

Das Programm **winLIFE** (Lebensdauer-Information durch Finite Elemente) erlaubt eine Berechnung der Lebensdauer dynamisch belasteter Bauteile. Es kann eine klassische Berechnung der Lebensdauer (ohne Verwendung von finiten Elementen) auf der Basis von Nennspannungen oder des örtlichen Konzeptes unter Verwendung von Kerbfaktoren in üblicher Weise erfolgen.

Wöhlerlinien für die Nennspannungsmethode können für Eisenwerkstoffe generiert werden. Für das örtliche Konzept sind verschiedene Verfahren zur Generierung von zyklischen Materialdaten (u.a. Uniform Material Law) enthalten. Daneben sind in einer vom Benutzer erweiterbaren Datenbank die für eine Lebensdauerberechnung nötigen Daten gespeichert.

Ein Generator für Standardkollektive unterstützt den Benutzer für den Fall, daß ihm keine eigenen Meßdaten vorliegen.

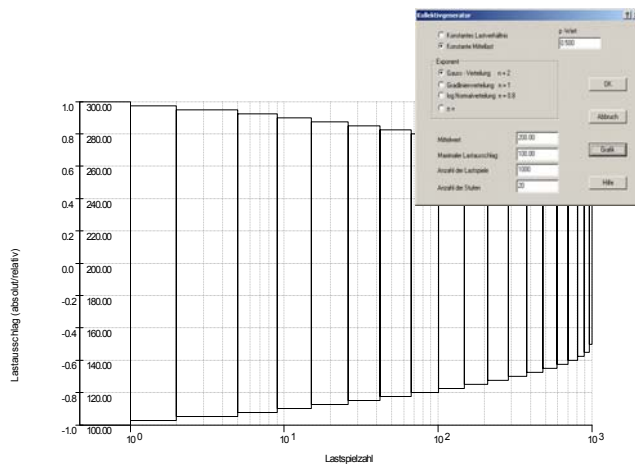


Abbildung 1: Stufenkollektiv (p-Kollektiv), das mit winLIFE erzeugt wurde

**winLIFE** ist für **Windows 95, 98 und Windows NT** verfügbar. Eine enge Anbindung wurde an die FE-Programme **MSC/NASTRAN, SAMCEF** und **WTP2000** geschaffen

## Lebensdauerberechnung ohne FEM

Es kann eine Lebensdauerberechnung nach den klassischen Methoden - dem **Nennspannungskonzept** und dem **örtlichen Konzept** - durchgeführt werden. Dazu wird neben den Werkstoffdaten - Spannung-Wöhlerlinie und Mittelspannungsempfindlichkeit für das Nennspannungskonzept, zyklische Spannungs-Dehnungskurve, Dehnungs-Wöhlerlinie und Schadensparameterlinie nach Smith, Watson und Topper für das örtliche Konzept - auch die

Bauteilbelastung vorgegeben. Dies kann dadurch geschehen, dass Belastungen durch Stufenkollektive (mittlere Last, Lastamplitude und Anzahl) festgelegt werden, was durch manuelle Eingabe oder durch den Kollektivgenerator erfolgen kann (Abbildung 1).

Eine andere Möglichkeit besteht in der Vorgabe einer Beanspruchungs-Zeit-Funktion (Spannung, Kraft, Drehmoment), die im Regelfall als Messdaten aus einer ASCII-Datei übernommen (Abbildung 2), im Ausnahmefall aber auch vom Benutzer als Zahlenfolge eingegeben werden kann. Ein Datenimport von anderen Programmen ist meist problemlos möglich. Die Größe der Dateien ist dabei nur durch den Speicherplatz der Festplatte begrenzt.

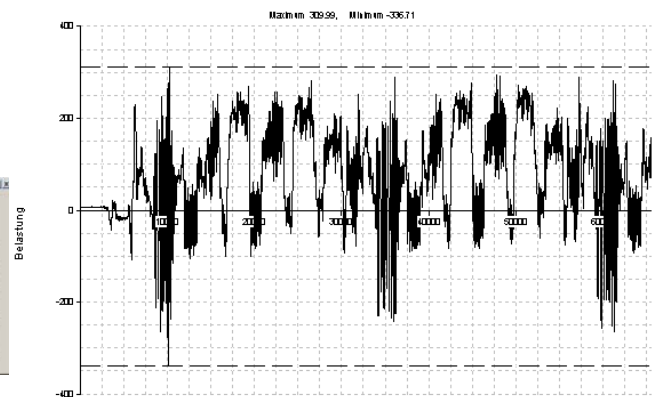


Abbildung 2: Gemessene Belastung, die nach winLIFE importiert und nachbearbeitet wurde

Eine interaktive Dateneingabe und Datenmodifikation für Stufenkollektive, Zeitverläufe der Belastung und der Rainflowmatrix ist möglich, indem in der Grafik der zu ändernde oder einzugebende Bereich markiert und dann komfortabel geändert werden kann.

