

winLIFE Multiaxial 2.3

Voraussetzungen

Um multiaxiale Berechnungen durchzuführen wird das Modul winLIFE MULTIAXIAL zusätzlich zu winLIFE BASIS benötigt.

Bauteile unter dem Einfluss drehender Hauptspannungen (multiaxiale Beanspruchung)

Die Berechnung von Bauteilen, bei denen sich die Hauptspannungsrichtungen drehen, ist deutlich komplexer als wenn keine Änderung der Hauptspannungsrichtung stattfindet. Dieser als multiaxiales Problem bezeichnete Fall weist meist eine größere Zahl von äußeren Belastungen auf, minimal sind 2 äußere Belastungen erforderlich z.B. eine Welle unter Torsion und Biegung.

Oft treten aber auch dutzende oder gar hunderte von unabhängigen Belastungen auf, die meist durch gemessene Zeitsignale definiert sind.

Derartige Probleme findet man in verschiedenen Bereichen der Technik wie z.B. in Fahrzeugkarosserien, Achskomponenten, Kurbelwellen, Rotationsnaben in Windenergieanlagen, etc.

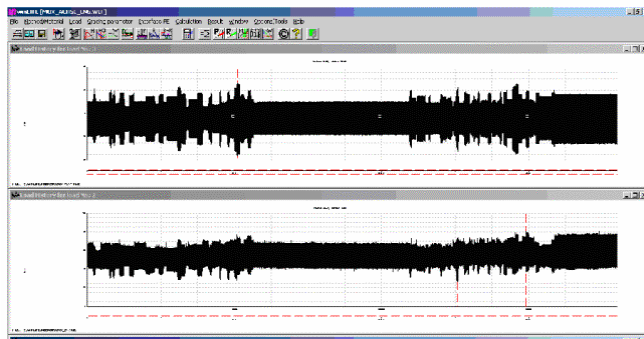


Bild 20: Last Zeit Funktionen, die auf ein Bauteil einwirken

Bild 21 zeigt das Beispiel eines Achslenkers unter dynamischer Belastung. Er wird durch eine horizontale und vertikale Kraftgruppe F_1 und F_2 belastet. Da die Kraftgruppen nicht zueinander proportional sind, kann

eine Änderung der Hauptspannungsrichtung eintreten (multiaxiales Problem).

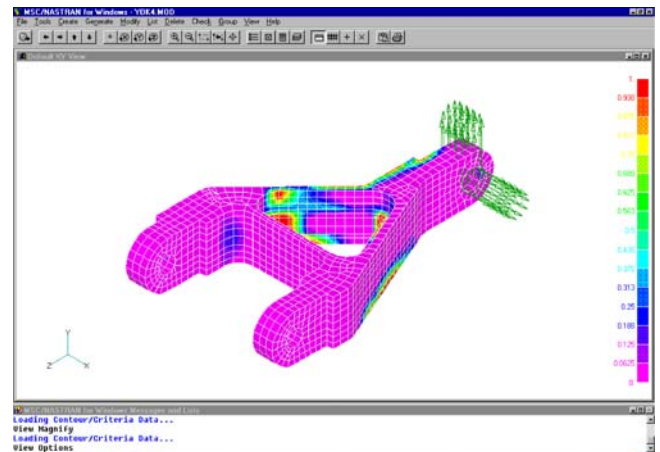


Bild 21: Bauteil unter dem gleichzeitigen Einfluß zweier Kraftgruppen

Bei multiaxialen Problemen ist die Rechenzeit um ein Vielfaches größer als bei uniaxialen oder biaxialen Problemen. Daher werden nur die Knoten auf der Oberfläche betrachtet. Da ein Schaden normalerweise von der Oberfläche ausgeht, ist diese Einschränkung keine Begrenzung der Problemlösungsfähigkeit. Da auf der Oberfläche ein ebener Spannungszustand vorliegt, wird die Berechnung dadurch weiter vereinfacht.

