

Das Programm winLIFE (Lebensdauer-Information durch Finite Elemente) erlaubt eine Berechnung der Lebensdauer dynamisch belasteter Bauteile. Dabei 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.

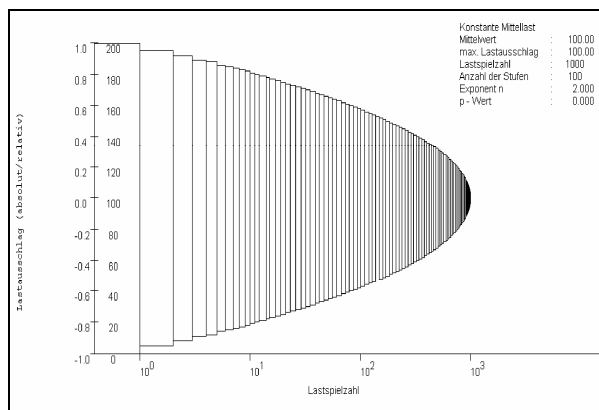
Wöhlerlinien für die Nennspannungsmethode können für Eisenwerkstoffe generiert werden. Für das örtliche Konzept sind verschiedene Verfahren zur Generierung von zyklischen Materialdaten (u.a. Uniform Material Law) enthalten. Daneben sind in einer vom Benutzer erweiterbaren Datenbank die für eine Lebensdauerberechnung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

Ein Generator für Standardkollektive unterstützt den Benutzer für den Fall, dass ihm keine eigenen Messdaten vorliegen.

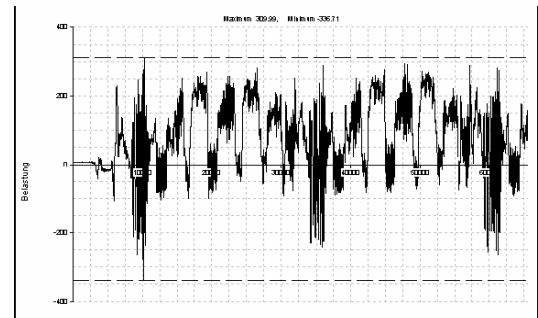
winLIFE kann sowohl als eigenständiges Programm, als auch in Verbindung mit Femap eingesetzt werden.

## Lebensdauerberechnung ohne FEM

Es kann eine Lebensdauerberechnung nach den klassischen Methoden - dem Nennspannungskonzept und dem örtlichen Konzept - durchgeführt werden. Dazu wird neben den Werkstoffdaten - Spannungs-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 (Angabe von mittlerer Last, Lastamplitude und Anzahl) festgelegt werden, was durch manuelle Eingabe oder durch den Generator erfolgen kann.



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



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.

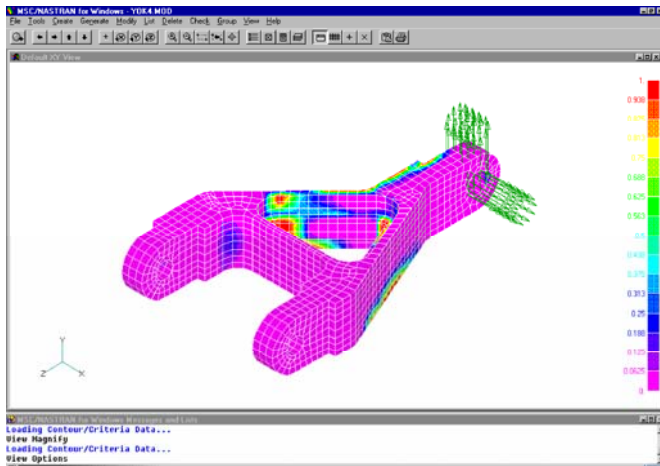
Das bei Lebensdauerberechnungen übliche Rainflow-Verfahren wird auch von winLIFE verwendet. Die Rainflow-Matrix enthält nur die schadigungsrelevanten Anteile des Signals. winLIFE stellt auch die Ergebnisse der Schädigungsrechnung in der Rainflow-Matrix farbig dar, sodass die kritischen Signalanteile sofort erkannt werden können.

Bei der Anwendung des örtlichen Konzeptes werden die Spannungs-Dehnungs-Pfade aus der Rainflow-Matrix berechnet und grafisch dargestellt. 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) verwendet werden.

