

Themenübersicht September 2003

Ausgabe: 9 / 2003

- Nice to know
- Quadratischen Tetraederelemente bei dünnwandigen Bauteilen
- Breaking the 32-Bit Barrier..
.. wo liegen die Berechnungsgrenzen einer Windows-Umgebung ?
- Konvergenzsteuerung bei gekoppelten Feldern
- Design Optimierung der Kerbradienverhältnisse eines Mitnehmers
- Wichtige Termine rund um CADFEM

- **Unter anderem in der nächsten Ausgabe:**

Zyklisch symmetrische Modalanalyse vorgespannt durch Kontakt
Koppelung mit begrenzter Tangentialkraft

In eigener Sache:

Die Zusendung dieser Informationen erfolgt ausschließlich auf Wunsch des Empfängers und kann jederzeit unter www.cadfem.de beendet werden.

Wenngleich die vorliegenden Informationen mit größter Sorgfalt erstellt worden sind, weisen wir darauf hin, dass die Verwendung dieser unter Ausschluss jeglicher Gewährleistung erfolgt.

Impressum: CAD-FEM GmbH
Marktplatz 2
85567 Grafing b. München

Ansprechpartner:
Marc Vidal
mvidal@cadfem.de

Nice to know

Ausgabe: 9 / 2003

ANSYS und Workbench

- Da die Schleife mit *do und *enddo auf der Platte ausgelagert und wieder eingelesen wird, hat man mit einer anderen Umsetzung der Schleife, die keine Auslagerung vornimmt, einen zeitlichen Vorteil. Eine solche schnelle Schleife ist die Label Schleife.

```
test=1
i=0
:marke
i=i+1
test=test*2
*if,i,lt,3,:marke
```

Beachten Sie bitte, dass diese Schleife nicht offiziell von ANSYS empfohlen wird. Diese Schleife darf nicht interaktiv (mit Copy und Paste) in der Kommandozeile ausgeführt werden, sondern muss in einer Inputdatei stehen.

- Tritt bei einer axial symmetrischen Berechnung eine Fehlermeldung auf bezüglich eines "negative radius", liegen Knoten der Struktur links von der Y-Achse. Ein axialsymmetrisches Modell kann nur rechts von der Y-Achse erstellt werden. Wird ein Modell erstellt, das genau auf der Y-Achse Knoten hat, so ist es ratsam zusätzlich an der Y-Achse eine Symmetrierandbedingung anzubringen.
- Die Zuordnung der Element-Faces für die Lastaufbringung zu den Schalennormalen unterscheidet sich zwischen den strukturmechanischen und den thermischen Elementen: Face 1 ist fuer die Strukturschalen (63,99,181,...) mit der positiven Normalenrichtung assoziiert, fuer die thermischen Schalen (57,131,132,157) mit der negativen Normalenrichtung. Kritisch ist dies besonders bei Strahlungslasten (Abstrahlrichtung) und Lasten auf beiden Seiten der Schale.

Nice to know

Ausgabe: 9 / 2003

ANSYS und Workbench

- Für Materialmodelle, die man per Curve Fitting eingebunden hat, liefert das TBLIST Kommando kein Resultat. Stattdessen muss das TBFT,LIST Kommando verwendet werden.
- Um sich zu vergewissern, ob ein Materialmodell tatsächlich verwendet wird, sollte man aus dem Modell einfach ein Element herausselektieren und an diesem ziehen. Eine Auswertung der Last-Verformungskurve (z.B. Auswertung einer Reaktionskraft über der Verschiebung) zeigt dann deutlich, ob das Materialmodell richtig verwendet wurde.
- Für eine Modalanalyse mit der Subspacemethode kann die Genauigkeit der berechneten Frequenzen eingestellt werden durch Eingabe einer Toleranz für den Subspace solver mit dem undokumentierten Kommando:
SUBOPT,, , , ,TOL

Quadratischen Tetraederelemente bei dünnwandigen Bauteilen

Problem:

Immer häufiger wird die Frage nach der Qualität von quadratischen Tetraederelementen gestellt, gerade, wenn damit dünnwandige Strukturen vernetzt werden, die überwiegend auf Biegung beansprucht werden. Mit diesem Thema befasst sich folgender Artikel.