Das in der Lebensdauerberechnung übliche

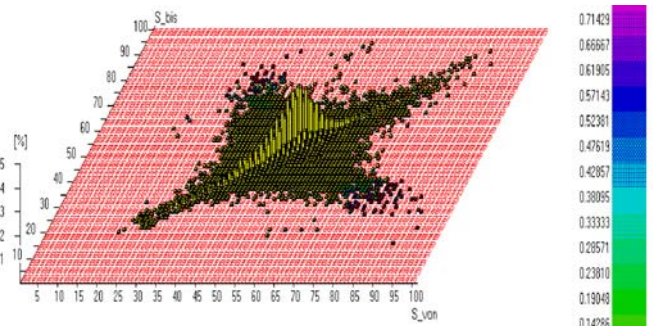



Abbildung 3: Rainflow-Matrix der Beanspruchungs-Zeit-Funktion. Die Säulenhöhe gibt die prozentuale Anzahl, die Farbe die Schädigung an.

Rainflow-Verfahren wird auch von **winLIFE** verwendet

det. Die Rainflow-Matrix enthält nur die schädigungsrelevanten Anteile des Signals (Abbildung 3).  stellt auch die Ergebnisse der Schädigungsrechnung in der Rainflow-Matrix farbig dar, so dass die kritischen Signalanteile sofort erkannt werden können.

Bei der Anwendung des örtlichen Konzeptes

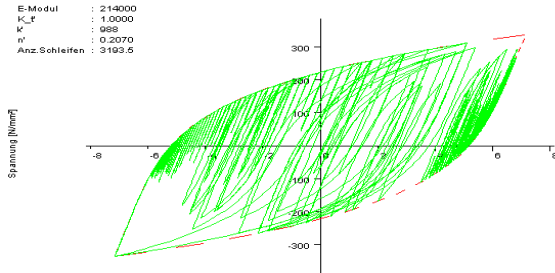


Abbildung 4: aus der Rainflow-Matrix berechneter Spannungs-Dehnungspfad

werden die Spannungs-Dehnungs-Pfade aus der Rainflow-Matrix berechnet und grafisch dargestellt (Abbildung 4). Die Gesamtschädigung wird durch die Summierung der Schädigungsanteile erhalten (lineare Schadensakkumulationshypothese).

Bei der Nennspannungsmethode können verschiedene Hypothesen zur Berücksichtigung der Dauerfestigkeit (original, modifiziert nach Haibach, elementar, Liu und Zenner) angewendet werden. Abbildung 5 zeigt diese möglichen Hypothesen.

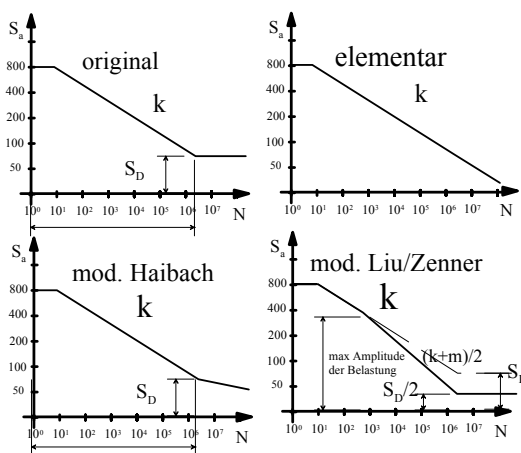



Abbildung 5: verschiedene Arten Nennspannungs-Wöhlerlinien, die in  verwendet werden können.

Bei der Berechnung nach dem örtlichen Konzept wird das zyklische Spannungs-Dehnungsverhalten und das Werkstoffgedächtnis (Masing-Effekt) berücksichtigt (Abbildung 6), so

daß der Spannungsabbau durch plastische Verformung und die den Werkstoff schädigenden Hystereseschleifen einbezogen sind.

