wie Werkstoffe, Geometriedaten, Verzahnungsprofile können über die Benutzerdatenbank erweitert oder abgeändert werden. Eine attraktive Eigenschaft von KISSsoft besteht darin, dass z.B. Änderungen von Werkstoffdaten automatisch auch in allen bereits früher gespeicherten Berechnungen aktiviert werden.

2.17 K7a Werkstoffverwaltung (immer vorhanden)

Modul zum Eingeben von weiteren Werkstoffen und zum Ändern von spezifischen Daten bereits vorhandener Werkstoffe.

2.18 K7b Smith-Haigh-Diagramm

Voraussetzung: Berechtigung W03, W06

Durch diese Berechtigung kann für den jeweiligen Werkstoff ein Smith and Haigh Diagramm angezeigt werden. Die Darstellung ist nur in der Wellenberechnung verfügbar. Die Darstellung erfolgt für das gekerbte Bauteil und sowohl der Querschnitt als auch die Spannungskomponente Biegung, Zug/Druck oder Torsion kann in der Grafik ausgewählt werden.

2.19 K09 Härteumrechnung (im Menü Extras)

Umrechnung von Härteangaben nach Vickers, Brinell und Rockwell für verschiedene Werkstoffgruppen nach DIN EN ISO 18265.

2.20 K10 Toleranzrechnung

Berechnung der Gesamtabmasse der Massketten von eingegebenen Elementen. Die Toleranzen können entweder als Allgemeintoleranz (DIN ISO 2768, DIN 7168), 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.

2.21 K11i Dynamische Analyse von Wellensystemen

Durchführung dynamischer Analysen in kompletten Wellensystemen.

Dieses Modul ermöglicht Ihnen Folgendes:

- Modalanalyse eines kompletten KISSsys-Modells. Sie können zwischen reinen Torsionsschwingungen und gekoppelten Torsions-, Axial- und Biegeschwingungen wählen. Das Ergebnis wird in einer 3D-Animation des schwingenden Wellensystems gezeigt und zudem in Tabellenform exportiert. Auch ein ausführliches Protokoll wird erzeugt. Dämpfung wird nicht berücksichtigt, die Amplituden der Eigenmoden werden auf 1 normiert.
- Berechnung des Campbell-Diagramms. Die Eigenfrequenzen des Wellensystems werden für einen Betriebsdrehzahlbereich einer der Wellen berechnet. Die Resultate werden in Form eines Plots, eines Protokolls und einer Tabelle ausgegeben.
- Berechnung von erzwungenen Schwingungen. Berechnet das Verhalten des Wellensystems bei dynamischer Anregung. Die dynamische Erregung konzentrierter Unwuchtmassen wird für die dynamische Erregung des Systems genutzt. Dynamische Erregungen von Zahnrädern (aufgrund von Drehwegabweichung und Steifigkeitsschwankungen beim Zahneingriff) finden keine Berücksichtigung. Sowohl die (strukturelle) Materialdämpfung als auch die viskose Dämpfung können festgelegt werden. Das ermittelte Verhalten bei verschiedenen dynamischen Kräften wird im Zeitbereich addiert und das Endergebnis wird als Grösstwert dieser Superposition ermittelt. Transiente Phänomene finden keine Berücksichtigung.

In allen Fällen wird die Methode der Übertragungsmatrizen für die Berechnung verwendet. Für die Eingriffssteifigkeit stehen verschiedene Modelle zur Verfügung: gemäss ISO 6336, Kontaktanalyse (wenn die erforderliche Lizenz vorliegt), unendliche Steifigkeit und Nullsteifigkeit.

2.22 K11k Export von KISSsys-Modelldaten

Dieses Modul wird für den Export der Daten eines beliebigen KISSsys-Modells in das XML-Format verwendet. Eingabedaten und die Kinematik des Modells werden zusammen mit verschiedenen Berechnungsresultaten exportiert (z. B. Lagersteifigkeit, Eingriffssteifigkeit usw.).

2.23 K12 Festigkeitsnachweis mit örtlichem Konzept (FKM-Richtlinie)

Statischer- und Ermüdungsfestigkeitsnachweis (zeit- oder dauerfest) mit elastisch berechneten örtlichen Spannungen nach der FKM-Richtlinie (6. Auflage) für nichtgeschweisste Bauteile.

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

2.24 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 berechnet.

Die Berechnungsformeln wurden dem Buch 'Advanced Mechanics of Materials, 6th Edition' entnommen.

2.25 K14a Beliebiger Kontakt

Berechnung des Linienkontakts zwischen zwei Körpern mit beliebigem Profil (Linienbelastung eines elastischen Halbraums). Zu den Resultaten gehören Verformung sowie Belastungen im Kontaktbereich und unter der Oberfläche entlang der Profile. Plastizität und Reibung finden keine Berücksichtigung. Die Berechnungen basieren auf dem Buch „Contact Mechanics" von K. L. Johnson, Cambridge University Press, 2003.

2.26 K15 Linearantrieb

In diesem Berechnungsmodul können Bewegungsschrauben berechnet werden. Bewegungsschrauben wandeln Dreh- in Längsbewegungen oder werden zum Erzeugen von grossen Kräften verwendet. Als Bewegungsschrauben werden fast aussschliesslich Trapezgewinde (DIN 103 auswählbar) verwendet.

Die Berechnungen der Linearantriebe (Bewegungsschrauben) sind nach der Literatur Roloff Matek [62].

2.27 K16 Radkörperdeformation

Mit diesem Berechnungsmodul können können Verformungen eines auf einer Welle aufgesetzten Zahnrad-Körpers mit Steg durch eine Linienlast am Wälzkreisdurchmesser berechnet werden. Der Radkörper wird über Parameter definiert. Als Resultat ergeben sich die Deformation am Wälzkreisdurchmesser und eine Steifigkeitsmatrix unter Einheitslast. Die Steifigkeitsmatrix kann in der Wellenberechnung (Modul W10a) bei Stirnrädern zugefügt werden um damit die Radkörperverformung bei der Berechnung der Lastverteilung im Zahneingriff zu berücksichtigen. Die Verformung durch den Radkörper wird zur Wellenbiegung addiert und damit das Klaffen und die Flankenlinienkorrektur bestimmt (WA2).

2.28 K17 Kunststoff-Manager

Mit diesem Modul können neue Kunststoffe in der KISSsoft-Werkstoffdatenbank hinzugefügt werden, wenn die Werkstoffkenndaten zur Verfügung stehen. Wenn ein Werkstoff in der Datenbank hinzugefügt wird, wird eine zugehörige .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.

2.29 K18 Zuverlässigkeit

Berechnung der Zuverlässigkeit nach Bernd Bertsche [105] mit Verwendung der 3-Parameter-Weibull-Verteilung. Die Zuverlässigkeit R eines Maschinenelements in Abhängigkeit der Lastwechselzahl t wird nach den folgenden Gleichungen berechnet.

$$R(t) = e^{-\frac{t-t_0}{(T-t_0)}^{\beta}} * 100\%$$

Die Ergebnisse für die Verzahnungen (Biegung, Grübchen) werden in den Protokollen (Abschnitt Lebensdauer) und in einer Grafik ausgegeben. Resultate für Wälzlager werden in einer Grafik dargestellt.

In KISSsys wird die Zuverlässigkeit des gesamten Antriebsstranges berechnet. Dargestellt werden kann die Zuverlässigkeit über der Lebensdauer für alle Zahnräder, Lager und Wellen, je einzeln oder im Gesamtsystem. Die Darstellung kann im linearen, logarithmischen und doppel- logarithmischen Massstab erfolgen. Ausserdem erfolgt die Ausgabe der Lebensdauer des Antriebssystems bei einer Zuverlässigkeit von 90, 99 und 99.9%.

2.30 K20 Import einer reduzierten Steifigkeitsmatrix aus diversen FEM-Programmen

Wird zum Importieren einer reduzierten Steifigkeitsmatrix basierend auf den folgenden Formaten verwendet:

- Standard-KISSsoft-Format (K20a)
- Abaqus-Format (K20b)
- Nastran-Format (K20c)
- code_aster-Format (K20d)
- ANSYS-Format (K20e)

3.1 Allgemeines

Das Programm besteht aus einzelnen Modulen, die alle vom Grundmodul, welches Eingabe-, Korrektur- und Ausgabeteil enthält, bedient werden. Einmal eingegebene Daten (Geometrie, Werkstoff, Kräfte, etc.) können deshalb in allen Rechnungsmodulen verwendet und müssen nicht jedesmal wieder neu eingegeben werden.

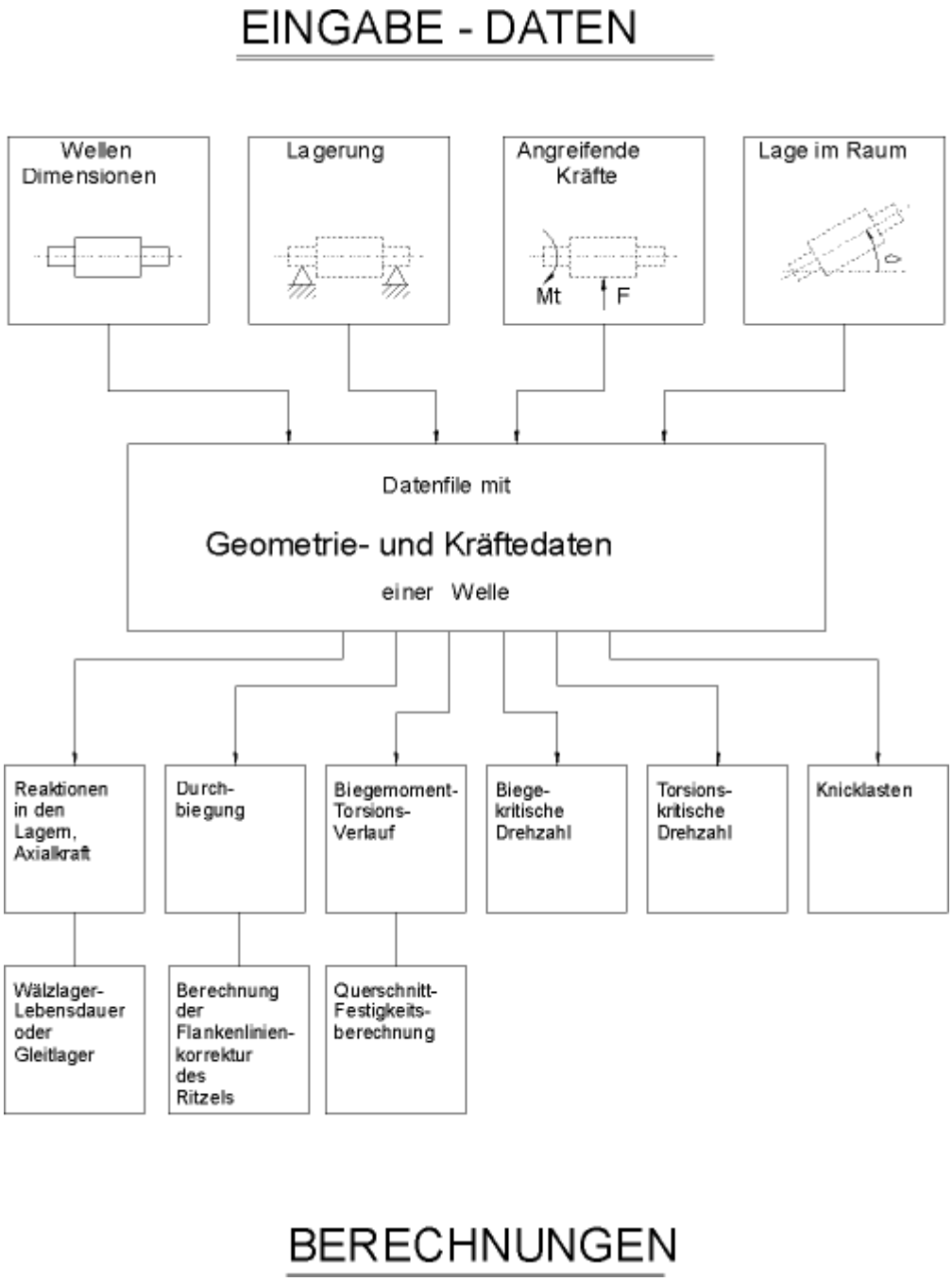


Abbildung 1.2: Vernetzung der Wellenberechnungsprogramme in KISSsoft

3.2 W01 Wellen-Grundmodul

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Wellenberechnung [W010]

Eingabe- und Korrekturmodul für Geometrie- und Werkstoffdaten, Wellenbezeichnungen, Zeichnungsnummer, etc., Lagerung, Randbedingungen, äussere Kräfte und Momente (vereinfachte Eingabe für Kupplungen, Stirn- und Kegelräder, Schnecken, Schneckenräder, Riemenscheiben), Schnittstelle zu CAD. Grafische Oberfläche: Wellenkontur und Lager werden massstäblich dargestellt.

Weitere Eigenschaften des Grundmoduls sind:

- Beliebige Dimensionen (zylindrisch und konisch), rotationsymmetrischer Querschnitt, Voll- oder Hohlwellen, Träger (H-, I-, L-Profil etc.)
- Integriertes Zeichnungssystem, mit dem sehr einfach Korrekturen an der Wellenkontur (Durchmesser, Längen) vorgenommen werden können. Alle Elemente können durch Anklicken editiert werden.
- Listenfunktion: Die eingegebenen Elemente werden als Liste ausgegeben und können verändert werden (ändern, einfügen, löschen).
- Kräfte und Momente können in allen räumlichen Lagen beliebig eingegeben werden, vordefiniert sind:
  - Stirnrad
  - Kegelrad
  - Schnecke
  - Schneckenrad
  - Kupplung/Motor
  - Seil- oder Riemenscheibe
  - Einzelne Radial-, Axial-Kräfte, Biege-, Torsions-Momente
  - äussere Massen mit Trägheitsmoment
  - Exzentrische Last
  - Verlustleistung
  - Schnittstelle zur Übernahme von Daten aus Zahnradberechnungen
  - Kräfte können auch ausserhalb der Welle angreifen
  - Leistung oder Drehmoment können alternativ eingegeben werden
- Statisch unbestimmte Lagerungen

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

3.3 W01a Eingabe von mehreren Wellen

Mit diesem Berechnungsmodul können mehrere koaxiale Wellen eingegeben und berechnet werden. Die Wellen können mit Wälzlagern oder allgemeinen Verbindungen verknüpft werden.

Ein Beispiel für die Anwendung mehrerer koaxialer Wellen sind z.B. Losräder bei Schaltgetrieben, bei denen bei der Auslegung von Flankenlinienkorrekturen so die Deformationen der Welle und der Losradlager berücksichtigt werden können.

Zur Zeit können maximal 15 koaxiale Wellen definiert werden.

3.4 W01b Lagerversatz, Lagerspiel

Mit diese Berechtigung werden der Lagerversatz und das Lagerspiel bei der Berechnung berücksichtigt. Der Lagerversatz kann sowohl für allgemeine Lager als auch für Wälzlager vorgegeben werden.

Bei Wälzlagern lässt sich ein Radialspiel und ein Versatz in X- und Z-Richtung definieren, bei allgemeinen Lagern ein Spiel oder Versatz für alle sechs Freiheitsgrade.

3.5 W01c Druckwinkel berücksichtigen

Mit diesem Berechnungsmodul kann der Lagerdruckwinkel bei der Berechnung berücksichtigt werden. Dafür wird die Lagerkraft aus dem Druckmittelpunkt entlang der Wirkungslinie in den Lagermittelpunkt verschoben. An der Lagerstelle wirkt dann ein resultierendes Biegemoment.

3.6 W01s Lastkollektive

Mit diesem Berechnungsmodul können Lastkollektive definiert werden, welche bei der Berechnung berücksichtigt werden können. Es kann entweder ein Kollektivelement ausgewählt werden, womit sämtliche Berechnungen durchgeführt werden können, oder die Berechnung wird mit dem gesamten Kollektiv durchgeführt, womit Lagerlebensdauern (W05) oder die Festigkeit (W06s) berechnet werden können.

3.7 W03 Berechnung der Durchbiegung und Lagerungskräfte

- Berechnung von Biegelinie, Querkraftverlauf und Momentenverlauf in XY- und ZY-Ebene (Wellenachse immer Y-Achse) mit oder ohne Berücksichtigung des Eigengewichts
- Berechnung der Axialkraft mit Berücksichtigung des Gewichtes (in Abhängigkeit der Wellenlage)
- Berechnung der axialen Dehnung der Welle
- Grafische Darstellung aller wesentlichen Grössen auf dem Bildschirm und dem Drucker: Verlauf von Durchbiegung, Querkraft, Biegemoment in verschiedenen Ebenen, Torsionsmoment, Axialkraft und statische Vergleichsspannung
- Berechnung der Kräfte und Momente in Lagern für beliebige Anzahl und Art von Lagerungen
- Ausgabe der Lagerreaktionskräfte für beliebig viele Lager
- Berechnung der Neigung der Biegelinie in den Lagern, z.B. für Berücksichtigung bei der Berechnung von Zylinderrollenlagern. Der Verlauf des Neigungswinkels kann auch auf dem Bildschirm und dem Drucker dargestellt werden.
- Falls eine Welle mit Lastkollektiven eingegeben wurde, kann die Berechnung der Bieglinie auch einzeln für die Belastung bei jedem Lastkollektiv-Element erfolgen (Berechtigung W1s).
- Berechnung aller Spannungskomponenten (Zug/Druck, Biegung, Scherung, Torsion) und der Vergleichsspannung. Darstellung des Vergleichspannungs-Verlaufs sowie der Spannungskomponenten.

- Berechnung der Durchbiegung mit oder ohne Berücksichtigung der Schubverformung (Berechtigung W3a)

Die Berechnung der Durchbiegung und der Schnittgrössen erfolgt über eine Finite-Element Berechnung mit eindimensionalen Balkenelementen. Die Berechnung basiert auf einer Bibliothek CM2 FEM von Computing Objects (http://www.computing-objects.com)

3.8 W03a Berücksichtigung von Schubverformungen

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

3.9 W03b Welle nichtlinear

Eine Berechnung mit einem geometrisch nichtlinearen Balkenmodell kann aktiviert werden. Eine Wellenberechnung mit zwei Festlagern unter Querkraft liefert dann auch eine Axialkraft durch die Längsdehnungen. Die Berechnung mit einem nicht-linearen Wellenmodel erfordert, dass Schubverformungen berücksichtigt werden. Bei üblichen Wellen ergibt die lineare und die nicht-lineare Berechnung gleiche Resultate. Die nicht-lineare Methode gibt gute Resultate in Fällen, welche im Maschinenbau nicht vorkommen, wie z.B. bei zwei Festlagern oder bei der Berechnung der Biegelinie von dünnen Drähten.

3.10 W03c Wärmedehnung

Axiale Wäremedehnungen von Temperatur und Gehäuse können über Temperatur und Wärmedehnungskoeffizient vorgegeben werden. Eine Welle hat dabei eine homogene Temperatur.

3.11 W03d nichtlineare Steifigkeiten

Die Steifigkeiten von Wälzlagern werden nach ISO/TS 16281 (DIN ISO 281 Beiblatt 4) berechnet. Die Daten zur inneren Geometrie werden der Wälzlagerdatenbank entnommen oder aus den Tragzahlen approximiert, falls sie nicht gegeben sind. Diese Berechnungsoption liefert eine geänderte Durchbiegung und Lastaufteilung auf die Lager, aber keine zusätzlichen Resultate. Siehe dazu W05b und W05c.

Die Berücksichtigung der nichtlinearen Lagersteifigkeiten ist für Pendelrollenlager, einreihige Zylinderrollenlager, Kegelrollenlager, Rillenkugellager, Schrägkugellager, radiale Vierpunktlager, einreihige Axial-Rillenkugellager und Axial-Schrägkugellager möglich.

3.12 W04 Berechnung der kritischen Drehzahl

Berechnung der Eigenfrequenzen des Systems von koaxialen Wellen mit oder ohne zusätzliche Massen.