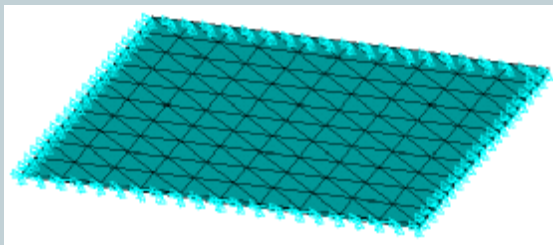
Erläuterung:

Wir konzentrieren uns zunächst einmal nur darauf, dass die Steifigkeit einer Struktur richtig abgebildet wird, dass also die Verformungsergebnisse korrekt sind. Eine Genauigkeitsaussage über die Spannungsverteilung ist damit also noch nicht möglich.

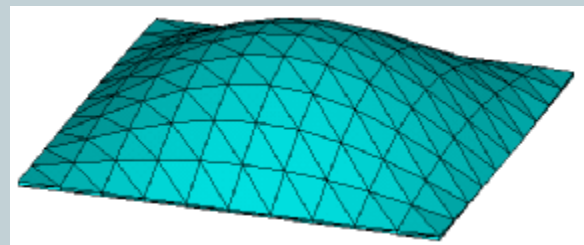
Um abzuschätzen, ob man die Steifigkeit eines Bauteils richtig abbildet, ist eine Modalanalyse an einer quadratischen Platte durchgeführt worden. Die Ergebnisse der Modalanalyse hängen nur von der Steifigkeit und Masse ab. Ein 3D Volumenmodell ist mit einem regelmäßigen Netz aus SOLID187 (quadratischen Tetraedern) vernetzt worden. Es wird stets mit einem Element über die Dicke vernetzt. Die Netzdichte in den Längsrichtungen ist variabel. Bei konstanten Längen wird nun die Plattendicke immer dünner gewählt. Es gilt einen Faktor f zu bestimmen, der multipliziert mit der Dicke der Platte die Elementkantenlänge in Längsrichtung liefert, also:

$$\text{Elementkantenlänge (Längsrichtung)} = f * \text{Elementkantenlänge (Dickenrichtung)}$$

Die Platte ist an den Rändern mit $u_x=0$, $u_y=0$ und $u_z=0$ gelagert. Für diesen Fall steht eine analytische Lösung zur Verfügung. Wenn der Fehler der numerischen Lösung in den ersten vier Eigenfrequenzen kleiner als 2% ist, wird die entsprechende Vernetzung für gut befunden.



System mit Randbedingungen



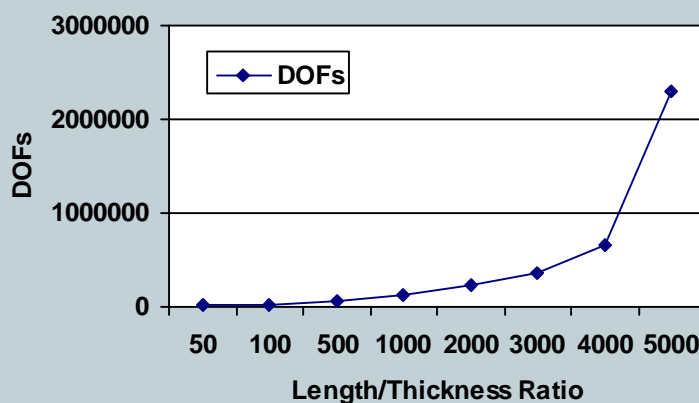
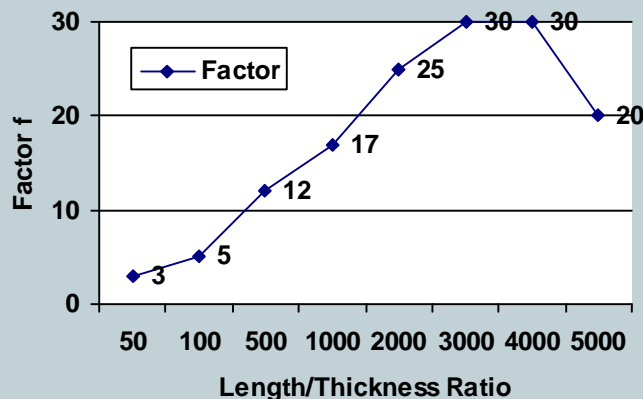
Erste Eigenschwingform

