

Beschreibung der Standardversion und Expertenzusätze

Stand: Februar 2007

©KISSsoft AG, Uetzikon 4, CH-8634 Hombrechtikon
Fon +41 55 254 20 50; Fax +41 55 254 20 51
www.KISSsoft.ch info@KISSsoft.ch

Inhaltsverzeichnis

1	KISSsoft - Schwerpunkte	2
1.1	Aus der Praxis für die Praxis	2
1.2	Aktueller Stand	3
1.3	Anpassungsfähigkeiten	3
1.4	Vollgrafische Windows-Benutzeroberfläche	3
1.5	Betriebssystem	4
1.6	Netzwerke	4
1.7	Qualitäts-Sicherungs-System	5
1.8	Produkthaftung	5
1.9	Weiterentwicklung	6
2	Basis-Installation — KISSsoft-K	7
2.1	K01 Grundmodul	7
2.2	K02 Ausdruckstext	9
2.3	K05 CAD-Schnittstellen	10
2.4	K07 Benutzerdatenbank (Werkstoffe etc.)	13
2.5	K09 Härteumrechnung (HB, HRC, HV, usw.)	13
2.6	K10 Toleranzrechnung	13
2.7	K12 Festigkeitsnachweis mit örtlichem Konzept (FKM-Richtlinie)	14
2.8	K13 LVR-Schnittstelle	14
2.9	K14 Hertzsche Pressung	14

3	Berechnung von Wellen, Achsen, Lagern — KISSsoft-W	15
3.1	W01 Wellen-Grundmodul	15
3.2	W03 Berechnung der Durchbiegung und Lagerungskräfte	19
3.3	W04 Berechnung der kritischen Drehzahl	20
3.4	W05 Kugel- und Rollenlager-Lebensdauer	20
3.5	W06 Dauerfestigkeits- und statische Berechnung von Querschnitten	22
3.6	W07 Hydrodynamisches Radialgleitlager	25
3.7	W07C Hydrodynamisches Axialgleitlager	26
3.8	W09 Berechnung der Dreheigenschwingungen von Wellen und Systemen	26
3.9	W10 Berechnung der Verschiebung eines Querschnittpunktes aus der Ruhelage durch Verdrehung und Durchbiegung	26
3.10	W12 Integriertes Konstruktionswerkzeug	27
3.11	W13 Knickung	28
4	Berechnung von Maschinenelementen — KISSsoft-M	30
4.1	M01 Kraftschlüssige Wellen-Naben-Verbindung	30
4.2	M02 Formschlüssige Wellen-Naben-Verbindung	32
4.3	M03A Bolzenberechnung	34
4.4	M04 Schraubenberechnung	35
4.5	M08 Lötverbindungen	36
4.6	M09 Klebverbindungen	37
4.7	M10 Schweissverbindungen	38
5	Berechnung von Federn — KISSsoft-F	39
5.1	F01 Druckfederberechnung	39
5.2	F02 Zugfederberechnung	39
5.3	F03 Schenkelfederberechnung	39
5.4	F04 Tellerfederberechnung	40
5.5	F05 Drehstabfederberechnung	40

6	Berechnung von Zahnrädern — KISSsoft-Z	41
6.1	Stirnräder	41
6.1.1	Geometrie	41
6.1.2	Festigkeit	44
6.1.3	Konfigurationen	48
6.1.4	Auslegungen	50
6.1.5	Zahnformberechnung	51
6.1.6	Sonderzahnformen und Nicht-Evolventische Zahnformen .	51
6.1.7	Sonderberechnungen	54
6.2	Z06 Kronenrad-Berechnung	56
6.3	Z07 Kegelrad-Berechnung	56
6.3.1	Zahnformberechnung	60
6.4	Schnecken- und Schraubräder	60
6.4.1	Z08 Schneckenberechnung	60
6.4.2	Zahnformberechnung	61
6.4.3	Z17 Berechnung von Schraubräder-Paaren	61
6.4.4	Zahnformberechnung	62
6.5	Z09 Zahnwellenverbindung nach DIN 5480	62
6.6	Berechnungsmethoden für alle Zahnrad-Typen	63
6.6.1	Z05 Zahnform-Berechnung	63
6.6.2	Z12 Betriebs-Flankenspiele	67
6.6.3	Z22 Einhärtetiefe	67
6.6.4	Z16 Drehmoment-Auslegung	67
6.6.5	Z18 Lebensdauerberechnung	68
7	Berechnung von Riemen-/Kettentrieben – KISSsoft-Z	70
7.1	Z90 Keilriemen	70
7.2	Z91 Zahnriemen	71
7.3	Z92 Kettengeräte	72

8	System-Zusatz KISSsys K11	73
8.1	Überblick	73
8.2	Verschiedene Ansichten der Daten	73
8.3	Modellierungen	74
8.4	Varianten	74
8.5	Anwendungsgebiete	74
9	Voraussetzungen und Bedingungen	76
9.1	Berechnungsbeispiele	76
9.2	Schulung	76
9.3	KISSsoft zum Kennenlernen	77
9.3.1	Demoprogramm	77
9.3.2	Testinstallation	77
9.4	Computerkonfiguration	78
9.5	Multiuser-Netzwerkinstallation	78
9.6	Software-Update-Vertrag	79
9.7	Preise	79
9.8	Referenzliste	79
9.9	Verkaufs- und Lieferbedingungen	79

Zeichenerläuterung:

- * Programme von anderen Herstellern. Unterstützung und kompatible Installation wird von uns gewährleistet.
- K02a Kurzbeschreibung des Berechnungsmoduls. Diese Abkürzung finden Sie auch in der Preisliste wieder.

Hinweis auf eingetragene Markenzeichen:

AutoCAD	von	Autodesk, Inc
FVA	”	Forschungsverein Antriebstechnik
IBM	”	IBM Corp.
LOGOCAD	”	Logotec GmbH
MAAG	”	Maag Zahnräder AG
KONSYs	”	STI strässle
Windows	”	Microsoft Corp.
MegaCAD	”	JIT

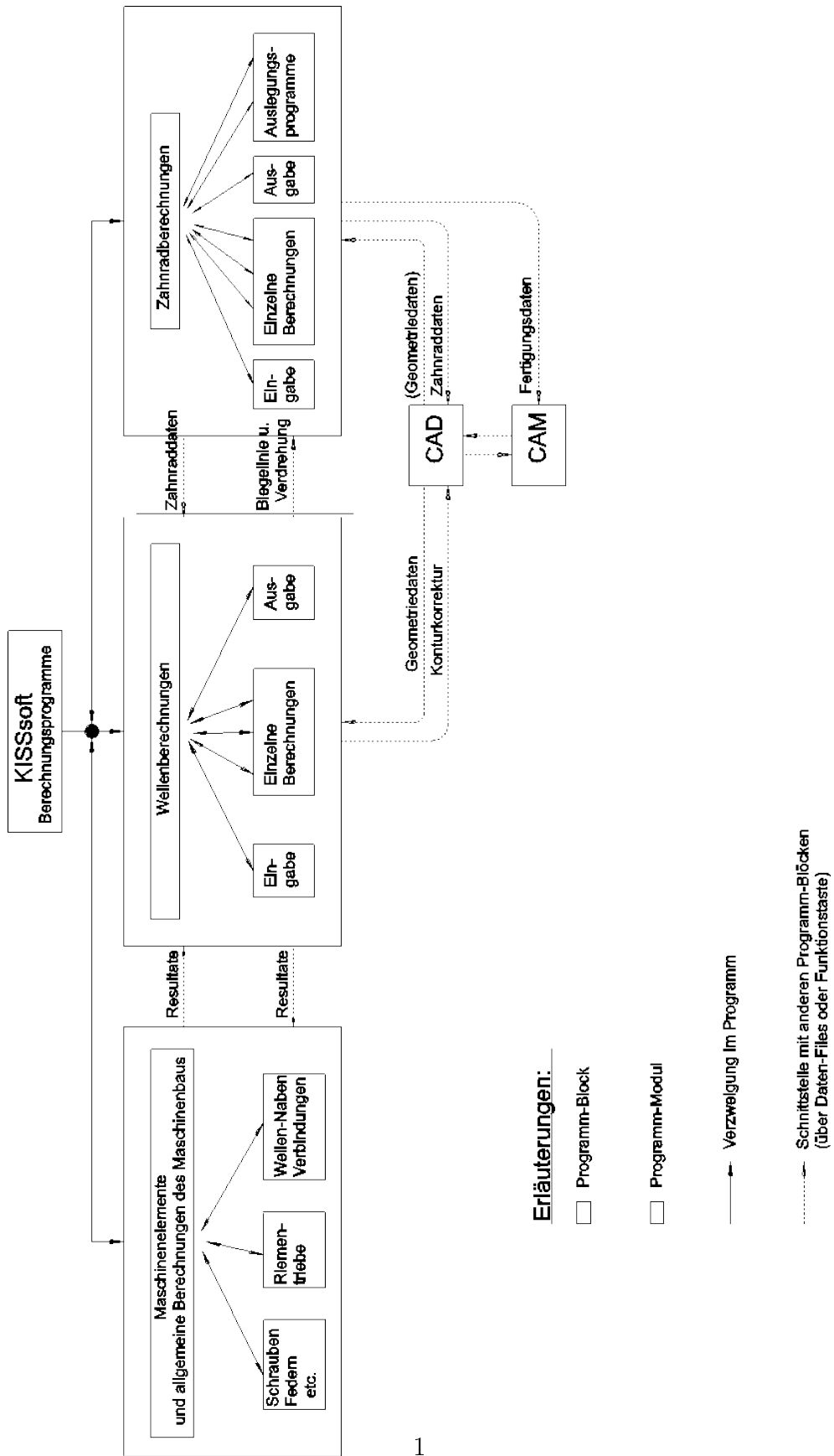


Abbildung 1: Struktur der Berechnungsprogramme KISSsoft im CIM-Verbund

Kapitel 1

KISSsoft - Schwerpunkte

1.1 Aus der Praxis für die Praxis

KISSsoft wurde ursprünglich¹ von der Getriebebau-Firma L.KISSLING & Co. AG entwickelt und nimmt damit eine Sonderstellung ein. Die Programme werden seit 1980 täglich in der eigenen Konstruktion eingesetzt und sind deshalb in der industriellen Praxis bestens bewährt.

Fast die Hälfte der Produktion der Firma L. KISSLING & CO. AG besteht in Getrieben für Skilifte und Seilbahnen. Die Anforderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Bauteile sind hoch, da bei einem Versagen Menschen gefährdet sind. Das Know-how von über 70 Jahren Erfahrung und Tausenden von Getrieben im weltweiten Einsatz sind integrierter Bestandteil der Software.

Maschinenbauteile für kritische Anlagen unterliegen der Nachweispflicht. Die korrekte Dimensionierung muss mit anerkannten Methoden vorgewiesen werden, damit Ämter, wie z. B. der TÜV (Technischer Überwachungsverein), die Zustimmung erteilen.

Die Praxis stellt harte Anforderungen, die seit Jahren in die Entwicklung von KISSsoft einfließen und damit eine Software ergeben haben, die höchsten technischen Ansprüchen genügt. Durch den modularen Aufbau kann sie optimal an das Anforderungsprofil angepasst werden.

¹1998 ist die Software-Entwicklung der Firma L.Kissling in die eigenständige KISSsoft AG ausgelagert worden, um den gewachsenen Anforderungen im Bereich der Software-Entwicklung besser Rechnung tragen zu können.

1.2 Aktueller Stand

In die Programme werden immer die neuesten Normen aufgenommen. Neuausgaben von Normen werden laufend integriert. Dasselbe gilt auch für Daten, wie z. B. die Wälzlager-Daten. Ein Benutzer von KISSsoft erhält über den Abschluss eines Software-Update-Vertrages zwei Mal pro Jahr den aktuellen Stand der Programme.

Durch die aktive Mitgliedschaft innerhalb der schweizerischen Normenkommission und als Delegierter innerhalb der ISO verfügt KISSsoft über ein sehr gutes Knowhow über den neuesten Stand der Normierung. Dies ermöglicht es, dass neue Normen bereits im Entwurfsstadium in KISSsoft integriert werden.