- Berechnung beliebig vieler Eigenfrequenzen
- Berücksichtigung von Biegung, Torsion und Axialschwingungen
- Kopplung von Axial- und Biegeschwingungen durch Schrägkugel oder Kegelrollenlager
- Darstellung auf dem Bildschirm und Ausdruck der Eigenformen für Verschiebungen und Verdrehungen
- Für Trägerprofile werden die Eigenfrequenzen in beiden Hauptebenen bestimmt.
- Zahnräder können automatisch als Massen berücksichtigt werden. Dabei wird von KISSsoft die Masse und die Trägheitsmomente des auf der Welle sitzenden Zahnrades berücksichtigt.

3.13 W04x Kreiseleffekt

Voraussetzung: Berechtigung W04

Erweiterung zur Berechnung der Eigenfrequenzen: Der Kreiseleffekt von grossen Schwungmassen wird berücksichtigt. Berechnet werden die biegekritischen Frequenzen für den Gleich- und Gegenlauf. Im synchronen Gleichlauf erregt die Unwucht die Biegeschwingungen, weil die Winkelgeschwindigkeit der rotierenden Welle und die Winkelgeschwindigkeit des umlaufenden Wellenmittelpunktes gleich sind. Der synchrone Gegenlauf ist technisch meist nicht bedeutsam.

Der Kreiseleffekt wird für die vorgegebene Drehzahl berücksichtigt.

3.14 W05 Kugel- und Rollenlager-Lebensdauer

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Wälzlagerberechnung [W050]

- Berechnung von:
  - Rillenkugellager (ein- und zweireihig)
  - Schrägkugellager (ein- und zweireihig)
  - Zylinderrollenlager (ein- und zweireihig)
  - Nadellager

- Pendelrollenlager, Pendelkugellager
- Kegelrollenlager
- gepaarte Kegelrollenlager
- Vierpunktlager (QJ)
- Axial-Pendelrollenlager
- Axial-Zylinderrollenlager
- Axial-Nadellager
- Axial-Rillenkugellager
- Axial-Schrägkugellager
- Axial-Schrägrollenlager
- Kreuzrollenlager
- Hybridlager (Rillenkugellager, Zylinderrollenlager mit Keramik-Wälzkörper)

- Alle Daten (ca. 40’000 verschiedene Lager) abgespeichert; direkt übernommen aus Daten von FAG, SKF, Koyo, Timken, IBC und KRW-Lagern.
- Einbau von weiteren Lagern über das Datenbanktool
- Auswahl der Lager über Innen- oder Aussendurchmesser
- Berücksichtigung der Radial- und Axialkräfte
- Berechnung der Lebensdauer und des statischen Sicherheitsfaktors
- Kontrolle der Drehzahlgrenze des Lagers (Öl- und Fettschmierung)
- Gleichzeitige Berechnung bis zu 8 Lagern (beliebige Anzahl in der Wellenberechnung).
- Lagerluft: Normal / C3 / C4 für Rillenkugellager
- Lageranordnung: Einzel-, O- oder X-Anordnung.
- Berechnung der Axialzusatzkräfte bei Schrägkugellagern und Kegelrollenlagern

3.15 W05b Referenzlebensdauer nach ISO/TS 16281

Voraussetzung: Berechtigung W03d

- In der Wellenberechnung kann in Erweiterung zum Modul W03d auch 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 Lnrh und mit Berechtigung W05a auch die modifizierte Referenzlebensdauer Lnmrh berechnet.

Bis anhin können folgende Lagertypen unter Berücksichtigung der inneren Geometrie berechnet werden:

- Rillenkugellager
- Schrägkugellager
- Zylinderrollenlager
- Kegelrollenlager
- Pendelrollenlager
- Nadellager/ Nadelkränze
- Axial-Zylinderrollenlager
- Axial-Pendelrollenlager
- Rillenkugellager (einreihig)
- Schrägkugellager (einreihig)
- Vierpunktlager
- Axial-Rillenkugellager (einreihig)
- Zylinderrollenlager (einreihig, einreihig vollrollig, zweireihig, zweireihig vollrollig)
- Axial-Zylinderrollenlager
- Nadellager/ Nadelkränze
- Axial-Nadelkränze
- Kegelrollenlager (einreihig)
- Pendelrollenlager
- Axial-Pendelrollenlager

3.16 W05a Lastkollektive Lager

Berechnung der Lebensdauer nach ISO 281 für beliebige Lastkollektive. Erweiterte Lebensdauerberechnung (Einfluss von Betriebsbedingungen und Schmierstoff):
Die Wälzlagerberechnung wird mit dem aISO-Faktor (ISO 281-2007), berechnet nach dem erweiterten Lebensdauerkriterium, durchgeführt. Aufgrund der Schmierstoff-Viskosität, der Sauberkeit, der Betriebstemperatur, der Drehzahl, der Lagergeometrie und des Lagertyps wird der aISO-Faktor für jedes Lager von KISSsoft

bestimmt und in die Berechnung miteinbezogen. Wahlweise kann die Berechnung natürlich auch ohne aISO-Faktor ausgeführt werden.

Dieses Modul ermöglicht auch die erweiterte Lagerlebensdauerberechnung in der Wellenberechnung.

Berechnung der thermisch zulässigen Betriebsdrehzahl nach DIN ISO 15312 und DIN 732 aus der Wärmebilanz des Wälzlagers.

3.17 W05c Lastverteilung im Lager

Voraussetzung: Berechtigung W03d

In der Wellenberechnung kann in Erweiterung zum Modul W03d und W05b auch die Pressung auf die einzelnen Wälzkörper nach ISO/TS 16281 berechnet und ausgewiesen werden. Die Ausgabe erfolgt als Protokoll oder als Grafik.

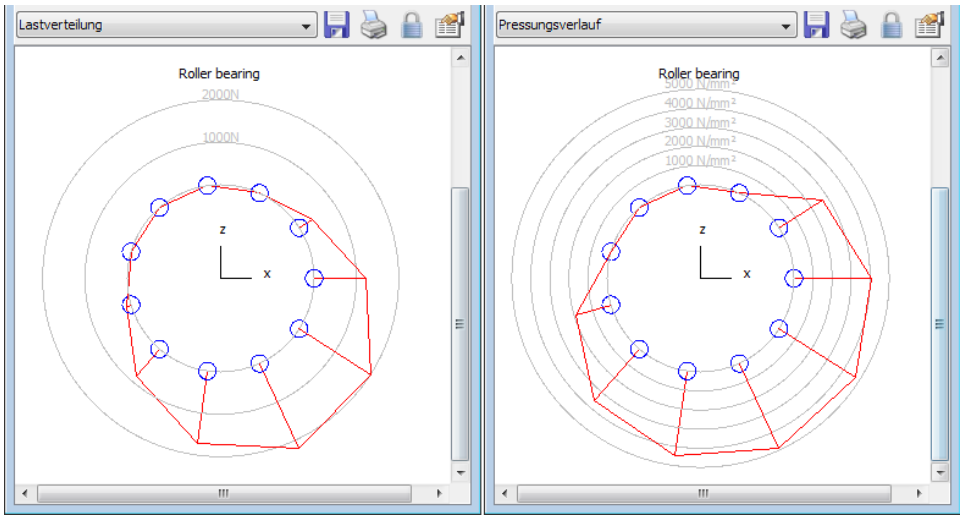


Abbildung 1.3: Lastverteilung im Lager

3.18 W51 Nachrechnung von Wälzlagern nach ISO/TS 16281

Die Lagerringe können neu als elastisch berücksichtigt werden. Externe Lasten werden auf Aussen- oder Innenring definiert und die Deformation des Lagerringes iterativ mit der Einfederung der Wälzkörper ermittelt. Die Lagerringe können - zusätzlich zur konstanten Deformation - nun auch ein Verkippen aufweisen.

Erweiterung in Modul WB4

3.19 W06 Dauerfestigkeits- und statische Berechnung von Querschnitten

- Folgende Querschnitt-Arten sind auswählbar (automatische Berechnung der Kerbfaktoren, Kerbwirkung am Aussen- oder Innendurchmesser):
  - Glatte Welle
  - Wellenabsatz
  - Wellenabsatz mit Freistich
  - Konischer Wellenabsatz
  - Presssitz
  - Passfeder
  - Zahnwelle/Kerbverzahnung
  - Keilwelle
  - Rechtecknut
  - Umlaufnut
  - Spitzkerbe
  - Gewinde
  - Querbohrung
  - Eigene Definition von Kerbfaktoren
- mitgelieferte Werkstoffe: Etwa 100 Werkstoffe, wie Ck 45, Ck 60, St 52, 16 MnCr 5, 18 CrNiMo7, GG 20, rostfreie Stähle, Stahlguss, Temperguss und mehr
- Die grafische Darstellung des Verlaufs der Vergleichsspannung erleichtert die Lokalisierung der gefährdeten Querschnitte.
- Eingabe der Oberflächen-Rauhigkeit mit Qualitäten nach ISO 1302 und Ausgabe der Rauheit Rz.

- Einfluss der Oberflächenbehandlung (Kugelstrahlen etc.) und Wärmebehandlung.
- Keiltabellen für Querschnitte mit Keil sind eingebaut. Die Daten werden von einer Datendatei eingelesen, der die Normen ISO 773, DIN 6885.1, DIN 6885.2 und DIN 6885.3 enthält. Weitere Normen können vom Benutzer selber eingebaut werden oder beim Programmablauf direkt eingegeben werden.
- Berechnung der Sicherheit für Dauerbruch; statische Sicherheit gegen Streckgrenze und Bruchgrenze. Mit W06s Zeitfestigkeitsberechnung und Lastkollektive.

3.20 W06a Rechenmethode Hänchen + Decker

Berechnung nach"Neue Festigkeitsberechnung für den Maschinenbau " von Hänchen + Decker. Sehr bewährte, inzwischen nicht mehr ganz den neuesten Erkenntnissen entsprechende Rechenmethode (vom TÜV akzeptiert).

3.21 W06b Rechenmethode DIN 743

Berechnung nach DIN743 (Ausgabe 2012) "Tragfähigkeit von Wellen und Achsen" (ähnlich wie die Berechnung nach der FKM Richtlinie): Festigkeitsberechnung für Wellen und Achsen mit Sicherheitsnachweis gegen bleibende Verformung und Ermüdungsbruch. Die auftretenden Spannungen (mit Mittel- und Ausschlagespannung) werden aufgrund des vereinfachten Smith-Diagramms beurteilt.

Wichtige Eigenschaften dieser Methode:

- gilt nur für Wellen und Achsen.
- Zug/Druck, Biegung und Torsion werden in die Berechnung einbezogen, Scherung wird nicht berücksichtigt.
- Berücksichtigung der Oberflächenverfestigung (durch Nitrieren, Einsatzhärten, Karbonitrieren, Rollen, Kugelstrahlen, Induktiv/Flammhärten).
- Keine Berechnung der Lebensdauer (Zeitfestigkeitsbereich), somit auch keine Berechnung von Lastkollektiven.
- Temperaturbereich: -40 bis 150 Grad.
- Gilt nur für den Werkstoff Stahl.

3.22 W06c Rechenmethode FKM Richtlinie

Die FKM-Richtlinie ist die umfassendste Berechnungsmethode, die heute zur Verfügung steht. Sie geht weit über den Anwendungsbereich der DIN 743 hinaus, ist aber in der Interpretation der Resultate anspruchsvoller. Der Berechnungsalgorithmus führt eine statische sowie eine Zeitfestigkeitsberechnung durch. Der Berechnungsalgorithmus wurde durch Professor Haibach entwickelt.

3.23 W06d Rechenmethode AGMA 6101/ 6001

Bei dieser Rechenmethode wird nach der Gestaltänderungshypothese (mit von Mises Werten) gerechnet.

Es werden dabei aus 7 Teilfaktoren (ka-kg) ein Gesamtfaktor bestimmt, mit welchem man die Sicherheiten statisch und gegen Ermüdung berechnen kann.

Einschränkungen der Festigkeitsberechnungsmethode:

- In der Berechnung nach AGMA 6101 in KISSsoft können keine Lastkollektive berücksichtigt werden.
- Es sind in der Norm nur Diagramme der Kerbfaktoren für 3 verschiedene Kerben gegeben (Wellenabsatz, Umlaufnut und Querbohrung)
- Für den Pressitz und die Passfeder ist jeweils ein fixer Kerbfaktor angegeben. Bei der Kombination Presssitz mit Passfeder wird ein Bereich in der Norm definiert.

3.24 W06s Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven

Voraussetzung: Berechtigung W06b oder W06c

Die Berechnung nach der FKM-Richtlinie sowie die DIN743 mit dem FVA-Vorschlag oder dem neuen Entwurf erlauben die Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven. Falls eine Welle mit Lastkollektiven eingegeben wurde, kann die Berechnung damit direkt durchgeführt werden. Mit der Berechnungsmethode nach Hänchen/Decker können keine Lastkollektive berücksichtigt werden, da die Norm dies nicht zulässt.

3.25 W07 Hydrodynamisches 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).

3.26 W07a Berechnung nach Niemann

Mit diesem Modul kann die Verlustleistung, Öldurchsatz, Ölerwärmung, minimale Schmierspaltgrösse nach G. Niemann, Maschinenelemente I, Springer, und nach O. R. Lang, Gleitlager, Springer berechnet werden. Diese Berechnung ist nur für druckgeschmierte Lager (Umlaufschmierung) geeignet, dabei wird auch die Betriebssicherheit geprüft.

3.27 W07b Berechnung nach ISO 7902

Berechnung nach ISO 7902: Vollständige Berechnung nach ISO 7902, Teil 1 (Ausgabe 2013), Teil 2 und 3 (Ausgabe 1998) für drucklos und druckgeschmierte

Lager. Die Art der Schmierstoffzufuhr (Schmierlöcher, Schmiernut, Schmiertaschen) wird berücksichtigt. Berechnet werden alle Betriebsdaten nach ISO 7902 wie Betriebstemperatur, minimale Schmierspaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw. Auch die Betriebssicherheit wird kontrolliert. Ergänzend wird auch die Federkonstante (radiale Steifigkeit) des Lagers im Betriebspunkt berechnet. Dieser Wert kann in die Wellenberechnung übertragen werden.

3.28 W07d Berechnung nach DIN 31657

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

3.29 W07e Berechnung nach DIN 31652

Berechnung nach DIN 31652: Vollständige Berechnung nach DIN 31652, Teil 1 , Teil 2 und 3 (2017) für drucklos und druckgeschmierte Lager. Die Art der Schmierstoffzufuhr (Schmierlöcher, Schmiernut, Schmiertaschen) wird berücksichtigt. Berechnet werden alle Betriebsdaten nach DIN 31652 wie Betriebstemperatur, minimale Schmierspaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw. Auch die Betriebssicherheit wird kontrolliert. Ergänzend wird auch die Federkonstante (radiale Steifigkeit) des Lagers im Betriebspunkt berechnet. Dieser Wert kann in die Wellenberechnung übertragen werden.

3.30 W08 Fettgeschmierte Radialgleitlager

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

3.31 W07c Hydrodynamisches Axialgleitlager

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

- Berechnung nach DIN 31653: Vollständige Berechnung von Axialsegmentlagern nach DIN 31653, Teil 1 bis 3 (Ausgabe 1991) für drucklos- und druckgeschmierte Lager. Berechnet werden alle Betriebsdaten nach DIN 31653 wie Betriebstemperatur, minimale Schmierspaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw.
- Berechnung nach DIN 31654: Vollständige Berechnung von Axialkippsegmentlagern nach DIN 31654, Teil 1 bis 3 (Ausgabe 1991) für drucklos- und druckgeschmierte Lager. Die Art der Schmierstoffzufuhr (Schmierlöcher, Schmiernut, Schmiertaschen) wird berücksichtigt. Berechnet werden alle Betriebsdaten nach DIN 31654 wie Betriebstemperatur, minimale Schmierspaltbreite, Verlustleistung, Öldurchsatz usw.

3.32 W10 Berechnung der Verformung in Längsrichtung

Berechnung der Verschiebung eines Querschnittpunktes aus der Ruhelage durch Verdrehung und Durchbiegung. Für diverse Zwecke, z.B. für das Schleifen von Breitenballigkeit (wird auch Längs- oder Flankenlinienkorrektur genannt) an Verzahnungen, ist es wichtig zu wissen, wieviel sich ein Punkt des Wellenquerschnitts durch elastische Deformation in einer bestimmten Richtung verschiebt. Dieses Programm berechnet die Verschiebung in einem bestimmbaren Intervall längs der Achse und druckt die Daten aus. Bei Verzahnungen wird zusätzlich die Flankenli-

nienabweichung durch Deformation berechnet, die für genaue Stirnradberechnungen benötigt wird. Grafische Darstellung der Verformungskomponenten auf dem Bildschirm (und Drucker). Über die Grafikschnittstellen können die Daten in jedes CAD-Programm übernommen werden.

3.33 W10a Flankenlinienkorrektur mit zusätzlicher FEM-Verschiebungsmatrix

Mit diesem Modul lässt sich die Verformung der Radkörper von Stirnrädern in der Flankenlinienkorrekturen berücksichtigen. Hierzu muss mittels einer FE-Berechnung eine Verschiebungsmatrix unter Einheitslast erzeugt werden. Eine Beispieldatei (deviation.dat) finden Sie im dat Verzeichnis.

3.34 W12 Wellenauslegung (Integriertes Konstruktionswerkzeug)

(siehe auch Illustration)

Wellenauslegung:

Für die Auslegung von Wellen (alle Durchmesser) 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.

Vorgehensweise Wellenoptimierung:

Der klassische Weg beim Konstruieren führt von der Idee über das Konzept zur Grobdimensionierung und zum Konstruktionsentwurf, und kann durch den Einsatz von KISSsoft in einer CAD-Umgebung sehr effizient gelöst werden. Sobald ein Konstruktionskonzept vorliegt, wird normalerweise als erstes die Dimensionierung der Kraftübertragungs-Elemente wie Kupplungen, Zahnräder, Riemen usw. festgelegt. Dazu bietet KISSsoft bereits verschiedenste Auslegungsprogramme. Aufgrund der Abmessungen der übertragungselemente ergeben sich dann in etwa die Lagerabstände und Längen der Wellen. KISSsoft verfügt über ein Auslegungsmodul für die Dimensionierung von Wellen mit Lagerung. Sie starten die Wellenberechnung, geben die ungefähre Wellenlänge, die Lagermittelpunkte und Elemente mit äusseren Kräften ein, worauf Sie als erstes einen Vorschlag für die Durchmesser der Wellenabschnitte erhalten. Darauf folgt die Bestimmung der Lagerart und aufgrund der gewünschten Lagerlebensdauer kann der Wellendurchmesser angepasst werden. Die entsprechende Durchmesserveränderung wird in der grafischen Darstellung auf dem Bildschirm von Ihnen problemlos quittiert oder korrigiert.

Im nächsten Schritt folgt die exakte Festigkeitsberechnung (Kontrolle auf Gewalt und Ermüdungsbruch). Innerhalb der Festigkeitsberechnung steht eine vollautomatische Optimierung des Wellenaussendurchmessers zur Erreichung der gewünschten Sicherheit zur Verfügung. Selbstverständlich können auch gleichzeitig die Wel-

len-Nabenverbindungen (Presssitz, Passfeder, Kupplungsverzahnung) kontrolliert werden.

Die so in kürzester Zeit optimal ausgelegte Welle mit Lagerung kann nun über die CAD-Schnittstelle ausgegeben werden und ohne sonstigen Aufwand haben Sie in Ihrer CAD-Konstruktionszeichnung bereits die fertige Kontur der Welle mit samt den Lagern.

3.35 W13 Knickung

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 relevant ist. Eine Vorgabe von Belastungen ist erforderlich für die Berechnung.

3.36 W14 Erzwungene Schwingungen in der KISSsoft-Wellenberechnung

Wird zur Durchführung einer Berechnung der erzwungenen Schwingungen der in KISSsoft definierten Wellen verwendet. Die dynamische Erregung konzentrierter Unwuchtmassen wird als dynamische Anregung der Welle verwendet. Dynamische Anregungen von Zahnrädern (aufgrund von Drehwegabweichung 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 wird anhand des Grösstwerts dieser Superposition ermittelt. Transiente Phänomene finden keine Berücksichtigung. Für die Berechnung werden Übertragungsmatrizen verwendet.

3.37 W51a Wälzlager Feinauslegung

Die innere Geometrie der Lager kann mittels Variationsrechnung optimiert werden. Die Varianten werden in Listenform oder grafisch dargestellt.