Quadratischen Tetraederelemente bei dünnwandigen Bauteilen

Ausgabe: 9 / 2003

Ergebnis:

Das Ergebnis der Studie ist in den folgenden Diagrammen dargestellt. Es fällt auf, dass bei immer dünner werdenden Platten das Verhältnis zwischen der Elementkantenlänge in Längsrichtung zu der in Dickenrichtung immer größer wird, bis ein oberes Limit erreicht ist. Zur sauberen Abbildung der Steifigkeit sind also in der Tat langgestreckte Tetraeder zu gebrauchen. Die Anzahl der Freiheitsgrade, die für eine gewisse Genauigkeit erforderlich ist, steigt erst bei äußerst dünnen Platten extrem an:



| Length/Thickness Ratio | 50 | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 |
|------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Factor f | 3 | 5 | 12 | 17 | 25 | 30 | 30 | 20 |
| DOFs | 11000 | 15000 | 65000 | 127000 | 230000 | 360000 | 650000 | 2300000 |

Beispiel: Platten-Seitenlänge = 50 mm, Platten-Dicke = 0.05 mm, ein Element über die Dicke. Damit folgt ein Length/Thickness Ratio von 100. Wir lesen den Faktor von 5 aus der Tabelle ab. Es ergibt sich damit eine Kantenlänge von $5 \cdot 0.05 \text{ mm} = 0.25 \text{ mm}$ in Längsrichtung. (In Dickenrichtung liegt eine Kantenlänge von 0.05 mm vor.)

Quadratischen Tetraederelemente bei dünnwandigen Bauteilen

Ausgabe: 9 / 2003

Schlussbemerkung:

Es soll noch einmal erwähnt werden, dass wir keine Aussage in diesem Beitrag über die Qualität der Spannungsverteilung machen können. Die Qualität der Spannungen müsste getrennt untersucht werden. An Spannungsspitzen kann durchaus die Elementqualität noch zu verbessern sein.

Ferner sei angemerkt, dass die Ergebnisse streng genommen natürlich nur für die untersuchte Geometrie gelten. Die Ergebnisse können jedoch als Richtwerte für ähnliche Geometrien herangezogen werden.

Weiter sei noch bemerkt, dass vornehmlich die Biegesteifigkeit des Systems untersucht worden ist. Verformt sich eine dünne Struktur affin zu einer Eigenschwingform, so ist die hier vorgenommene Steifigkeitsanalyse exakt. In der Praxis werden aber auch andere Deformationszustände eintreten – möglicherweise solche, in denen Schub oder Torsion dominieren. Für solche Deformationen kann die hier angegebene Betrachtung ebenfalls nur als Abschätzung dienen.

Selbstverständlich muss das Netz aber immer so fein sein, dass man damit die Geometrie der verformten Struktur sauber abbilden kann.

Aber immerhin: Eine grobe Schätzung über die Elementqualität quadratischer Tetraeder wurde hier in diesem Beitrag angegeben. Damit kann die Qualität der Steifigkeit eines Systems in dem die Biegebelastung dominiert, sehr gut abgeschätzt werden.

Wir empfehlen allerdings an dieser Stelle für Probleme, bei denen das Verhältnis der Seitenlänge zur Plattendicke größer als 2000 wird, besser Schalenelemente zu verwenden.

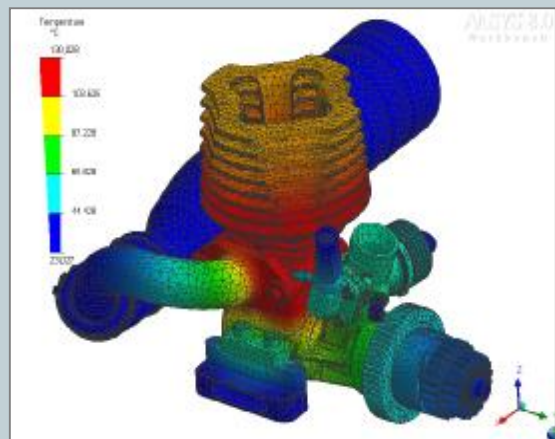
Breaking the 32-Bit Barrier.. .. wo liegen die Berechnungsgrenzen einer Windows-Umgebung ?