1.3 Anpassungsfähigkeiten

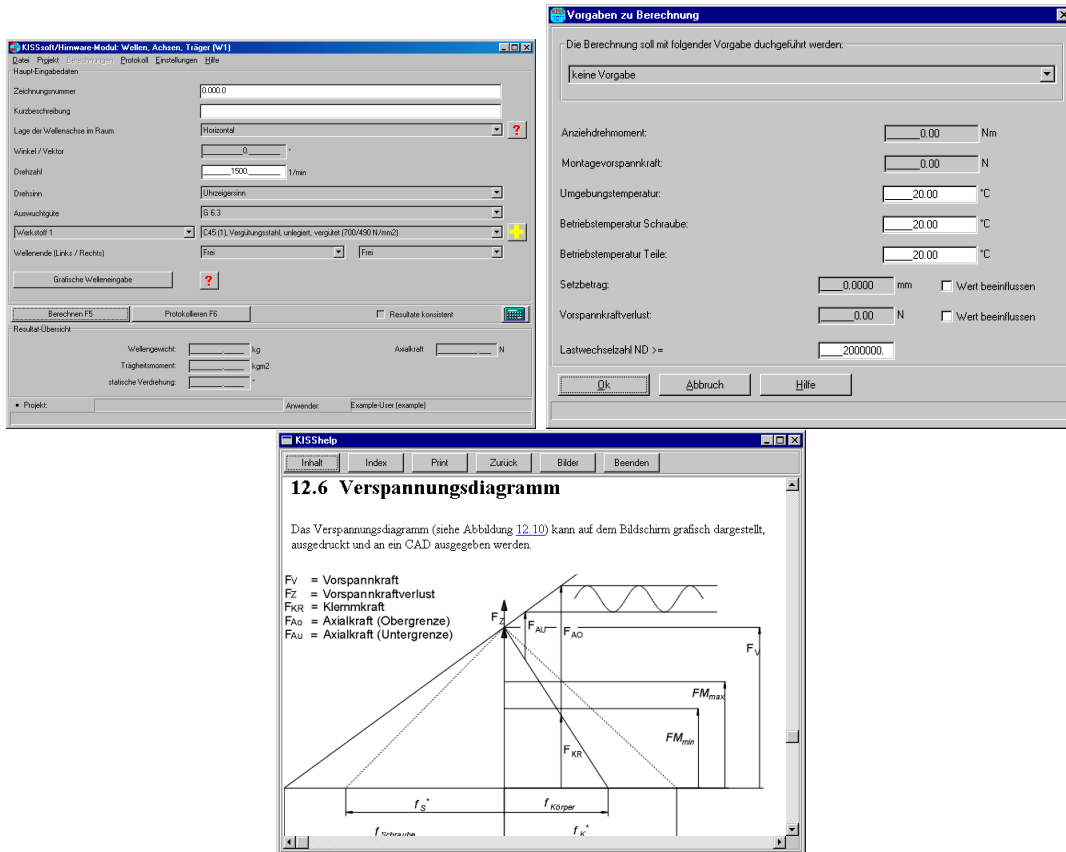
Die folgenden Punkte beschreiben die Flexibilität und Offenheit von KISSsoft gegenüber dem Anwender. Dadurch ist es möglich, KISSsoft an praktisch jede individuelle Gegebenheit anzupassen.

- Alle Standarddaten, die in den Programmen verwendet werden (z. B. Toleranzen, Keilnormen usw.), sind ausnahmslos in Datentabellen abgelegt, die vom Benutzer über ein mitgeliefertes Datenbankprogramm verändert, angepasst und ergänzt werden können. Dadurch ist es möglich firmeninterne Normen und Daten problemlos einzubauen.
- Der gesamte Ausdrucktext ist in Report-Dateien enthalten, die interpretiert werden. Die Darstellung des Ausdruckes kann vom Benutzer deshalb bei Bedarf beliebig verändert werden.
- Alle Eingabevariablen lassen sich permanent oder temporär vorbelegen.
- Über die integrierte Datenschnittstelle (ASCII-Format) können beliebige Eingabewerte übergeben werden und auch alle gewünschten Resultate ausgegeben werden (in frei definierbarem Format). Dadurch ist eine freie Kommunikation mit Fremdprogrammen sehr einfach.

1.4 Vollgrafische Windows-Benutzeroberfläche

Alle Programme verfügen über eine einheitliche, vollgrafische Benutzeroberfläche mit bedienerfreundlicher und übersichtlicher Fenstertechnik. Bei der Entwicklung

wurde die Forderung berücksichtigt, dass der Benutzer mit bekannten Bedienelementen und Oberflächen arbeiten will, die er aus Betriebssystemen wie Windows und der damit ausgelieferten Standardsoftware kennt. Dadurch entfällt die Einarbeitungszeit und das Lösen von Berechnungsproblemen wird noch einfacher.



1.5 Betriebssystem

KISSsoft läuft unter den Betriebssystemen Windows 2000 oder WindowsXP.

Ein Betrieb von KISSsoft innerhalb von Windows-Emulationen wurde bereits getestet auf: Macintosh, IBM RS/6000, HP 700er Serie, DECstation 5000 u.a. Workstations. Mit der Demoversion ist ein Test auf einer hier nicht erwähnten Emulation problemlos möglich.

1.6 Netzwerke

KISSsoft ist – mit entsprechender Lizenz (siehe Seite 78) – 100% netzwerkfähig und kann sehr flexibel an Netzwerkstrukturen angepasst werden. Eine besondere

Beschreibung ist erhältlich.

1.7 Qualitäts-Sicherungs-System

In einem QS (Qualitäts-Sicherungs)-System nach ISO-9000 oder EN-29000 kann sich der Einsatz von Berechnungsprogrammen, sofern sie gewisse Bedingungen erfüllen, als sehr nützlich erweisen. Zudem kann, wenn die Berechnungsprogramme zugekauft werden, der Nachweis der Programmüberprüfung an den Lieferanten der Software weitergegeben werden. Zur QS in der Entwicklung tragen folgende Eigenschaften der Berechnungsprogramme bei:

- Benutzung von anerkannten Berechnungsmethoden (z. B. DIN-Normen, VDI-Richtlinien).
- Benutzung von geprüften Programmen (betriebsintern entwickelte Programme sind häufig unvollständig getestet).
- Vermeiden von Berechnungsfehlern (Fehleranfälligkeit bei „Handrechnungen“ ca. 2-5%).
- Dokumentation: Alle Eingaben, Resultate, Datum, usw.
 - am Bildschirm dargestellt: Sichtkontrolle
 - gespeichert: Wiederverwendung / Korrekturen
 - ausgedruckt (Listen für): Planung / Konstruktion / Fabrikation

Alle diese Eigenschaften und die Anforderungen der ISO 9001 haben wir bei der Entwicklung von KISSsoft berücksichtigt.

1.8 Produkthaftung

Die Verschärfung der Produkthaftung durch die Gesetzgebung und deren Handhabung stellt den Produzenten vor eine zunehmend schwierige Lage. Eine Verbesserung der vorsorglichen Massnahmen ist deshalb sehr gefragt. Dazu kann der Einsatz von KISSsoft viel beitragen, da damit wesentliche Forderungen abgedeckt werden:

- Vereinfachung des Nachweises der Bauteil-Sicherheit
- Komplette Nachrechnung und Dokumentation während der Entwicklung und Konstruktion

- Verwenden von anerkannten Berechnungsmethoden
- Die Nachweispflicht für firmeneigene Programme und Berechnungsmethoden entfällt.

1.9 Weiterentwicklung

KISSsoft wird kontinuierlich weiterentwickelt. Dadurch ist die Software homogen gewachsen. Die vielen Anregungen und Hinweise der Benutzer sind laufend in die Software eingeflossen und haben zur heute sehr beliebten Vielseitigkeit beigetragen.

Kapitel 2

Basis-Installation — KISSsoft-K

2.1 K01 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 viersprachig, Teile bereits fünfsprachig. Das Umschalten der Sprache kann getrennt für Berechnungsprotokolle und Benutzeroberfläche während des Programmlaufs geschehen. Folgende Sprachen werden unterstützt (siehe auch K02, Seite 9):

- englisch
- französisch
- italienisch
- spanisch (teilweise)

- **Datenspeicherung**

Die vom Benutzer eingegebenen Daten und die Berechnungsergebnisse werden von KISSsoft auf einer frei definierbaren Speichereinheit (Diskette, lokale Harddisk, Netzwerk-Server) gespeichert. Durch die Benutzerverwaltung können benutzerspezifische Verzeichnisse verwendet werden (für jeden Mitarbeiter ein eigenes Verzeichnis). Oder, bei Verwendung der Projektverwaltung, projektspezifische Verzeichnisse.

- **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. Bei Verwendung eines RTF-fähigen Editors (z.B. 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 Formattierungen wie Schriftgrösse, fett, kursiv oder unterstrichen gesetzt, vorgegeben werden.
- Sprache des Ausdrucks ist wählbar (siehe Option K02).
- 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 direkt 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. über die Plotter-Schnittstelle (HP-GL) oder CAD-Schnittstelle (DXF, IGES, siehe Module K05a und K05e) ausgegeben 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 unterstützt 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 Programmmodule 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 DLL-Schnittstelle.

2.2 K02 Ausdruckstext

Zur Zeit ist das Programm in folgenden Sprachen erhältlich:

Option K02	deutsch
Option K02a	englisch
Option K02b	französisch
Option K02c	italienisch
Option K02d	spanisch (teilweise)

2.3 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.

Option K05a DXF-Schnittstelle: 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.

Option K05d SolidEdge-Schnittstelle (mit SolidEdge-Menü):
Die Schnittstelle zwischen Solid Edge und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. 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, Zahnradherstelltdaten automatisch als Textfeld auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelltdaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

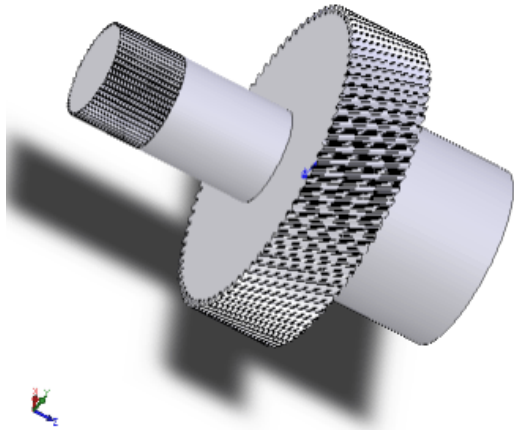
- Option K05e** **IGES-Schnittstelle:** Ausgabe aller zweidimensionalen grafischen Daten im IGES-Format.
- Option K05f** **VDA-Schnittstelle:** Einlesen von Zahnformen und Werkzeugformen ab 3D-Messmaschinen.
- Option K05g*** **3D-Neutralformat-Schnittstelle:** Ausgabe der dreiminimalen Zahnradmodelle in der 3D Ansicht im IGES-, STEP- oder SAT-Format. Abgedeckt werden Stirn-, Kegel-, Schraub- und Schneckenräder sowie Schnecken. Siehe hierzu auch Option (Z05x).
- Option K05h*** **I-deas:** Aufruf der KISSsoft Stirnradberechnung aus I-deas, Erzeugung von dreiminimalen Stirnradmodellen. Weitere Zahnrad-Arten auf Anfrage. Hersteller: IS, Köln.
- Option K05k** **SolidWorks-Schnittstelle (mit Solid Works Menü):** Die Schnittstelle zwischen Solid Works und KISSsoft realisiert die direkte Integration in das 3D-CAD-System. Sie ermöglicht den direkten Start aller KISSsoft-Berechnungsmodule direkt aus Solid Works heraus. In KISSsoft berechnete Stirn- oder Kegelräder können direkt in Solid Works als 3D Teil mit echter Zahnform erzeugt werden. Von KISSsoft kann über die Zahnformberechnung mit einem Knopfdruck Solid Works 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, Zahnradherstelltdaten automatisch als Textfeld auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelltdaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.

Option K05m Inventor-Schnittstelle (mit Inventor Menü):

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, Zahnradherstelltdaten automatisch als Tabelle auf der Zeichnung einzufügen. Die Zahnradherstelltdaten sind dem jeweiligen Cutout (Zahnlücke) angehängt.



2.4 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.

Option K07a **Werkstoffverwaltung:** Modul zum Eingeben von weiteren Werkstoffen und zum Ändern von spezifischen Daten bereits vorhandener Werkstoffe.

2.5 K09 Härteumrechnung (HB, HRC, HV, usw.)

Umrechnung von Härteangaben nach Vickers, Brinell und Rockwell.

2.6 K10 Toleranzrechnung

Berechnung der Gesamtabmasse der Massketten von eingegebenen Elementen. Die Toleranzen können entweder als Allgmeintoleranz (DIN ISO 2768, DIN 7168), mit Toleranzfeldeingabe nach ISO oder mit eigenen Werten definiert werden. Das Gesamttoleranzfeld wird jeweils mit der konstanten Verteilung (arith-

metische Summe) und mit der Quadratwurzel der Toleranzquadrate (Normalverteilung) gerechnet.

2.7 K12 Festigkeitsnachweis mit örtlichem Konzept (FKM-Richtlinie)

Statischer- und Ermüdungsfestigkeitsnachweis (zeit- oder dauerfest) mit elastisch berechneten örtlichen Spannungen nach der FKM-Richtlinie 183 (4. Auflage) für nichtgeschweisste Bauteile.

2.8 K13 LVR-Schnittstelle

Mit diesem Modul können zwei Wellen und eine Verzahnung, welche in KISSsoft eingegeben wurden, in das LVR-Berechnungsprogramm übergeben werden. Das LVR-Berechnungsprogramm rechnet die Lastverteilung an Stirnradstufen.

2.9 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. Die Berechnungsformeln wurden Niemann Band I, Auflage 3, 2001 entnommen.