Modul: WB5

4.1 M01a Zylindrischer Presssitz

Zylindrische Presssitze und Bandagen mit Fliehkrafteinfluss:

- Belastung in Umfangs- und Axialrichtung
- Berechnung des maximalen Drehmomentes für eine schlupffreie Passung. Bei Auftreten von Schlupf in der Passung tritt Reibkorrosion durch Mikrogleiten auf.
- Die Berechnung beinhaltet die komplette Norm DIN7190 (im elastischen Bereich) mit Längs-, Quer- und Ölpressverbänden

Weiter wird die Sicherheit des Press-Verbandes gegen Rutschen und die Sicherheit des Werkstoffes von Welle und Nabe gegen Bruch- und Streckgrenze berechnet. Zur Eingabeerleichterung ist das Toleranzsystem nach DIN 7151 eingebaut (z.B. mit Eingabe Durchmesser 60 H7/f6).

4.2 M01b Kegelpressverband

Rechenmethoden nach Kollmann oder E DIN 7190-2.

Kegelpressverband: Berechnung und Auslegung eines Kegelpressverbandes für die übertragung von Drehmomenten im elastischen Betriebszustand. Montage durch axiales Verspannen mittels einer Schraube (nur Kollmann) oder durch Aufpressen.

Die Methode nach F. G. 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 beim maximalen Drehmoment.

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

Auslegungen:

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

Bei Nachrechnung nach Kollmann zusätzlich:

- wahlweise Montageaufschub oder Montageaufschubkraft

4.3 M01x Zusatzfunktion zum Presssitz

Erweiterung der Presssitz-Berechnung:

- Miteinbezogen in die Rechnung wird der Einfluss der Fliehkraft auf die Aufweitung des Pressverbandes und die Spannungen in Welle und Nabe.
- Nebst 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 Oberflächenrauhigkeit mit Qualitäten nach ISO 1302.
- Bei der Berechnung von zylindrischen und konischenPresssitzen mit KISSsoft kann der Aussendurchmesser der Nabe variieren. In solchen Fällen wird der Aussendurchmesser abschnittweise mit Durchmesser und Länge eingegeben, daraus ein äquivalenter Durchmesser (nach V.Gross) bestimmt und in der Berechnung berücksichtigt.

4.4 M01c Klemmverbindungen

Bei den Klemmverbindungen gibt es zwei verschiedene Konfigurationen, welche berechnet werden können:

- Geschlitzte Nabe
- Geteilte Nabe

Die Berechnung von der Flächenpressung und der Haftsicherheit erfolgt nach der klassischen Literatur (Roloff Matek, Maschinenelemente, 15.Auflage, 2001), die Biegung wird nach (Decker, Maschinenelemente, 15.Auflage, 2000) berechnet.

4.5 M02a Passfeder

Für Passfedern nach:

- DIN 6885.1
- DIN 6885.1 Form G, H, J
- DIN 6885.2
- DIN 6885.3
- ANSI B17.1 Square
- ANSI B17.1 Rectangular
- eigene Eingabe

wird eine Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) und der Passfeder (Scherung) mit der Bestimmung der Sicherheiten durchgeführt (Rechenmethode: DIN 6892 (2012) Methode C). Bei der Berechnung werden sowohl

die Toleranzen der Keilrundungsradien und die Kraftangriffsrichtung berücksichtigt. Die Anzahl Passfedern, der Traganteilfaktor und der Anwendungsfaktor kann ebenfalls eingegeben werden. Massstäbliche grafische Darstellung.

Passfeder-Berechnung nach DIN 6892 (2012), Methode B:

Diese Norm erlaubt eine sehr differenzierte Berechnung der Passfeder auf Dauer- und Spitzenlast. Berücksichtigt wird beispielsweise auch, wenn gleichzeitig eine Presspassung vorliegt. Folgende Angaben können in einer Untermaske eingegeben werden: Kantenbruch an der Welle und an der Nabe; kleiner und grosser Aussendurchmesser der Nabe; Breite zu Aussendurchmesser; Abstand; Drehmomentverlauf; Häufigkeit des Lastrichtungswechsels.

Auslegungen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle, bzw. Der Nabe, aufgrund der Soll-Sicherheit und
- Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes.

4.6 M02b Keilwelle/ Vielnutprofil

Für Vielnutprofile nach:

- DIN ISO 14 (leichte Reihe)
- DIN ISO 14 (mittlere Reihe)
- DIN 5464 (Fahrzeuge, schwere Reihe)
- DIN 5471 (Werkzeugmaschinen, mit 4 Keilen)
- DIN 5472 (Werkzeugmaschinen, mit 6 Keilen)

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 (Niemann, Maschinenelemente I, 4.Auflage, 2005). Massstäbliche grafische Darstellung.

Auslegungen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle, bzw. Der Nabe, aufgrund der Soll-Sicherheit und
- Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes.

4.7 M02c Kerbverzahnung

Für Kerbverzahnungen nach:

- DIN 5480
- DIN 5481
- DIN 5482
- ISO 4156 (1991)
- ANSI B92.1 und ANSI B92.2 (1992)

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, dadurch lässt sich die Verwendung der firmenintern vorgeschriebenen Profile erzwingen. Die Berechnung der Fabrikationsmasse und Toleranzen kann mit Modul Z09 der Zahnradberechnung ausgeführt werden. Die Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) mit der Bestimmung der Sicherheiten erfolgt nach der klassischen Literatur (Niemann, Maschinenelemente I, 4.Auflage, 2005).

Auslegungen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle, bzw. der Nabe, aufgrund der Soll-Sicherheit und
- Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes.

4.8 M02d Polygon

Für Polygonwellen nach:

- DIN 32711-1 (P3G-Profil)
- DIN 32712-1 (P4C-Profil)

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 DIN Normen 32711-2 (für Profile P3G)/ DIN 32712-2 (für Profile P4C) oder nach der klassischen Literatur (Niemann, Maschinenelemente I, 4.Auflage, 2005).

Massstäbliche grafische Darstellung nach den DIN-Normen.

Auslegungen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle, bzw. der Nabe, aufgrund der Soll-Sicherheit und Bestimmung des übertragbaren Drehmomentes

4.9 M02e Scheibenfeder

Für Scheibenfedern nach:

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

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 (Niemann, Maschinenelemente I, 4.Auflage, 2005).

Auslegungen:

- Bestimmung der tragenden Länge der Welle, bzw. Der Nabe, aufgrund der Soll-Sicherheit

4.10 M03a Bolzenberechnung

Bolzen-/ 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 (Niemann, Maschinenelemente I, 4.Auflage, 2005),

ausgenommen Bolzen in Kreisanordnung.

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

4.11 M04 Schraubenberechnung

Die Berechnung erlaubt die Verwendung des kompletten Umfangs der VDI 2230, Ausgabe 2015. Zusammen mit der Option M04a können beispielsweise die komplexen Beispiele der VDI 2230 ohne Probleme berechnet werden. Für alle betroffenen Elemente sind Tabellen integriert, wie z.B. Schrauben nach DIN EN ISO 4762, 4014, 4016, 4017, 949 und ASME 18.2.1, Normen für Bohrungen, Unterlagsscheiben, Muttern etc. Eigene Definitionen von Schrauben mit bis zu 8 Abschnitten, auch Hohlschrauben, sind möglich. Als verspannte Elemente können

Platten, Hülsen, Kreisringsegmente oder prismatische Körper definiert werden. Das Programm ist in der Lage, Vorschläge für den Nenndurchmesser und Gewindelänge durchzuführen. Standardmässig wird die Vorspannkraft auf 90% der Streckgrenze ausgelegt, über die Einstellungsmöglichkeiten kann dies angepasst werden. Berechnungen mit vorgegebenem Anzugsdrehmoment oder Vorspannkraft sind durchführbar. Die Daten werden für den Zustand mit der minimalen Vorspannkraft (Anziehfaktor 1.0), der maximalen Vorspannkraft und bei der gewählten Ausnutzung der Streckgrenze ausgegeben. Die grafische Darstellung des Verspannungsdiagramms und der Schraubengeometrie wird auf dem Bildschirm dargestellt und kann ausgedruckt oder an ein CAD ausgegeben werden.

4.12 M04a Exzentrische Verspannung und Belastung, Konfigurationen (zu M04)

Ermöglicht zusätzlich die Berücksichtigung einer exzentrischen Belastung und Verspannung und kontrolliert auf Klaffen der Trennfuge. Konfigurationen: Im weiteren erlaubt die Option die Eingabe von Schraubenkonfigurationen mit Axial-, Quer- und Biegemomentbelastungen. Mindesteinschraubtiefe und Abstreiffestigkeit: Um die notwendigen Mindest-Einschraubtiefe zu bestimmen, kann (nach Kapitel 5 der VDI 2230) die Abstreiffestigkeit von Schrauben- und Mutterngewinden unter Berücksichtigung der Mutteraufweitung und der plastischen Verformung berechnet werden.

4.13 M04b Schraubenberechnung bei hohen und tiefen Temperaturen (zu M04)

Schrauben werden meist bei Umgebungstemperatur montiert. Der Einfluss der Betriebstemperatur auf den Vorspannungszustand der Schraube und damit auf die Sicherheit der Verbindung ist jedoch beträchtlich. Beim Verschrauben von Leichtmetallwerkstoffen mit Stahlschrauben beispielsweise verändern sich die Verhältnisse schon bei Betriebstemperaturen von 70 Grad markant! Die Erweiterung der KISSsoft-Schraubenberechnung erlaubt nun in Anwendung der Rechenvorschrift nach VDI 2230, die Schraubenverbindungen auch bei Betriebstemperaturen zwischen –200 und +1000 Grad Celsius zu berechnen. Für Schrauben und verspannte Teile können unterschiedliche Temperaturen vorgegeben werden. Im weiteren wird die Temperaturabhängigkeit des Elastizit ätsmoduls, des Wärmedehnungskoeffizienten, der Streckgrenze und der zulässigen Pressung der Werkstoffe berücksichtigt. Die Schraubverbindung wird für den Montagezustand bei Raumtemperatur sowie für den stationären oder instationären Zustand bei Betriebstemperatur auf sämtliche Kriterien hin überprüft (nach VDI 2230: Vorspannkraft, Schraubenkraft, Dauerhaltbarkeit und Flächenpressung).

4.14 M08 Schweissverbindungen

Berechnungsgrundlage: DIN 18800, Teil 1, Ausgabe November 1990, insbesondere Kap. 8.4. Berechnung und Auslegung von Schweissverbindungen (Lichtbogenschweissen) mit folgenden Schweissnaht-Typen:

- Stumpfnaht, durchgeschweisst
- Doppel-HV-Naht, gegengeschweisst
- HV-Naht, Kapplage gegengeschweisst / Wurzel durchgeschweisst
- HY-Naht mit oder ohne Kehlnaht, nicht durchgeschweisst
- Doppel-HY-Naht mit oder ohne Kehlnaht, nicht durchgeschweisst
- Doppel-I-Naht, nicht durchgeschweisst
- Kehlnaht, nicht durchgeschweisst
- Doppel-Kehlnaht, nicht durchgeschweisst

Eingabe der Belastung (Normalkraft, Querkräfte), von Teilsicherheitsbeiwert und Grenzschweissnahtbeiwert, eingebundene Materialdatenbank. Berechnung der Spannungen, der Grenzschweissnahtspannung und der Sicherheit.

4.15 M09a Kleb- und Lötverbindungen

Klebverbindung:

Berechnungsgrundlage: G. Niemann, Maschinenelemente, Band I, 1981. Die Berechnung der Klebverbindung erfolgt für Verbindungen, die auf Schub belastet sind.

Zwei verschiedene Belastungsfälle sind vorgesehen:

- Schubkraft: übertragen einer Schubkraft zwischen zwei Flächen
- Drehmoment: Wellen-Naben-Verbindung mit Drehmoment-Belastung

Die Verbindung kann statisch oder dynamisch (im Normalfall schwellend) belastet sein. Klebstoffe (erweiterbare Datenbank) stehen zur Auswahl für die Aushärtung bei Raum- oder erhöhter Temperatur.

Auslegungen:

- Auslegung der Klebbreite (bei Wellen-Naben), bzw. der Kleblänge (bei Laschen) aufgrund der Festigkeit des Grundmaterials. Die Zerreissfestigeit der Verbindung wird so ausgelegt, dass sie der Zerreissfestigkeit des Grundwerkstoffs, bzw. der Schwellfestigkeit der Welle, entspricht.

- Auslegung der Klebbreite aufgrund der Beanspruchung: Die Zerreissfestigeit der Verbindung wird so ausgelegt, dass sie unter Berücksichtigung der eingegebenen Sollsicherheit die angreifenden Kräfte übertragen kann.

Lötverbindung:

Berechnungsgrundlage: G. Niemann, Maschinenelemente, Band I, 1981. Die Berechnung der Lötverbindung erfolgt für Verbindungen, die auf Schub belastet sind.

Zwei verschiedene Belastungsfälle sind vorgesehen:

- Schubkraft: übertragen einer Schubkraft zwischen zwei Flächen
- Drehmoment: Wellen-Naben-Verbindung mit Drehmoment-Belastung

Die Verbindung kann statisch oder dynamisch (im Normalfall schwellend) belastet sein. Als Werkstoffe (erweiterbare Datenbank) stehen zur Auswahl:

- Weichlot LSn40, LSn60, kurzzeitige Last
- Weichlot LSn40, bei Dauerlast
- Messinglote: Stahl NE-Schwermetalle
- Neusilberlote, Kupfer: Stahl
- Silberlote: Stahl NE-Schwermetalle

Auslegungen:

- Auslegung der Lötbreite (bei Wellen-Naben), bzw. der Lötlänge (bei Laschen) aufgrund der Festigkeit des Grundmaterials. Die Zerreissfestigeit der Verbindung wird so ausgelegt, dass sie der Zerreissfestigkeit des Grundwerkstoffs, bzw. der Schwellfestigkeit der Welle, entspricht.
- Auslegung der Lötbreite aufgrund der Beanspruchung: Die Zerreissfestigeit der Verbindung wird so ausgelegt, dass sie unter Berücksichtigung der eingegebenen Sollsicherheit die angreifenden Kräfte übertragen kann.

4.16 M050 Seegerring

Rechenmethode: nach dem Seeger-Handbuch. Es wird zwischen den zwei Fällen, nämlich Wellenringen und Bohrungsringen unterschieden, für die scharfkantige Auflagen oder Ausführungen mit Schräge, Kantenabstand/Radius bearbeitet definiert werden können. Die Berechnung umfasst in beiden Fällen (Wellen-/Bohrungsring) die folgenden Punkte:

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

Darüber hinaus sind für Wellenringe die folgenden Berechnungen möglich:

- Ablösedrehzahl der Welle, Haltekraft des Rings

Auslegungsfunktionen:

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

5.1 F01 Druckfederberechnung

Berechnung von zylindrischen Schraubendruckfedern nach DIN EN 13906-1. Beinhaltet die Auslegung (durch Vorgeben von Federkräften und Einbaumassen) und die Nachrechnung von Druckfedern. Datenbank mit den wichtigsten Federwerkstoffen. Darstellung der Federkennlinie, der Relaxation, des zeitlichen Verlaufes der Relaxation, des zeitlichen Verlaufes der Federkraft und des Goodman-Diagrammes für dynamisch beanspruchte Federn. Toleranzen und Hauptmasse nach DIN 2076, 2077, DIN 2096, DIN EN 15800, DIN EN 10270-1, DIN EN 10270-2, DIN EN 10270-3 und DIN EN 10218. Integrierte Datenbank mit Federgeometrien nach DIN 2098 Blatt 1 (zurückgezogen).

5.2 F03 Schenkelfederberechnung

Berechnung von zylindrischen Drehfedern nach DIN EN 13906-3. Beinhaltet die Auslegung (durch Vorgeben von Federkräften und Einbaumassen) und die Nachrechnung von Schenkelfedern. Datenbank mit den wichtigsten Federwerkstoffen. Datenbank mit Drahtdurchmessern nach DIN 2076, 2077, DIN EN 10270-1, DIN EN 10270-2, DIN EN 10270-3 und DIN EN 10218. Darstellung der Federkennlinie. Die Schenkel können fest eingespannt oder abgestützt, tangential oder abgebogen sein. Toleranzen nach DIN 2076, 2077, 2194, DIN EN 10270-1.

5.3 F04 Tellerfederberechnung

Berechnung von Tellerfedern und Federpaketen nach DIN 2092. Beinhaltet die Auslegung (durch Vorgeben von Federkräften und Einbaumassen) und die Nachrechnung von Tellerfedern. Datenbank mit den Werkstoffkennwerten und Abmessungen nach DIN 2093. Darstellung der Federkennlinie, Goodmann-Diagramm.

5.4 F02 Zugfederberechnung

Berechnung von zylindrischen Zugfedern nach DIN EN 13906-2. Beinhaltet die Auslegung (durch Vorgeben von Federkräften und Einbaumassen) und die Nachrechnung von Zugfedern. Datenbank mit den wichtigsten Federwerkstoffen. Datenbank mit Drahtdurchmessern nach DIN 2076, 2077,DIN EN 10270-1, DIN EN 10270-2, DIN EN 10270-3 und DIN EN 10218. Darstellung der Federkennlinie, Goodman-Diagramm für dynamisch beanspruchte Federn. Toleranzen, Hauptmasse, Ösen nach DIN 2076, 2077, 2096, 2097, DIN EN 10270-1.

5.5 F05 Drehstabfederberechnung

Berechnung von Drehstabfedern mit rundem Querschnitt nach DIN 2091. Beinhaltet die Auslegung (durch Vorgeben von Federmomenten und Einbaumassen) und die Nachrechnung von Drehstabfedern. Werkstoffkennwerte nach DIN 17221. Hauptmasse nach DIN 2091. Darstellung der Federkennlinie.

6.1 Z01 Zahnrad-Grundmodul

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Einzelrad [Z011]
- Zahnradpaar [Z012]

Zahnrad-Geometrieberechnung für Stirnräder nach ISO 21771 (und DIN 3960)

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 freier 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, Profilkorrekturen, etc.
- Kontrolle auf Unterschnitt, spitzer Zahn, Eingriffsstörung, Kopfspiel, Montierbarkeit, Kopf- und Fuss-Formkreis, Kopf- und Fuss-Nutzkreis (aktive Evolvente), Anstossen ausserhalb des Eingriffbereichs, etc.
- Berechnung der Prüfmasse, Zahnweite, Zahndicke, Einkugel- und Zweikugelmass, Einrollen- und Zweirollenmass. Die Prüfmasse werden je für das untere und obere Abmass berechnet.
- Wahlweise ist die Bestimmung der Zahndickenabmasse möglich:
  - 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

- Der Anwender kann eigene Zahndicken-Abmass-Tabellen erstellen. Diese Tabellen werden vom Programm automatisch verarbeitet.
- Für Feinwerktechnik: Kopfkreis (mit Toleranzen) bei überschneidendem Werkzeug
- Berechnung des Verdrehflankenspiel-Bereichs (und Normalflankenspiel) der Zahnradpaarung unter Berücksichtigung der Zahndicken-Abmasse 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
- Winkel können als Dezimalzahl mit Komma oder mit Minuten und Sekunden eingegeben werden.
- Moduleingabe in mm oder auch als Diametral Pitch oder Transverse Diametral Pitch, Stirn- oder Normalteilung.
- Unterschiedliche Verzahnungsqualität für einzelne Räder.
- Vergrösserung des Intervalls für ausführbare Profilverschiebungen: Die Bandbreite der normalerweise ausführbaren Profilverschiebungen kann mit dieser Berechtigung wesentlich vergrössert werden. Dies ist für Spezialfälle sehr nützlich.
- Bei Festigkeitsberechnungen aller Art (bei Stirnräder, Kegelräder, Schnecken), zusätzlich Bestimmung der Verlustleistung, Trägheitsmoment, Gewicht

Werkstoffe und Bezugsprofile ab Datenbank

Beliebig viele verschiedene Werkstoffe und Bezugsprofile können in speziellen Datenbankeinträgen vom Benutzer festgelegt werden. Mitgeliefert werden zur Zeit ca. 150 verschiedene Werkstoffe und verschiedenste Bezugsprofile, Abwälzfräser- und Stossradlisten. Sämtliche in DIN 3990 verwendeten Härteverfahren sind berücksichtigt. Zusätzlich werden rostfreie Stähle, Aluminium, Bronzen etc. unterstützt. Kunststoffe mit Modul Z14.