Ausgabe: 9 / 2003

ANSYS und ANSYS Workbench Environment (AWE) sind auf unterschiedlichen Plattformen verfügbar. Dominant ist allerdings die Zahl der Installationen unter dem Betriebssystem Windows, die mit dessen großer Verbreitung einher geht. Vor allem die neueren Workbenchprodukte zeichnen sich in diesem Umfeld durch einfaches Handling und gute Performance aus. Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Berechnungsmodelle und der Notwendigkeit, verschiedene physikalische Effekte zu berücksichtigen, gelangt man allerdings zunehmend an die Grenzen der 32-Bit-Umgebung unter Windows.

Aktuelle Anforderungen an die Simulation:

- direkte Verwendung von CAD-Modellen
- 3D Modellierung als Standard
- Untersuchung von Baugruppen anstelle von Einzelteilen
- vielfältige Wechselwirkungen
- Vermeiden des zum Teil großen Aufwandes der Idealisierung (2D, Schalen, Balken)



Beobachtet man diese Entwicklung zu immer größeren Modellen im Verlauf der letzten Jahre, so zeichnet sich folgender Verlauf ab:

| Jahr | 1980 | 1983 | 1989 | 1998 | 2003 |
|---------------------------------|------|------|------|------|-------|
| Freiheitsgrade (DOF) in Tausend | 70 | 90 | 600 | 7000 | 10000 |

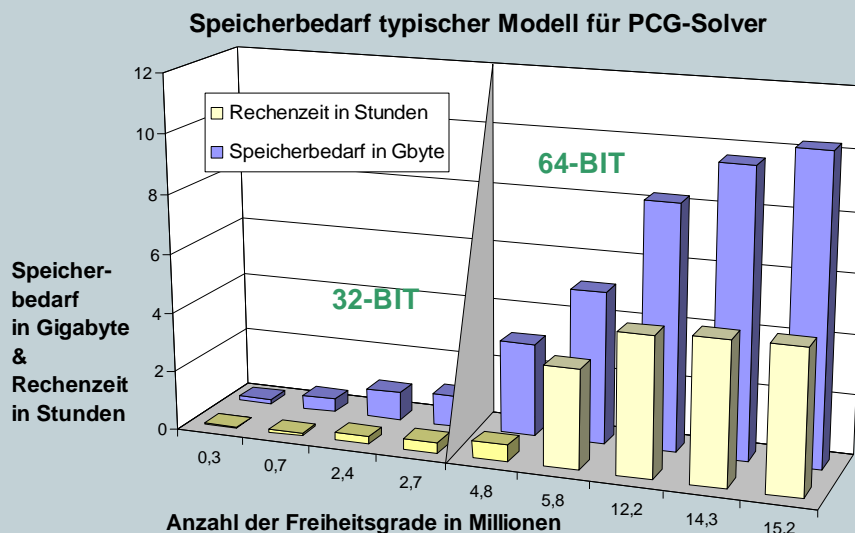
Für besonders große Berechnungsaufgaben setzt jedoch vor allem der begrenzte Adressraum für Anwendungsprogramme der verbreiteten 32-Bit-Umgebungen zu enge Grenzen. Mit den neuen 64-Bit Processoren Itanium stehen allerdings jetzt auch unter Windows geeignete Systeme bereit.

| Grenzen | 32 Bit | 64 Bit |
|----------------|--------|----------------------|
| Memory | 4GB | 16GB (128GB Server) |
| Virtual Memory | 4GB | 16TB |
| PageFile | 16TB | 512TB |
| System Cache | 1GB | 1TB |

Breaking the 32-Bit Barrier.. .. wo liegen die Berechnungsgrenzen einer Windows-Umgebung ?

Ausgabe: 9 / 2003

Mit Unterstützung von HP war es möglich, diese Hardware anhand verschiedener Berechnungsaufgaben zu testen. Das wesentliche Testkriterium war die Bereitstellung des notwendigen Adressbereiches zur Lösung größerer linearer und nichtlinearer Problemstellungen.



