

Themenübersicht April 2005

Ausgabe: 04 / 2005

- Nice to know
- Paralleles Rechnen mit ANSYS/Workbench
- Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten in CFX
- Wärmeproduktion in kleinen Volumina

- **Wichtige Termine rund um CADFEM**

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

Einführung in die Mechanik(5):
Verzerrungstensoren (2) und Hauptachsentransformation

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

ANSYS / Workbench

● AMD64 und EM64T Version von ANSYS

Auf dem Customer Portal von ANSYS findet man sowohl einen ANSYS Service Pack für EM64T (Intel) als auch für AMD64 Opteron Linux.

Die Intel Prozessoren sind nach wie vor 32bit Xeon Prozessoren haben aber eine 64bit Extension, wohingegen die AMD Prozessoren vollwertige 64bit Prozessoren sind.

Das Service Pack trägt dem Rechnung.

Der Benutzer muss nun je nach Hardware (Intel oder AMD64) das entsprechende Service Pack wählen.

● Dateiexplorer aus ANSYS öffnen

*abbr,EXPLORER,/sys,start explorer .\

Diesen Befehl kann man in die start90.ans im Verzeichnis C:\Programme\Ansys Inc\v90\ANSYS\apdl schreiben.

Damit wird ein Knopf in der ANSYS Oberfläche erzeugt, der den Explorer im aktuellen Verzeichnis startet.

● Lagrange Kontakt in Workbench

In Workbench kann der Lagrange Algorithmus für einzelne Kontaktprobleme verwendet werden. Dieser Algorithmus kann nicht mit dem iterativen PCG Solver betrieben werden.

Deshalb ist darauf zu achten, dass im Detailfenster zu dem Punkt Solution (Lösung) der direkte Solver eingestellt ist.

Anderenfalls kommt eine allgemeine Fehlermeldung.

ANSYS / Workbench

● Flächennormale von ebenen Flächen bestimmen

Mit den Kurzkommandos `normnx(n1,n2,n3)` und `normkx(k1,k2,k3)` können die Normalenrichtungen zu drei Punkten bestimmt werden. Ein kurzes Input das dies für eine ebene Fläche illustriert:

```
/prep7  
bloc,0,1,0,1,0,1  
*do,i,1,6,1  
asel,s,,,i,,,1  
*get,k_1,kp,,num,min  
k_2=kpnext(k_1)  
k_3=kpnext(k_2)  
xx%i%=normkx(k_1,k_2,k_3)  
yy%i%=normky(k_1,k_2,k_3)  
zz%i%=normkz(k_1,k_2,k_3)  
*enddo
```

● Anfangsgeschwindigkeit und MPC-Kontakt


Soll bei einer transienten dynamischen Analyse eine Anfangsgeschwindigkeit durch vorgegebene Verschiebungen definiert werden, kommt es zum Konflikt mit vorhandenen Kopplungsgleichungen. Dies trifft auch den MPC-Kontakt, bei dem intern ebenso die Verschiebungen auf beiden Kontaktseiten in Relation zueinander gesetzt werden. Wird die Rechnung aber als geometrisch nichtlinear aufgefaßt (NLGEOM,ON), "merkt" sich ANSYS die Kontaktdefinition während der Schritte, in denen die Verschiebungen fest definiert sind – der Kontakt wirkt nach deren Löschen.

ANSYS / Workbench

● Externe Kraft in Workbench

Die Externe Kraft in Workbench wird mit einer MPC Verbindung verwirklicht. Solange der Benutzer keine großen Verformungen einschaltet, werden nur die benötigten Freiheitsgrade in die beteiligten Gleichungen einbezogen. Ein Anwender, der die externe Kraft später mit APDL Kommandos weiterbenutzt, sollte auf das Setzen der Keyoption 4 für die beteiligten Target Elemente achten.

● Ergebnisse komfortabel vergleichen

In Workbench können Abbildungen  per Drag and Drop auf andere Punkte im Strukturbaum geschoben werden. Eine Abbildung eines Ergebnisses behält dabei die Legende. Damit sind direkte Vergleiche der selben Größen bei verschiedenen Berechnungsmodellen möglich.