6.2 Z01x Erweiterung der Stirnradgeometrie

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011, Z012, Z013, Z014, Z015, Z016

Auslegung Profilverschiebung (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

Vorbearbeitungswerkzeug und Zugabe für Vorbearbeitung: Eingabe des Vorbearbeitungswerkzeugs mit Bearbeitungszugabe, sowie Eingabe der Schleifscheibe (Kopfrundung und Tiefe der Schleifbearbeitung: bis Formkreis oder Nutzkreis oder eigene Eingabe). Berechnet und dokumentiert werden alle Kontrollmasse für Vorbearbeitung und Fertigbearbeitung, die Zahnform für Vorbearbeitung und Fertigbearbeitung, die Schleifkerbe (falls diese entsteht und für die Festigkeitsberechnung nach ISO6336 oder DIN3990 festigkeitsmindernd ist). Herstellprozesse mit mehr als zwei Berabeitungsstufen (z.B. zwei Fräsprozesse plus ein Schleifprozess) werden mit Berechtigung Z05l durchgeführt.

Formkreise aus der Zahnform bestimmen: Die Kopf- und Fuss-Formkreise werden im Normalfall nach den theoretischen Gleichungen der ISO21771 berechnet. Eine Berücksichtigung des effektiven Unterschnitts ist damit aber nicht möglich. Bei Aktivierung des Option „Kopf- und/oder Fuss-Formkreise aus der Zahnform bestimmen“ wird auf Grund 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.

HINWEIS:

Bei Verzahnungen mit Profilkorrekturen wird der Beginn der Korrektur angezeigt, 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.

6.3 Z19h Auslegung von Hochverzahnungen

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

Für Hochverzahnungen werden Sonderbezugsprofile mit grösseren Kopf- und Fusshöhen verwendet. Diese Auslegungsfunktion berechnet aufgrund der gewünschten Profilüberdeckung das erforderliche Bezugsprofil. In der Zahnradfeinauslegung kann diese Funktion ebenfalls aktiviert werden, dann wird für jede ausgegebene Lösung direkt das Bezugsprofil so berechnet, dass genau eine vorgegebene Soll- Profilüberdeckung erreicht wird.

6.4 Z15 Berechnung von Angaben zur Profilkorrektur von Stirnrädern

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

Berechnung der Punkte A bis E der Eingriffslinie mit den entsprechenden Evolventenlängen. Ausdruck der 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 Profilkorrektur wird berechnet; die Daten können in die Zahnformberechnung übernommen werden. Kurze oder lange Korrekturlänge, Kopf- und/oder Fussrücknahme, Vorgabe der Last, für welche die Auslegung erfolgen soll.

6.5 Z19a Berechnung mit Betriebsachsabstand und Profilverschiebung gemäss Herstellung

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

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 den Achsabstand festgelegt. Mit dieser Berechtigung können die Profilverschiebungen unabhängig von Achsabstand eingegeben werden. Dies ist sehr nützlich, um die Grenzlagen einer Verzahnung (Spiel, Überdeckung etc.) bei stark variierendem Achsabstand zu überprüfen (z.B. bei grossen Achsabstand-Toleranzfeldern).

6.6 Z19d Achsabstand bezüglich ausgeglichenem Gleiten

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

Achsabstand bezüglich ausgeglichenem Gleiten optimieren: Bei festgelegter Profilverschiebung eines (wählbaren) Rades wird mit dieser Berechtigung der Achsabstand so berechnet, dass das spezifische Gleiten des Radpaares ausgeglichen ist (für Stirnräder).

6.7 Z19e Darstellung des spezifischen Gleitens

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070

Der Verlauf des spezifischen Gleitens (Gleit- und Rollgeschwindigkeit) während dem Zahneingriff kann als grafische Darstellung erzeugt werden. 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 Profilkorrekturen, siehe Berechtigung Z27.)

6.8 Z19f Vorschlag für sinnvolle Flankenlinienkorrektur

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

Bei Berechnung nach ISO (Z02a) oder DIN (Z02).

Die Norm ISO 6336 oder DIN 3990 setzt beim Verwenden von Flankenlinien-Korrekturen voraus, dass diese sinnvoll ausgeführt sind. Mit diesem Zusatzprogramm wird ein Vorschlag für eine vernünftige Auslegung der Flankenlinienkorrektur nach ISO 6336 generiert.

6.9 Z19j Profilkorrekturen mit Schleifschnecken/ Abrichtscheiben

Zweck dieses Moduls ist zu prüfen, ob eine vorhandene Schleifschnecke mit zugehöriger Abrichtscheibe geeignet ist, um für eine neu ausgelegte Verzahnung verwendet zu werden. Abrichtscheibe sind sehr teuer, weshalb es interessant ist, vorhandene Abrichtscheiben für weitere Verzahnungen zu verwenden.

In einer einer Datei werden alle vorhandenen Schleif\-schnecken 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 Korrektur. Damit kann der Benutzer entscheiden, ob eine gewünschte Kopfrücknahme mit einer vorhandener Schleifschnecke/ Abricht\-scheibe erzeugt werden kann.

Nach Wahl einer Schleifschnecke besteht in einem zweiten Fenster die Möglichkeit zu untersuchen, ob mit einer veränderten Eintauchtiefe des Abrichters in der Schleifschnecke, oder bei einer Veränderung des Abhebebetrags des Abrichters, die beim Schleifen erzeugte Kopfkorrektur noch besser an die theoretisch optimale Korrektur angenähert werden kann.

6.10 Z19l Umrechnung Profilverschiebungsfaktor und Zahndickenabmasse

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011, Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z080, Z170, Z09A

In dieser Berechtigung kann der Profilverschiebungsfaktor aus der Zahnweite, Kugelmass etc. umgerechnet werden. Weiter können die Zahndickenabmasse in der Toleranzmaske umgerechnet werden.

6.11 Z19n Profil- und Flankenliniendiagramme

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011, Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z080, Z170, Z09A

Mit dieser Berechtigung können die Profil- und Flankenliniendiagramme angezeigt werden.

6.12 Z02 Festigkeitsberechnung nach DIN 3990

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

Nach DIN 3990, Ausgabe Dezember 1987 (neueste, gültige Ausgabe)

Vollumfängliche, sehr detaillierte Berechnung nach der jeweils genauestmöglichen Methode (Methode B) mit der Möglichkeit der Einflussnahme bei allen wichtigen Grössen.

Wahlweise auch Methode DIN 3990, Teil 41, für Fahrzeuggetriebe.

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

- Breitenlastfaktoren für Stirnräderpaare nach Methode C2 mit:
  Grafischer Darstellung der Belastungskonfiguration bei der 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 (Berechtigung 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 Fress-Sicherheit (DIN 3990, Teil 4) mit beiden Berechnungsverfahren (Blitztemperatur- und Integraltemperatur-Kriterium) nach Methode B.
- Werkstoffe nach DIN 3990, Teil 5
- Berücksichtigung des Einflusses von Schleifkerben. Eingegeben wird das Verhältnis tg/ρg (tg: Tiefe der Schleifkerbe, ρg: Radius der Schleifkerbe) gemäss Bild DIN3990,Teil 3, Kap.4.4 oder ISO6336, Part 3, fig.33. Berechnet wird Yg' (Faktor, welcher mit YS multipliziert wird). Bei Eingabe der Vor- und Fertigbearbeitungs-Werkzeuge wird tg/ρg automatisch berechnet.

6.13 Z02a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336

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

Die Norm ISO 6336 für die Festigkeitsberechnung von Stirnrädern ist erstmals 1996 erschienen. Die aktuelle Ausgabe ISO 6336:2006 enthält wertvolle Neuerungen. Die Berechnung beinhaltet die allgemeinen Faktoren (Teil 1), die Flankensi-

cherheit (Teil 2), die Fuss-Sicherheit (Teil 3), die Werkstoffe (Teil 5) und die Fress-Sicherheit (nach DIN 3990-4). Die Berücksichtigung von Schleifkerben erfolgt wie bei DIN 3990, (Z02). Die ISO 6336 entspricht weitgehend der DIN 3990, hat aber einige markante Abweichungen (vor allem im Dauerfestigkeitsbereich).

Berechnung der Integraltemperatur und der Blitztemperatur nach ISO TR 13989-1 und ISO TR 13989-2

Corrigendum ISO6336-2 (2008): Änderung des Schrägenfaktors Zβ kann wahlweise aktiviert werden.

6.14 Z02x Statische Festigkeit des Zahnfusses

Voraussetzung: Berechtigung Z2 oder Z2a oder Z13 oder Z14

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

Berechnung der statischen Zahnfuss-Festigkeit von Stirnrädern.

Bestimmung der Zahnfussspannung (mit und ohne Spannungskorrekturfaktor YS) nach ISO6336, Berechnung der Sicherheit gegen Gewaltbruch und gegen bleibende Verformung (Streckgrenze). Für metallische Werkstoffe und für Kunststoffe (Bruchfestigkeit und Streckgrenze in Abhängigkeit der Temperatur).

6.15 Z13 Berechnung nach AGMA-Standard (USA-Norm)

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

Berechnung nach verschiedensten AGMA-Normen:

Die Festigkeitsberechnung von Stirnrädern wird wahlweise nach dem USA-Standard ANSI/AGMA 2001-B88, 2001-C95, 2001-D04 (alle in Imperial-Masseinheiten) und 2101-D04 (Metrische Masseinheiten) ausgeführt. Die Norm ist in vollem Umfang implementiert, für Dynamikfaktor 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. Ausgegeben werden nebst allen relevanten Zwischenresultaten: Pitting Resistance Power Rating, Contact Load Factor, Bending Strength Power Rating, Unit Load for Bending Strength, Service Factor. Die Berechnung kann für alle Zahnradkonfigurationen verwendet werden (auch Planetenstufen u.a.). Zu beachten ist, dass die AGMA-Vorschrift die Berechnung der Zahnfuss-Festigkeit von Innenradpaaren nicht erlaubt.

Mit Berechtigung Z19i (grafische Methode) kann dies hingegen 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 gradverzahnten, 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.

6.16 Z13b Berechnung nach AGMA 6011/ AGMA 6014 (USA-Norm)

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

- Festigkeitsberechnung nach AGMA6011-I03 (für Turbo-Getriebe).
- Festigkeitsberechnung nach AGMA6014-A06 (für grosse, offene Zahnkränze). Die AGMA6014 ersetzt die AGMA6004-F88.

6.17 Z02b Festigkeitsberechnung nach BV RI-NA

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

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

6.18 Z10 Stirnradberechnung nach FVA-Methode

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

Die Berechnung der Zahnradfestigkeit erfolgt nach der Methode des Zahnrad- Berechnungsprogrammes der Forschungsvereinigung Antriebstechnik (BRD). Der Berechnungsablauf erfolgt grundsätzlich nach DIN 3990, alle Abweichungen sind berücksichtigt, so dass mit dieser Option genau die gleichen Resultate erzielt wer-

den wie mit dem FVA Programm. Die FVA gilt als Referenzprogramm. Bei Problemen mit dem Vergleich von Berechnungen, die mit verschiedenen Programmen durchgeführt wurden, kann die Berechnung mit dem FVA-Programm als Referenz verwendet werden.

6.19 Z14 Zahnräder aus Kunststoff

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

Berechnung der Zahnfuss- und Zahnflanken-Sicherheiten für Stirnräder aus Kunststoff nach der VDI 2545, VDI 2736 oder nach G. Niemann (Maschinenelemente III, 1985). Details zu den Unterschieden in den Rechenmethoden sind in der KISSsoft-Hilfe dokumentiert.

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

Die Rechenmethode bestimmt die lokale Temperatur an der Zahnflanke und am Zahnfuss und ermittelt daraus aufgrund der Lastwechselzahl die zulässigen Belastungen. Die Berechnung erfolgt für die Paarungen Kunststoff/Kunststoff sowie für 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 (von Victrex) oder LUBRICOMP UCL-4036A HS (von SABIC Innovative Plastic) 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 (Werkstoff-Festigkeit in Abhängigkeit der Temperatur und der Lastwechselzahl) abgelegt; damit können eigene Werkstoffe sehr einfach integriert werden.

Falls Verschleiss-Kennwerte von Kunststoffen bekannt sind, kann zusätzlich eine Lebensdauerberechnung auf Verschleiss durchgeführt werden. Dies zusätzlich zur Zahnflankensicherheit nach VDI 2545 oder VDI 2736 oder als Ersatz derselben, falls keine Wöhlerlinien für die zulässige Hertzsche Pressung bekannt sind.

6.20 Z19i Zahnformfaktor-Berechnung nach grafischer Methode

Voraussetzung: Berechtigung Z2 oder Z2a oder Z13 oder Z14

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

Die Zahnformberechnung und die Bestimmung des Spannungskorrekturfaktors erfolgt gemäss ISO 6336 oder DIN 3990 an der Stelle des Zahnfusses, an welchem die Tangente 30° beträgt. Dieser Ansatz ist, insbesonders für Sonderformen (z.B. Hochverzahnungen oder Zahnräder mit stark von 20° abweichendem Eingriffswinkel) ungenau. Gemäss Obsieger (Zeitschrift Konstruktion 32 (1980) S.443-447) wird ein verbesserter Ansatz gemacht, indem an der effektiv aufgrund des Herstellverfahrens bestimmten Zahnform für alle Punkte im ganzen Fussbereich das Produkt von Zahnform- und Spannungskorrekturfaktor berechnet und der Maximalwert bestimmt wird. Die Festigkeitsberechnung wird dann mit diesem Maximalwert durchgeführt.

AGMA bietet für Aussenzahnräder eine Methode zur Berechnung des Zahnformfaktors Y an. Für Innenverzahnungen gibt es keine Rechenmethode. Gemäss AGMA können Innenverzahnungen nur über die grafische Methode berechnet werden. Dazu 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 dann selbständig die benötigten Parameter bestimmt (Fussradius, Hebelarm, Zahnfussbreite). Zur Bestimmung des Zahnformfaktors Y und des Spannungskorrekturfactors Kf wird eine gegenüber dem AGMA-Vorschlag verbesserte Methode angewandt. Analog nach dem Verfahren von Obsieger wird derjenige Punkt des Zahnfusses bestimmt, in welchem der Faktor I(=Y/Kf*..) minimal wird (In diesem Punkt tritt die grösste Beanspruchung auf).

Insbesondere bei Sonderzahnformen und bei Innenverzahnungen (bei Nachrechnungen nach AGMA und DIN) ist die Methode sehr empfehlenswert. Dieses Rechen-Prozedere wird, wenn die Verwendung erwünscht ist, in der Festigkeitsberechnung nach ISO 6336, DIN 3990, AGMA 2001, AGMA 2101 für Metalle oder nach VDI 2545 und VDI 2736 für Kunststoffe, als auch in der Feinauslegung (Z4a) angewandt.

6.21 Z19m Blitztemperaturverlauf

Voraussetzung: Berechtigung Z2 oder Z2a oder Z13 oder Z14

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

Darstellung des Blitztemperaturverlaufs während des Zahneingriffs nach DIN 3990-4.

6.22 Z01a Planeten, 3- und 4-Räder

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Planetenstufe (Sonne, Planet, Kranz) [Z014]
- 3-Räder [Z015]: Leistungsverteilungsstufe oder Verlagerungsstufe (Ritzel, Zwischenrad/Zwischenräder, Rad)
- 4-Räder [Z016]: Doppel-Verlagerungsstufe (Ritzel, Zwischenrad/-räder I, Zwischenrad/-räder II, Rad)

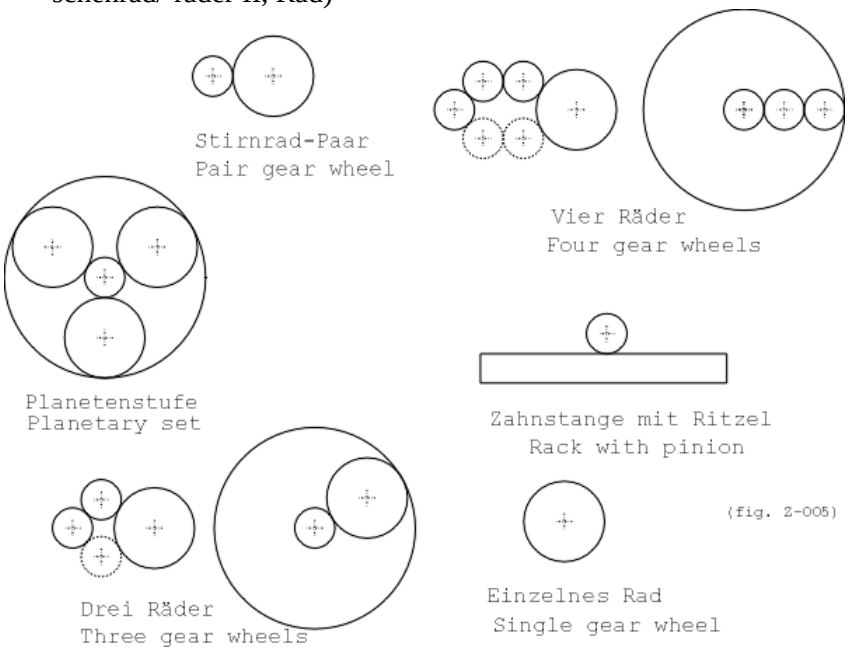


Abbildung 1.3: Konfigurationen der Zahnräder

Die Eingabeoberfläche ist an die entsprechende Konfiguration angepasst, der Ausdruck ist ebenfalls an die Konfiguration angepasst. Programm-intern erfolgt die Berechnung jeweils für die individuellen Zahnradpaare, wobei Konfigurationsspezifische Probleme zusätzlich geprüft werden (beispielsweise bei der Eingabe der Anzahl Planeten, ob die Planeten sich berühren). Bei Planetenstufen wird auch das Gesamtspiel Sonne zu Planetenträger berechnet. Bei Festigkeitsberechnungen werden Hinweise entsprechend der gewählten Rechenmethode berücksichtigt (bei-

spielsweise 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 (Berechtigung Z05) werden die einzelnen Zahneingriffe dargestellt. In der 3D-Darstellung (Berechtigung Z05x) wird die Konfiguration mit allen Zahnrädern dargestellt (bei 3-Rad und 4-Rad-Konfiguration 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 Berechtigung Z19g die Berechnung der Mittelpunkte durchgeführt werden. Drehzahlen der Planetenkonfiguration sind frei definierbar (2 der 3 Drehzahlen können vorgegeben werden: Drehzahl von Sonne, Kranz und Steg).

6.23 Z19g Berechnung der Mittelpunkte von Planeten oder Zwischenrädern

Voraussetzung: Berechtigung Z1a

Bei Planeten: Berechnung der Mittelpunkte der Planetenräder, so dass die Planeten montiert werden können (ist sehr wichtig, wenn die Planeten wegen der Zähnezahlbedingungen nicht in einer ganzzahligen Teilung angeordnet werden können).

Bei Zahnradketten (3-Räder): Bei Angabe des gewünschten Abstandes zwischen dem ersten und dem letzten Rad der Kette wird die Lage des oder der Zwischenräder bestimmt (mit Berücksichtigung der Montierbarkeit).

6.24 Z01b Zahnstange

Ermöglicht das Starten des Berechnungsmoduls: Ritzel-Zahnstange [Z013]

Die Eingabeoberfläche ist an die Konfiguration Ritzel-Zahnstange angepasst, eingegeben wird die Höhe der Zahnstange. Als ‚Achsabstand' wird die Distanz von Ritzel-Zentrum zu Unterkante Zahnstange eingegeben. Zur Bestimmung der Lastwechselzahl an einem Zahn der Zahnstange bei Festigkeitsberechnungen kann 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.

6.25 Z03 Stirnrad-Grobauslegung

Voraussetzung: Berechtigung Z2 oder Z2a 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 Festigkeitsrechnungsprogramm. Die gewünschten Mindestsicherheiten werden vorgegeben. Durch die Vorgabe von Bereichen für die b/mn-, b/a-, b/d-Verhältnisse ist es möglich, sehr gezielt gewünschte Lösungen einzugrenzen.