Sind mit den „klassischen 32Bit Intel PC's“ Berechnungen bis zu einer Modellgröße von maximal 2.5 Millionen Freiheitsgraden umsetzbar, so ermöglicht die neue Hardware unter Windows XP die Berechnung von Modellen bis zu 15 Millionen Freiheitsgraden. Damit die Ergebnisse für lineare und nichtlineare Aufgaben vergleichbar sind, wurde beim PCG Solver die Memory-Save Option für lineare Berechnungen nicht verwendet!.

Somit ermöglicht eine solche Hardware die Lösung aktueller Simulationsaufgaben vieler Anwender im Verlauf von wenigen Stunden.

In Punkto Rechenzeit zeigte die 64-Bit Hardware etwa gleichwertige Ergebnisse zu „klassischen 32-Bit PC's“ – etwa einem Dual Xeon 2.6 GHz (soweit die Berechnungen in der 32 Bit Umgebung möglich sind).

Für die Lösung größerer Probleme werden zunehmend WINTEL / LINTEL basierende Cluster in die bestehende Desktop-Umgebung eingebunden und erweitern damit die Berechnungsmöglichkeiten nochmals.

Unix-Systeme mit 64 Bit, bis zu mehreren Hundert CPU'S und sehr großem Hauptspeicher (100GByte bis hin zu mehreren Terrabyte) erlauben auch die Umsetzung scheinbar unlösbarer Aufgaben, sind allerdings für die meisten Anwender nicht (oder nur über ANSYS Service Provider ASP) verfügbar.

Breaking the 32-Bit Barrier.. .. wo liegen die Berechnungsgrenzen einer Windows-Umgebung ?

Ausgabe: 9 / 2003

Neben der Hardware bestimmt auch die Wahl des geeigneten Gleichungslösers den Erfolg der Berechnung:

PCG-Solver

Für gut konditionierte Systeme, in Verbindung mit MSAVE,ON deutlich verringerter Speicherbedarf für Elementformulierung (nicht verfügbar für nichtlineare Probleme!)

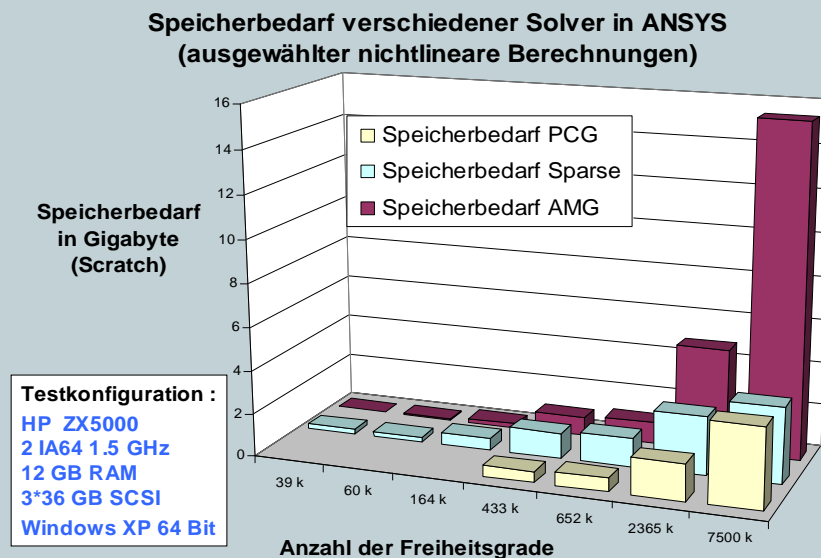
Sparse Matrix

Robuster Gleichungslöser, sehr gut für kleinere und mittlere Aufgaben geeignet

AMG

meist besseres Konvergenzverhalten als PCG und damit auch geeignet für schlechter konditionierte Systeme, bessere Skalierung (2-8 CPU), extra Lizenz erforderlich

Übersicht PCG - Sparse hinsichtlich Speicherbedarf.



Ausblick

Mit der getesteten 64-Bit Plattform unter Windows steht dem Berechnungsingenieur ein System zur Verfügung, das in der gewohnten Umgebung auch größere Berechnungen stabil und in akzeptabler Zeit lösbar macht. Da die Komplexität der Berechnungsprojekte weiter steigen wird, dürften Simulationsaufgaben im Sinne eines „Collaborative Engineering“ verstärkt im Netzwerk realisiert werden.