● Datenrückübertragung bei Remote Solve in Workbench

Im Variablenmanager können zwei Variablen gesetzt werden, die bei Problemen mit der Datenrückführung doch noch das Postprozessing erlauben.

SAVE UNIX FILES Wert 1

KEEP XML FILES Wert 1

Während der Save Unix Files Key die ANSYS Ergebnisse auf der Unix Maschine speichert (rst, rth), behält der XML Key die xml Files, die als Ergebnisfiles für Workbench dienen. Diese können in ein Arbeitsverzeichnis auf der lokalen Maschine übertragen werden und mit einem Dummy Solve (Kommandos vor dem Solve in den Baum eintragen: /exit,nosave) eingelesen werden.

Achtung: Der Dummy Solve geht nicht für gekoppelte Temperatur-Strukturmechanik Analysen.

Paralleles Rechnen mit ANSYS / Workbench

Problem:

Da das Erstellen komplexer Simulationsmodelle zunehmend leichter wird, arbeiten bereits heute viele Anwender mit Modellgrößen (jenseits der Millionen Freiheitsgrade), die die Grenzen der verfügbare Hardware erkennen lassen. Meist resultiert dies dann im Wunsch nach leistungsstärkeren Rechnern in der 64-bit Umgebung.

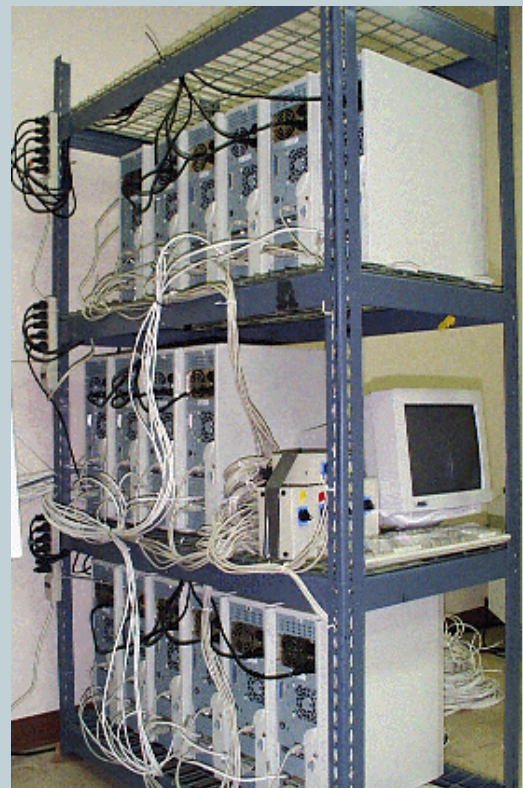
Das auch mit der verfügbaren Hardware Lösungsmöglichkeiten bestehen, zeigt dieser Artikel.

Lösungsansatz:

Ausgehend von einer bestehenden 32-Bit Rechnerumgebung (aber nicht limitiert darauf) , können diese bestehenden Rechner zu einem Cluster formiert werden. Dies ermöglicht die gemeinsame Nutzung von CPU und Arbeitsspeicher für Simulationsaufgaben mit ANSYS (und Workbench).

Umsetzung:

Die Kommunikation zwischen den einzelnen, verteilten Rechnern wird von einer „Middleware“ (Zusatzsoftware) übernommen, welche den Informationsaustausch durch ein MPI (Message Passing Interface) gewährleistet. Die von ANSYS unterstützte (aber nicht mitgelieferte !) MPI-Software ist betriebssystemabhängig zu konfigurieren. Details dazu finden Sie im Kapitel 2.1.1 des Distributed ANSYS Guides.