Als Festigkeits-Rechenmethoden können wahlweise ISO, AGMA oder DIN-Methoden, für Kunststoffe die VDI 2545 und die VDI 2736 verwendet werden. Als Resultat ergibt sich eine Liste mit Lösungen, die den möglichen Achsabstands-, Zahnbreiten- und Modul-Bereich aufzeigen. Die Liste kann vom Benutzer erweitert oder verkleinert werden, wenn zusätzliche oder wenigere Einzelresultate einer Lösung angezeigt werden sollen. Angezeigt wird auch das Gesamtgewicht einer Lösung, dies, bei gleicher Festigkeit, ein Hinweis auf günstigere und teurere Lösungen.

Ziel der Grobauslegung ist es, für ein Antriebsproblem den möglichen Lösungsraum aufzuzeigen. Eine Lösung kann ausgewählt und in das Basisfenster übertragen werden, dort genauer geprüft und verfeinert werden. Solange das Fenster der Grobauslegung nicht geschlossen wird, kann jederzeit auf alternative Lösungen zugegriffen werden.

6.26 Z04 Stirnrad-Feinauslegung

Erweiterung der Berechnungsmodule: Z012, Z014, Z015

Sehr leistungsfähiges Werkzeug zum Finden von besten Varianten für Stirnradstufen in vorgegebenen, definierbaren Randbedingungen.

Durch Eingabe einer Sollübersetzung, eines Achsabstandes und eines Intervalls für den Modul erfolgt die Berechnung und Ausdruck aller Vorschläge für Zähnezahl, Modul, Schrägungswinkel und Profilverschiebung mit Angabe der Abweichung von der Sollübersetzung, des spezifischen Gleitens, der Überdeckungen.

Zusätzlich gibt es Variationsmöglichkeiten für den Schrägungswinkel, den Eingriffswinkel und den Achsabstand.

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 verschiedensten Kriterien (Vibrationserzeugung, Genauigkeit der Übersetzung, Gewicht, Festigkeit, Variation der Zahneingriffssteifigkeit etc.) klassifiziert aufgelistet. Wichtige Parameter können je nach Bedarfsfall eingeschränkt werden (Kopfkreis, Fusskreis, Mindest-Zähnezahl, tolerierter Unterschnitt, Varianten mit spezifischem Gleiten 3.0 verwerfen etc.).

Ein mit Parametern einstellbares Gesamtbewertungkriterium (‚Bewertung') erlaubt das Auffinden der ‚optimalsten' Variante. Alle Varianten (Resultate) werden in einer Liste dargestellt. Die Liste kann vom Benutzer erweitert oder verkleinert werden, wenn zusätzliche oder wenigere Einzelresultate einer Lösung angezeigt werden sollen.

Eine Lösung kann ausgewählt und in das Basisfenster übertragen werden, dort genauer geprüft und verfeinert werden. Solange das Fenster der Feinauslegung nicht geschlossen wird, kann jederzeit auf alternative Lösungen zugegriffen werden.

Grafische Darstellung der Resultate wie in Bild Grafik der Feinauslegung auf Seite I-77.

6.27 Z04a Zusätzliche Festigkeitsberechnung aller Varianten

Voraussetzung: Berechtigung Z4

Voraussetzung: Berechtigung Z2 oder Z2a oder Z13 oder Z14

Gleichzeitig mit der Berechnung von Geometrie-Varianten kann von KISSsoft selbständig für alle vorgeschlagenen Varianten die Festigkeit (Zahnfuss, Flanke und Fressen) berechnet und in Listenform ausgedruckt werden. Falls die entsprechenden Berechtigungen vorliegen, kann zusätzlich für jede Geometrie-Variante der Drehwinkelfehler (Transmission Error), der Verschleiss, die Profilüberdeckung unter Last und die Variation der Lagerkräfte durch Nachrechnung der Eingriffslinie unter Last bestimmt werden. Eine grafische Darstellung, bei welcher der dargestellte Inhalt variiert werden kann, ist sehr hilfreich beim Auffinden des optimalen Lösungsraums. Im Beispiel zeigt die Darstellung mit Zahnfuss-Sicherheit als X-Achse, Flanken-Sicherheit als Y-Achse und dem Modul in der Farbskala sehr deut-

lich, wie die Fuss-Sicherheit bei grösserem Modul zunimmt (alle gezeigten Lösungen haben die gleiche Zahnbreite und Achsabstand).

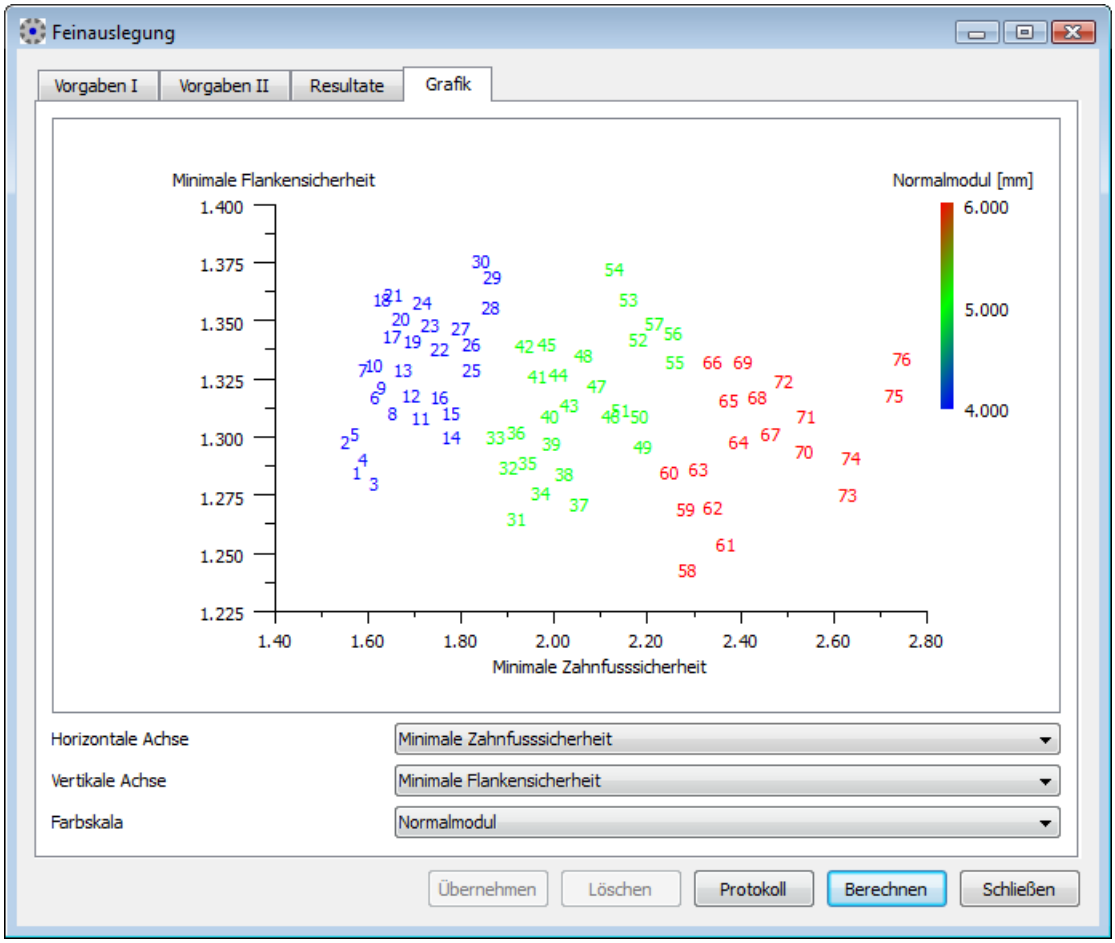


Abbildung 1.4: Grafik der Feinauslegung

6.28 Z05 Zahnform-Berechnung und Darstellung

Für alle Zahnradtypen ausser:

- Kegelräder: Zahnform berechnet auf Basis der Ersatzstirnrad-Verzahnung
- Hypoidräder: Keine Zahnformberechnung
- Schraubräder: Keine 2D-Darstellung des Zahnradpaares (Zahneingriff) bei Achswinkel <> 90°

- Exakte Berechnung der Zahnform unter Berücksichtigung des Herstellverfahrens: Wälzfräser, Hobelkamm oder Stossrad.
- Mit Vorgabe der Toleranzlage für Zahndicke und Kopf-/Fusskreis.
- Zahnrad-Ansicht: Grafische Darstellung der Zahnräder im Stirn- und im Achsschnitt
- Kontrolle der Herstellbarkeit (Nutzevolvente etc.): Exakte Überprüfung, ob die Verzahnung mit dem gewählten Werkzeug hergestellt werden kann.
- Darstellung der Zahnform im 2D auf dem Bildschirm. Dabei können die Räder einzeln oder gepaart gezeigt werden: Übergabe der Zahnform (von einem oder mehreren Zähnen) sowie der Zahnradansicht in Stirn- und Axialschnitt an CAD-Systeme, sofern die entsprechenden Optionen (K05a, etc.) vorhanden sind.

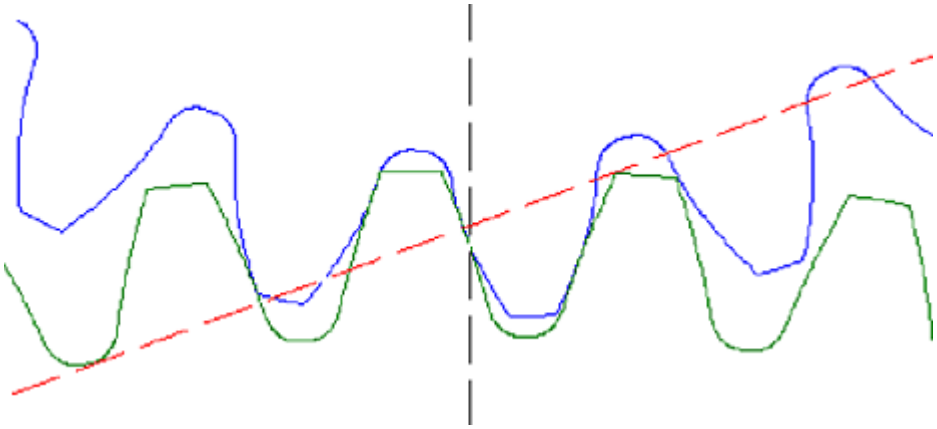


Abbildung 1.5: Zahnform eines Stirnradpaares im 2D

- Grafische Darstellung des Herstellprozesses.

Dieses Modul ist insbesondere dann sehr nützlich, wenn Innenzahnkränze hergestellt werden, da der ganze Herstellprozess durchgerechnet wird mit allen Kontrollen auf Anstossen, Verminderung der Überdeckung, Beginn und Ende der Evolvente am Zahn, etc.

Darstellung der Zahnräder in 3D auf dem Bildschirm. Übergabe der 3D-Solids an CAD's oder über 3D-Schnittstellen ist mit den entsprechenden Optionen (K05G, etc.) möglich.

6.29 Z05x Animation der 2D-Darstellung

Erweiterung für Option: Z05

Das schrittweise Drehen am Bildschirm ermöglicht das Beobachten des Abwälzens des Zahnradpaares sowie 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.

6.30 Z05a Eingabe von beliebigen Fräserformen oder Zahnformen

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011, Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070, Z080, Z170, Z09A

Sonderwerkzeuge (Abwälzfräser oder Stossräder), welche nicht in der dafür vorgesehenen Eingabemaske eingegeben werden können, können aus einer DXF-Datei eingelesen und zur Berechnung der Zahnform verwendet werden. 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 (z.B. Z24, Z25, Z26 und Z27) zur Analyse des Zahneingriff-Verhaltens und der Festigkeiten verwendet werden.

6.31 Z05c Bezugsprofil-Berechnung für Zahnräder mit Evolventen- oder Spezialprofil

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011, Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070, Z080, Z170, 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. Dies wird meist dazu verwendet, um zu einer beliebigen Zahnform das Werkzeugprofil zu berechnen, mit welchem 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 Zahnform bestehen, bedeutet dies, dass sich die gewünschte Zahnform nicht im Wälzverfahren herstellen lässt, oder dass ein falsche Herstell-Wälzkreis vorgegeben wurde.

6.32 Z05d Berechnung der Zahnform aus dem zugepaarten Rad (Abwälzen mit Gegenrad)

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, 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 (’zugepaartes Rad’) 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:

1. Schritt: Berechnung der Zahnform des erzeugenden Rades. Dazu wird von KISSsoft das erzeugende Rad 1 berechnet, wobei die Zahnkontur um das Abmass von Rad 2 vergrössert wird. Das Rad 1 wird dann als Stossrad zur Erzeugung von Rad 2 genommen. Eine brauchbare Verzahnung benötigt immer etwas Kopfspiel. Um dies zu erhalten, wird der Kopfkreis des Stossrades (Rad 1) vergrössert. Dazu kann der Benutzer das gewünschte Kopfspiel c eingeben, der Kopfkreis des Rades 1 wird dann um 2*c vergrössert. Ein üblicher Betrag ist c = 0.2 * mn. Der Kopf wird zusätzlich optimal verrundet. Damit wird bei der Berechnung von Rad 2 ein entsprechendes Fussspiel und eine optimale Fussrundung erreicht.
2. Schritt: 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.

6.33 Z05e Zusatz für Formenbau

Erweiterung für Option: Z05

Berechnung der Zahnform mit Berücksichtigung von:

- Soll-Zahndickenabmass
- Radiale Dehnung (Zahnkopf und Zahnfuss)

- Tangentiale 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
- Mit Option Z05c kann gegebenenfalls der Wälzfräser zur Herstellung der Elektrode berechnet werden.

6.34 Z05f Kreisbogenförmige Einlaufkurve am Zahnkopf

Erweiterung für Option: Z05

Am Zahnkopf wird ab einem definierbaren Durchmesser eine tangential in die Evolente übergehende Einlaufkurve angebracht, die aus drei Kreisbögen besteht. Die Krümmung der Kurve nimmt von Bogen zu Bogen zu, so dass der letzte Bogen tangential in den Kopfkreis übergeht. Diese modifizierte Zahnform (auch Hybrid-Zahn genannt) hat grosse Vorteile, wenn trotz relativ ungenauer Fertigung eine hohe Laufruhe erreicht werden soll. Die Korrektur wird deshalb bevorzugt im Kunststoffbereich angewendet. Im Normalfall wird eine Einlaufkurve nur bei Hochverzahnungen mit Profilüberdeckungen über 2.1 verwendet. Kopfmodifikation des berechneten Zahnrads mit: Keine Kopfmodifikation, Kopfkantenbruch, Einlaufkurve aus Kreisbogen (nach H. Hirn), Einlaufkurve mit progressiver Profilkorrektur und Kopfrundung, lineare Profilkorrektur, progressive Profilkorrektur; der Verlauf der Kopfmodifikation ist mit Faktoren einstellbar. Zusätzlich kann KISSsoft über eine Auslegungsfunktion, einen geeigneten Vorschlag für den Beginn (Durchmesser) der Einlaufkurve und den Betrag der Kopfrücknahme geben. Dies geschieht mit Hilfe der Profilkorrekturberechnung (Z01x).

6.35 Z05g Optimale Zahnfuss-Ausrundung

Erweiterung für Option: 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 Zahnfuss-Festigkeit. Die Option Z05g berechnet deshalb im Fussbereich von einem definierbaren Durchmesser an (meist der Fussnutzkreis) eine Ellipse mit möglichst grossem Zahnfuss-Radius und führt die entsprechende Modifikation der Zahnform

durch. Auf dem Fusskreis-Durchmesser 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 sein.
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 (Z05c) und damit dann das gewünschte Werkzeug hergestellt.

Überprüfung mit der Festigkeitsberechnung: Die optimierte Fussrundung kann in der Festigkeitsberechnung berücksichtigt werden, wenn bei den Einstellungen zur Berechnung die Variante „Zahnformberechnung nach grafischer Methode (Z19i)" eingestellt wird. Eine Auslegungsfunktion im Eingabefenster gibt als Vorschlag für den Beginn der Modifikation den Fuss-Nutzkreis aus, als Bogenlänge wird 0.02 * Modul vorgeschlagen.

6.36 Z05h Zykloiden- und Kreisbogenverzahnungen

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

Zykloiden- und Kreisbogenverzahnungen (Stirnräder) werden in der KISSsoft-Basis-Maske wie evolventische Stirnräder eingegeben. In der Zahnformberechnung kann dann als Flankenform ’Zykloide’ oder ’Kreisbogen’ 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 Option Z24).

Mit den so bestimmten Daten kann berechnet werden:

- Drehwegabweichung, Momentan-Übersetzungsveränderung, Momentan-Verlustleistung etc. (mit Option Z24)
- Schmierspalt EHD und Blitztemperatur (mit Option Z30)
- Verschleiss (mit Option Z31)
- Gleitgeschwindigkeit, spezifisches Gleiten (mit Option Z27)
- Hertzsche Pressung und Zahnfuss-Spannungen (mit Option Z25)

6.37 Z05i Kreisbogenapproximation

Erweiterung für Option: Z05

Umrechnung der Zahnflanke in Kreisbogen, die Genauigkeit ist einstellbar: Verschiedene Erodiermaschinen haben Probleme, Polylines zu verarbeiten, durch Ausgabe der Daten mit Kreisbogen kann abgeholfen werden.

6.38 Z05j Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Stirnräder)

Erweiterung für Option: Z05; für Berechnungsmodule: Z012 bis Z016

Beim Abwälzen von zwei Zahnrädern (in der graphischen Darstellung) kann die Kollisionsanzeige eingeschaltet werden. Diese markiert in der Darstellung (mit Quadraten) die Punkte, bei welchen Berührung oder Kollision vorkommt.

braun markiert: Berührung (zwischen 0.005 * Modul Abstand und 0.001 * Modul Durchdringung)

rot markiert: Kollision (über 0.001 * Modul Durchdringung)

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

6.39 Z05k Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Schnecken/ Schraubräder)

Erweiterung für Option: Z05; für Berechnungsmodule: Z170

Gleiche Funktion wie bei Z05j.

6.40 Z05l Mehrfachverwendung des gleichen Werkzeugtyps

Erweiterung für alle Berechnungsmodule

Mit dieser Option kann der gleiche Werkzeugtyp mehrmals verwendet werden.

Anwendungsbeispiel: Bei Grossserien-Fertigung wird oft ein Grob-Vorfräser (meist mit anderem Eingriffswinkel und Modul), dann ein Fein-Vorfräser und schliesslich ein Schleif- oder Honprozess verwendet.

6.41 Z05m Unsymmetrische Zahnräder

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012

Mit diesem Modul können unsymmetrische Zahnräder eingelesen und abgewälzt werden.

(Noch in Entwicklung)

6.42 Z05n Geradlinige Flanke

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

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

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

6.43 Z05q Spezialfunktionen Uhrenindustrie

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016

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

Weitere Funktionen sind in Planung.

6.44 Z19k Schmierspalt EHD/ Scoring

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

Voraussetzung: Berechtigung Z2 oder Z2a oder Z13

Gemäss AGMA925 kann bei diesem Berechnungsmodul die Fress- und Verschleisswahrscheinlichkeit sowie die Anfälligkeit auf Graufleckigkeit bestimmt werden. Die AGMA925-A03 'Effect of Lubricant on Gear Surface Distress' beschreibt die Verhältnisse im Schmierspalt über dem Zahneingriff. Die AGMA925 beschreibt die Berechnung der Schmierspalthöhe unter Berücksichtigung der Flankenkrümmung, Schmierstoffeigenschaften, Gleitgeschwindigkeit und der örtlichen Pressbelastung.

Grafische Darstellung der Resultate und ausführliches Protokoll.

6.45 Z23 Berechnung der Zahnfusstragfähigkeit von Innenverzahnungen mit Zahnkranzeinfluss nach VDI 2737 und Berechnung der Deformation von Zahnkränzen

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

Die VDI 2737 erfüllt folgende Aufgabe:

Der übliche Nachweis der Zahnfusstragfähigkeit von Stirnrädern bedarf bei Innenverzahnungen einer wesentlichen Ergänzung. In den meisten Fällen liegt eine nicht vernachlässigbare Zahnkranzbeanspruchung vor, die sich auf die Tragfähigkeit bedeutend auswirken kann. Brüche können sowohl durch den Zahnfuss ("dicke" Zahnkränze) als auch durch den Zahnkranz ("dünne" Zahnkränze) verlaufen.