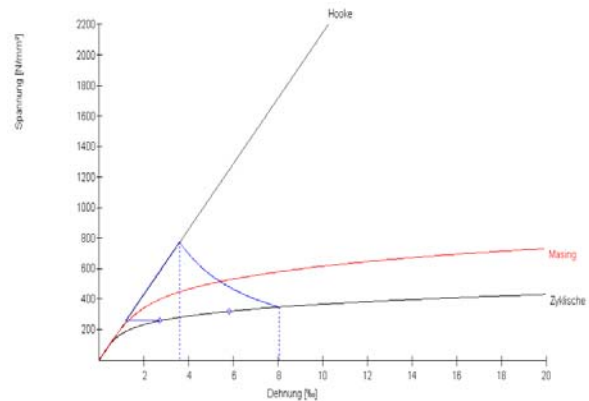


Abbildung 6: zyklische Spannungs-Dehnungs-Kurve und Masingverhalten

Die Schädigungsrechnung erfolgt mit Hilfe einer Schädigungsparameter-Wöhlerlinie nach dem Vorschlag von Smith, Watson und Topper (Abbildung 7).

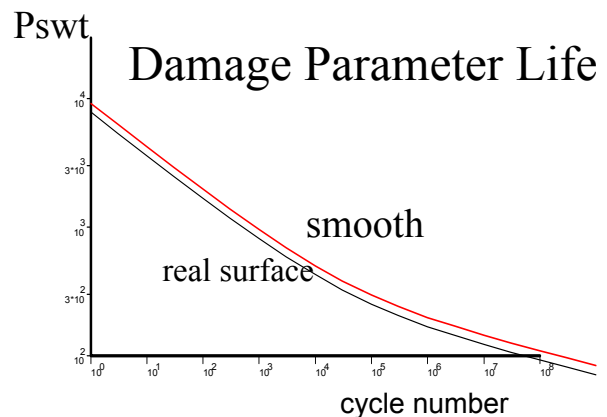


Abbildung 7: Schädigungsparameter-Wöhlerlinie nach Smith, Watson und Topper

## Lebensdauerberechnung in Kombination mit FEM

Der Ablauf einer Lebensdauerberechnung erfolgt in ähnlicher Weise wie bereits zuvor beschrieben. Der entscheidende Unterschied ist jedoch der, daß für die Ermittlung der Spannungen im Bauteil eine statische FE-Rechnung verwendet wird. Dazu wird der Spannungszustand in einer Struktur, die mit einer (oder auch mehreren) Einheitslast(en)  $F_0$  beansprucht wird, berechnet. Die Wirkungslinie der Einheitslast muß mit der real wirkenden Kraft  $F(t)$  übereinstimmen.

Basierend auf den Ergebnissen dieser statischen FE-Rechnung (für jede Last eine) wird eine Lebensdauerberechnung durchgeführt, bei der die statisch erhaltenen Spannungsergebnisse entsprechend der zeitveränderlichen wirkenden Last(en) linear umgerechnet und mit der Neuber-Regel nichtlinear korrigiert werden werden. Damit ergibt sich eine brauchbare Bestimmung der Spannungs-Zeit-Funktion für jeden (ausgewählten) Knoten, für den dann die Lebensdauer berechnet werden kann.

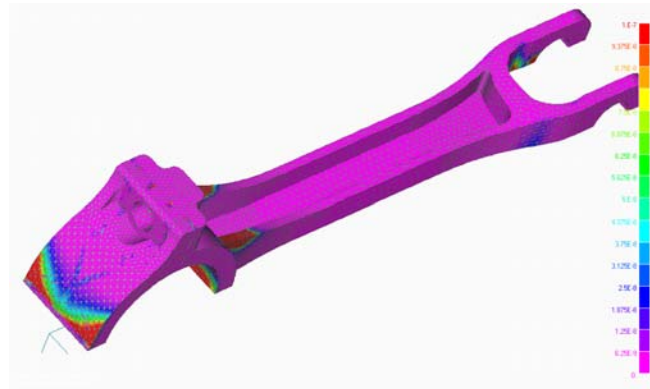


Abbildung 9: Iso-Lifes für einen Lenker einer Achsaufhängung mit einem eingepressten Gummilager (nur obere Hälfte ist dargestellt)

Beispiele für durchgeführte Lebensdauerberechnungen zeigen die Abbildungen 8 und 9.