Kapitel 3

Berechnung von Wellen, Achsen, Lagern — KISSsoft-W

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

3.1 W01 Wellen-Grundmodul

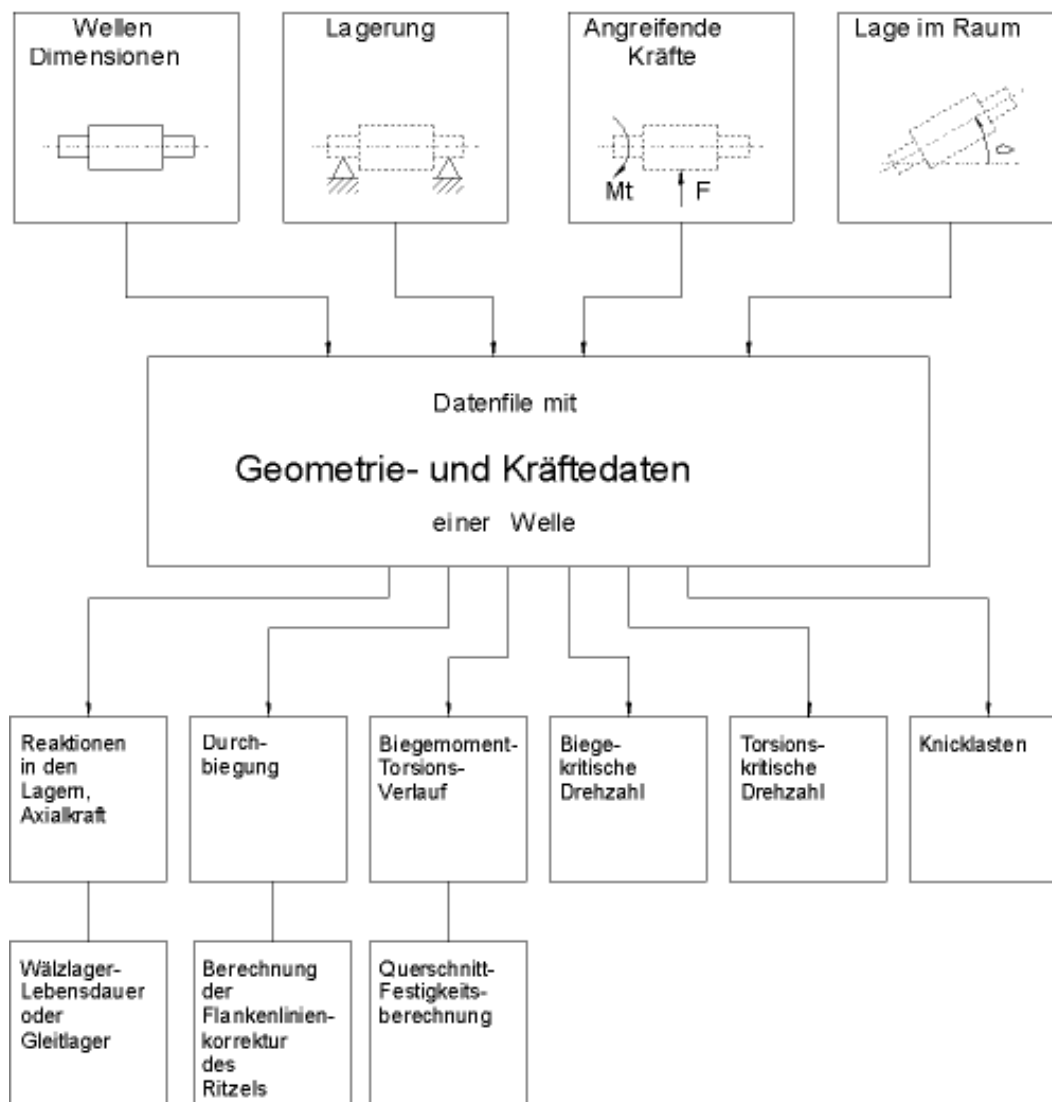
Eingabe- und Korrekturmodul für Geometrie- und Werkstoffdaten, Wellenbezeichnungen, Zeichnungsnummer, etc., Lagerung, Randbedingungen, äussere Kräfte und Momente (vereinfachte Eingabe für Kupplungen, Stirn- und Kegelräder, Schnecken, Schneckenräder, Riemenscheiben), Schnittstelle zu CAD.

Grafische Oberfläche: Wellenkontur, Lager und Kräfte 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 oder über Grip-Points grafisch verändert 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, vorprogrammiert sind:
 - Stirnräder
 - Kegelritzel/-rad
 - Schnecke/Schneckenrad
 - Kupplung
 - Seil- oder Riemenscheibe
 - Einzelne Radial-, Axial-Kräfte, Biege-, Torsions-Momente
 - Federn, Drehfedern
 - Äussere Massen mit Trägheitsmoment
 - Exzentrische Kraft
 - Verlustleistung
 - Unwucht-Kräfte
 - Schnittstelle zur Übernahme von Daten aus Zahnradberechnungen
 - Kräfte können auch ausserhalb der Welle angreifen
 - Leistungs- oder Drehmoment-Eingabe können unter den Einstellungen vorgegeben werden.
- Standardlagerung (2 Lager), Mehrfachlagerungen mit W02b
- Berechnung von:
 - Wellengewicht
 - Trägheitsmoment
 - Schwungmoment
 - Resultierende, Axialkraft

EINGABE - DATEN



BERECHNUNGEN

Abbildung 3.1: Vernetzung der Wellenberechnungsprogramme in KISSsoft

- Statische Torsionsverdrehung der Welle
- Torsionsmomentverlauf
- die Auswuchtgüte kann eingegeben werden. Damit werden für die ganze Welle die dynamischen Unwuchtkräfte bestimmt und in den verschiedenen Berechnungen berücksichtigt.
- Allen Krafterelementen (äussere Kraft, Stirnrad, Kupplung etc.) können Lastkollektive zugeordnet werden. Bei den Berechnungen (Durchbiegung, Festigkeit, Wälzlager) werden diese Informationen entsprechend ausgewertet.
- Übersichtliche Darstellung der Geometriedaten und der berechneten Lager- und Randkräfte auf Bildschirm und Papier.
- Schnittstelle zu verschiedenen CAD-Systemen zum Übernehmen der Wellengeometrie (Einlesen und Ausgeben) in verschiedenen Formaten (siehe Optionen zu K05 auf Seite 10).
- Ein Gesamtprotokoll fasst die Ergebnisse der Grundberechnung, der Durchbiegungs- (W03), Kritische Drehzahl (W04, W09, W13) und Festigkeitsberechnung (W06), inklusive der jeweils relevanten graphischen Darstellungen, zusammen.

Option W01x Wellen können für die Durchbiegungsberechnung aus bis zu drei Werkstoffen bestehen. Ein Lagerversatz in radialer Richtung kann für Lager vorgegeben werden. Bei Lagern mit schrägem Druckwinkel wird der schräge Kaftangriff am Lagerort berücksichtigt. Bei der Durchbiegung können Schubverformungen optional berücksichtigt werden.

Option W02a **Berücksichtigung von Linienlasten:** Angreifende Kräfte können wahlweise auch als Linienlasten definiert werden. Diese werden bei der Berechnung von Durchbiegung, Biegemoment etc. entsprechend berücksichtigt.

Option W02b **Mehrfachlagerungen und Federn:** Randbedingungen beliebig (frei; eingespannt; gelenkig gelagert; vertikal geführt).

Lagerung: beliebig, - bis zu 70 Lager möglich (davon 10 starre Lager) (Drei- und Vierpunktlagerung etc., wählbar sind: Lager oder Stütze, Loslager, Festlager, angestelltes Lager, Lager mit Steifigkeit, Axiallager, Schiebelager, Gelenk, Schlaufe).

Elastische Lagerungen durch Eingabe der Federkonstanten. Federn und Torsionsfeder (mit und ohne Vorspannung) in beliebiger Anzahl.

3.2 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)
- Grafische Darstellung aller wesentlichen Größen auf dem Bildschirm und dem Drucker: Verlauf von Durchbiegung, Querkraft, Biegemoment in verschiedenen Ebenen, Torsionsmoment, Axialkraft und statische Vergleichsspannung
- Ausgabe der Daten für vier ausgewählte Querschnitte
- Berechnung der Kräfte und Momente in Lagern (und Wellenenden) für beliebige Anzahl und Art von Lagerungen
- Ausgabe der Kräfte in bis zu 7 Lagern
- 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.
- Die Darstellung der Biegelinie erlaubt das Markieren von Punkten und Ablesen der entsprechenden Daten.
- Falls eine Welle mit Lastkollektiven eingegeben wurde, kann die Berechnung der Biegelinie auch einzeln für die Belastung bei jedem Lastkollektiv-Element erfolgen (Option W06s).
- Berechnung aller Spannungskomponenten (Zug/Druck, Biegung, Scherung, Torsion) und der Vergleichsspannung. Ausgabe in einem Protokoll. Darstellung des Vergleichsspannungs-Verlaufs.
- Berechnung der Durchbiegung mit oder ohne Berücksichtigung der Schubverformung
- Die grafische Darstellung kann gespeichert werden und mit neuen Ergebnissen verglichen werden.

3.3 W04 Berechnung der kritischen Drehzahl

Berechnung der Biege-Eigenschwingungs-Frequenz von einzelnen Wellen mit oder ohne zusätzliche Massen. Sämtliche Lagerarten und Federn, wie in W02b (Seite 15) aufgeführt, sind bearbeitbar.

- Berechnung beliebig vieler kritischer Drehzahlen
- Darstellung auf dem Bildschirm und Ausdruck der Biege-Schwingungslinien
- Für Trägerprofile werden die biegekritischen Drehzahlen 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.

Option W04x Erweiterung zur biegekritischen Drehzahl: Beliebige Anzahl Linienmassen. Der Kreiseffekt von grossen Schwungmassen wird berücksichtigt. Berechnet werden die biegekritischen Drehzahlen für den Stillstand (Eigenfrequenz), 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. Das Trägheitsmoment aller Wellenelemente wird wahlweise in die Rechnung miteinbezogen.

3.4 W05 Kugel- und Rollenlager-Lebensdauer

- Berechnung von:
 - Rillenkugellager
 - Schrägkugellager (ein- und zweireihig)
 - Spindellager
 - Zylinderrollenlager
 - Nadellager
 - Pendelrollenlager, Pendelkugellager
 - Kegelrollenlager

- gepaarte Kegelrollenlager
- Vierpunktlager (QJ)
- Axial-Pendelrollenlager
- Axial-Zylinderrollenlager
- Alle Daten (ca. 18'000 verschiedene Lager) abgespeichert; direkt übernommen aus Daten von FAG, NSK, Koyo, einzelne Lager aus INA-Katalog und SKF-Speziallager
- Einbau von weiteren Lagern ist sehr einfach
- Berücksichtigung der Radial- und Axialkräfte
- Berechnung der Lebensdauer und der statischen Tragzahl
- Kontrolle der Drehzahlgrenze des Lagers (Öl- und Fettschmierung)
- Ausdruck wahlweise mit Angabe des Lagerpreises (Lieferung der Lagerdaten in Textdateien ohne Preisangabe, Preise können mit Hilfe eines mitgelieferten Datenbankprogramms eingesetzt werden).

Option W05x Erweiterung der Wälzlagerberechnung: Datenübernahme aus der Wellenberechnung. Gleichzeitige Berechnung bis zu 6 Lagern. Lagerluft: Normal / C3 / C4. Lageranordnung: Einzel-, O- oder X-Anordnung.

Option W05a Lastkollektive: Berechnung der Lebensdauer nach DIN ISO 281 für beliebige Lastkollektive
Erweiterte Lebensdauerberechnung (Einfluss von Betriebsbedingungen und Schmierstoff): Die Wälzlagerberechnung wird mit dem a23-Faktor (DIN ISO 281), berechnet nach dem erweiterten Lebensdauerkriterium, durchgeführt. Aufgrund der Schmierstoff-Viskosität, der Sauberkeit, der Betriebstemperatur, der Drehzahl, der Lagergeometrie und des Lagertyps wird der a23-Faktor für jedes Lager von KISSsoft bestimmt und in die Berechnung miteinbezogen (nach FAG-Methode). Wahlweise kann die Berechnung natürlich auch ohne a23-Faktor ausgeführt werden.

Berechnung der Lagerkräfte mit Berücksichtigung des Druckwinkels: Wälzlager mit geneigten Laufbahnen (Kegelrollenlager, Schrägkugellager und Spindellager) erzeugen eine schiefe Druckrichtung der Reaktionskräfte. Die eigentliche Lagerstelle für die Berechnung der Lagerkräfte ist damit nicht in der Mitte des Lagers (wie bei normalen Wälzlagern) sondern dort, wo der Druckwinkel durch die Lagermitte die Wellenachse schneidet.

Bei der Eingabe der Lagerstellen in KISSsoft geben Sie grundsätzlich die Lagermitte ein. Nach der Eingabe eines Wälzlagers mit schiefer Druckrichtung können Sie angeben, ob Sie die Berechnung mit Berücksichtigung des Druckwinkels ausführen wollen. KISSsoft verschiebt dann selbständig den Lagermittelpunkt, führt die Berechnung der Reaktionskräfte durch und zeigt gleich die modifizierten Resultate an. Die abgespeicherten Geometriedaten mit den Lagermittelpunkten werden nicht modifiziert, damit jederzeit der Wälzlagertyp geändert werden kann.