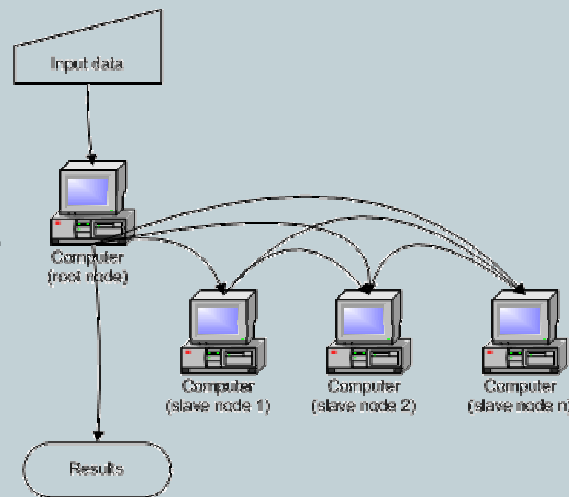
Paralleles Rechnen mit ANSYS / Workbench

Ausgabe: 04 / 2005

Ist eine solche Rechnerumgebung mit MPI konfiguriert, so kann die Lösung der Simulationsaufgabe unter Nutzung der verteilt vorliegenden Ressourcen durchgeführt (und ggf. beschleunigt werden).

Damit dies funktioniert muss auf allen beteiligten Rechnern die ANSYS Installation mit MPI Unterstützung installiert werden.

Meist erfolgt der Zugang zu einem solchen Cluster per Shell (Kommandozeile) vom Arbeitsplatzrechner aus.



Auf diesem Wege lässt sich mittels der REMOTE-SOLVE Option (vorgestellt in Ausgabe 2) der Cluster zur Lösung auch aus Workbench heraus ansprechen, da das Startkommando anpassbar ist. Hier ein Beispiel zur Simulation auf 3 Rechnern:

```
ansys90 -pp -dis -machines machine1:np:machine2:np:machine3:np
```

Vorteile:

Der wesentliche Vorteil eines solchen Clusters für die Simulation besteht im deutlich erweiterten Adressbereich (ohne Anschaffung neuer Hardware) – also Speicherbereiche grösser 4 GB.

Zur Abschätzung der damit rechenbaren Modellgrößen kann folgende Formel genutzt werden:

Master:

$$MDOF_{(Maximum)} = \frac{Machine_{(1)} \cdot Memory_{(GB)}}{(0.1 + 1.0 / \text{Number of Machines})}$$

Clients:

$$MDOF_{(Maximum)} = Machines_{(2 \rightarrow N)} \cdot Memory_{(GB)} * N$$

Paralleles Rechnen mit ANSYS / Workbench

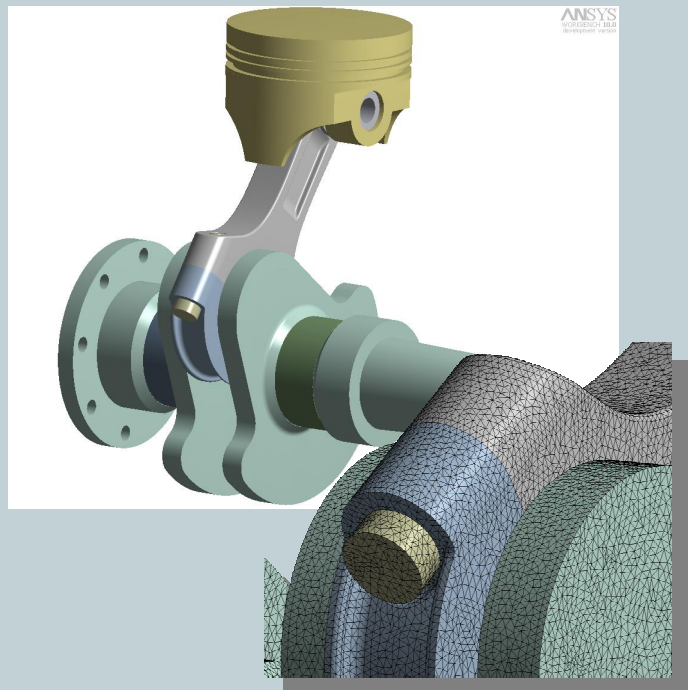
Ausgabe: 04 / 2005

Dies ermöglicht somit die Berechnung von Modellen, die auf herkömmlichen 32-Bit Systemen nicht mehr möglich sind.