Fall	ϕ	σ_1	σ_2	$\frac{\sigma_2}{\sigma_1}$	Mohrscher Kreis	Struktur
uniaxial	=0	variabel	=0	=0		
biaxial	Proportionale Belastung	const	variabel	variabel const = $\frac{\sigma_2}{\sigma_1}$		
multiaxial	nicht proportionale Belastung	variabel	variabel	variabel variabel		

Unterscheidung der Beanspruchungsarten

Bild 22: Merkmale des multiaxialen Falls im Vergleich zum uniaxialen und biaxialen Fall. Der uniaxiale und biaxiale Fall kann mit winLIFE BASIC berechnet werden, der multiaxiale Fall erfordert winLIFE MULTIAXIAL.

Die Hauptspannungen als Funktion der Zeit entscheiden darüber, ob ein multiaxiales Problem vorliegt oder nicht. Wenn der Winkel ϕ oder das Verhältnis der beiden Hauptspannungen σ_2/σ_1 über der Zeit veränderlich ist, handelt es sich um einen multiaxialen Fall. An Hand des Mohrschen Kreises kann dies auch dargestellt werden.

Wenn die Änderung der Hauptspannungsrichtung nicht sehr groß ist, können multiaxiale Probleme vereinfachend ohne Nachteile auch als biaxiale/uniaxiale Probleme behandelt werden. Dies ist für die Berechnung interessant, da Rechenzeit eingespart wird, dies ist aber auch für Prüfstandserprobungen wichtig, wenn statt vieler Prüfzylinder ein einziger mit nahezu gleichem Schädigungsergebnis verwendet werden kann.

Es ist daher wichtig, den Grad des multiaxialen Problems zu beurteilen, was an hand der Grafik in Bild geschieht. Dazu wird der Winkel ϕ and das Hauptspannungsverhältnis σ_2/σ_1 für charakteristische Zeitschritte durch je einen Punkt dargestellt (. Stellt die Punktmenge eine nahezu senkrechte Linie dar, so liegt kein multiaxiales Problem vor.

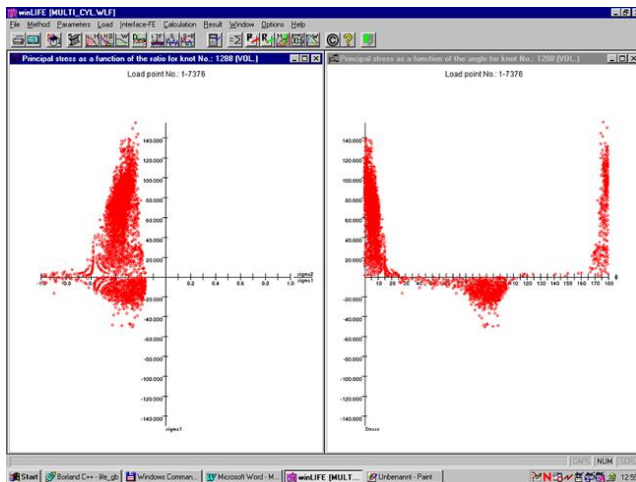


Bild 23: Größte Hauptspannung über dem Hauptspannungsverhältnis (links) und dem Richtungswinkel der größten Hauptspannung(rechts) für einen Knoten auf der Oberfläche

Wie eine Lebensdauerberechnung abläuft

In Kombination mit Finiten Elementen

Die Berechnung läuft - etwas vereinfacht dargestellt - in folgender weise ab:

- Im ersten Schritt werden ein oder mehrere FEM-Einheitslastfälle berechnet.
- Eine Material-Wöhlerlinie muss vorliegen oder aber erzeugt werden. Dies kann eine Spannungswöhlerlinie oder Dehnungswöhlerlinie sein.
- Die erforderliche Zeit für eine Berechnung kann erheblich reduziert werden, wenn eine Begrenzung auf ausgewählte Knoten erfolgt. winLIFE bietet die Möglichkeit einer Vorauswahl der zu berechnenden Knoten. Der Benutzer kann aber auch individuell die Knoten auswählen, die er als kritisch erkannt hat.
- Durch Verwendung einer Hysterese kann eine erhebliche Rechenzeitverkürzung erreicht werden.
- Der Spannungs-Tensor der elastischen Spannungen wird für jeden gewählten Knoten und jeden Zeitschritt berechnet. Dies geschieht durch Skalierung der Einheitslastfälle mit den vorgegebenen Lasten.
- Für eine Anzahl von - je nach Benutzervorgabe - meist 20 Schnittebenen wird eine Spannungszerlegung durchgeführt und eine Schub - und Normalspannung bestimmt. Für diese Ebenen wird dann je eine Schädigung berechnet, wofür unterschiedlichste Hypothesen verwendet werden können. Die Schnittebene mit der größten Schädigung ist die kritische.