Nähere Informationen rund um das Thema „Hardware-Software-Umgebungen für aktuelle Simulationsaufgaben“ erhalten Sie gern am:

- Supporttag **06. Oktober** 2003 in Grafing

Konvergenzsteuerung bei gekoppelten Feldern

Problem:

Werden zwei Felder, die gegenseitig voneinander abhängen, mittels einer Matrixkopplung berechnet, kommt es zum Ausfall der Strukturmechanik z.B. bei progressiven Kraft-Weg-Kennlinien bekannten Oszillationsproblem des Newton-Raphson-Algorithmus. Der Konvergenzradius wird nicht erreicht.

Erläuterung:

Am Beispiel der Jouleschen Wärmeproduktion in einem elektrischen Kreis stellt sich dies wie folgt dar:

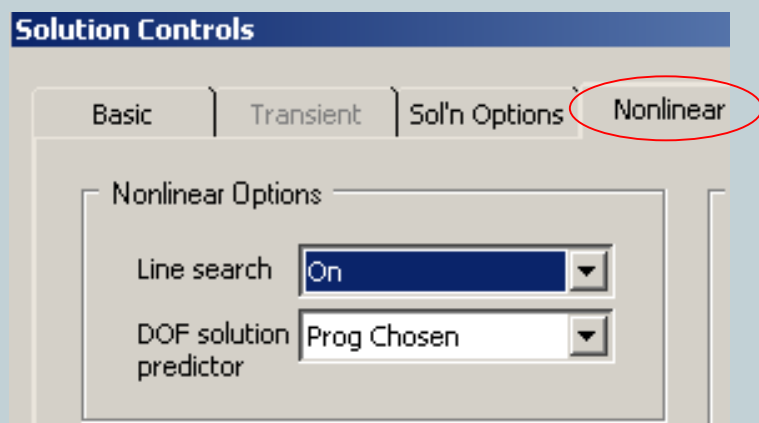
Ist der Ohmsche Widerstand zunächst konstant, wird eine Lösung der elektrisch-thermischen Kopplung ohne weitere Einstellungen möglich. Die Verlustleistung wird quasi in eine Wärmeproduktionsrate umgesetzt.

Bei Betrachtung der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes ändert sich die Lage: Die Temperatur folgt der von Strom und Widerstand abhängigen Verlustwärme, der Widerstand aber wiederum der berechneten lokalen Temperatur. Der Newton-Raphson-Algorithmus oszilliert (vgl. Bild).

Lösung:

Um den Konvergenzradius zu vergrößern, eignet sich auch hier die Skalierung des Freiheitsgrad-Inkrementes. Dazu ist lediglich das Einschalten des „line search“-Algorithmus erforderlich.

Insrch,on



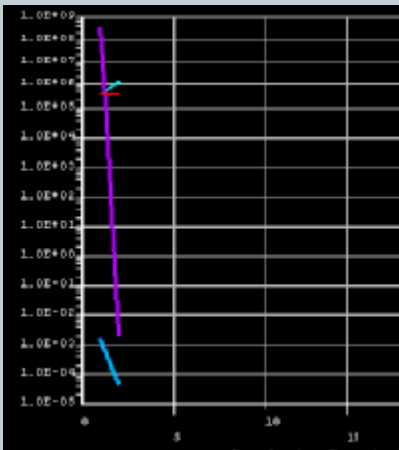
Beispiel:

Zur Illustration soll ein thermisch-elektrischer Aktuator dienen, der darüber hinaus noch eine Einweg-Lastvektorkopplung zur Berechnung der Strukturreaktion benötigt.

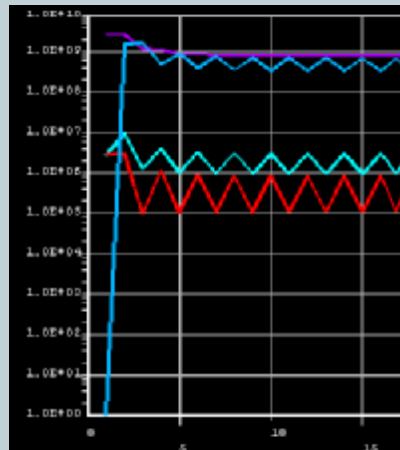
Konvergenzsteuerung bei gekoppelten Feldern