3.5 W06 Dauerfestigkeits- und statische Berechnung von Querschnitten

- Folgende Querschnitt-Arten sind auswählbar (automatische Berechnung der Kerbfaktoren, Kerbwirkung am Aussen- oder Innendurchmesser):
 - Absatz, Absatz mit Freistich
 - Presssitz
 - Lager (leichter Presssitz)
 - Keil
 - Glatte Welle
 - Vielkeil- und Zahnwelle
 - Gewinde
 - Ringnut
 - Querbohrung
 - Seegering-Einstich (Rechtecknut)
 - Konischer Wellenübergang
 - Eigene Definition von Kerbfaktoren

- mitgelieferte Werkstoffe:
Ck 45, Ck 60, St 52, 14 NiCr 14 (ECN 35), 15CrNi6, 16 MnCr 5, 17 CrNiMo 6, 20 MnCr 5, 34 CrMo 4, 42 CrMo 4, 30 CrNiMo 8, 34 CrNiMo 6, 39 CrNiMo 3, GG 20, GGG 42, AlMgSi, G-AlMgSi, G-CuSn5ZnPb, rostfreie Stähle, Stahlguss, Temperguss und mehr (Werkstoffdatenbank mit über 100 Werkstoffen)
- 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 R_a , R_z und R_t .
- 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 W06c Zeitfestigkeitsberechnung und Lastkollektive.

Option W06a **Berechnung nach 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).

Option W06b **Berechnung nach DIN 743:** Berechnung nach DIN 743 (Ausgabe 2000) „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 Ausschlagspannung) 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.

Option W06c

Berechnung nach FKM Richtlinie: Die neueste Ausgabe der FKM-Richtlinie (Festigkeitsnachweis, 3. Auflage 1998) sollte in naher Zukunft als gültige VDI-Richtlinie erscheinen. 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 beinhaltet die neuesten Erkenntnisse in der Werkstofftheorie und führt eine statische sowie eine Zeitfestigkeitsberechnung durch. Der Berechnungsalgorithmus wurde durch Professor Haibach entwickelt. Damit ist die Gewähr für die sachkundige Interpretation dieser komplexen Richtlinie gegeben.

Die 3. Auflage der FKM-Vorschrift ist gegenüber der 2. Auflage (1994) sehr stark verändert. In KISSsoft kann deshalb wahlweise nach der Ausgabe 1994 oder 1998 gerechnet werden.

Option W06s **Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven:** Die Berechnung nach der FKM-Richtlinie erlaubt die Festigkeitsberechnung mit Lastkollektiven. Falls eine Welle mit Lastkollektiven eingegeben wurde, kann die Berechnung damit direkt durchgeführt werden. Mit den Berechnungsmethoden nach Hänchen/Decker oder nach DIN743 können keine Lastkollektive berücksichtigt werden, da die Norm dies nicht zulässt. Hier besteht jedoch die interessante Variante, dass die Berechnung auch einzeln für die Belastung bei jedem Lastkollektiv-Element erfolgen kann.

3.6 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).

Option W07a **Berechnung nach Niemann:** Berechnung von Verlustleistung, Öldurchsatz, Ölerwärmung, minimale Schmierpaltenbreite nach G. Niemann, Maschinenelemente I, Springer, und nach O. R. Lang, Gleitlager, Springer. Berechnung nur für druckgeschmierte Lager (Umlaufschmierung) mit Test auf Betriebssicherheit.

Option W07b **Berechnung nach DIN 31652:** Vollständige Berechnung nach DIN 31652, Teil 1 bis 3 (Ausgabe 1983) für drucklos- und druckgeschmierte Lager. Die Art der Schmierstoffzufuhr (Schmierlöcher, Schmiernut, Schmiertaschen) wird berücksichtigt. Berechnet werden alle Betriebsdaten nach DIN 31652 wie Betriebstemperatur, minimale Schmierpaltenbreite, 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.

Option 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.

3.7 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 Axialkippssegmentlagern 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.

3.8 W09 Berechnung der Dreheigenschwingungen von Wellen und Systemen

- Berechnung der kritischen Dreheigenfrequenzen von einzelne Wellen und von verkoppelten Systemen (z.B. Motor mit Getriebe).
- Berechnung beliebig vieler Dreheigenfrequenzen
- Bestimmung der Eigenfrequenzen in einem definierbaren Intervall
- Darstellung der Schwingungsform auf Bildschirm und Drucker

Option W09a Berechnung von Systemen: Berechnung der Dreheigenschwingung von Wellen in Systemen. (In Vorbereitung)

3.9 W10 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 bestimmbar Intervall längs der Achse und druckt die Daten aus. Bei Verzahnungen wird zusätzlich die Flankenlinienabweichung 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.

3.10 W12 Integriertes Konstruktionswerkzeug

(siehe auch Illustration auf Seite 29)

Wellen-Grobauslegung:

Für die Auslegung von Wellen (alle Durchmesser) stehen zwei Funktionen zur Verfügung:

- Auslegung auf konstante Vergleichsspannung: Die Wellenkontur wird von KISSsoft so ausgelegt, dass die Vergleichsspannung in allen Querschnitten den gleichen (definierbaren) Wert hat.
- Auslegung auf maximale Durchbiegung: Die gegebene Wellenkontur wird von KISSsoft in den Durchmessern proportional so verändert, dass eine vorgegebene Durchbiegung erreicht wird.

Wellen-Feinauslegung:

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

Durchmesseränderung 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 Wellen-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.

3.11 W13 Knickung

Die Knicklast (1. - 10. Ordnung) von Wellen und Trägern wird berechnet. Sämtliche Randbedingungen, Lagerungen und angreifende Axialkräfte (Punkt- oder Linienlast) werden bei der Berechnung berücksichtigt.

Zur Wahl stehen zwei Verfahren:

1. Knickbelastung erzeugt durch zwei axiale Druckkräfte an den Wellenenden (mit Berücksichtigung von längs der Welle angreifenden Axialkräften). Berechnet wird die notwendige Druckkraft am Wellenende für den Knickfall.
2. Knickbelastung wird nur durch die eingegebenen axialen Kräfte erzeugt. Berechnet wird der Faktor, mit dem alle diese Kräfte multipliziert werden müssen, damit der Knickfall eintritt. Die Grösse dieses Faktors entspricht damit der Sicherheit gegen Knickung.

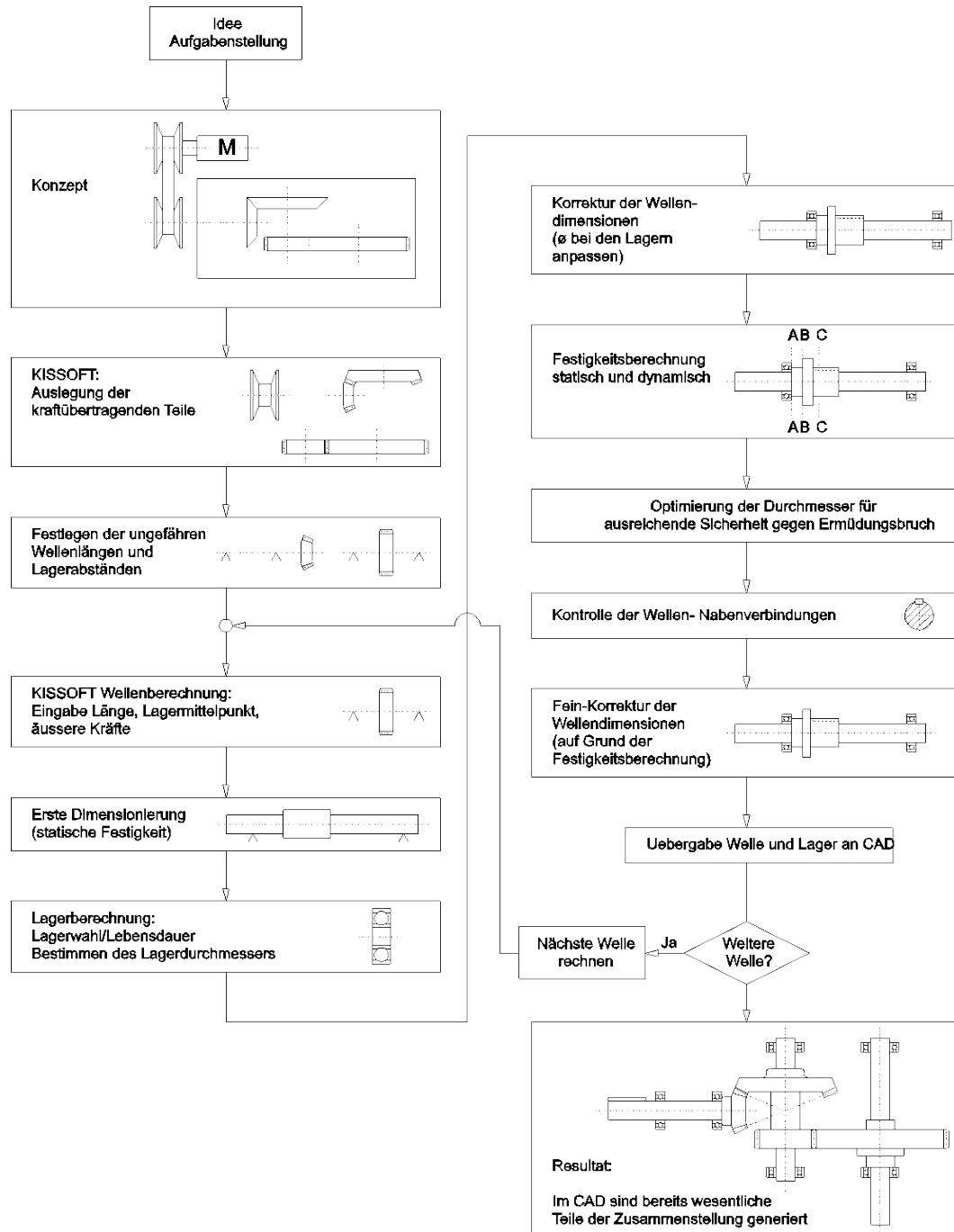


Abbildung 3.2: KISSsoft als integriertes Konstruktionsmittel

Kapitel 4

Berechnung von Maschinenelementen — KISSsoft-M

4.1 M01 Kraftschlüssige Wellen-Naben- Verbindung

Option M01a Zylindrische Presssitze und Bandagen mit Flieh-
krafteinfluss:

- 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 DIN 7190 (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).

Option M01b Kegelpressverband: Berechnung und Auslegung eines Kegelpressverbandes für die Übertragung von Drehmomenten im elastischen Betriebszustand. Montage durch axiales Verspannen mittels einer Schraube oder durch Aufpressen. Rechenmethode nach F. G. Kollmann 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.
Auslegungen:

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

Option M01x 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 Oberflächen-Rauhigkeit mit Qualitäten nach ISO 1302.
- Bei der Berechnung von zylindrischen und konischen Presssitzen mit KISSsoft kann der **Aussendurchmesser der Nabe** variieren. In solchen Fällen wird der Aussendurchmesser abschnittsweise mit Durchmesser und Länge eingegeben, daraus ein äquivalenter Durchmesser (nach V.Gross) bestimmt und in der Berechnung berücksichtigt.

4.2 M02 Formschlüssige Wellen-Naben-Verbindung

Option M02a Für **Passfedern** nach:

- ISO/R 773
- DIN 6885.1
- DIN 6885.2
- DIN 6885.3
- eigener Definition

wird eine Berechnung der Belastung von Welle und Nabe (Flächenpressung) und der Passfeder (Scherung) mit der Bestimmung der Sicherheiten durchgeführt (Rechenmethode: DIN 6892 (1998) Methode C).

Bei der Berechnung werden sowohl die Toleranzen der Keilrundungsradien und die Kraftangriffsrichtung berücksichtigt. Die Anzahl Passfedern, der Tragfaktor und der Betriebsfaktor kann ebenfalls eingegeben werden. Masstäbliche grafische Darstellung.

Passfeder-Berechnung nach DIN 6892 (1998), 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.

Option M02b Für **Vielnutprofile** nach:

- DIN 5462 (Fahrzeuge, leichte Reihe)
- DIN 5463 (Fahrzeuge, 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, 3.Auflage, 2001).
Massstäbliche grafische Darstellung.

Auslegungen:

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

Option M02c Für **Kerbverzahnungen** nach:

- DIN 5480
- DIN 5481

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, 3.Auflage, 2001).

Auslegungen:

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

Option M02d Für **Polygonwellen** nach:

- DIN 32711 (P3G-Profil)
- DIN 32712 (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 nach der klassischen Literatur (Niemann, Maschinenelemente I, 3.Auflage, 2001).
Massstäbliche grafische Darstellung.

Auslegungen:

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

Option M02e Für **Scheibenedern** 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, 3.Auflage, 2001).