Modell Kurbel:

6.5 Mio Freiheitsgrade
nichtlineare Strukturmechanik
mit Kontakt

CPU	Elapsed Time
3	nicht rechenbar
4	21669
5	19341
6	17672
7	17505
8	15796



Daneben kann durchaus auch die Gesamtzeit der Simulation reduziert werden, da neben der reinen Gleichungslösung auch die Elementformulierung und die Spannungsaufbereitung parallelisiert ist.

Der gewinnbare Speedup hängt allerdings sowohl vom Programmcode (ANSYS) als auch der Qualität der Rechnerverbindung (interconnect) ab:

Maximale Faktor ist begrenzt durch Anteil serieller Prozessabläufe!



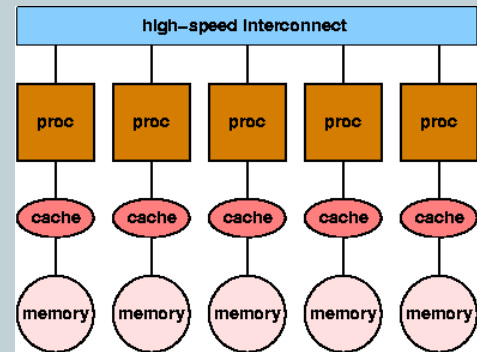
Speedup Grenze = 10!!!! (an diesem Beispiel)



Paralleles Rechnen mit ANSYS / Workbench

Ausgabe: 04 / 2005

Bestimmend für die Geschwindigkeit des Datenaustausches zwischen den Rechnern ist vor allem der Interconnect – der neben der Software (MPI) auch von der Hardware – also den Netzwerkadaptoren bestimmt ist.



Es wird empfohlen hier mindestens mit Gigabit Ethernet (besser mit Myrinet) Datenanbindung zu arbeiten.

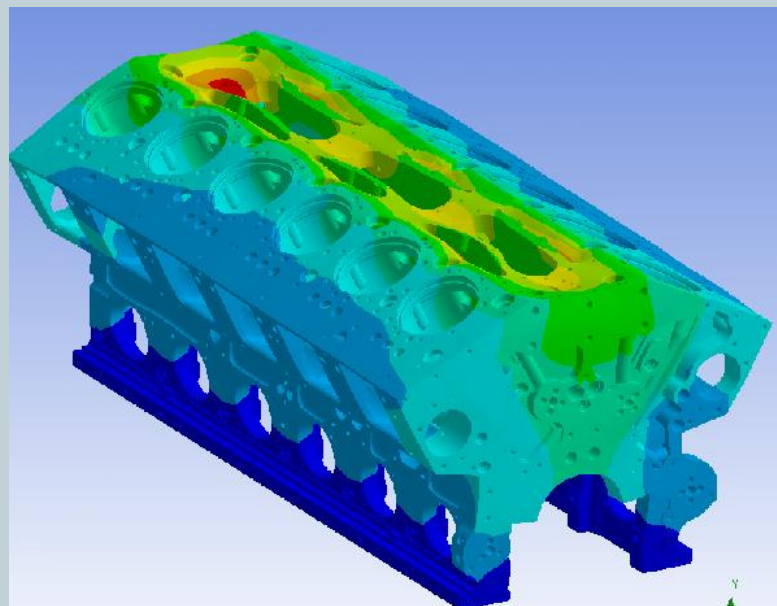
In einer solchen Clusterumgebung ist dann auch eine messbare Verbesserung der Rechenzeiten (bei bestehender Hardware) nachweisbar – wobei der Grad der Skalierung auch vom verwendeten Solver und der Konditionierung der Modelle abhängt.