Ausgabe: 9 / 2003

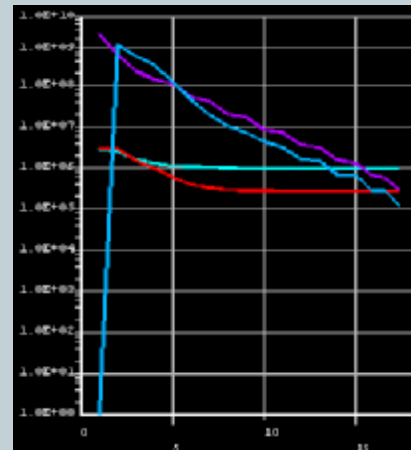
Konvergenzverläufe



Einwegkopplung (R=konst.)



Zweiwegkopplung (R=R(T))

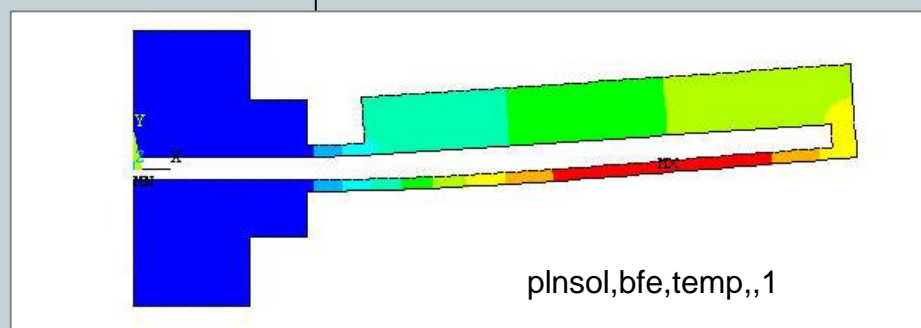


Zweiwegkopplung (Insrch,on)

```
!Elektrisch-thermischer Aktuator
fini
/clear
!
h1=2 $ h2=4 $ h3=12 $ h4=24
x1=20 $ x2=30 $ x3=40
x4=120 $ x5=124
kx=x1/2 $ ky=12 $ kl=2
!
/prep7
et,1,67
mp,TEMP,1,20,200,500,800,1100
mp,DATA,RSVX,1,1,0.03E-9,0.1E-9,0.25E-9,0.6E-9,1E-9
mp,KXX,1,32E6
rect,0,x5,h1,h2
rect,0,x1,h2,h4
rect,kx-kl,kx+kl,ky-kl,ky+kl
rect,x1,x2,h2,h3
arsym,y,all
rect,x4,x5,-h1,h1
rect,x3,x5,h2,h3
aovlap,all
lSEL,S,length,,h1
lSIZE,all,,4
ESIZE,1
ASEL,S,loc,x,x5/2
mshk,1
lSEL,S,loc,y,h1 $ lccat,all
lSEL,S,loc,y,h2 $ lccat,all
lSEL,S,loc,y,-h1 $ lccat,all
lSEL,S,loc,y,-h2 $ lccat,all
```

```
amesh,all
mshk,2
asel,inve
amesh,all
!
!Lasten
alls
asel,s,loc,y,ky
nsla,s,1
d,all,volt,7
asel,s,loc,y,-ky
nsla,s,1
d,all,volt,0
nSEL,S,loc,x,0,x1
d,all,temp,20
!
/solu
alls
Insrch,on
solve
```

```
/prep7
et,1,42
mp,EX,1,169E3
mp,NUXY,1,.22
mp,ALPX,1,2.9E-6
!
nSEL,S,loc,x,0,x1
d,all,all
alls
ldread,temp,last
/solu
alls
solve
!
/post1
set,last
plnsol,u,y
plnsol,bfe,temp,,1
/gline,1,-1
plesol,s,eqv
```



Design Optimierung der Kerbradienverhältnisse eines Mitnehmers

Einen Film, der Ihnen das Vorgehen Schritt für Schritt demonstriert, können Sie hier herunterladen. <http://www.cadferm.de/download/Newsletter/0309/Radopti.swf>

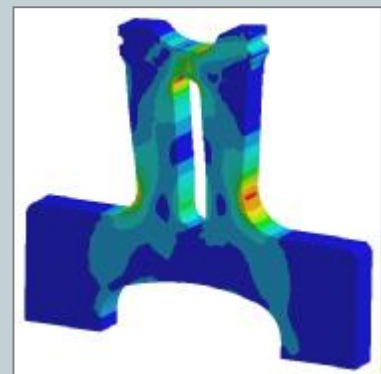
In der Workbenchumgebung ist es mit dem Tool „DesignXplorer“ auf einfache Art und Weise möglich Design Optimierungen durchzuführen.