Auslegungen:

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

4.3 M03A Bolzenberechnung

Bolzen-/ Stiftverbindungen sind je nach Anwendungsfall in vier Berechnungstypen unterteilt:

- Querstift unter Drehmoment
- Längsstift unter Drehmoment
- Steckstift unter Biegekraft

- Querbelaastete Bolzenverbindung

Die Berechnung der Belastungen von Bolzen, Welle und Nabe (oder Bauteil) mit der Bestimmung der Sicherheiten erfolgt nach der klassischen Literatur (Niemann, Maschinenelemente I, 3.Auflage, 2001)

4.4 M04 Schraubenberechnung

Die Berechnung erlaubt die Verwendung des kompletten Umfangs der VDI 2230, Ausgabe 1990 und Ausgabe 2001. Zusammen mit der Option M04a können beispielsweise die komplexen Beispiele der VDI 2230 Ausgabe 1990 oder 2001 ohne Probleme berechnet werden.

Für alle betroffenen Elemente sind Tabellen integriert, wie z.B. Schrauben nach ISO 4762, 4014, 4016, 4017 und 949, Normen für Bohrungen, Unterlagsscheiben, Muttern etc. Eigene Definitionen von Schrauben beliebiger Komplexität, 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 (Anziehungsfaktor 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.

- Option M04a Exzentrische Verspannung und Belastung, Konfigurationen:** 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.

Option M04b **Mindesteinschraubtiefe und Abstreiffestigkeit:** Um die notwendigen Mindest-Einschraubtiefe zu bestimmen, kann (nach Kapitel 5 der VDI 2230) die Abstreiffestigkeit von Schrauben- und Muttergewinden unter Berücksichtigung der Mutteraufweitung und der plastischen Verformung berechnet werden.

Schraubenberechnung bei hohen und tiefen Temperaturen: 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 Elastizitätsmoduls, 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, Schraubkraft, Dauerhaltbarkeit und Flächenpressung).

4.5 M08 Lötverbindungen

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

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

4.6 M09 Klebverbindungen

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 Zerreiissfestigkeit der Verbindung wird so ausgelegt, dass sie der Zerreiissfestigkeit des Grundwerkstoffs, bzw. der Schwellfestigkeit der Welle, entspricht.
 - Auslegung der Klebbreite aufgrund der Beanspruchung: Die Zerreiissfestigkeit der Verbindung wird so ausgelegt, dass sie unter Berücksichtigung der eingegebenen Sollsicherheit die angreifenden Kräfte übertragen kann.

4.7 M10 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 Grenzscheissnahtbeiwert, eingebundene Materialdatenbank. Berechnung der Spannungen, der Grenzscheissnahtspannung und der Sicherheit.

Kapitel 5

Berechnung von Federn — KISSsoft-F

5.1 F01 Druckfederberechnung

Berechnung von zylindrischen Schraubendruckfedern nach 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, Goodman-Diagramm für dynamisch beanspruchte Federn. Toleranzen und Hauptmasse nach DIN 2076, 2077, 2096, 2097, EN 10270-1. Integrierte Datenbank mit Federgeometrien nach DIN 2098 Blatt 1.

5.2 F02 Zugfederberechnung

Berechnung von zylindrischen Zugfedern nach 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, EN 10270-1. Darstellung der Federkennlinie, Goodman-Diagramm für dynamisch beanspruchte Federn. Toleranzen, Hauptmasse, Ösen nach DIN 2076, 2077, 2096, 2097, EN 10270-1.

5.3 F03 Schenkelfederberechnung

Berechnung von zylindrischen Drehfedern nach 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, EN 10270-1. Darstellung der Federkennlinie. Die Schenkel können fest eingespannt oder abgestützt, tangential oder abgebogen sein. Toleranzen nach DIN 2076, 2077, EN 10270-1.

5.4 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.

5.5 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.

Kapitel 6

Berechnung von Zahnrädern — KISSsoft-Z

6.1 Stirnräder

6.1.1 Geometrie

6.1.1.1 Z01 Zahnrad-Grundmodul

Zahnrad-Geometrieberechnung für Stirnräder nach DIN 3960

Gültig für: Innen- und Aussenverzahnungen und Gerad- und Schrägverzahnungen

- Zahnprofilverschiebung (Vorschlag für optimalen Auslegungsbereich nach MAAG-Taschenbuch, nach ausgeglichenem spez. Gleiten, nach DIN 3992; zusätzlich kann die Profilverschiebung aus Zahnweite oder Rollenmass zurückgerechnet werden)
- Bezugsprofile nach ISO 53, DIN 867, DIN 58400 und freier Wahl (für Feinwerktechnik: überschneidende Werkzeuge)
- Berücksichtigung von Kopfkreisrücknahme, Längsballigkeit, Fasen, Kopfkantenbruch, Profilkorrekturen, etc.
- Kontrolle auf Unterschnitt, spitzer Zahn, Eingriffsstörung, Kopfspiel, Montierbarkeit, notwendige und herstellbare Nutzevolvente, 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 Zahndickenabmassen möglich:
 - nach DIN 3967 (z.B. e25) (Datentabellen eingebaut)
 - nach DIN 58405 (z.B. 8g) für die Feinwerktechnik (Datentabellen eingebaut)
 - aus dem Soll-Verdrehflankenspiel oder aus dem Normalflankenspiel
 ⇒ Der Anwender kann verschiedene eigene Zahndicken-Abmass-Tabellen erstellen, sofern er nicht nach DIN 3967 arbeitet. 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)
- Spezifisches Gleiten: Grafische Darstellung der Gleitverhältnisse über der Eingriffsstrecke
- Zahnrad-Ansicht: Grafische Darstellung (schematisch) der Zahnräder im Stirn- und im Axialschnitt
- Winkel können als Dezimalzahl mit Komma oder mit Minuten und Sekunden eingegeben werden.
- Moduleingabe in mm oder auch als Diametral Pitch oder Circular Pitch, Stirn- oder Normalmodul.
- Unterschiedliche Verzahnungsqualität für einzelne Räder.

Werkstoffe und Fräser-Bezugsprofile ab Datenbank

Beliebig viele verschiedene Werkstoffe und Bezugsprofile können in einer speziellen Datendatei vom Benutzer festgelegt werden. Mitgeliefert werden zur Zeit ca. 50 verschiedene Werkstoffe und 15 verschiedene Fräser. Spezielle Werkstoffe oder Fräser können zusätzlich während dem Programmablauf eingegeben oder fest in den entsprechenden Dateien mit Hilfe eines Werkstoff-Verwaltungsprogramms (siehe Pos. K07, Seite 13) eingebaut werden. Sämtliche in DIN 3990 verwendeten Härteverfahren sind berücksichtigt. Zusätzlich werden rostfreie Stähle, Aluminium, Bronzen etc. unterstützt. Kunststoffe mit Modul Z14 (siehe Seite 47.

Grundmodul	Berechnungsdurchführung für: <ul style="list-style-type: none"> • Zahnradpaar • Einzelnes Zahnrad
Option Z01x	<p>Erweiterung der Stirnradgeometrie: Auslegung Profilverschiebung (optimaler Bereich, ausgeglichenes Gleiten etc.); Hoch- und Kurzverzahnungen, überschneidendes Werkzeug; Spezialausdruck mit sämtlichen Herstelltoleranzen DIN 3961, ISO 1328, DIN 58405, BS 436; Berechnung der Profilverschiebung aus gemessenen Werten; Berechnung der Toleranzen/Abmasse aus gemessenen Werten; Berechnung der effektiven Überdeckung (mit Abmassen).</p> <p>Berechnung von Angaben zur Profilkorrektur von Stirnrädern: 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 direkt in der Zahnformberechnung weiterverwendet werden. Direktes Modifizieren des Bezugsprofils, Kopf- und/oder Fussrücknahme, Vorgabe der Last, für welche die Auslegung erfolgen soll.</p> <p>Auslegung von Hochverzahnungen: Für Hochverzahnungen werden Sonderbezugsprofile mit grösseren Kopf- und Fushöhen 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.</p> <p>Vergrößerung des Intervalls für ausführbare Profilverschiebungen: Die Bandbreite der normalerweise ausführbaren Profilverschiebungen kann mit dieser Option wesentlich vergrößert werden. Dies ist für Spezialfälle sehr nützlich. Geeignet für: Stirnräder, Kegelhäder, Schnecken, Schraubäder.</p>

- Option Z19a Zahnradgeometrie der spielbehafteten Verzahnung (für Stirnräder):** Die Stirnradgeometrie nach 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 Option 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).
- Option Z19d Achsabstand bezüglich ausgeglichenem Gleiten optimieren:** Bei festgelegter Profilverschiebung eines (wählbaren) Rades wird mit dieser Option der Achsabstand so berechnet, dass das spezifische Gleiten des Radpaares ausgeglichen ist (für Stirnräder).
- Option Z19e Darstellung des spezifischen Gleitens:** Der Verlauf des spezifischen Gleitens (Gleit- und Rollgeschwindigkeit) während dem Zahneingriff kann als grafische Darstellung erzeugt werden.
- Option Z19f Vorschlag für sinnvolle Flankenlinienkorrektur:** Die Norm 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 DIN 3990 generiert.

6.1.2 Festigkeit

6.1.2.1 Z02 Festigkeitsrechnung nach DIN 3990

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 Auswahl
- * 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 (Pos. W10); mit Schnittstelle zur Datenübernahme
- 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 t_g/r_{og} (t_g : Tiefe der Schleifkerbe, r_{og} : Radius der Schleifkerbe) gemäss Bild DIN3990, Teil 3, Kap.4.4 oder ISO6336, Part 3, fig.33. Berechnet wird Y_g' (Faktor, welcher mit Y_S multipliziert wird).

Option Z19i

Zahnformfaktor-Berechnung nach Obsieger: Die Zahnformberechnung und die Bestimmung des Spannungskorrekturfaktors erfolgt gemäss DIN 3990 oder ISO 6336 an der Stelle des Zahnfusses, an welchem die Tangente 30° beträgt. Dieser Ansatz ist, insbesondere für Innenzahnräder, anerkanntermassen 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. Insbesondere bei Sonderzahnformen und bei Innenverzahnungen ist die Methode sehr empfehlenswert. Dieses Rechen-Prozedere wird, wenn die Verwendung erwünscht ist, in der Festigkeitsberechnung nach DIN 3990, ISO 6336 und nach AGMA 2001 sowie auch in der Feinauslegung (Z04a) angewandt.⁴⁵

Insbesondere bei Sonderzahnformen und bei Innenverzahnungen ist die Methode sehr empfehlenswert. Dieses Rechen-Prozedere wird, wenn die Verwendung erwünscht ist, in der Festigkeitsberechnung nach DIN 3990, ISO 6336 und nach AGMA 2001 sowie auch in der Feinauslegung (Z04a) angewandt.

Option Z02x **Erweiterung der Festigkeitsberechnung:** Darstellung des Blitztemperaturverlaufs während des Zahneingriffs; Zahnreibung und Verlustleistung; Berechnung der **statischen Zahnfuss-Festigkeit** (abgeleitet aus DIN 3990).

6.1.2.2 Z02a Festigkeitsberechnung nach ISO 6336

Die Norm ISO 6336 für die Festigkeitsberechnung von Stirnrädern ist seit Mitte 1996 gültig und ersetzt alle nationalen Normen. Die Berechnung beinhaltet die allgemeinen Faktoren (Teil 1), die Flankensicherheit (Teil 2), die Fuss-Sicherheit (Teil 3), die Werkstoffe (Teil 5) und die Fress-Sicherheit (ist nicht Teil der Norm, nur als Vorschlag). Die Berücksichtigung von Schleifkerben erfolgt wie bei DIN 3990, Option (Z02).

Die ISO 6336 entspricht weitgehend der DIN 3990, hat aber einige markante Abweichungen (vor allem im Dauerfestigkeitsbereich).

Die Optionen Z19i und Z02x (siehe Kapitel 6.1.2.1) können auch mit ISO 6336 verwendet werden.

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

Berechnung nach der neuesten AGMA-Norm:

Die Festigkeitsberechnung von Stirnrädern wird wahlweise nach dem USA-Standard ANSI/AGMA 2001-B88 oder 2001-C95 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.

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.

Option Z19i **Tooth form factor Y by Graphical method:** 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 Spannungskorrekturfaktors K_f wird eine gegenüber dem AGMA-Vorschlag verbesserte Methode angewandt. Analog nach dem Verfahren von Obsieger (siehe Zahnformberechnung nach Obsieger Z19i, siehe Seite 45) wird derjenige Punkt des Zahnfusses bestimmt, in welchem der Faktor $I(= Y/K_f * ..)$ minimal wird (In diesem Punkt tritt die grösste Beanspruchung auf). Vgl. auch Kapitel 6.2.

6.1.2.4 Z14 Zahnräder aus Kunststoff

Berechnung der Zahnfuss- und Zahnflanken-Sicherheiten für Stirnräder aus Kunststoff nach der VDI 2545 oder nach G. Niemann, Maschinenelemente III, 1985. Das Berechnungsverfahren für Kunststoffe berücksichtigt vor allem die extreme 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 Paarung Kunststoff/Kunststoff sowie für Stahl/Kunststoff. Auch eine Kontrolle der zulässigen Deformation wird durchgeführt.

Als Werkstoffe werden mitgeliefert:

- Schichtpressholz
- Hartgewebe
- Polyamide (PA12, PA66)
- Polyoxymethylen (POM)

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.