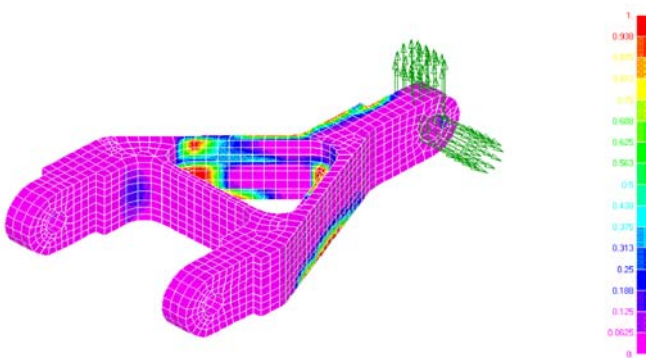


Abbildung 8: Isolifes für einen Dreieckslenker und Wirkung mehrere Kraftgruppen

Da in der Regel nicht alle Knoten einer Struktur gefährdet sind - meist geht die Schädigung von der Oberfläche aus - kann der Benutzer nach verschiedenen Kriterien Knoten für seine Lebensdauerberechnung auswählen. So reduziert sich die Anzahl der zu untersuchenden Knoten ganz erheblich und es wird Rechenzeit eingespart.

Die Übernahme von Daten aus **MSC/NASTRAN** für Windows erfolgt durch ein VBA-Programm, das in die Oberfläche von **MSC/NASTRAN integriert ist**. Der Benutzer nutzt bei allen Datentransaktionen zwischen **winLIFE** und **MSC/NASTRAN** die **MSC/NASTRAN**-Benutzeroberfläche, so daß für **MSC/NASTRAN**-User eine schnelle Einarbeitung in die Bedienung gewährleistet ist.

Eine Anbindung von **winLIFE** an nahezu alle existierenden FE-Programme ist über **FEMAP** möglich. Darüberhinaus wurden für die FE-Programme **WTP2000** und **SAMCEF** native-Schnittstellen realisiert.

## Materialdaten

Wer Lebensdauerberechnungen durchführen will, der benötigt dafür geeignete Wöhlerkurven bzw. Daten, die die Schädigung beschreiben. **winLIFE** wird mit einer Datenbank im dBASE-Format ausgeliefert, in der diese Daten für einige übliche Maschinenbauwerkstoffe enthalten sind. Die Struktur dieser Datenbank ist so angelegt, daß der Benutzer sie um eigene Daten ergänzen kann. Weiterhin helfen wir gern weiter, wenn spezielle Werkstoffdaten benötigt werden, die nicht in der Datenbank enthalten sind (Abbildung 10).

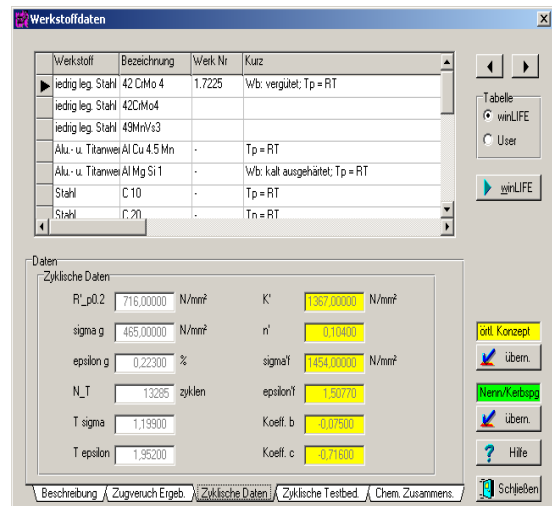


Abbildung 10: Aufbau der **winLIFE**-Datenbank

In vielen Fällen hilft es, wenn die die Lebensdauer charakterisierenden Daten an Hand von statischen Werkstoffkennwerten generiert werden. **winLIFE** bietet mehrere Möglichkeiten für das örtliche Konzept - darunter auch das weit hin akzeptierte Uniform Material Law - an. Abbildung 11 zeigt, welche Möglichkeiten bestehen.

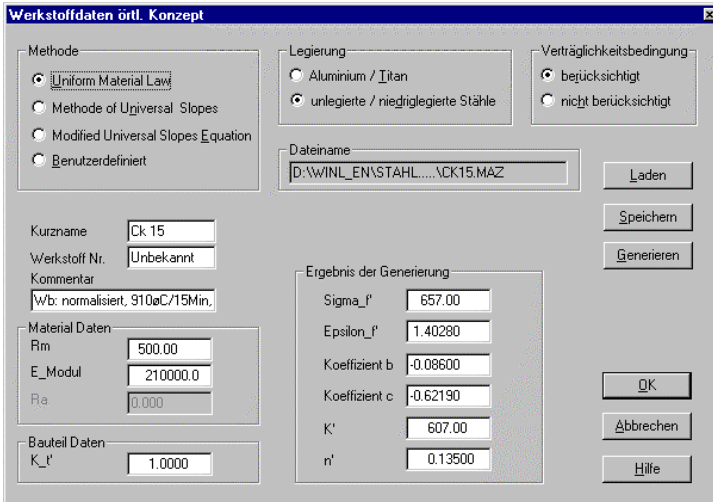


Abbildung 11: Eingabemaske des Generators für zyklische Werkstoffdaten (örtliches Konzept)