Diese Richtlinie berücksichtigt zusätzlich die Zahnkranzbeanspruchung und damit verbundene Einflüsse. Im Mittelpunkt steht dabei die Ermittlung und Bewertung der örtlichen Spannung im Zahnfuss. Sie geht vom Grundaufbau und den Grundgleichungen von DIN 3990 oder ISO 6336 aus und präzisiert die Berechnung der vom Bereich der Zahnfussübergangskurve ausgehenden Beanspruchung für den Zahnfuss- bzw. Zahnkranzquerschnitt.

Berechnung der Deformation:

Wenn aus konstruktiven Gründen Zahnkränze von Hohlrädern relativ dünn ausgeführt werden, kann durch die Zahnkräfte beim Eingriff der Kranz merklich deformiert werden. Dieses Programm berechnet für die Verhältnisse beim Zahneingriffspunkt und in der Mitte zwischen den Eingriffspunkten (von zwei benachbarten Planetenrädern) die Biege- und Tangentialspannung sowie die radiale Verformung.

6.46 Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares und Drehwegfehler

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070

Voraussetzung: Berechtigung Z32 oder Z34 oder Z35

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

Die unterschiedliche Stellung der Zähne zueinander und die Form der Zähne bewirken eine laufende Veränderung der Zahneingriffssteifigkeit während des Abwälzens. Der Verlauf der Eingriffssteifigkeit eines Zahnradpaares wird aufgrund der effektiven Zahnform berechnet und grafisch dargestellt. Berücksichtigung der Zahnverformung, Radkörperverformung und der Hertzschen Abplattung (Berechnung nach Weber/Banaschek, FVA-Berichte 129 und 134, FVA 1955). Ausserdem wird die mittlere Veränderung der Steifigkeit (Varianz) berechnet. Diese Grösse ist wichtig für die Beurteilung der Schwingungserzeugung. Je stärker sich die Steifigkeit ändert, desto grösser ist der Drehwegfehler, desto mehr Schwingungen werden erzeugt, die dann durch Weiterleitung über Wellen und Gehäuse Lärm erzeugen. Diese Berechnung ist ebenfalls in der Feinauslegung (Z04) eingebaut; dort wird für jede Variante die Varianz der Steifigkeit ausgegeben.

6.47 Z25 Grafische Darstellung der Hertzschen Pressung und der Zahnfussspannungen entlang der tatsächlichen Zahnform

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070

Voraussetzung: Berechtigung Z32 oder Z34 oder Z35

Darstellung der Hertzschen Pressung und der Zahnfussspannung anhand der effektiven Zahnform:

Von zwei Rädern 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, berechnet und grafisch dargestellt.

Ausserdem erfolgt die Darstellung des Verlaufs der Normalkraft und des Drehmomentes an beiden Rädern; sowie unter Annahme einer beidseitigen symmetrischen Lageranordung, der Verlauf der Grösse und der Richtung der auf das Lager wirkenden Kraft (Z32 und Z34). Sowohl die Betrags- wie auch die Richtungsänderung

der Lagerkraft können Schwingungen im Lager erzeugen, welche dann an das Gehäuse weitergeleitet werden.

Desweiteren können die Hertzsche Pressung, der Normalkraftverlauf und die Zahnfussspannung als Spannungsverteilung am Zahn dargestellt werden (Z32 und Z34).

6.48 Z26 Fördervolumen von Zahnradpumpen

Automatische Berechnung des Fördervolumens (jedoch ohne Berücksichtigung des Verlustes durch Rückführung im eingeklemmten Volumen) (Anwahl unter Einstellungen) auf Grund der effektiven Zahnform mit Ausdruck im Protokoll, Einbau der Berechnungsfunktion in der Feinauslegung (Z04).

6.49 Z26a Zusatz-Option zu Zahnradpumpen Z26

Voraussetzung: Berechtigung Z32

Für Stirnräder: Zahnradpaare (Berechtigung Z01)

Einschränkung: Nur geradverzahnte Stirnräder

Diese Option erlaubt eine sehr detaillierte Zahnradpumpen-Analyse. Berechnung für Aussenradpumpen und für Innenradpumpen (mit oder ohne Einlegekeil). Die Berechnung erlaubt die Analyse von beliebigen Stirnrädern mit evolventischen und nicht-evolventischen Zahnformen. Somit können auch Innenradpumpen der Bauform vom Typ „Gerotor" nachgerechnet werden. Die Veränderung der wichtigen Parameter einer Pumpe während des Zahneingriffs werden berechnet und 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, Ölzufluss beim Eingang (mit Fourieranalyse zur Beurteilung der Geräuschentwicklung), Volumen unter Eingangsdruck. Weitere wichtige Ausgaben sind der Verlauf des Drehmomentes an beiden Zahnrädern, der Verlauf der Hertzschen Pressung sigH, der Gleitgeschwindigkeit vg und der Verschleisskenngrösse sigH*vg. Bei der Berechnung der Kräfte 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 momentan in diesem Volumen sehr stark an. Dies bewirkt hohe, pulsierende Kräfte auf die Lagerung 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.

6.50 Z27 Kinematik aufgrund der tatsächlichen Zahnform

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070

Voraussetzung: Berechtigung Z32 oder Z34 oder Z35

Berechnung und Darstellung des Verlaufs der Gleitgeschwindigkeit, des spezifischen Gleitens und der Gleitfaktoren von zwei beliebigen Zahnrädern. Im Gegensatz zur Option Z19e ist diese Berechnung völlig allgemein, berücksichtigt alle Profilkorrekturen und ist auch gut geeignet zur Bestimmung der Gleitverhältnisse an Zykloiden.

6.51 Z29 Auslegung und Kontrolle von Lehrzahnrädern

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011 bis Z016, 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 diese Lehrzahnrad-Auslegung gestartet werden, beim Öffnen wird das passende Norm-Lehrzahnrad nach DIN 3970 vorgeschlagen. Mit dieser Option kann kontrolliert werden, ob ein vorhandenes Lehrzahnrad verwendet werden kann. Zusätzlich ist es möglich ein Lehrzahnrad auszulegen, welches optimal zur Prüfung eines Prüfrades geeignet ist. Dieses Modul ist für Stirn- und Schraubräder mit einer Zähnezahl grösser 6 verfügbar.

6.52 Z30 Micropitting (Graufleckigkeit) und Blitztemperatur

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

Voraussetzung: Berechtigung Z2 oder Z2a oder Z13, Z24, Z25, Z26

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

- Entwurf ISO TR 15144
- AGMA 925

Beide Methoden beruhen auf der Theorie von Blok und ergeben ähnliche Resultate. Die Berechnung beruht auf der Berechnung des Zahneingriffs unter Last und verwendet die dabei ermittelten örtlichen Parameter Gleit- und Wälzgeschwindigkeit, Hertzsche Pressung, Linienlast und Krümmungsradien. Grafische Darstellung der Spalthöhe und Ausgabe der minimalen Spalthöhe.

Berechnung der spezifischen Schmierfilmdicke λGF nach ISO TR 15144 mit grafischer Darstellung und Ausgabe der spezifischen Schmierfilmdicke λGFmin. Zur Bestimmung der Gefahr von Micropitting wird die zulässige spezifische Schmierfilmdicke λGFP benötigt.

Diese wird berechnet, falls die Laststufe für Micropitting nach FVA-Infoblatt 54/7 (C-GF/8.3/90-Test) des Schmierstoffes bekannt ist. Die Sicherheit gegen Micropitting wird als 2D-Diagramm (Mitte Zahnbreite) und im 3D-Diagramm (über der Eingriffslinie und der Zahnbreite) dargestellt.

6.53 Z31 Verschleiss

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

Voraussetzung: Berechtigung Z14, Z32

Einschränkung: Nur für Kunststoffe

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

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

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

6.54 Z31a Iterative Verschleiss-Berechnung

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

Voraussetzung: Berechtigung Z14, Z32, Z31

Die Funktionen sind die gleichen wie in Z31, allerdings wird der Verschleiss in mehreren Schritten gerechnet. Die Verschleissiteration erlaubt es, den Verschleiss

entlang der Zahnflanke genauer zu bestimmen, da mehrere Schritte der Kontaktanalyse mit der verschlissenen Zahnflanke durchgeführt werden.

6.55 Z32 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z015, Z016

Mit dieser Option kann für beliebige Zahnformen die Eingriffslinie berechnet werden. 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, wie z.B. der Drehwegfehler, ist sehr wichtig für die Abschätzung der Vibrationsanregung, Verluste, lokaler Erwärmung und Verschleisseigenschaften eines Zahnradpaares.

Die Genauigkeit (Rechenzeit) kann vorgegeben werden. Je nach gewünschter Genauigkeit wird die Anzahl der Scheiben (in welche die Zahnbreite eingeteilt wird) und die Genauigkeit der Itteration bei der Berechnung eingestellt. Zudem kann der Einfluss von Herstellfehlern (Teilung) und der Schiefstellung der Achsen (Achsschränkung und Achsneigung) berücksichtigt werden.

Die Steifigkeit der Zahnräder wird mit Option Z24 (siehe Eingriffssteifigkeit (s. Abschnitt "Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares und Drehwegfehler" auf Seite I-87)) genau für den jeweiligen Kontaktpunkt berechnet, die Resultate stimmen dann sehr gut mit sehr viel aufwendigeren Nachrechnungen mit FEM überein. Ohne Option Z24 wird die mittlere Zahnsteifigkeit nach ISO 6336 verwendet.

Die Bestimmung des Eingriffs unter Last ein wichtiges Hilfsmittel zur Kontrolle der Wirkung der Profil- und Breiten-Korrektur. Je nach Auslegung der Korrektur nimmt der Transmission Error zu oder ab, ausserdem wird in der Grafik des Zahneingriffs dargestellt, ob noch ein Eintrittsstoss besteht.

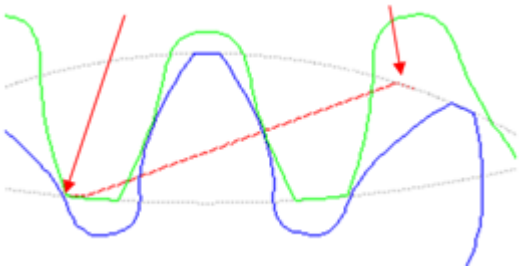
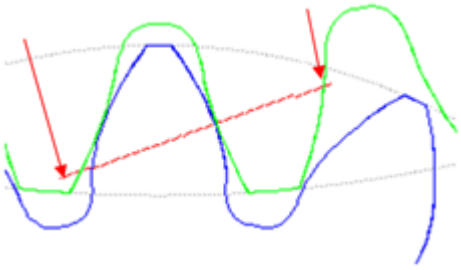
	
a bzw. Cαa ist zu klein: Eingriffslinie verläuft auf dem Kopfkreis weiter: Zeigt Eingriffsstoss. Verlängerter Kontakt	Ca bzw. Cαa ist zu gross: Eingriffslinie erreicht den Kopfkreis nicht: Profilüberdeckung ist verkleinert.

Abbildung 1.3: Darstellung der Eingriffslinie unter Last in der Zahneingriff-Grafik. Links: Eintrittsstoss bei zu kleiner Kopfrücknahme Ca bzw. Cαa. Rechts: Verkürzter Eingriff bei zu grosser Kopfrücknahme Ca bzw. Cαa

6.56 Z34 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Planetensysteme

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z014

Mit dieser Option kann für beliebige Zahnformen die Eingriffslinie berechnet werden. 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, wie z.B. der Drehwegfehler, ist sehr wichtig für die Abschätzung der Vibrationsanregung, Verluste, lokaler Erwärmung und Verschleisseigenschaften eines Zahnradpaares.

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

Die Genauigkeit (Rechenzeit) kann vorgegeben werden. Je nach gewünschter Genauigkeit wird die Anzahl der Scheiben (in welche die Zahnbreite eingeteilt wird) und die Genauigkeit der Itteration bei der Berechnung eingestellt. Zudem kann der Einfluss von Herstellfehlern (Teilung) und der Schiefstellung der Achsen (Achsschränkung und Achsneigung) berücksichtigt werden.

Die Steifigkeit der Zahnräder wird mit Option Z24 (siehe Eingriffssteifigkeit (s. Abschnitt "Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares und Drehwegfehler" auf Seite I-87)) genau für den jeweiligen Kontaktpunkt berechnet, die Resultate stimmen dann sehr gut mit sehr viel aufwendigeren Nachrechnungen mit FEM überein. Ohne Option Z24 wird die mittlere Zahnsteifigkeit nach ISO 6336 verwendet.

Die Bestimmung des Eingriffs unter Last ein wichtiges Hilfsmittel zur Kontrolle der Wirkung der Profil- und Breiten-Korrektur. Je nach Auslegung der Korrektur nimmt der Transmission Error zu oder ab, ausserdem wird in der Grafik des Zahneingriffs dargestellt, ob noch ein Eintrittsstoss besteht.

6.57 Z35 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Kegelradpaare

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z070

Die Kontaktanalyse berechnet im Modul Kegel- und Hypoidräder die Eingriffslinie unter Last für gerad-, schräg-, und bogenverzahnte Kegelräder. Hypoidräder werden nicht unterstützt. Für die Analyse wird das Kegelradpaar mit Ersatz-Stirnradverzahnungen approximiert. Jedes dieser zwei Stirnradpaare besitzt eine über die Zahnbreite variable Zähnezahl, Wälzkreisdurchmesser und Schrägungswinkel (Bogenverzahnung).

6.58 Z37 Berechnung der Verformung des Planetenträgers mit FEM (z37).

Erweiterung für Berechnungsmodul: z014.

☼ Voraussetzung: z34 oder z2c.

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

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

Mit diesem Modul kann der Benutzer ein parametrisches Modell des Planetenträgers und seiner Belastung erstellen. Die Software kann dann eine automatische FEM-Analyse der Verformung des Planetenträgers ausführen und die resultierende Verkippung der Planetenbolzen zur Planetenbolzenachse bestimmen. 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.

6.59 Z33 Optimierung der Profilkorrekturen mit der Kontaktanalyse unter Last

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z014

Voraussetzung: Berechtigung Z32 oder Z34 oder Z2c

Berechnung der Kontaktanalyse für einen Bereich von Profilkorrekturvarianten und Teillasten. Die Details der Kontaktanalyse sind wie in der Beschreibung (Berechnung der Kontaktanalyse (s. Abschnitt "Z32 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare" auf Seite I-92)). Das Modul ermöglicht eine genaue Auslegung von Flanken- und Profilkorrekturen nicht nur für einen spezifischen Lastfall, sondern auch für einen Lastbereich.

6.60 Z38 Berechnung der Spannung im Zahnradfuss mit FEM

Berechnung der Spannung im Zahnradfuss mithilfe des FEM-Solvers Code_Aster und FEM-Präprozessors Salome, die im Lieferumfang von KISSsoft enthalten sind. Ein 2D-FEM-Modell des Zahnrads wird erstellt und analysiert, wobei die Last am Einzeleingriffspunkt des einzelnen Zahns im Kraftangriffswinkel angelegt wird. Der eingespannte Bereich des Zahns (erforderliche Randbedingung für die FEM-Analyse) kann entweder am Innen- bzw. Aussendurchmesser des Rads (für Innen- bzw. Aussenräder) oder an den Seiten des für die Analyse ausgewählten Radsegments definiert sein. Bei Schrägstirnrädern wird nach ISO 6336-3 das entsprechende Geradstirnrad berechnet und verwendet.

Modul: ZA24

6.61 Z06 Kronenrad-Berechnung (Z060)

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Kronenradpaar (Face gear) [Z060]

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

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

6.62 Z06a Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 6336/ Literatur

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 6336/ Literatur.

Diese Berechnungsmethode wird zur Verwendung empfohlen. Sie beruht grundsätzlich auf dem in der Literatur dokumentierten Ansatz von Crown Gear. Crown Gear war eine holländische Firma, welche sich 1990-2000 auf Kronenräder spezialisiert hatte. Die Methode ist ähnlich Option Z06b, setzt aber als wirksame Zahnbreite für die Berechnung der Hertzschen Pressung die kleinste Berührlinienlänge ein. Die verwendeten Formeln werden im Protokoll angegeben.

6.63 Z06b Festigkeitsberechnung in Anlehnung an CrownGear/ DIN 3990

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Festigkeitsberechnung in Anlehnung an CrownGear/ DIN 3990.

Diese Berechnungsmethode ergibt die gleichen Resultate wie die von Crown Gear entwickelte SoftwareCrown Gear, diese war eine holländische Firma, welche sich 1990-2000 auf Kronenräder spezialisiert hatte. Die Methode ist ähnlich Option Z06a, setzt aber als wirksame Zahnbreite für die Berechnung der Hertzschen Pressung immer die gemeinsame Zahnbreite von Ritzel und Rad ein, auch wenn die Berührlinienlänge kleiner ist. Die verwendeten Formeln werden im Protokoll angegeben.

6.64 Z06c Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 10300, Methode B

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 10300, Methode B.

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 oder die DIN 3991 verwendet werden.

6.65 Z06d Festigkeitsberechnung in Anlehnung an DIN 3991, Methode B

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Festigkeitsberechnung in Anlehnung an DIN 3991, Methode B.

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 oder die DIN 3991 verwendet werden.

6.66 Z6e Statische Festigkeit

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Berechnung der statischen Festigkeit von Kronenrädern.

6.67 Z6f 3D-Darstellung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z060

Darstellung der Kronenrad-Geometrie mit beliebigem Wellenwinkel und Achsversatz in 3D im Parasolid-Viewer mit Exportmöglichkeit (Option K05u) ins STEP-Format.

6.68 Z07 Kegelrad-Berechnung (Z070)

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Kegelrad [Z070]

Berechnung der Geometrie von gerade-, schräg- und bogenverzahnten Kegelrädern. Geometrie und Kontrollmasse nach ISO 23509. Die Berechnung beinhaltet die Geometrie von Kegelrädern für alle heute verwendeten Fertigungstechniken; vergleichen Sie das Berechnungsbeispiel in den Unterlagen. Berechnung aller notwendigen Masse für die Erstellung der Kegelradzeichnung (Kopf- und Fusskreisdurchmesser am Aussen- und Innenkegel) und Zahndickenmasse. Für alle Arten von Kegelrädern und Herstellverfahren wie Gleason, Klingelnberg, Oerlikon. Die Kegelräder werden zusätzlich auch grafisch dargestellt.

Geometrie-Eingabe über Vorgabe der Teilkreisdurchmesser (d_{e2}) oder des Normalmoduls (m_{nm}). Auslegungsvorschlag für die Profilverschiebung und den Flugkreisradius.

Kegelrad-Grobauslegung

Einfache Vorauslegung von Kegelrädern: Nach Eingabe der Untersetzung, des Schrägungswinkels und der Design-Parameter b/mn und Re/b wird ein Vorschlag berechnet für den Modul, die Zähnezahlen, Zahnbreite und Aussendurchmesser.

6.69 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 dann diese Angaben und rechnet sie in die ISO 23509-Geometrie 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"

6.70 Z07e Festigkeitsberechnung nach ISO 10300 Methode B und C

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Die ISO 10300 für die Nachrechnung der Festigkeit von Kegelrädern ist erstmals 2001 erschienen. Die Norm ist der zur Zeit modernste Festigkeitsnachweis für Kegelräder und wird zur Anwendung empfohlen.

Die ISO 10300 erlaubt den Nachweis gegen Zahnbruch und Pitting, die Berechnung der Fress-Sicherheit (Integraltemperatur-Kriterium) erfolgt nach DIN 3991.

Eine Erweiterung der Methode auf Hypoid-Kegelräder ist zur Zeit in Diskussion, ein Vorschlag nach FVA ist bereits in KISSsoft implementiert.

6.71 Z07g Festigkeitsberechnung nach DIN 3991

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Berechnung nach DIN 3991 (Methode der Ersatzstirnradverzahnung)

Die DIN 3991 erlaubt den Nachweis gegen Zahnbruch, Pitting und Fressen (Integraltemperatur-Kriterium).