6.1.2.5 Z10 Stirnradberechnung nach FVA-Methode

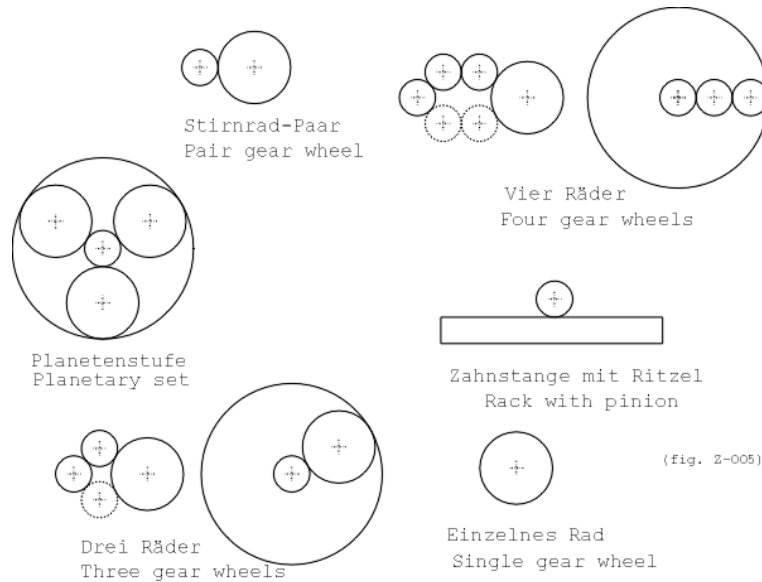
Die Berechnung der Zahnradfestigkeit erfolgt nach der Methode des Zahnrad-Berechnungsprogrammes der Forschungsvereinigung Antriebstechnik (BRD). Der Berechnungsablauf erfolgt grundsätzlich nach DIN 3990, alle Abweichungen sind berücksichtigt, so dass mit dieser Option genau die gleichen Resultate erzielt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

6.1.3 Konfigurationen

Option Z01a Berechnungsdurchführung für:

- **Planetenstufen** (Sonnenrad, Planetenräder, Zahnkranz)
- **Leistungsverteilungsstufen** (Ritzel, Wechselräder, Rad)
- **Verlagerungsstufen** (Ritzel, Wechselrad oder -räder, Rad)
- **Doppel-Verlagerungsstufen** (Ritzel, Wechselrad, Wechselrad, Rad)



Bei Planeten kann die Kontrolle der Montierbarkeit (bei regelmässiger Teilung der Planetenmittelpunkte) ein- und ausgeschaltet werden. Im letzteren Fall kann mit Option Z19g (Seite 49) 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).

Option Z19g

Berechnung der Mittelpunkte von Planeten oder Zwischenrädern: Bei Planeten: Berechnung der Mittelpunkte der Planetenräder, so dass die Planeten montiert werden können (ist sehr wichtig, wenn die Planeten wegen der Zähnezahlabedingungen 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).

Option Z01b

Berechnungsdurchführung für:

- **Zahnstangen** (Ritzel gepaart mit Zahnstange)

Die Optionen Z01a und Z01b (siehe auch das Bild auf der nächsten Seite) beinhalten alle eine entsprechend der gewählten Konfiguration angepasste Eingabe und einen zusammenfassenden Ausdruck.

6.1.4 Auslegungen

6.1.4.1 Z03 Stirnrad-Grobauslegung

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/m_n -, b/a -, b/d -Verhältnisse ist es möglich, sehr gezielt gewünschte Lösungen einzugrenzen. Als wesentliches Resultat wird der erreichbare Achsabstandsbereich und Modulbereich ausgegeben.

Das Programm zeigt verschiedene Lösungen an und macht einen ausgewogenen Vorschlag, der übernommen werden kann. Eine Feinoptimierung kann anschließend mit Z04 ausgeführt werden.

Ausgelegt werden: Zahnradpaare (Innen- und Aussenverzahnungen), Planetenstufen.

6.1.4.2 Z04 Stirnrad-Feinauslegung

Auf Eingabe einer Sollübersetzung, eines Achsabstandes und eines Intervalls für den Modul erfolgt die Berechnung und Ausdruck von Vorschlägen für Zähnezahl, Modul, Schräge und Profilverschiebung mit Angabe der Abweichung von der Sollübersetzung, des spezifischen Gleitens, der Überdeckungen. Dieses Modul erlaubt auch die Auslegung von Planetenstufen und Stirnradstufen mit Wechselrädern.

Option Z04x Zusätzliche Variationsmöglichkeit 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 (Lärmentwicklung, 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.). Anschliessend an die Ausgabe der Varianten erfolgt zusätzlich eine Bewertung nach verschiedenen Kriterien (Genauigkeit der Übersetzung, Vibrationsarmut, Festigkeit, Steifigkeitsverlauf etc.).

Option Z04a **Zusätzliche Festigkeitsberechnung aller Varianten:** 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.

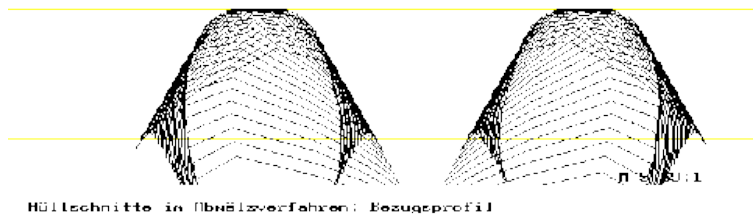
Die Optionen Z04 und Z04a sind sowohl für Stirnrad-Paare, Planetenstufen und Stirnradstufen mit Zwischenrad einsetzbar.

6.1.5 Zahnformberechnung

Die allgemeine Zahnformberechnung Z05 ist in Kapitel 6.6.1 näher beschrieben.

6.1.6 Sonderzahnformen und Nicht-Evolventische Zahnformen

- Option Z05a** **Eingabe von beliebigen Fräserformen oder Zahnformen**, bestehend aus frei definierbaren Kurvenelementen (Gerade, Kreisbogen, Ellipsenbogen, Evolventen). Berechnet wird zusätzlich auch die Eingriffslinie. Diese Option kann auch zur Berechnung von nicht-evolventischen Zahnformen verwendet werden (beispielsweise Zahnradpumpen). Die Kontur kann aus DXF- oder VDA-Format eingelesen werden, dadurch kann die Definition der Form im CAD erfolgen oder von einer 3-D-Messmaschine eingelesen werden.
- Option Z05c** **Bezugsprofil-Berechnung für Zahnräder mit Evolventen- oder Spezialprofil**. Aus den Daten einer gegebenen Verzahnung oder aus einzelnen gemessenen Punkten der Verzahnung wird das Bezugsprofil der Verzahnung berechnet und graphisch dargestellt (auf Bildschirm oder CAD). Das Programm ist auch befähigt, nicht evolventische Verzahnungen zu analysieren. Bei der Darstellung auf dem Bildschirm können zur Kontrolle der Berechnung auch die Werkzeugpositionen (Hüllschnitte) gezeigt werden. Das Bezugsprofil kann wahlweise für den Stirn- oder Normalschnitt berechnet werden.



- Option Z05d** **Berechnung von Zahnform und Bezugsprofil des zugepaarten Rades:** Bei der Berechnung der Zahnform aus dem Gegenrad wird das Zahnradpaar mit Zähnezahln usw. in der Stirnrad-Eingabe definiert, wobei Rad 1 das erzeugende Rad ('Gegenrad') ist und Rad 2 dasjenige Rad, dessen Zahnform aus Rad 1 erzeugt wird. Die Berechnung der Zahnform aus dem Gegenrad wird in zwei Schritten 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. Nach Berechnung der Zahnform von Rad 1 wird diese in ein Werkzeug umgerechnet (Stossrad), wobei der Kopf um einen einzugehenden Betrag (normalerweise $0.2 \cdot \text{Modul}$) verlängert wird. 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 der effektiven (mit Abmass) Zahnform von Rad 1 und 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. Das Bezugsprofil von so berechneten Rädern kann auch bestimmt werden, indem bei Schritt 2 zusätzlich die Option `Bezugsprofil berechnen` aktiviert wird.

Option Z05h

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 den so bestimmten Daten kann berechnet werden:

- Das Übersetzungsverhältnis, Gleitgeschwindigkeit, spezifisches Gleiten, Gleitgeschwindigkeit (siehe Kapitel 6.1.7.7)
- Hertzsche Pressung und Zahnfuss-Spannungen (siehe Kapitel 6.1.7.4)

6.1.7 Sonderberechnungen

6.1.7.1 Z19k Schmierspalt EHD/ Scoring

Nach der 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. Aus diesen Resultaten kann dann auf das Auftreten der Graufleckigkeit geschlossen werden.

6.1.7.2 Z23 Deformation von Zahnkränzen (bei Hohlrädern)

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.

6.1.7.3 Z24 Eingriffssteifigkeit des Zahnpaares

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 Hertzchen Abplattung (Berechnung nach D. Petersen, Diss. Braunschweig (Prof. Roth), 1989). 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 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.

6.1.7.4 Z25 Grafische Darstellung der Hertzschen Pressung und der Zahnfußsspannungen entlang der tatsächlichen Zahnform

Darstellung der Hertzschen Pressung und der Zahnfußsspannung 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 Zahnfußsspannung, berechnet und grafisch dargestellt.

6.1.7.5 Z26 Fördervolumen von Zahnradpumpen

Automatische Berechnung (Anwahl unter Einstellungen) auf Grund der effektiven Zahnform mit Ausdruck im Protokoll, Einbau der Berechnungsfunktion in der Feinauslegung (Z04).

6.1.7.6 Z26a Zusatz-Option zu Zahnradpumpen Z26a

Diese Option erlaubt eine sehr detaillierte Zahnradpumpen-Analyse. 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 Zufussfläche (Ölstrom sollte möglichst kontinuierlich sein), engste Stelle (kleinster Abstand zwischen dem ersten Zahnpaar ohne Berührung), Zufussgeschwindigkeit, Ölzufluss beim Eingang (mit Fourieranalyse zur Beurteilung der Geräuschentwicklung), Volumen unter Eingangsdruck. Weitere wichtige Ausgaben sind der Verlauf des Drehmomentes an beiden Zahnradern, der Verlauf der Hertzschen Pressung σ_H , der Gleitgeschwindigkeit v_g und der Verschleisskenngrösse $\sigma_H \cdot v_g$. Bei der Berechnung der Kräfte kann die Hertzsche Abplattung im Zahnkontakt mitberücksichtigt werden, da dieser Effekt hat 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.

6.1.7.7 Z27 Kinematik aufgrund der tatsächlichen Zahnform

Spezifisches Gleiten, Gleitgeschwindigkeit, Übersetzung, Gleitfaktoren: Von zwei Rädern beliebiger Zahnform (Berechnet oder eingelesen; evolventisch, Zykloide oder Kreisbogen) wird die effektive Eingriffslinie berechnet und dargestellt. Damit wird der Verlauf der Wälz- und Gleitgeschwindigkeit berechnet. Die effektive

momentane Übersetzung sowie das spezifische Gleiten, Gleitfaktoren und Gleitgeschwindigkeit werden dargestellt.

6.1.7.8 Z29 Auslegung und Kontrolle von Lehrzahnradern

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 DIN3970 vorgeschlagen. Es kann auch 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 4 verfügbar.

6.2 Z06 Kronenrad-Berechnung

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 K05g*). Die Berechnung der Zahnform erfolgt über Simulation der Herstellung mit einem Stossrad. Festigkeitsberechnung approximativ mit analogem Kegelrad.

6.3 Z07 Kegelrad-Berechnung

Berechnung der Geometrie von gerade-, schräg- und bogenverzahnten Kegelrädern. Geometrie und Kontrollmasse nach DIN 3971. Die Berechnung beinhaltet die Geometrie von Kegelrädern nur soweit als diese unabhängig von der Verzahnungsart ist; vergleichen Sie das Berechnungsbeispiel in den Unterlagen. Eingeschlossen ist die Berechnung der **Drehmasse von Kegelrädern**: Berechnung aller notwendigen Masse für die Erstellung der Kegelradzeichnung (Kopf- und Fusskreisdurchmesser am Aussen- und Innenkegel) und Zahndickenmasse am äusseren und inneren Kegelrad durchmesser. Für alle Arten von Kegelrädern (auch Klingelberg und Gleason). Die Kegelräder werden zusätzlich auch grafisch dargestellt.

Die Berechnung der äusseren, mittleren und inneren Kopf- und Teilkreisdurchmesser für gerad-, schräg-, Gleason- und Klingelberg-verzahnte Kegelräder wird zusätzlich ausgeführt.