Bei der Berechnung nach dem örtlichen Konzept wird das zyklische Spannungs-Dehnungs-Verhalten und das Werkstoffgedächtnis (Masing-Effekt) berücksichtigt, sodass der Spannungsabbau durch plastische Verformung und die den Werkstoff schädigenden Hystereseschleifen einbezogen sind.

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



### winLIFE 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 Einheitslast  $F_0$  beansprucht wird, berechnet. Die Richtung dieser Last muss mit der real wirkenden Kraft  $F(t)$  übereinstimmen.

Es können dann die elastischen Spannungen für jede Last  $F(t)$  linear entsprechend dem Quotienten  $F(t)/F_0$  umgerechnet werden. Für den Fall des örtlichen Konzeptes und der dabei verfügbaren realen Spannungs-Dehnungs-Kurve lässt sich unter Anwendung der Neuber-Regel für jeden Knoten die reale Spannungsfolge einschließlich plastischer Verformungen berechnen.

Dabei genügt das Ergebnis der Rainflow-Zählung der äußeren Lastfunktion, die Rainflow-Matrix, um die schadigungsrelevanten Anteile (die geschlossenen Hystereseschleifen) der Belastung für jeden Knoten der FE-Struktur zu berechnen.

Basierend auf einer statischen FE-Rechnung mit einer Einheitslast für jede Kraftgruppe wird eine Lebensdauerberechnung durchgeführt, bei der die statisch erhaltenen Spannungsergebnisse entsprechend der zeitveränderlichen wirkenden Kraftgruppe linear umgerechnet und mit der Neuber-Regel nichtlinear korrigiert werden. Damit ergibt sich eine brauchbare Bestimmung der Spannungs-Zeit-Funktion für jeden (ausgewählten) Knoten, für den eine Schädigung bestimmt werden kann.

Das Ergebnis der Schädigungsberechnung wird für jede Kraftgruppe einzeln gespeichert und kann anschließend zur Gesamtschädigung aufsummiert werden.

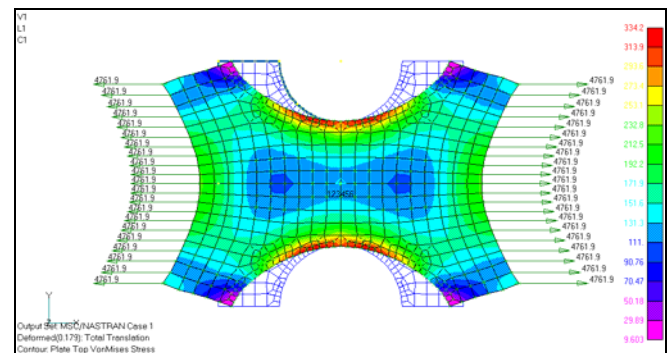
Da in der Regel nicht alle Knoten der Struktur gefährdet sind - meist geht die Schädigung von der Oberfläche aus - kann der Benutzer nach verschiedenen Kri-

terien 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 NX Nastran for Femap erfolgt durch Femap-Makros, die mit winLIFE ausgeliefert werden. Die Ergebnisse von winLIFE, die Schädigung der einzelnen Knoten, können von Femap durch Farben gleicher Schädigung dargestellt werden.

Der Benutzer hat bei allen Datentransaktionen zwischen winLIFE und dem FE-Programm die Femap-Benutzeroberfläche verfügbar, sodass eine schnelle Einarbeitung in die Bedienung gewährleistet ist.

Eine Anbindung an andere FE-Programme kann realisiert werden, da die Schnittstellen in winLIFE als ASCII-Files ausgeführt und gut dokumentiert sind.

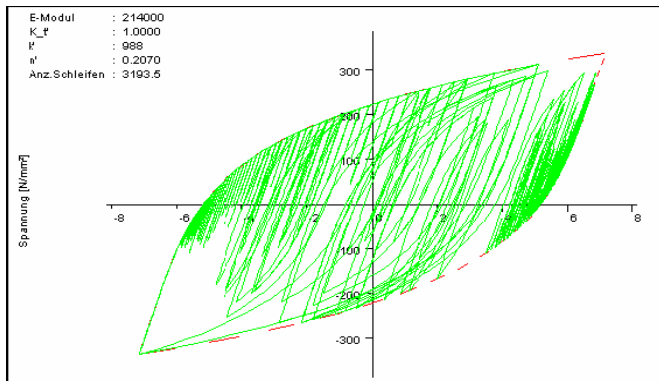


### Materialdaten

Wer Lebensdauerberechnungen durchführen will, der benötigt dafür geeignete Wöhlerkurven bzw. Daten, die die Schädigung beschreiben. winLIFE wird mit einer Datenbank 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.