6.72 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 den in Option Z14 beschriebenen Verfahren für das Ersatz-Stirnrad.

6.73 Z07i Berechnung von Kegelrad-Differentialen

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Berechnung der statischen Festigkeit von Kegelrädern und Berechnung von Kegelrad-Differentialen.

Berechnung der statischen Festigkeit des Zahnfusses, die Berechnung erfolgt nach dem in Option Z2x beschriebenen Verfahren für das Ersatz-Stirnrad.

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.

6.74 Z07j Festigkeitsberechnung nach AGMA 2003

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Berechnung der Festigkeit von Kegelrädern nach AGMA 2003.

6.75 Z07a Kegelräder mit Zyklo-Palloid- und Palloid-Verzahnung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Geometrie, Herstellbarkeit und Festigkeitsberechnung von Kegelrädern nach dem Klingelnberg-Verfahren. Gemäss der Klingelnberg-Werknorm KN3028 (Geometrie und Herstellung von Zyklo-Palloid-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, Winkelkorrekturen 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 Spannungs-Korrekturfaktor

- Berechnung aller Verzahnungsmasse
- Berechnung der Grübchen-, der Zahnfuss-, sowie der Fresstragfähigkeit (nach dem Integraltemperatur-Kriterum) mit allen Anpassungen der Werksnorm KN3030

Auslegungen:

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

6.76 Z07b Hypoidräder mit Zyklo-Palloid-Verzahnung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

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

- Maschinentypen FK41B, KNC40, KNC60, AMK855, AMK1602, KNC25, KNC40, KNC60 mit allen entsprechenden Messerköpfen, Flugkreisradien und Gangzahlen
- Achswinkel, Winkelkorrekturen, Eingriffswinkel für Zug- und für Schubflanke beliebig wählbar
- Gesamte Geometrie mit Berechnung der 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 Spannungs-Korrekturfaktor, wahlweise für die Zug- oder die Schubflanke
- Berechnung aller Verzahnungsmasse
- Berechnung der Grübchen-, der Zahnfuss-, sowie der Fresstragfähigkeit (nach dem Integraltemperatur-Kriterum für das Ersatz-Schraubrad) mit allen Anpassungen der Werksnorm KN3030

Auslegungen:

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

6.77 Z07p 3D-Darstellung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z070

Darstellung der Kegelrad-Geometrie in 3D im Parasolid-Viewer mit Exportmöglichkeit (Option K05u) ins STEP-Format. Gerade, schräg- und bogenverzahnte Zahntypen ausgenommen Hypoidräder sind verfügbar. Die Basis-Geometrie und die Zahnform ist nach ISO 23509 und die endgültige Zahnform entlang der Zahnbreite ist nach dem Herstellungsprozess ('Einzel teilendes Verfahren' oder 'Kontinuierlich teilendes Verfahren').

6.78 Z7o Optimierung von Flanken- und Profilkorrekturen mit Kontaktanalyse unter Last

Berechnung der Kontaktanalyse für einen Bereich von Profilkorrekturvarianten und Teillasten. Die Details der Kontaktanalyse sind wie in der Beschreibung (Berechnung der Kontaktanlyse (s. Abschnitt "Z32 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare" auf Seite 1-83)). Das Modul ermöglicht eine genaue Auslegung von Flanken- und Profilkorrekturen nicht nur für einen spezifischen Lastfall, sondern auch für einen Lastbereich.

Modul ZC33

6.79 Z08 Schneckenberechnung (Z080)

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Schnecke mit Globoid-Schneckenrad [Z080]

Dieses Berechnungsmodul dient zur Auslegung und Nachrechnung von Schneckentrieben (Zylinder-Schnecken oder Globoid-Schnecken) mit Globoid-Schneckenrad. Für Nachrechnung von Schneckentrieben mit zylindrischem Schneckenrad ist Berechnungsmodul [Z170] zu verwenden.

- Berechnung der Schneckengeometrie nach ISO 14521 und DIN 3975. Zahndicken und Kontrollmasse (Zahnweite, Rollen- und Kugelmass der Schneckenrades) nach DIN 3960. Fertigungstoleranzen nach DIN 3974-1 und 3974-2 (1995).
- Diverse Schneckenrad-Werkstoffe 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.

6.80 Z08a Festigkeitsberechnung nach DIN 3996

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

- Auslegung der Zahnbreite, der Achsabstandes, des Steigungswinkels etc.
- Festigkeitsberechnung nach dem DIN 3996 (Ausgabe 1998) oder nach Entwurf EDIN 3996:2005 mit: Wirkungsgrad, Temperatursicherheit, Grübchensicherheit, Verschleisssicherheit, Zahnbruch- und Durchbiegesicherheit.
- Berechnet wird auch das Anfahr-Drehmoment unter Last, welches bei der Auslegung von Antrieben sehr wichtig sein kann.

6.81 Z08b Festigkeitsberechnung nach ISO 14521

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

Festigkeitsberechnung nach ISO TR 14521, Ausgabe 2008, mit Berechnung des Wirkungsgrades, Verschleisssicherheit, Grübchensicherheit, Zahnbruch-, Temperatur- und Durchbieg-Sicherheit.

6.82 Z08c Festigkeitsberechnung nach AGMA 6034 und AGMA 6135

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

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

Die Methode nach AGMA6135 gilt für Globoid-Schnecken aus Stahl mit Bronze-Globoidschneckenrad, berechnet wird die übertragbare Leistung der Paarung. Auch dies ist eine einfache Methode für eine überschlägige Auslegung.

Zusätzlich wird die Durchbiege-Sicherheit nach AGMA 6135, Anhang B, bestimmt.

6.83 Z08p 3D-Darstellung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

Darstellung der Globoid Schneckenrad-Geometrie in 3D im Parasolid-Viewer mit Exportmöglichkeit (Option K05u) ins STEP-Format. Das Schneckenrad-Modell wird generiert vom Simulationsschneidprozess, welcher das ideale Werkzeug verwendet, um die Schnecke zu erzeugen.

6.84 Z19b Schneckenberechnung mit Auslegung über den Normalmodul (Werkzeugmodul)

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z080

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

6.85 Z17 Berechnung von Schraubräder-Paaren

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Schraubräder und Feinwerk-Schnecken mit zylindrischen Schneckenrad [Z170]

Dieses Berechnungsmodul dient zur Auslegung und Nachrechnung von Schraubräder-Paarungen und von Schneckentrieben mit zylindrischem Schneckenrad.

Berechnung der Geometrie von Schraubrädern (Stirnräder mit gekreuzten Achsen) nach G. Niemann [66]. 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 von links-rechts Kombinationen. Bei Schneckentrieben mit Kunststoff-Rad 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 [101].

6.86 Z17a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336/ Hirn

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Festigkeitsberechnung für metallische Werkstoffe:

Die Methode nach G.Niemann [66] kombiniert mit der Methode ISO 6336 erlaubt eine umfassende Festigkeitsberechnung von Schraubrädern (Fussfestigkeit, Flankenfestigkeit oder Verschleiss-Festigkeit und Fress- Sicherheit). 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 nach Niemann unter Einbezug der Lebensdauerfaktoren nach ISO 6336, die Fress- Sicherheit, Integraltemperatur-Verfahren, nach Niemann (entspricht der DIN 3990).

Die Rechenmethode nach Hirn wird für spezielle Material-Paarungen verwendet: Stahl/Bronze; Stahl/Aluminium sowie für verschiedene Stahl/Stahl-Kombinationen. Es handelt sich um eine vereinfachte Methode (aus dem Jahr 1965), die nicht mehr zur Verwendung empfohlen wird.

6.87 Z17b Festigkeitsberechnung nach Niemann/ VDI 2545

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

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

6.88 Z17c Festigkeitsberechnung nach Hoechst

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

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

6.89 Z17d Statische Festigkeitsberechnung: Verformung und Schubspannung

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z170

Das Modul 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.

6.90 Z17e Festigkeitsberechnung nach VDI 2736-3

Erweiterung für Berechnungsmodul: Z017

Dieses Recht berechnet die Fuss- und Flankensicherheit von Schraubrädern nach der Methode VDI 2736-3. In der VDI 2736-3 werden mehrere Kunststoffe für die Berechnung zur Verfügung gestellt.

6.91 Z17n Feinauslegung für Schraubräder

Dies ist ein sehr sehr leistungsfähiges Berechnungsmodul zum Finden der besten Varianten für Schraubradstufen mit vorgegebenen, definierbaren Randbedingungen. Nach Eingabe von Sollübersetzung, Normalmodul, Eingriffswinkel, Schrägungswinkel, Achsabstand und den 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 Benutzer erweitert oder verkleinert werden, wenn zusätzliche oder weniger Einzelresultate einer Lösung angezeigt werden sollen.

6.92 Z09 Zahnwellenverbindung (Splines)

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Zahnwellenverbindung [Z09A]

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

Die Geometrie und die Kontrollmasse von Zahnwellen und Naben nach:

- DIN 5480 (Ausgabe 2006)
- DIN 5481 (Ausgabe 2005)*[1] *[2]
- DIN 5482 (Ausgabe 1973)*[2]
- ISO 4156 (1991)
- ANSI B92.1 und ANSI B92.2 (1992)

werden berechnet. Auswahllisten mit den empfohlenen Abmessungen, sowie mit allen möglichen Abmessungen, erleichtern die Auswahl. über die Eingabemöglichkeit "Eigene Eingabe" können beliebig weitere Abmessungen definiert werden. Die Toleranzsysteme (Abmasse und Herstelltoleranzen) der Normen sind vollständig vorhanden. Kontrollmasse für ‚Actual Dimensions' und für ‚Effective Dimensions'. Die ‚Actual' Daten beinhalten die Abmessungen bei Einzelmessung (z.B. Zahnweite), die ‚Effective' Daten die Abmessungen mit Einbezug von Herstellfehlern bei Kontrolle mit Lehren.

Bei Splines nach ISO 4156 werden sämtliche Daten für die Konstruktion von Lehren berechnet nach ISO 4156, Ammendment 1, mit Angaben für GO und Not-GO Lehren.

Für Zahnwellen nach DIN 5480 werden nach dem Teil 15 die Daten für die Konstruktion der Lehren berechnet, zusätzlich werden die Abmasse für Gut- und Aussschusslehren (Neu oder an der Abnutzungsgrenze) angegeben.

Die Festigkeitsberechnung erfolgt wahlweise nach 3 verschiedenen Methoden: Niemann/Winter, AGMA 6123 und Entwurf DIN 5466.

*[1] : DIN5481 benötigt für die Ausgabe der geradlinigen Zahnflanken zusätzlich Berechtigung Z5h

*[2] : Alle Standard-Geometrien zu DIN 5481 und DIN 5482 werden als Dateien zum Einlesen mitgeliefert.

6.93 Z12 Betriebsflankenspiel

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z080, Z170

Zusätzlich zur Berechnung des theoretischen Flankenspiels (in Z01 integriert) erfolgt bei Stirnrädern nach DIN 3967 die Berechnung des Abnahme-Flankenspiels (Berücksichtigung der Verzahnungsabweichungen, Achsschränkung nach ISO 10064 oder DIN 3964, Form- und Lageabweichung) und des Betriebsflankenspiels (Berücksichtigung der Temperaturunterschiede zwischen Räder und Gehäuse). Für Zahnräder aus Kunststoff wird zusätzlich der Einfluss des Quellens mitberücksichtigt. Ausserdem wird die Zunahme des Teilungsfehlers sowie die Verminderung des Kopfspiels durch Wärmedehnung dokumentiert.

6.94 Z22 Einhärtetiefe

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070

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

6.95 Z16 Drehmomentauslegung

Erweiterung für Berechnungsmodule: Z011, Z012, Z013, Z014, Z015, Z016, Z070, Z080, Z170

Für Stirnräder, Kegelräder, Schraubräder und Schnecken wird aufgrund der gewünschten Lebensdauer und Sollsicherheiten (für Zahnbruch, Pitting, Fressen, bei Schnecken auch für Verschleiss- und Temperatursicherheit) das maximale über-

tragbare Drehmoment berechnet, mit dem die vorgegebenen Sicherheiten erreicht werden.

6.96 Z18 Lebensdauerberechnung

Erweiterung für Option: Z16

Nach Eingabe oder Bestätigung von Mindestsicherheiten für Zahnfuss- und Flankenfestigkeit wird für alle Zahnräder, ausser für Zahnwellen (Z09), die Lebensdauer (in Stunden) berechnet (bei der eingegebenen Belastung). Die Lebensdauer wird nach ISO 6336, Teil 6 (2006), mit 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 DIN 3990)
- nach Corten/Dolan
- nach Haibach

Ausgegeben wird auch die Lebensdauer des Systems (alle Zahnräder der Konfiguration).

6.97 Z16a Drehmomentauslegung bei Lastkollektiven

Erweiterung für Option: Z16

Bietet als Ergänzung zu Z16 die Berechnung für Lastkollektive. Beliebige Lastkollektive können frei definiert werden, mit Angabe der Häufigkeit, Leistung/Drehmoment und Drehzahl. Alle Belastungskollektive nach DIN 15020 (Kranbau) sind eingebaut. Die Berechnung beruht auf ISO 6336, Teil 6 (2006), mit der 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

6.98 Z18a Berechnung der Lebensdauer bei Lastkollektiven

Erweiterung für Option: Z18

Bietet als Ergänzung zu Z18 die Berechnung für Lastkollektive. Beliebige Lastkollektive können frei definiert werden, mit Angabe der Häufigkeit, Leistung/Drehmoment und Drehzahl. Alle Belastungskollektive nach DIN 15020 (Kranbau) sind eingebaut. Die Berechnung beruht auf ISO 6336, Teil 6 (2006), mit der Palmgren-Miner-Regel. Berechnung der Sicherheiten mit Lastkollektiven: 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 Fress-Sicherheit für das kritische Element des Kollektivs berechnet und protokolliert.

6.99 Z40 Unrundräder

Ermöglicht das Starten der Berechnungsmodule:

- Unrundräder [Z040]

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

- Achsabstand und Übersetzungsverlauf (Momentanübersetzung zu Drehposition von Rad1)
- Achsabstand und Wälzkurve von Rad1 (in Polarkoordinaten)
- Wälzkurve von Rad 1 und Wälzkurve von Rad 2 (je 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 Momentan-Übersetzung wird laufend angezeigt.

Zur Festigkeitsabschätzung steht eine Anleitung zur Verfügung, mit welcher die kritischen Bereiche der Unrundpaarung in ein analoges kreisrundes Zahnpaar umgerechnet werden und dann mit dem Stirnradmodul [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 Innenverzahnungs-Paare)

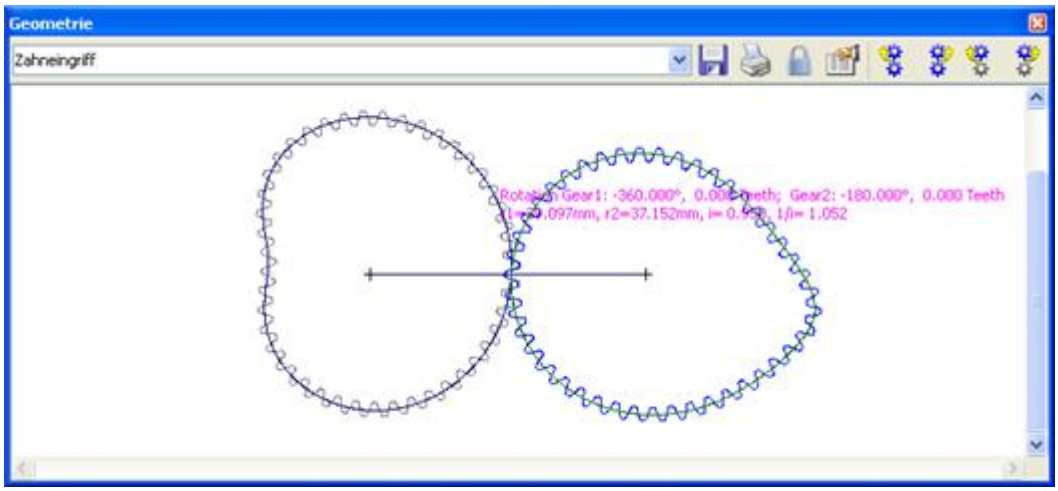


Abbildung 1.5: Darstellung der Unrundräder

6.100 Z50 Beveloidräder

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 Basis der folgenden zwei Quellen:

K. Roth; Zahnradtechnik – Evolventen-Sonderverzahnungen zur Getriebeverbesserung, Springer DE, 1998

S.-J. Tsai, S.-H. Wu; Geometrical Design of Conical Gear Drives with Profile-shifted Transmission; 12th IFToMM World Congress, 2007

Dieses Modul befindet sich in der Entwicklung.

7.1 Z90 Keilriemen (Z090)

Vollständige Berechnung mit Angabe von Normkeilriemenlängen und genormten Wirkdurchmessern. Bestimmung der übertragbaren Leistung pro Riemen unter Berücksichtigung von Drehzahl, Wirkdurchmesser, übersetzungsverhältnis und Riemenlänge. Alle Daten für die verschiedenen Riementypen sind in selbstbeschreibenden Textdateien abgelegt und enthalten die Angaben aus den technischen Katalogen der entsprechenden Hersteller (z.B. Fenner). Riemenspannung-Bestimmung aus Riemendurchbiegungstest ebenfalls eingebaut. Berechnet wird Trummzug und Achslast bei Stillstand und im Betrieb für optimale Einstellung sowie für Einstellung nach Katalogangaben.

Keilriemenprofile:

- SPZ, SPA, SPB, SPC
- XPZ, XPA, XPB, XPC
- XPZ-, XPA-, XPB-, XPC-Schmalkeilriemen-DIN 7753/ISO 4184 (Marke Conti-FO-Z)
- 3V/9N, 5V/15N, 8V/25N
- 3V/9J, 5V/15J, 8V/25J
- Dayco RPP (Panther)
- weitere Profile auf Anfrage

Grobdimensionierung (Ausgabe eines Vorschlags für einen zu Ihrem Antriebsproblem passenden Keilriemen), Auslegung der Riemenzahl, Berechnung der Riemenlänge aus dem Achsabstand und umgekehrt. Als Variante kann die Berechnung auch mit einer dritten Rolle (Spannrolle) erfolgen. Die Eingabe der Position wird interaktiv am graphischen Bildschirm definiert. Die Lage der Rolle kann wahlweise aussen- oder innenanliegend sein. Die geänderten Umschlingungsparameter werden in der anschliessenden Berechnung berücksichtigt.

7.2 Z91 Zahnriemen (Z091)

Vollständige Berechnung und Auslegung eines Zahnriementriebs mit Bestimmung der Zähnezahlen und Riemenlänge unter Berücksichtigung der Standard-Zähnezahlen. Auf Eingabe der gewünschten Sollübersetzung und/oder Sollachsabstand erstellt das Programm optimale Vorschläge. Berechnung der benötigten Riemenbreite mit Berücksichtigung der Korrekturfaktoren, der Mindestzähnezahlen und der Anzahl der eingreifenden Zähne; Ausdruck von Montageangaben (Rie-

menzug-Prüfung). Die Daten für die einzelnen Riementypen sind in selbstbeschreibenden 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

Grobdimensionierung (Ausgabe eines Vorschlags für einen zu Ihrem Antriebsproblem passenden Zahnriemen), Auslegung der Riemenbreite; Berechnung der Riemenzähnezahl aus dem Achsabstand und umgekehrt. Spezielle, verzugsfreie Zahnriemen mit Einlagen aus hochfesten Stahlseilen können ebenfalls berechnet werden (z.B. AT5). Analog zum Keilriemenmodul Z90 kann eine Spannrolle einbezogen werden. zusätzliche Profile: AT 5mm, AT10mm, AT20mm (Breco).

7.3 Z92 Kettengetriebe (Z092)

Berechnung von Kettengetrieben mit Rollenketten nach DIN ISO 606 (DIN 8187 und DIN 8188 enthalten) mit genormten Rollenketten aus einer Datenbank. Für Einfach- und Mehrfachketten wird die Kettengeometrie (Achsabstand, Kettenglieder-Zahl), die übertragbare Leistung, Achskräfte, Drehzahl-Variation durch den Polygoneffekt, usw. berechnet. Grundlagen: DIN ISO 10823 (2006), Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, und G. Niemann, Maschinenelemente. Kontrolle der zulässigen Höchstdrehzahl, Vorschlag für die erforderliche Schmierung. Analog zum Keilriemenmodul Z90 kann ein drittes Rad (Spannrolle) grafisch auf dem Bildschirm positioniert und in die Rechnung miteinbezogen werden.