- Option Z07d** **Gleason-Kegelradverzahnung:** Umrechnung von Kegelrad-Angaben nach dem Gleason-Verfahren in analoge Daten, nach DIN 3971 und DIN 3991 und umgekehrt. Dabei wird das Stirn- und Normalmodul am Aussenkegel in den Mittelkegel eingerechnet und die zusätzlichen Eigenschaften der Kegelgeometrie des Gleasons-Verfahrens berücksichtigt. Diese Option erlaubt somit, Festigkeitsberechnungen und Auslegungen von Kegelrädern, die im Gleason-Verfahren hergestellt werden, nach DIN 3991 vorzunehmen.
- Option Z07e** **Festigkeitsberechnung nach ISO 10300 Methode B und C:** Eine ISO-Norm zur Festigkeitsberechnung von Kegelrädern ist erst im Vorentwurf vorhanden. Dieser Rechenalgorithmus ist in KISSsoft implementiert. Die Norm ist aber noch nicht verbindlich.
- Option Z07f** **Festigkeitsberechnung nach ISO 10300, nur Methode D;** nur Methode D
- Option Z07g** **Festigkeitsberechnung nach G. Niemann,** Maschinenelemente III, Springer, (Methode der Ersatzstirnradsverzahnung); die Methode entspricht DIN 3991.
- Option Z07h** **Festigkeitsberechnung für Kunststoffe** auf Zahnfußbruch und Flankenfestigkeit nach Niemann und nach VDI2545.
- Option Z07i** **Berechnung von Kegelrad-Differentialen** Berechnung der statischen Festigkeit von Kegelrädern und Berechnung von Kegelrad-Differentialen.
- Option Z07a** **Kegelräder mit Zylo-Paloid-Verzahnung:** Geometrie, Herstellbarkeit und Festigkeitsberechnung von Kegelrädern nach dem Klingelberg-Verfahren. Gemäss der Klingelberg-Werknorm KN3028 (Geometrie und Herstellung) und KN3030 (Festigkeitsberechnung) wird eine komplette Berechnung für Zylo-Paloid-Verzahnungen durchgeführt:

- Maschinentypen FK41B, AMK400, AMK635, AMK855, AMK1602 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-Kriterium) mit allen Anpassungen der Werksnorm KN3030

Auslegungen:

- Bestimmung der Hauptwerte durch eine Überschlagsberechnung (aufgrund der Leistungsdaten und der Sollübersetzung) mit Möglichkeit zur Beeinflussung der Ritzelzähnezahl, des Moduls, des Teilkreises (Tellerrad) und der Zahnbreite
- Auslegung der Profilverschiebung für:
 - minimal notwendiger Wert zur Vermeidung von Unterschnitt
 - ausgeglichenes Gleiten

Option Z07b Hypoidräder mit Zylo-Palloid-Verzahnung: Geometrie, Herstellbarkeit und Festigkeitsberechnung von Hypoidrädern (Kegelräder mit Achsversatz) nach dem Klingelnberg-Verfahren.

Gemäss der Klingelnberg-Werknorm KN3029 (Geometrie und Herstellung) und KN3030 (Festigkeitsberechnung) wird eine komplette Berechnung für Zyκλο-Palloid-Verzahnungen durchgeführt:

- Maschinentypen FK41B, KNC40, KNC60, AMK855, AMK1602 mit allen entsprechenden Messerköpfen, Flugkreisradien und Gangzahlen
- Achswinkel, Winkelkorrekturen, Eingriffswinkel für Zug- und für Schubflanke beliebig wählbar
- Gesamte Geometrie mit Berechnung der Zahn-schrägen, 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-Kriterium für das Ersatz-Schraubrad) mit allen Anpassungen der Werksnorm KN3030

Auslegungen:

- Bestimmung der Hauptwerte durch eine Überslagsberechnung (aufgrund der Leistungsdaten und der Sollübersetzung) mit Möglichkeit zur Beeinflussung der Ritzelzähnezahl, des Moduls, des Teilkreises (Tellerrad) und der Zahnbreite
- Vorschlag für geeigneten Eingriffswinkel an der Zug- und an der Schubflanke
- Auslegung der Profilverschiebung für den minimal notwendigen Wert zur Vermeidung von Unterschnitt
- Berechnung des Spiralwinkels (Mitte Tellerrad) aus dem Modul oder umgekehrt

6.3.1 Zahnformberechnung

Die allgemeine Zahnformberechnung Z05 ist in Kapitel 6.6.1 näher beschrieben.

6.4 Schnecken- und Schraubräder

6.4.1 Z08 Schneckenberechnung

- Berechnung von Geometrie, Wirkungsgrad, Temperatursicherheit, Grübchensicherheit, Verschleissicherheit, Zahnbruchsicherheit und Durchbiegungssicherheit von Schnecken-Schneckenrad-Paarungen. Berechnung des Anfahr-Verhaltens. Berechnungsablauf nach DIN 3996. Diverse Schneckenrad-Werkstoffe werden als zusätzliche Datendatei mitgeliefert. Flankenformen: ZA, ZE, ZH, ZI, ZK, ZN, ZC.
- Berechnung der Schneckengeometrie nach DIN 3975. Zahndicken und Kontrollmasse (Zahnweite, Rollen- und Kugelmass der Schneckenrades) nach DIN 3960. Fertigungstoleranzen nach DIN 3974-1 und 3974-2 (1995).
- Auslegung der Zahnbreite, der Achsabstandes, des Steigungswinkels etc.
- Festigkeitsberechnung nach dem Entwurf DIN 3996 (Ausgabe 1998) mit: Wirkungsgrad, Temperatursicherheit, Grübchensicherheit, Verschleissicherheit, Zahnbruch- und Durchbiegungssicherheit.

Daten für diverse Schneckenrad-Werkstoffe werden mitgeliefert, die Berechnung ist auch für Kunststoffe geeignet.

- Berechnet wird auch das Anfahr-Drehmoment unter Last, welches bei der Auslegung von Antrieben sehr wichtig sein kann.

Option Z08a **Kontrollmasse für Schnecken und Schneckenräder:**
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.

Option Z19b **Schneckenberechnung mit Auslegung über den Normalmodul (Schneckenauslegung Werkzeugmodul):**
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.

6.4.2 Zahnformberechnung

Die allgemeine Zahnformberechnung Z05 ist in Kapitel 6.6.1 näher beschrieben.

6.4.3 Z17 Berechnung von Schraubräder-Paaren

Berechnung von Schraubrädern (Stirnräder mit gekreuzten Achsen) nach G. Niemann, Maschinenelemente II, 1985. Die vorliegende Version beinhaltet die Berechnung und Kontrolle der Geometrie von Schraubenrädern für beliebige Achswinkel. Kontroll- und Fabrikatonsmasse werden berechnet.

- Option Z17a** **Festigkeitsberechnung: für metallische Werkstoffe nach ISO6336/Niemann:** Die Methode nach G.Niemann (Maschinenelemente, Band III, kombiniert mit der Methode ISO6336) erlaubt eine moderne und komplette Festigkeitsberechnung von Schraubädern (Fussfestigkeit, Flankenfestigkeit oder Verschleiss-Festigkeit und Fress-Sicherheit). Die Berechnung der Druckellipse nach Niemann berücksichtigt die spezielle Geometrie von Schraubädern. Daraus wird die effektiv tragende Zahnbreite bestimmt. Die Zahnfussberechnung erfolgt analog nach ISO6336, die Flankenfestigkeit nach Niemann unter Einbezug der Lebensdauerfaktoren nach ISO6336, die Fress-Sicherheit, Integraltemperatur-Verfahren, nach Niemann (entspricht der DIN3990).
- Festigkeitsberechnung nach Hirn:** Rechenmethode nach Hirn für spezielle Paarungen: Stahl/Kunststoff; Stahl/Bronze; Stahl/Aluminium; sowie diverse Stahl/Stahl-Kombinationen.

6.4.4 Zahnformberechnung

Die allgemeine Zahnformberechnung Z05 ist in Kapitel 6.6.1 näher beschrieben.

6.5 Z09 Zahnwellenverbindung nach DIN 5480

Die Geometrie und die Kontrollmasse von Zahnwellen und Naben nach:

- DIN 5480 (Ausgabe 1991)
- 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. Die Festigkeitsberechnung erfolgt wahlweise nach 2 verschiedenen Methoden: Niemann/Winter und DIN 5466.

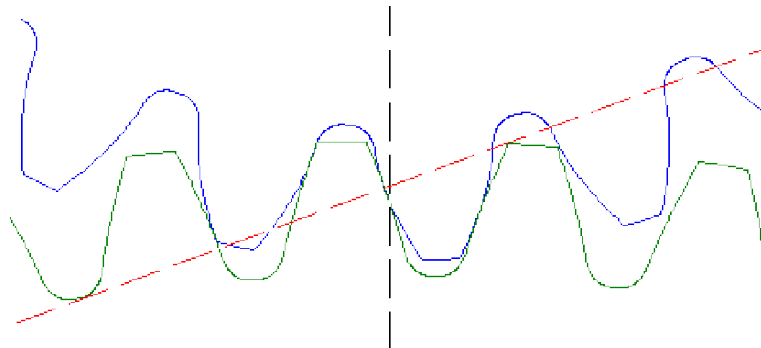
6.6 Berechnungsmethoden für alle Zahnrad-Typen

6.6.1 Z05 Zahnform-Berechnung

- Exakte Berechnung der Zahnform unter Berücksichtigung des Herstellverfahrens: Wälzfräser, Hobelkamm oder Stossrad.
- Mit oder ohne Zahndickenabmasse.
- Stossrad (Werkzeug) kann mit Knickfusskante definiert werden.
- Kontrolle der Herstellbarkeit (Nutzevolvente etc.): Exakte Überprüfung, ob die Verzahnung mit dem gewählten Werkzeug hergestellt werden kann.
- 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 Zahnform 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 Modul K05a vorhanden.

Option Z05x **Animation** der 2D-Darstellung. Das schrittweise Drehen am Bildschirm ermöglicht das Beobachten des Abwälzens (Simulation des Fertigungsprozesses). Die in die Grafik integrierte **Messfunktion** ermöglicht die Bestimmung von Distanzen und Winkeln.

Die **dreidimensionale Darstellung** (3D) der Verzahnung kann animiert werden. Es bestehen Schnittstellen zu den meisten 3D-CADs, so dass die exakte Zahnform als dreidimensionales Modell in das CAD übernommen werden kann. Dabei wird eine Assembly aus einzelnen, lagerichtigen Parts ausgegeben, so dass z.B. auch ein kompletter Planetensatz in einem Schritt übernommen werden kann.

Dreidimensional dargestellt werden

- Stirnräder (nach DIN 3960 und DIN 54800; gerade-, schräg-, aussen- und innen-verzahnt)
- Kegelräder (nach DIN 3971, Bauform nach Bild 1; gerade-, schräg-verzahnt)
- Schnecke/Schneckenrad (nach DIN3975, Zylinder-schnecken mit Zylinder-Schneckenrädern)
- Schraubrad
- Kupplungsverzahnung

Option Z05e **Zusatz für Formenbau:** 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.

Option Z05f

Kreisbogenförmige Einlaufkurve am Zahnkopf: Am Zahnkopf wird ab einem definierbaren Durchmesser eine tangential in die Evolvente 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 Kopf Rundung, 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).

Option Z05g

Optimale Zahnfuss-Ausrundung: 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 Obsieger (Z19i)“ eingestellt wird.

Eine Auslegungsfunktion im Eingabefenster gibt als Vorschlag für den Beginn der Modifikation den Fuss-Nutzkreis aus, als Bogenlänge wird $0.02 * \text{Modul}$ vorgeschlagen.

Option Z05i

Kreisbogenapproximation: Umrechnung der Zahnflanke in Kreisbogen (nach dem Algorithmus von H. Hirn): Verschiedene Erodiermaschinen haben Probleme, Polylines zu verarbeiten, durch Ausgabe der Daten mit Kreisbogen kann abgeholfen werden. Hinweis: Die Darstellung der Zahnflanken mit Kreisbogenapproximation in KISSsoft ist unschön. Bei Ausgabe über die Schnittstelle (DXF usw.) sind die Daten aber einwandfrei. (Dieser Darstellungsfehler wird noch behoben.)

Option Z05j

Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Stirnräder): Beim Abwälzen (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 $0.005 * \text{Modul}$ Abstand und $0.001 * \text{Modul}$ Durchdringung)

rot markiert: Kollision (über $0.001 * \text{Modul}$ 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.

Option Z05k Kollisionsanzeige beim Abwälzen (Schnecken/Schraubräder): Gleiche Funktion wie bei Z05j.

6.6.2 Z12 Betriebs-Flankenspiele

Zusätzlich zur Berechnung des theoretischen Flankenspiels (in Z01 integriert) erfolgt bei Stirnrädern nach DIN 3967 die Berechnung des Abnahme-Flankenspiels (Berücksichtigung der Verzahnungsabweichungen, Achsschrägung nach 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.

6.6.3 Z22 Einhärtetiefe

Berechnung der optimalen Einhärtetiefe (für einsatz- oder nitrier-gehärtete Zahnräder). Darstellung des Spannungsverlaufes in der Tiefe (senkrecht zur Flankenoberfläche) und Darstellung des Härteverlaufes mit Warnung bei ungenügenden Verhältnissen.

Nicht verfügbar für: Schnecke (Z8), Schraubräder (Z17) und Zahnwellen (Z9).

6.6.4 Z16 Drehmoment-Auslegung

Für Stirnräder, Kegelräder und Schnecken wird aufgrund der gewünschten Lebensdauer und Sollsicherheiten (für Zahnbruch, Pitting, Fressen, bei Schnecken auch für Verschleiss- und Temperatursicherheit) das maximale übertragbare Drehmoment berechnet, mit dem die vorgegebenen Sicherheiten erreicht werden.