Für das Nennspannungs- und Kerbspannungs-konzept ist ein Wöhlerliniengenerator enthalten, der basierend auf statischen Werkstoffdaten und Informationen über das Bauteil Wöhlerlinien generiert (Abbildung 12).

## Lebensdauerberechnung von Zahnrädern

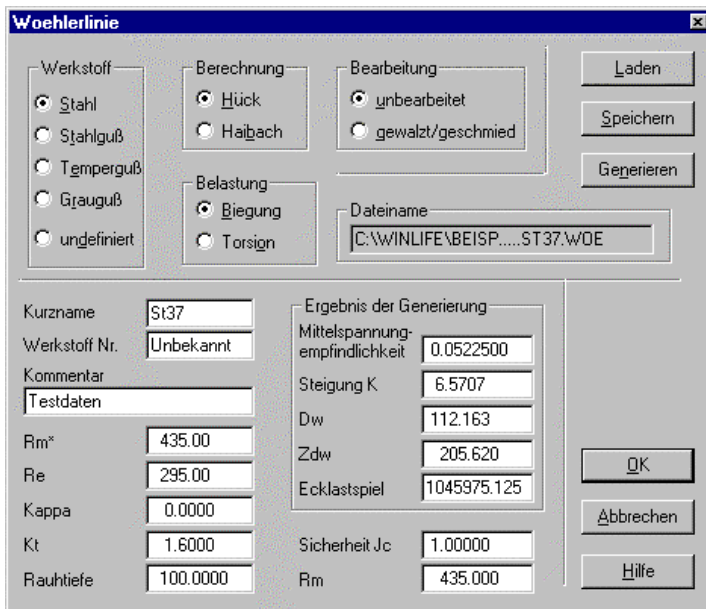


Abbildung 12: Eingabemaske des Wöhlerliniengenerators für das Nennspannungskonzept

Die Berechnung von Zahnrädern und Lagern folgt formal ähnlichen Gesetzmäßigkeiten wie die von allgemeinen Maschinenbauteilen. Es wurde ein Modul für diese Berechnungen geschaffen, das in der Benutzeroberfläche von

winLIFE ab der Version 2.0. integriert ist. Der Ablauf der Berechnung entspricht dem des Basis-Moduls, so daß die Einarbeitung in die Programmbedienung sehr kurz ist.

## Multiaxiale Berechnungsverfahren

Wirken auf eine Struktur mehrere nicht synchrone und nicht proportionale Belastungen, so versagen die klassischen Berechnungsmethoden. Für diesen Fall ist die multiaxiale Ergänzung einzusetzen, bei der bis zu 100 voneinander unabhängige Belastungen wirken können. Die Rechenzeiten sind allerdings beträchtlich und betragen ein Vielfaches gegenüber dem Basis-Modul. Der Einsatz sollte nur dann erfolgen, wenn sich die Hauptspannungsrichtungen im Bauteil stark ändern. Entsprechende Grafiken zur Beurteilung der Mehrachsigkeit sind im Modul enthalten.

## Schulung, Benutzerberatung

Wichtig für eine sinnvolle Nutzung des Programms ist, daß sich der Benutzer in die Thematik der Betriebsfestigkeit einarbeitet. Nur so kann er seine Ergebnisse richtig interpretieren. Dazu bieten wir jährlich 3 Seminare an, die in die Grundlagen einführen.

## Preise und Konditionen

**Basis-Modul** 3100 €

Erweiterungen, die das Basis-Modul voraussetzen (Hierfür existieren zusätzliche Prospekte):

**Zahnräder und Lager** 2100 €

**multiaxial** 4100 €

Rabatte: Forschung und Lehre 50%, spezielle Uni-Lizenz für Hochschulnetze verfügbar. Details auf Anfrage.

## Ansprechpartner

Steinbeis-TZ Verkehrstechnik  
Prittwitzstr. 10  
89075 Ulm  
Tel.: 07325 3306 oder 07325 919471;  
Fax.: 07325 4992;

E-mail [guenter.willmerding@t-online.de](mailto:guenter.willmerding@t-online.de)