In dem im Film gezeigten Beispiel wird folgendes Vorgehen verdeutlicht:

Parametrisieren der Struktur

Die Geometrie wird in den DesignModeler eingeladen um die Rundungen zu entfernen.

Die Rundungen werden dann wieder eingeführt, damit die Kerbradien als Parameter zur Verfügung stehen.



Randbedingungen und Vernetzung:

In der DesignSimulation werden die Randbedingungen definiert. Für die Optimierung muss ein sehr gutes Netz zur Verfügung gestellt werden. Dafür wird eine dem Belastungszustand und der Aufgabe der Optimierung der Kerbradien adäquate Vernetzung gewählt.

Die Kerbradien werden als zu variierende Größen gekennzeichnet. Die Masse, die Gesamtverformung und die Vergleichsspannungen in den Kerbradien werden als Ausgangsgrößen gekennzeichnet.



Parameterstudie und Optimierung im DesignXplorer

Die Kerbradien sollen von 1mm bis 5mm variiert werden. Der DesignXplorer erstellt (abhängig von der Anzahl der Eingangsgrößen) eine bestimmte Anzahl an Varianten der Eingangsgrößen, die mit Hilfe der FEM berechnet werden.

Die Berechnungsergebnisse dienen als Stützstellen für Antwortflächen der Ergebnisgrößen.

Wenn die Antwortflächen die Stützstellenergebnisse aus der FEM gut treffen, kann man davon ausgehen, dass alle weiteren Ergebnisse innerhalb der Wertebereiche der Eingangsgrößen ebenfalls auf der Antwortfläche liegen.

Die Beschreibung der Antwortflächen ist eine einfache Gleichung.

Damit bietet sich dem Benutzer eine schnelle Möglichkeit Varianten zu studieren.

Gibt der Benutzer für die Parameter Zielvorstellungen vor, werden ihm drei Varianten vorgeschlagen, die die Zielvorstellungen am besten erfüllen.

Optimiertes Modell in DesignSimulation weiterbearbeiten

Die verschiedenen Varianten können in die DesignSimulation übergeben werden, sodass sowohl die optimierte Geometrie, als auch ein dem optimierten Modell entsprechendes FE Modell vorliegt, mit dem der Benutzer weiterarbeiten kann.

Termine rund um CADFEM

Neue Seminare zu ANSYS 7.1

• Umsteigerkurs ANSYS Workbench

Das Umsteigerseminar für ANSYS Anwender unterstützt Sie, die „Workbench Umgebung“ schnell und strukturiert kennen zu lernen. Das Seminar richtet sich an alle ANSYS-Anwender, die Vorteile des neuen ANSYS Workbench für sich nutzen wollen. Dies sind vor allem

- die stabilen CAD-Importfunktionen,
- die leistungsstarken Vernetzungsalgorithmen und nicht zuletzt
- die neue intuitive Benutzerführung.

Termine:

18. + 19.09.03 in Burgdorf bei Hannover

Weitere Infos: http://www.cadfem.de/schulung/seminar_189.htm

• Berechnungsgerechte Geometrieaufbereitung mit dem ANSYS Design Modeller

Der Design Modeller ermöglicht es dem Berechnungsingenieur, auch komplexe CAD-Modelle für eine FE-Simulation aufzubereiten und eigene Modelle ohne Rückgriff auf ein anderes CAD-System selbst zu generieren. Dieser Kurs richtet sich an alle, die die Möglichkeiten des neuen ANSYS Design Modellers kennen lernen und effizient nutzen wollen.

Termine:

13.10.03 in Grafing bei München

20.11.03 in Leinfelden-Echterdingen bei Stuttgart

Weitere Infos: http://www.cadfem.de/schulung/seminar_234.htm