Option Z16a Drehmoment-Auslegung bei Lastkollektiven: Bietet als Ergänzung zu Z16 die Berechnung für Lastkollektive. Beliebige Lastkollektive (bis 20 Elemente) können frei definiert werden, mit Angabe der Häufigkeit, Leistung/Drehmoment und Drehzahl. Alle Belastungskollektive nach DIN 15020 (Kranbau) sind eingebaut. Die Berechnung beruht auf DIN 3990, Teil 6 (Februar 1994), mit der Palmgren-Miner-Regel. Im Dauerfestigkeitsbereich kann in Abweichung von DIN 3990 die Wöhlerlinie in modifizierter Form angewählt werden:

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

6.6.5 Z18 Lebensdauerberechnung

Nach Eingabe oder Bestätigung von Mindestsicherheiten für Zahnfuß- und Flankenfestigkeit wird für alle Zahnräder, ausser für Zahnwellen (Z9), die Lebensdauer (in Stunden) berechnet (bei der eingegebenen Belastung). Die Lebensdauer wird nach DIN 3990, Teil 6 (Februar 1994), mit der Palmgren-Miner-Regel berechnet. Im Dauerfestigkeitsbereich kann in Abweichung von DIN 3990 die Wöhlerlinie in modifizierter Form angewählt werden:

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

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

Option Z18a**Berechnung der Lebensdauer bei Lastkollektiven:**

Bietet als Ergänzung zu Z18 die Berechnung für Lastkollektive. Beliebige Lastkollektive (bis 20 Elemente) können frei definiert werden, mit Angabe der Häufigkeit, Leistung/Drehmoment und Drehzahl. Alle Belastungskollektive nach DIN 15020 (Kranbau) sind eingebaut. Die Berechnung beruht auf DIN 3990, Teil 6 (Februar 1994), 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 Zahnform und Zahnflanke; sowie die Fress-Sicherheit für das kritische Element des Kollektivs berechnet und protokolliert.

Kapitel 7

Berechnung von Riemen- / Kettentrieben – KISSsoft-Z

7.1 Z90 Keilriemen

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 Trummszug 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

Option Z90x **Erweiterungen Keilriemen:** 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 innenliegend sein. KISSsoft ist ebenfalls in der Lage auf Wunsch die Spannrolle auf eine Position mit genormter Riemenlänge zu verschieben. Die geänderten Umschlingungsparameter werden in der anschließenden Berechnung berücksichtigt.

7.2 Z91 Zahnriemen

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 (Riemenzug-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 (Pirelli)
- 3mm, 5mm, 8mm, 14mm PowerGrip HTD (Gates)
- 8mm, 14mm MGT Poly Chain GT2 (Gates)
- AT5mm, AT10mm, AT20mm BRECOflex (BRECO)
- AT3mm, AT3mm GEN III, AT5mm GEN III, AT10mm GEN III SYNCHROFLEX (CONTITECH)
- 8mm, 14mm RPP-HRP

- 8mm, 14mm RPP (Marke DAYCO, Panther)
- andere Zahnriementypen auf Anfrage

Option Z91x Erweiterungen Zahnriemen: 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

Berechnung von Kettengetrieben mit Rollenketten nach DIN 8187 und DIN 8188 (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. Grundlage: 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.

Option Z92x Erweiterungen Kettentriebe: 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.

Kapitel 8

System-Zusatz KISSsys K11

8.1 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.

8.2 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.

8.3 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.

8.4 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.

8.5 Anwendungsgebiete

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 ausgewogene 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.

Kapitel 9

Voraussetzungen und Bedingungen

9.1 Berechnungsbeispiele

Berechnungsbeispiele zu allen KISSsoft Berechnungsprogramme finden Sie auf unserer aktuellen CD-ROM.

Solche Beispiele sagen bekanntermassen mehr aus als lange Beschreibungen, wir empfehlen Ihnen deshalb, sich diese anzusehen oder auszudrucken. Bei Bedarf können Sie eine CD-ROM kostenfrei bei uns beziehen oder die Daten von unserer Internet-Seite holen.

9.2 Schulung

KISSsoft wird mit Online-Handbuch und einem Tutorial geliefert, welches sich gut für die Einführung in die Programmbedienung eignet. Zusätzlich werden regelmässig Schulungen in Zürich und in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt. Verlangen Sie unsere Seminarunterlagen.

9.3 KISSsoft zum Kennenlernen

9.3.1 Demoprogramm

Der gesamte Programmumfang kann in einem Demonstrationsprogramm ausgetestet werden, wobei Sie zwischen den einzelnen Versionen (Lightversion, Standardversion oder Standardversion mit Expertenzusätzen) auswählen können.

Die Demoversion entspricht im Umfang der Vollversion, enthält aber folgende **Einschränkungen**:

- Das Speichern von Resultaten ist nicht möglich
- In den Listen kann jeweils nur die erste Position angewählt werden
- Der Export von Grafiken (DXF, CDL, IGES, etc.) ist nicht möglich
- zudem erscheint in den Grafiken der Text „KISSsoft Demoversion“
- erscheint vor den eigentlichen Berechnungen jeweils ein Demofenster
- enthalten die Reports eine Demoerweiterung

Ebenfalls nicht inbegriffen sind die von uns angebotenen Fremdprogramme.

Das Demoprogramm gibt Ihnen einen guten Einblick in die Handhabungsmöglichkeiten von KISSsoft.

9.3.2 Testinstallation

Im weiteren besteht die Möglichkeit, während einer von Ihnen festgelegten Zeitdauer (höchstens aber 3 Monate) eine Vollversion unserer Programme mit sämtlichen zur Zeit verfügbaren Berechnungsmodulen ohne Einschränkungen zu mieten.

Als Gegenleistung für den Mietpreis sind Sie von uns berechtigt, die Programme während der Mietdauer gewerblich zu nutzen. Nach Ablauf der Miete genügt es, uns den Schutzstecker zurückzusenden.

Die Testinstallation gibt Ihnen die Möglichkeit, unsere Programme im praktischen Einsatz zu testen.

Falls Sie innert einem Jahr ab Beginn der Miete KISSsoft-Programme kaufen, wird Ihnen die bezahlte Miete zu 100% angerechnet.

9.4 Computerkonfiguration

Für den Betrieb der Programme ist die folgende Computerkonfiguration notwendig:

Computer:	Standard: IBM-kompatibler Personalcomputer Prozessor Pentium oder höher
Betriebssystem:	Windows 2000, Windows XP
Arbeitsspeicher:	Mindestens 64 MB RAM
Bildschirm:	VGA oder SuperVGA, Auflösung mindestens 800 x 600 Bildpunkte
Drucker:	Windows-Drucker
Speicher:	Harddisk Platzbedarf: ca. 50 MB (je nach Umfang)
Kopierschutz:	Die Programme können zu Sicherheitszwecken jederzeit kopiert werden. Um eine illegale Verbreitung der Programme einzuschränken, wird bei der Einzelplatzversion ein Software-Schutzstecker mitgeliefert, der auf den Drucker- ausgang des Computers gesteckt wird, jedoch die Bedienung des Druckers in keiner Weise behindert. Versionen ohne Schutzstecker (z.B. für Netzwerke) sind gegen einen Aufpreis als sogenannte Multiuser-Floating-Lizenzen (siehe unten) lieferbar.

9.5 Multiuser-Netzwerkinstallation

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.

9.6 Software-Update-Vertrag

Für die Programmwartung kann ein Update-Vertrag abgeschlossen werden (nicht für die Light-Version).

Über diesen Vertrag sind folgende Leistungen abgedeckt:

- Lieferung der Programm-Updates (ca. 2 mal pro Jahr) mit den Programmänderungen, Einbindung der neuesten Angaben von Normen etc.
- Hotline-Benutzung für Bedienungsprobleme und Fragen zu Berechnungsmethoden

9.7 Preise

Preislisten sind SFr., Euro und US\$ erhältlich.

Die Liste enthält die Preise der einzelnen hier aufgeführten Positionen, gibt Angaben über Reduktionen bei mehreren Arbeitsplätzen und den Kostenansatz für Software-Update-Verträge.

Eine wesentliche Eigenschaft von KISSsoft ist, dass fast alle Programmpositionen einzeln gekauft werden können. Damit kann ein Berechnungspaket zusammengestellt werden, das optimal auf die Bedürfnisse abgestimmt und demnach kostengünstig ist. Bitte lassen Sie sich von uns ein unverbindliches Angebot erstellen.

9.8 Referenzliste

Auf Wunsch stellen wir Ihnen gerne unsere neueste Referenzliste zu.

9.9 Verkaufs- und Lieferbedingungen

1. Verkaufsabschluss

Für die Lieferung ist unsere Auftragsbestätigung massgebend.

Technische Unterlagen sind vom Besteller vertraulich zu behandeln. Sie bleiben unser geistiges Eigentum und dürfen weder kopiert, noch Dritten in irgend einer Weise zur Kenntnis gebracht werden.

2. Preise

Unsere Preise verstehen sich, wenn nicht anders vereinbart, netto, in Schweizer Franken, ohne irgendwelche Abzüge. Sämtliche Nebenkosten, wie z.B. die Kosten für Versicherung, Ausfuhr-, Durchfuhr- und andere Bewilligungen sowie Beurkundungen gehen zu Lasten des Bestellers. Ebenso hat der Besteller alle Arten von Steuern, Abgaben, Gebühren und Zöllen zu tragen.

3. Zahlungsbedingungen

Zahlungen sind vom Besteller ohne irgendwelche Abzüge wie Skonto, Spesen, Steuern und Gebühren, gemäss den in unserer Auftragsbestätigung enthaltenen Bedingungen zu leisten.

4. Eigentumsvorbehalt

Der Liefergegenstand bleibt unser Eigentum bis zur gänzlichen Bezahlung des Preises.

5. Lieferung

Die Lieferung erfolgt innert dem in der Auftragsbestätigung angegebenen Termin ab Werk.

Die Lieferfrist wird entsprechend verlängert:

- a) Wenn die KISSsoft AG die zur Ausführung des Auftrages notwendigen Angaben nicht rechtzeitig erhalten hat oder wenn der Käufer diese Angaben nach Erteilung des Auftrages geändert und damit eine Verzögerung der Lieferung verursacht hat;
- b) wenn bei der KISSsoft AG, beim Käufer oder bei einem Dritten hindernde Umstände eintreten, für die KISSSOFT AG nicht verantwortlich gemacht werden kann;
- c) wenn der Käufer die Zahlungsbedingungen nicht einhält.

Verzögerte Lieferung gibt weder Anspruch auf Schadenersatz noch auf Rücktritt vom Vertrag.

6. Garantie

Die Garantiezeit beträgt, falls nicht anders vereinbart, ein Jahr.

Die normale Garantie umfasst den Ersatz von fehlerhaftem Material, die Korrektur von nachweisbar uns unterlaufenen Programmierfehlern in von uns erstellten Programmen und die dazu notwendige Arbeitszeit.

Nicht eingeschlossen sind: Reisekosten, Displacement und die Arbeitskosten während der Reisezeit. Diese Kosten werden nach den jeweils gültigen Ansätzen verrechnet.

Die Garantiezeit beginnt bei Versand des zu liefernden Materials.

Garantieansprüche berechtigen weder zu Schadenersatzforderungen irgendwelcher Art, noch zur Nichteinhaltung vereinbarter Zahlungstermine.

Unsere Garantiepflicht erlischt ohne besondere Mitteilung in allen Fällen, in denen vom Kunden oder von Dritten, ohne unsere schriftliche Zustimmung, Änderungen oder Eingriffe am gelieferten Material vorgenommen wurden.

7. Besondere Lieferbedingungen, Haftung

Für jede Programmänderung nach Vertragsabschluss kann die KISSsoft AG dem Käufer die durch diese Änderung verursachten Mehrkosten berechnen. Wenn sich daraus eine Verzögerung der Lieferung ergibt, kann die KISSsoft AG dafür nicht verantwortlich gemacht werden.

Die KISSsoft AG haftet nicht für unmittelbare oder mittelbare Schäden, die sich aus Programmfehlern oder aus unsachgemässer Bedienung der Programme ergeben. Die KISSsoft AG haftet für Personen- und Sachschäden aufgrund einer gesetzlichen Haftpflicht allenfalls nur im Rahmen Ihrer Haftpflichtversicherung. Gerichtsstand ist in jedem Fall Zürich.

Der Softwarehersteller übernimmt keine Garantie dafür, dass bei der Anwendung dieser Software (beispielsweise bei der Herstellung von Zahnrädern mit Daten, welche durch die Software erzeugt werden) nicht gegebenenfalls Patente Dritter verletzt werden.

Die KISSsoft AG hat das Recht, über alle mit ihrer Mitwirkung entwickelten Programme zu verfügen. Es ist dem Käufer untersagt, von uns gelieferte Programme an Dritte weiterzugeben.

Lieferform:

Die Software wird auf CD-ROM geliefert, die von einem IBM PC oder kompatiblen Rechner gelesen werden können. Andere Lieferformen sind nach Absprache möglich.