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 weithin akzeptierte Uniform Material Law - an.

Für das Nennspannungs- und Kerbspannungskonzept ist ein Wöhlerliniengenerator enthalten, der basierend auf statischen Werkstoffdaten und Informationen über das Bauteil Wöhlerlinien generiert.



### Lebensdauerberechnung von Zahnrädern

Die Berechnung von Zahnrädern und Lagern folgt formal ähnlichen Gesetzmäßigkeiten wie die von allgemeinen Maschinenbauteilen. Es wurde daher 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.

**Wöhlerlinie**

Werkstoff:  Stahl,  Stahlguß,  Temperguß,  Grauguß,  undefiniert

Berechnung:  Hück,  Halbbauch

Bearbeitung:  unbearbeitet,  gewalzt/geschmied

Belastung:  Biegung,  Torsion

Dateiname: C:\WINLIFE\BEISP.....ST37.WOE

Kurzname: St37

Werkstoff Nr.: Unbekannt

Kommentar: Testdaten

Rm: 435.00, Re: 295.00, Kappa: 0.0000, Kt: 1.6000, Rauhtiefe: 100.0000

Ergebnis der Generierung: Mittelspannungsempfindlichkeit: 0.0522500, Steigung K: 6.5707, Dw: 112.163, Zdw: 205.620, Ecklastspiel: 1045975.125, Sicherheit Jc: 1.00000, Rm: 435.000

**Werkstoffdaten**

Werkstoff	Bezeichnung	Werkstoff Nr.	KURZ
Stahl	Ck 25	-	w/b: 885°C/30Min, L; Tp = RT
Stahl	Ck 25	-	w/b: 885°C/30Min, L; Tp = RT
Stahl	Ck 25	-	w/b: 885°C/30Min, L; Tp = RT
Stahl	Ck 27	-	w/b: 871°C/30Min, gasaufg.; 900°C, 60°C/Öl, 177
Stahl	Ck 35	-	w/b: 885°C/30Min, L; Tp = RT
Stahl	Ck 35	-	[L; 885°C/30Min/w.; 600°C/60Min/w.; Tp = RT]
Stahl	Ck 35	-	w/b: 885°C/30Min, L; Tp = RT

Zyklische Daten:

R<sub>Lp0.2</sub>: 0.00000 N/mm², K': 1033.00000 N/mm²

sigma<sub>a</sub>: 0.00000 N/mm², n: 0.15600

epsilon<sub>a</sub>: 0.00000 %, sigma<sub>aT</sub>: 1019.00000 N/mm²

N<sub>L,T</sub>: 0, zyklen, epsilon<sub>f</sub>: 0.84680

T sigma: 0.00000, Koeff. b: -0.09200

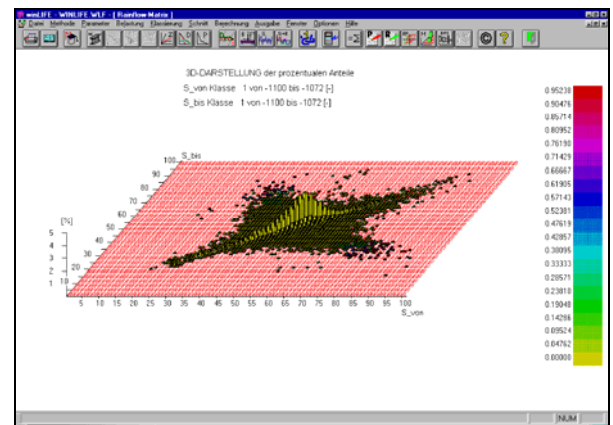
T epsilon: 0.00000, Koeff. c: -0.84650

### 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, die ab der Version 2.0 verfügbar ist. 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.

### 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 werden in regelmäßigen Abständen Seminare angeboten, die in die Grundlagen einführen.



### Weitere Informationen:

SMART Engineering GmbH  
 Herrenheide 15a  
 D-21244 Buchholz  
 Tel: (+49)4181/215900  
 Fax: (+49)4181/215909  
 eMail: info@smart-fem.de  
 Internet: www.smart-fem.de

Büro Marburg:  
 SMART Engineering GmbH  
 Software-Center 1  
 D-35037 Marburg  
 Tel: (+49)6421/1605955  
 Fax: (+49)6421/1605953