Modell Motorblock:

4.2 Mio Freiheitsgrade
Statik Strukturmechanik

Rechenzeiten:

Anzahl CPU	Elapsed Time
2	5324
4	4283
6	3339
8	2941



JO

Definition des Wärmeübergangskoeffizienten in CFX 5.7.1

Ausgabe: 04 / 2005

Der Wärmeübergang zwischen Fluid und Festkörper findet in der dünnen Grenzschicht an der Wandoberfläche statt. Dort nimmt in einem schmalen Bereich die Fluidgeschwindigkeit in der (fast) reibungsfreien Hauptströmung auf Null (Haftbedingung an der Wand) ab. Es treten also hohe Gradienten auf. Das gilt auch für die Temperatur, man spricht hier von der Temperaturgrenzschicht. Der Wärmeübergang vom Fluid auf den Festkörper wird durch den Wärmeübergangskoeffizienten α charakterisiert.

$$\alpha(x) = \frac{\dot{Q}(x)}{A \cdot (T_w - T_\infty)} = - \frac{l}{T_w - T_\infty} \frac{\partial T}{\partial y}$$

Dieser wird immer auf eine bestimmte Referenztemperatur bezogen, hier die Temperatur der ungestörten Anströmung T_∞ . α hängt von den Wärmetransportvorgängen in der Grenzschicht und von der Dicke der Grenzschicht ab und damit von der Beschaffenheit der Strömung (laminar, turbulent).

Für verschiedene Strömungsformen, laminar und turbulent, welche durch die Reynoldszahl Re charakterisiert werden, können die Wärmeübergangszahlen mit Hilfe der Nußelt-Zahl Nu theoretisch bestimmt werden. Die örtliche Nu -Zahl berechnet sich zu:

$$Nu_x = \frac{\alpha(x) \cdot x}{l} = \frac{x}{T_w - T_\infty} \frac{\partial T}{\partial y}$$

Die Nußelt-Zahl ist also auch ein dimensionsloser Temperaturgradient. Der Index x weist darauf hin, dass die Nußelt-Zahl auf die charakteristische Größe x bezogen ist. Dies kann zum Beispiel die Länge des Problems sein.

Definition des Wärmeübergangskoeffizienten in CFX 5.7.1

Ausgabe: 04 / 2005

Die mittlere Wärmeübergangszahl $\bar{\alpha}$ und der Wärmestrom berechnen sich zu:

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{L} \int_0^x \alpha(x) dx$$

$$\dot{Q} = \bar{\alpha} \cdot A \cdot (T_w - T_\infty)$$

Beispiel Plattenströmung:

Für die laminare Strömung an einer längs angeströmten Platte berechnet sich die örtliche Nußelt Zahl zu

$$Nu_x = 0.332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \quad \text{für} \quad 0.6 \leq Pr \leq 50$$

die mittlere zu

$$\bar{Nu} = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad \text{für} \quad 0.6 \leq Pr \leq 50$$

Ergebnisse:

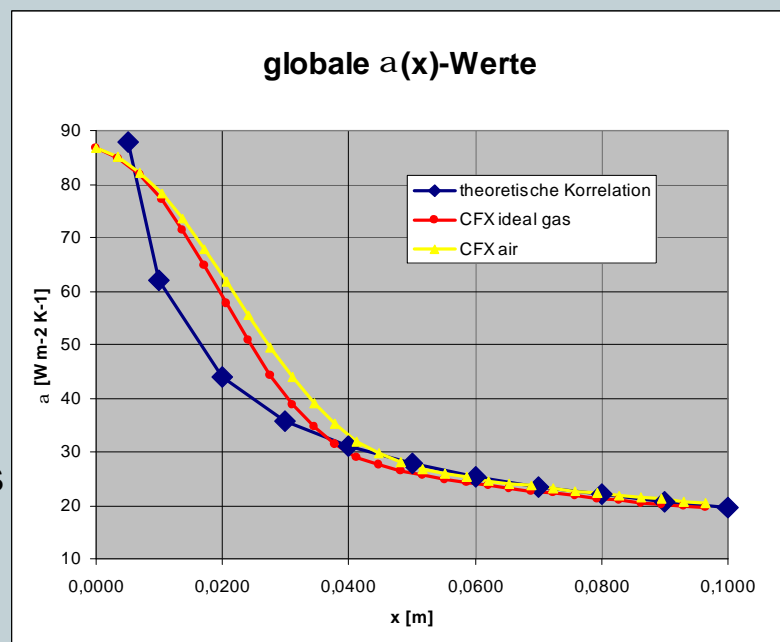
Die mit CFX-5 erzielten Ergebnisse stimmen sehr gut mit den theoretischen Korrelationen überein.