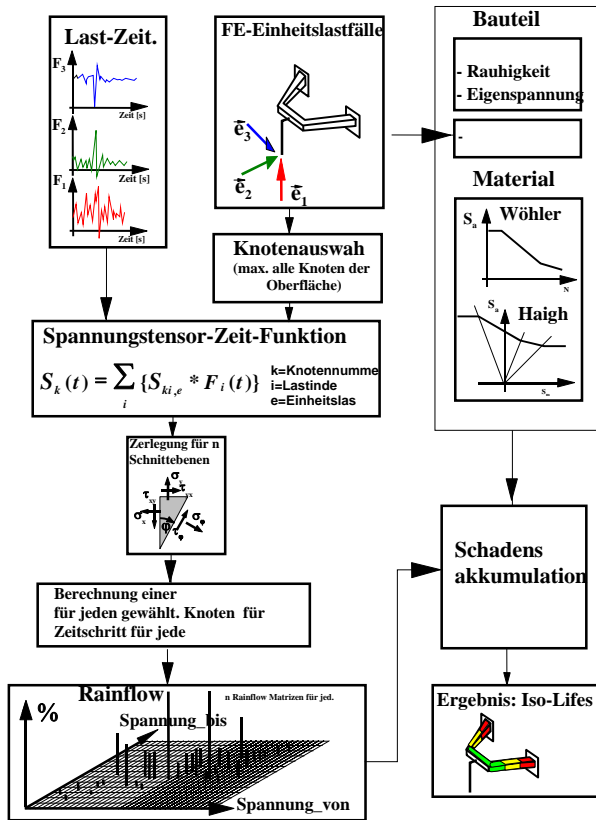


Bild 24: Ablaufplan für eine Lebensdauerberechnung nach dem Verfahren der kritischen Schnittebene in Verbindung mit Finiten Elementen.

Verwendung von Dehmesstreifen

Messungen von Dehnmessstreifen können als Grundlage einer Lebensdauerberechnung dienen. Die Daten der häufig verwendeten Rosetten können direkt eingelesen werden. Das Einleseprogramm ist so flexibel, dass beliebige Rosettenformen und auch sehr unterschiedliche Datenstrukturen eingelesen werden können (Bild 25). Eine Lebensdauerberechnung kann dann für den Punkt des Messortes gemacht werden bzw. es ist oft möglich, die gemessenen Daten auf einen anderen Punkt umzurechnen. Hier besteht häufig Bedarf, da an kritischen Orten oftmals nicht gemessen werden kann.

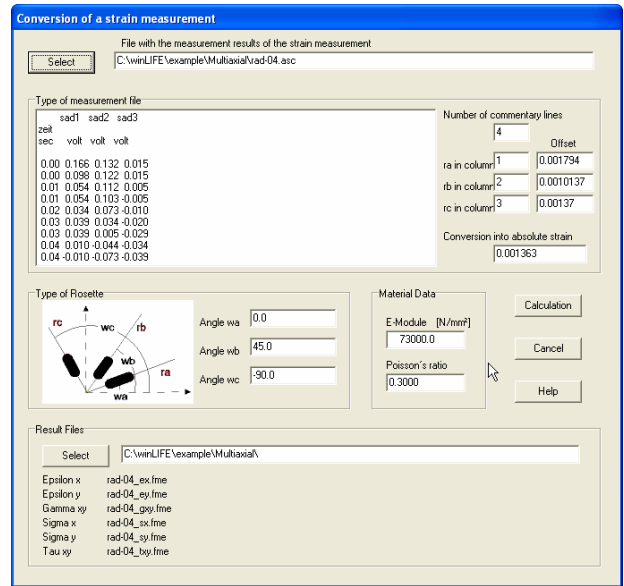


Bild 25: Maske zum Einlesen der Dehnungsdaten aus einer Rosettenmessung (Nahezu alle Rosettentypen können durch Eingabe der Rosettenwinkel eingelesen werden.)