Auslegung: 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.

8.1 A10 Synchronisation (A010)

Berechnung der Synchronisationszeit fürs Ein- und Auskuppeln zweier Zahnräder aufgrund von Eingaben zu Geometrie, Betriebsbedingungen und Material.

8.2 A20 Schaltbare fremdbetätigte Kupplungen (A020)

Berechnung von schaltbaren fremdbetätigten Kupplungen und -bremsen nach VDI 2241 Blatt 1 und 2. Beinhaltet die Auslegung und Berechnung (durch Vorgeben von Trägheitsmomenten und Drehmomenten sowie Drehzahlen) von Reibkupplungen.

- Drehzahlverlauf zur Rutschzeit t3
- Momentenverlauf zur Rutschzeit t3
- Gleitreibungszahlverlauf zur Gleitgeschwindigkeit beim mittleren Radius rm (wenn definiert)

9.1 Überblick

In KISSsys kann ein System von Maschinenelementen abgebildet werden. Für dieses wird dann der Leistungsfluss berechnet und 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. Mit KISSsys haben Sie jederzeit den überblick über die Festigkeit und die Lebensdauer aller Elemente Ihrer Konstruktion.

9.2 Module

- **K11a:** KISSsys Administrator Lizenz
- **K11c:** 3D-Kern, Export-Funktionen

9.2.1 K11h Wirkungsgradberechnung

Mit der Wirkungsgradberechnung in KISSsys kann der Benutzer die Wärmebilanz in einem Getriebe berechnen. Es sind mehrere verschiedene Methoden implementiert, und der Benutzer kann wählen, 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 einzelnen Getriebekomponenten zu betrachten.

Die Verlustleistung kann in zwei Hauptkomponenten unterteilt werden, nämlich lastabhängige und lastunabhängige Verluste. Während des Betriebs des Getriebes treten normalerweise beide Verlustarten auf. Ausserdem kann die Verlustleistung nach Getriebeelementen wie Zahnrädern, Lagern und Dichtung unterteilt werden. Für die Zahnräder werden Eingriffs- (nach Niemann) und Planschverluste (nach ISO/TR 14179), für die Lager die Roll-, Gleit- (nach SKF), Dichtungs- (nach SIO/TR14179) und Luftreibung und für die Dichtungen die Dichtungsreibung betrachtet. Zur Berechnung von Plantschverlusten 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, weil die benutzten Berechnungsmethoden die Art der Geometrie möglicherweise nicht vollständig unterstützen.

9.2.2 K11i Modalanalyse von Wellensystemen (k11i)

Erweiterung für Berechnungsmodul: k11.

Voraussetzung:

- Durchführung von Modalanalysen in kompletten Wellensystemen.

Die Modalanalyse eines Getriebes ist nicht realistisch, wenn sie für jede Welle einzeln ausgeführt wird. Sie muss vielmehr auf der kompletten Topologie des Wellensystems beruhen.

Mit diesem Modul kann der Benutzer Modalanalysen für ein komplettes KISSsys-Modell ausführen. Es sind verschiedene Modelle für die Eingriffssteifigkeit erhältlich: gemäss ISO6336, Kontaktanalyse (wenn die erforderliche Lizenz vorliegt), unendliche Steifigkeit und Nullsteifigkeit. Der Benutzer kann wählen zwischen reinen Torsionsschwingungen oder gekoppelten Torsions-, Axial- und Biegeschwingungen. Das Ergebnis wird in einer 3D-Animation des schwingenden Wellensystems gezeigt. Auch ein ausführliches Protokoll wird erzeugt. Dämpfung wird nicht berücksichtigt und die Amplituden der Eigenmoden werden auf 1 normiert.

9.2.3 K11j Berücksichtigung der Gehäuseverformung in statischen KISSsys-Berechnungen (k11j)

Erweiterung für Berechnungsmodul: k11.

Voraussetzung:

- Berücksichtigen der Gehäusesteifigkeit in statischen KISSsys-Berechnungen.

Mit zunehmender Getriebeleistung und immer geringeren Getriebegrössen wird es noch wichtiger, die Gehäusesteifigkeit in Getriebeberechnungen zu berücksichtigen.

Mit diesem Modul kann der Benutzer statische KISSsys-Berechnungen unter Berücksichtigung der Gehäusesteifigkeit durchführen. Hierfür wird die reduzierte

Steifigkeitsmatrix eines FEM-Modells des Gehäuses verwendet, wobei die Knoten in der Mitte der Stützlager die Masterknoten sind. Zu beachten ist, dass bei klassischer Methode die Lager in der Berechnung nur ohne Spiel berücksichtigt werden können. Der sich daraus ergebende Lagerversatz hat direkten Einfluss auf alle betroffenen nachfolgenden Berechnungen.

9.3 Verschiedene Ansichten der Daten

Innerhalb 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.

9.4 Modellierungen

Die in KISSsys modellierten Systeme sind weitgehend frei definierbar. Um die tägliche Arbeit effizienter zu gestalten, besitzt 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 Grob-Auslegung eines Antriebsstranges innerhalb KISSsys automatisiert werden. Zur Darstellung der Ergebnisse von Variationen stehen leistungsfähige Plot-Funktionen zur Verfügung.

9.5 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.

9.6 Anwendungsbeispiele

Durch die hohe Flexibilität besteht eine sehr breite Palette von Anwendungsfeldern. Drei Haupt-Anwendungsfälle können aber hervorgehoben werden:

- Konstruktion von Maschinen: Bei der Auslegung von Maschinen hängen die Einzelauslegungen der Maschinenelemente voneinander ab. Diese Zusammenhänge verwaltet und visualisiert KISSsys. Typische Anwendungen sind z.B. die Auslegung von mehrstufigen Getrieben, wobei der Bauraum beschränkt ist, oder die ausgewogenen Auslegung von Antriebssträngen. Durch die Möglichkeit der Programmierung ist es auch denkbar, dass von Spezialisten firmenspezifische Anwendungen definiert werden, die dem Konstruktionsbüro zur Verfügung gestellt werden und dort zur Automatisierung gewisser Auslegungsfunktionen herangezogen werden können.
- Behandlung von Varianten: Durch die Verwaltung von Varianten kann KISSsys z.B. zur Gewinnung der Leistungsdaten für die Erstellung von Katalogen von Satz-Zahnräder oder Getriebebaureihen herangezogen werden. Oder es können Betrachtungen für eine ganze Reihe von Varianten einer Konstruktion durchgeführt werden.
- Vertriebsunterstützung: Bei Bedarf kann dem Vertrieb eine spezielle Variante von KISSsys zur Verfügung gestellt werden, bei der keine Möglichkeit zur Veränderung der zugrundeliegenden Modelle besteht, sondern nur genau definierte Daten in entsprechenden Dialogen eingegeben werden können. Hiermit ist eine Beschleunigung und Präzisierung des Angebotswesens möglich, da die Vertriebsmitarbeiter eigenständig gewisse technische Sachverhalte abklären können, ohne auf die Unterstützung des Konstruktionsbüros zurückgreifen zu müssen.

A

A10 Synchronisation (A010) • I-120
A20 Schaltbare fremdbetätigte Kupplungen (A020) • I-120
Allgemeines • I-32
Anwendungsbeispiele • I-125
Automotive - A-Module • I-120

B

Basis -K-Module • I-17

C

Computerkonfiguration • I-16

F

F01 Druckfederberechnung • I-62
F02 Zugfederberechnung • I-62
F03 Schenkelfederberechnung • I-62
F04 Tellerfederberechnung • I-62
F05 Drehstabfederberechnung • I-62
Federn - F-Module • I-62

H

Hard- und Softwarevorraussetzungen • I-14

K

K02 Protokolltext und Oberfläche • I-19
K04 COM-Schnittstelle • I-19
K04a Erweiter COM-Schnittstelle • I-19
K05 CAD-Schnittstellen • I-19
K05a DXF-Schnittstellen • I-20
K05d SolidEdge-Schnittstelle • I-20
K05e IGES-Schnittstelle • I-20
K05k SolidWorks-Schnittstelle • I-21
K05m Inventor-Schnittstelle • I-21
K05n NX-Schnittstelle • I-22
K05o* CATIA-Schnittstelle • I-22
K05q* ProEngineer-Schnittstelle • I-22

K05s Parasolid Ansichtsfenster • I-23
K05u STEP-Format exportieren (Parasolid) • I-23
K07 Benutzerdatenbank (Werkstoffe etc.) • I-23
K09 Härteumrechnung (im Menü Extras) • I-23
K1 Grundmodul • I-17
K10 Toleranzrechnung • I-23
K11h Wirkungsgradberechnung • I-121
K11i Dynamische Analyse von Wellensystemen • I-25
K11i Modalanalyse von Wellensystemen (k11i) • I-122
K11j Berücksichtigung der Gehäuseverformung in statischen KISSsys-Berechnungen (k11j) • I-122
K11k Export von KISSsys-Modelldaten • I-26
K12 Festigkeitsnachweis mit örtlichem Konzept (FKM-Richtlinie) • I-26
K14 Hertzsche Pressung • I-26
K14a Beliebiger Kontakt • I-27
K15 Linearantrieb • I-27
K16 Radkörperdeformation • I-28
K17 Kunststoff-Manager • I-29
K18 Zuverlässigkeit • I-30
K20 Import einer reduzierten Steifigkeitsmatrix aus diversen FEM-Programmen • I-31
K7a Werkstoffverwaltung (immer vorhanden) • I-23
K7b Smith-Haigh-Diagramm • I-23
KISSsys - K11-Module • I-121

M

M01a Zylindrischer Presssitz • I-53
M01b Kegelpressverband • I-53
M01c Klemmverbindungen • I-54
M01x Zusatzfunktion zum Presssitz • I-54
M02a Passfeder • I-54
M02b Keilwelle/ Vielnutprofil • I-55
M02c Kerbverzahnung • I-55
M02d Polygon • I-56
M02e Scheibenfeder • I-56
M03a Bolzenberechnung • I-57
M04 Schraubenberechnung • I-57
M04a Exzentrische Verspannung und Belastung, Konfigurationen (zu M04) • I-58
M04b Schraubenberechnung bei hohen und tiefen Temperaturen (zu M04) • I-58
M050 Seegerring • I-61
M08 Schweissverbindungen • I-59
M09a Kleb- und Lötverbindungen • I-59
Maschinenelemente - M-Module • I-53
Modellierungen • I-123
Module • I-121

P

Produktbeschreibung • I-13
Programmversionen • I-14

R

Riemen-/ Kettentriebe - Z-Module • I-117

U

Überblick • I-121

V

Varianten • I-123
Verschiedene Ansichten der Daten • I-123

W

W01 Wellen-Grundmodul • I-34
W01a Eingabe von mehreren Wellen • I-35
W01b Lagerversatz, Lagerspiel • I-35
W01c Druckwinkel berücksichtigen • I-36
W01s Lastkollektive • I-36
W03 Berechnung der Durchbiegung und Lagerungskräfte • I-36
W03a Berücksichtigung von Schubverformungen • I-37
W03b Welle nichtlinear • I-37
W03c Wärmedehnung • I-37
W03d nichtlineare Steifigkeiten • I-37
W04 Berechnung der kritischen Drehzahl • I-38
W04x Kreiseleffekt • I-38
W05 Kugel- und Rollenlager-Lebensdauer • I-38
W05a Lastkollektive Lager • I-40
W05b Referenzlebensdauer nach ISO/TS 16281 • I-39
W05c Lastverteilung im Lager • I-41
W06 Dauerfestigkeits- und statische Berechnung von Querschnitten • I-42
W06a Rechenmethode Hänchen + Decker • I-43
W06b Rechenmethode DIN 743 • I-43
W06c Rechenmethode FKM Richtlinie • I-43
W06d Rechenmethode AGMA 6101/ 6001 • I-44
W06s Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven • I-44
W07 Hydrodynamisches Radialgleitlager • I-44
W07a Berechnung nach Niemann • I-44
W07b Berechnung nach ISO 7902 • I-44
W07c Hydrodynamisches Axialgleitlager • I-47
W07d Berechnung nach DIN 31657 • I-46

W07e Berechnung nach DIN 31652 • I-47
W08 Fettgeschmierte Radialgleitlager • I-47
W10 Berechnung der Verformung in Längsrichtung • I-47
W10a Flankenlinienkorrektur mit zusätzlicher FEM-Verschiebungsmatrix • I-49
W12 Wellenauslegung (Integriertes Konstruktionswerkzeug) • I-49
W13 Knickung • I-50
W14 Erzwungene Schwingungen in der KISSsoft-Wellenberechnung • I-51
W51 Nachrechnung von Wälzlagern nach ISO/TS 16281 • I-42
W51a Wälzlager Feinauslegung • I-52
Wellen, Achsen, Lager - W-Module • I-32

Z

Z01 Zahnrad-Grundmodul • I-63
Z01a Planeten, 3- und 4-Räder • I-74
Z01b Zahnstange • I-75
Z01x Erweiterung der Stirnradgeometrie • I-64
Z02 Festigkeitsberechnung nach DIN 3990 • I-68
Z02a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336 • I-69
Z02b Festigkeitsberechnung nach BV RINA • I-71
Z02x Statische Festigkeit des Zahnfusses • I-70
Z03 Stirnrad-Grobauslegung • I-76
Z04 Stirnrad-Feinauslegung • I-76
Z04a Zusätzliche Festigkeitsberechnung aller Varianten • I-77
Z05 Zahnform-Berechnung und Darstellung • I-78
Z05a Eingabe von beliebigen Fräserformen oder Zahnformen • I-80
Z05c Bezugsprofil-Berechnung für Zahnräder mit Evolventen- oder Spezialprofil • I-80
Z05d Berechnung der Zahnform aus dem zugepaarten Rad (Abwälzen mit Gegenrad) • I-81
Z05e Zusatz für Formenbau • I-81
Z05f Kreisbogenförmige Einlaufkurve am Zahnkopf • I-82
Z05g Optimale Zahnfuss-Ausrundung • I-82
Z05h Zykloiden- und Kreisbogenverzahnungen • I-83
Z05i Kreisbogenapproximation • I-84
Z05j Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Stirnräder) • I-84
Z05k Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Schnecken/ Schraubräder) • I-84
Z05l Mehrfachverwendung des gleichen Werkzeugtyps • I-84
Z05m Unsymmetrische Zahnräder • I-85
Z05n Geradlinige Flanke • I-85
Z05q Spezialfunktionen Uhrenindustrie • I-85
Z05x Animation der 2D-Darstellung • I-80
Z06 Kronenrad-Berechnung (Z060) • I-98
Z06a Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 6336/ Literatur • I-98
Z06b Festigkeitsberechnung in Anlehnung an CrownGear/ DIN 3990 • I-99
Z06c Festigkeitsberechnung in Anlehnung an ISO 10300, Methode B • I-99
Z06d Festigkeitsberechnung in Anlehnung an DIN 3991, Methode B • I-99
Z07 Kegelrad-Berechnung (Z070) • I-100
Z07a Kegelräder mit Zyklo-Palloid- und Palloid-Verzahnung • I-102
Z07b Hypoidräder mit Zyklo-Palloid-Verzahnung • I-103

Z07d Gleason-Kegelradverzahnung • I-100
Z07e Festigkeitsberechnung nach ISO 10300 Methode B und C • I-101
Z07g Festigkeitsberechnung nach DIN 3991 • I-101
Z07h Festigkeitsberechnung für Kunststoffe • I-101
Z07i Berechnung von Kegelrad-Differentialen • I-102
Z07j Festigkeitsberechnung nach AGMA 2003 • I-102
Z07p 3D-Darstellung • I-105
Z08 Schneckenberechnung (Z080) • I-106
Z08a Festigkeitsberechnung nach DIN 3996 • I-106
Z08b Festigkeitsberechnung nach ISO 14521 • I-107
Z08c Festigkeitsberechnung nach AGMA 6034 und AGMA 6135 • I-107
Z08p 3D-Darstellung • I-108
Z09 Zahnwellenverbindung (Splines) • I-112
Z10 Stirnradberechnung nach FVA-Methode • I-71
Z12 Betriebsflankenspiel • I-113
Z13 Berechnung nach AGMA-Standard (USA-Norm) • I-70
Z13b Berechnung nach AGMA 6011/ AGMA 6014 (USA-Norm) • I-71
Z14 Zahnräder aus Kunststoff • I-72
Z15 Berechnung von Angaben zur Profilkorrektur von Stirnrädern • I-66
Z16 Drehmomentauslegung • I-113
Z16a Drehmomentauslegung bei Lastkollektiven • I-114
Z17 Berechnung von Schraubräder-Paaren • I-108
Z17a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336/ Hirn • I-109
Z17b Festigkeitsberechnung nach Niemann/ VDI 2545 • I-109
Z17c Festigkeitsberechnung nach Hoechst • I-109
Z17d Statische Festigkeitsberechnung
Verformung und Schubspannung • I-110
Z17e Festigkeitsberechnung nach VDI 2736-3 • I-111
Z17n Feinauslegung für Schraubräder • I-112
Z18 Lebensdauerberechnung • I-114
Z18a Berechnung der Lebensdauer bei Lastkollektiven • I-114
Z19a Berechnung mit Beriebsachsabstand und Profilverschiebung gemäss Herstellung • I-66
Z19b Schneckenberechnung mit Auslegung über den Normalmodul (Werkzeugmodul) • I-108
Z19d Achsabstand bezüglich ausgeglichenem Gleiten • I-66
Z19e Darstellung des spezifischen Gleitens • I-66
Z19f Vorschlag für sinnvolle Flankenlinienkorrektur • I-67
Z19g Berechnung der Mittelpunkte von Planeten oder Zwischenrädern • I-75
Z19h Auslegung von Hochverzahnungen • I-65
Z19i Zahnformfaktor-Berechnung nach grafischer Methode • I-73
Z19j Profilkorrekturen mit Schleifschnecken/ Abrichtscheiben • I-68
Z19k Schmierspalt EHD/ Scoring • I-85
Z19l Umrechnung Profilverschiebungsfaktor und Zahndickenabmasse • I-68
Z19m Blitztemperaturverlauf • I-73
Z19n Profil- und Flankenliniendiagramme • I-68
Z22 Einhärtetiefe • I-113
Z23 Berechnung der Zahnfusstragfähigkeit von Innenverzahnungen mit Zahnkranzeinfluss nach VDI 2737 und Berechnung der Deformation von Zahnkränzen • I-86

Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares und Drehwegfehler • I-87, I-92, I-94
Z25 Grafische Darstellung der Hertzschen Pressung und der Zahnfussspannungen entlang der tatsächlichen Zahnform • I-87
Z26 Fördervolumen von Zahnradpumpen • I-88
Z26a Zusatz-Option zu Zahnradpumpen Z26 • I-88
Z27 Kinematik aufgrund der tatsächlichen Zahnform • I-89
Z29 Auslegung und Kontrolle von Lehrzahnrädern • I-89
Z30 Micropitting (Graufleckigkeit) und Blitztemperatur • I-89
Z31 Verschleiss • I-90
Z31a Iterative Verschleiss-Berechnung • I-90
Z32 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Stirnradpaare • I-92, I-97
Z33 Optimierung der Profilkorrekturen mit der Kontaktanalyse unter Last • I-97
Z34 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Planetensysteme • I-94
Z35 Berechnung der Kontaktanalyse unter Last für Kegelradpaare • I-96
Z37 Berechnung der Verformung des Planetenträgers mit FEM (z37). • I-97
Z38 Berechnung der Spannung im Zahnradfuss mit FEM • I-98
Z40 Unrundräder • I-115
Z50 Beveloidräder • I-116
Z6e Statische Festigkeit • I-99
Z6f 3D-Darstellung • I-100
Z7o Optimierung von Flanken- und Profilkorrekturen mit Kontaktanalyse unter Last • I-106
Z90 Keilriemen (Z090) • I-117
Z91 Zahnriemen (Z091) • I-117
Z92 Kettengetriebe (Z092) • I-118
Zahnräder - Z-Module • I-63