Maßnahmen zur Reduzierung der Rechenzeit

Falls die Last-Zeit-Funktion lang ist, kann die Rechenzeit bei multiaxialen Problemen erheblich sein und es wurden folgende Maßnahmen ergriffen, um die Rechenzeit zu verkürzen. So wird nicht jeder Zeitschritt der gegebenen Last-Zeit-Funktion berücksichtigt sondern nur die Zeitschritte, wo mindestens eine der Last-Zeit-Funktionen einen Umkehrpunkt hat. Weiterhin kann eine Hysterese vorgegeben werden, die zu einer Reduktion der Umkehrpunkte führt.

Diese Maßnahmen führen zu einer starken Verringerung der Rechenzeit, wobei jedoch die Genauigkeit der Berechnung darunter leidet. Es wird daher grundsätzlich empfohlen, einen ersten Rechenschritt mit den oben genannten Maßnahmen für alle Knoten auf der Oberfläche durchzuführen und dabei eine Liste der Knoten auf der Oberfläche in der Reihenfolge ihrer Schädigung zu erzeugen.

In einem zweiten Schritt wird dann ohne die Maßnahmen zur Rechenzeitverkürzung gerechnet, wobei dann nur noch eine vom Benutzer wählbare Anzahl von Knoten – z.B. 100 – berechnet werden, die dann aus der Knotenliste entnommen werden. In diesem Fall werden



**STEINBEIS-TRANSFERZENTRUM
NEUE TECHNOLOGIEN IN DER VERKEHRSTECHNIK**

dann z.B. die 100 Knoten mit größter Schädigung ohne Vereinfachungen so genau wie möglich berechnet.

Dieses Vorgehen gewährleistet, dass alle Knoten untersucht werden und dass für die kritischen Knoten die maximal mögliche Rechengenauigkeit angewendet wird.

Stellt sich heraus, dass die Änderung der Hauptspannungsrichtung gering ist, so kann man vereinfachend auch uniaxial/biaxial gerechnet werden.

Ergebnisanalyse

In einem multiaxialen Fall ist die Analyse der Ergebnisse besonders wichtig und wird in folgender Weise ermöglicht: Der Mohrsche Kreis kann für jeden einzelnen Zeitschritt und als Summenbild für alle Zeitschritte und für jede Schnittebene für jeden berechneten Knoten dargestellt werden. In gleicher Weise können die Hauptspannungsvektoren für jeden einzelnen Zeitschritt und als Summenbild für alle Zeitschritte dargestellt werden.

Kontakt:

Steinbeis Transferzentrum
Neue Technologien in der Verkehrstechnik
Prittwitzstr. 10
89075 Ulm
Tel.: 07325 3306
www.stz-verkehr.de

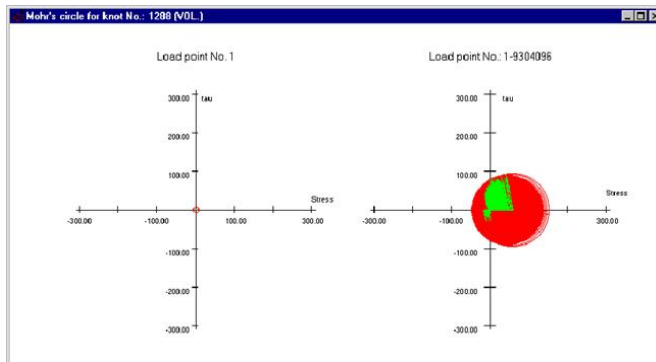


Bild 26: Mohrscher Kreis (links) für einen Zeitschritt und für alle Zeitschritte (rechts)

Weiterhin kann der Post-Prozessor des FE-Programms die von winLIFE berechneten Schadenssummen als Farbflächen darstellen.

Da die Vorhersagegenauigkeit für den multiaxialen Fall schlechter als für den uniaxialen/biaxialen ist, ist es wichtig sich über den Grad der Multiaxialität klar zu werden, was mit Hilfe der zuvor genannten Analyse-tools möglich ist.