$$\bar{\alpha}^{CFX} = 39,29 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\bar{\alpha}^{Theo.} = 39,24 \frac{W}{m^2 K}$$

Zur Berechnung der mittleren und örtlichen Wärmeübergangskoeffizienten muss vor dem Starten des CFX-Solvers der EXPERT PARAMETER **tbulk for htc** auf eine

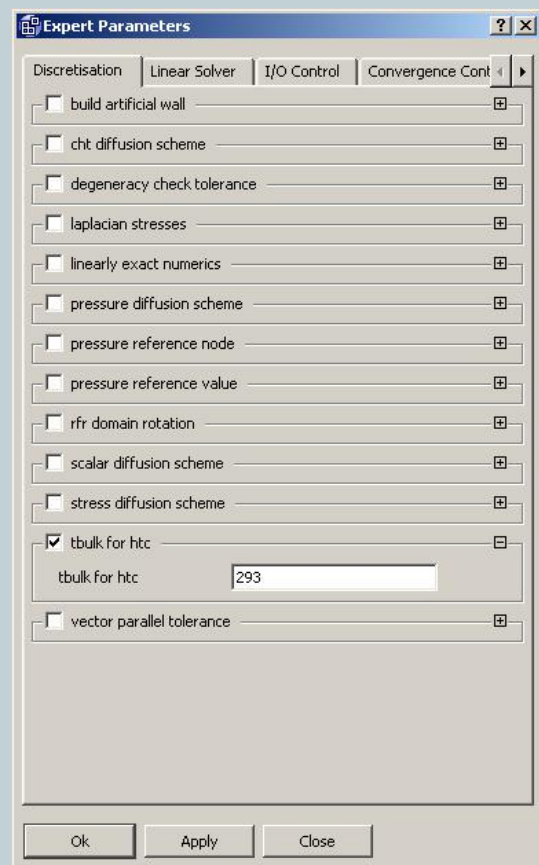
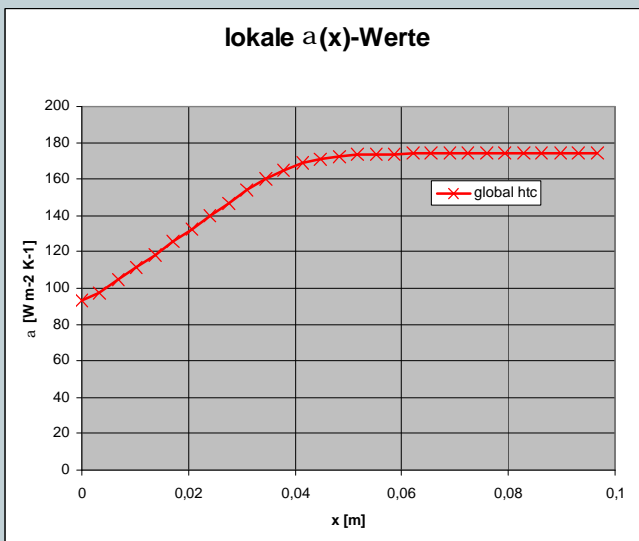
Referenztemperatur gesetzt werden, um diese mit den Werten aus der Literatur vergleichen zu können.



Definition des Wärmeübergangskoeffizienten in CFX 5.7.1

Ausgabe: 04 / 2005

Wird dieser EXPERT PARAMETER nicht gesetzt, erhält man den Wärmeübergangskoeffizienten bezogen auf eine lokale Referenztemperatur T_{nw} , siehe folgende Abbildungen.



In der Default-Einstellung werden die α -Werte aus dem lokalen Wärmestrom an der Wand geteilt durch die Differenz aus der Wandtemperatur T_w und der wandnächsten Temperatur T_{nw} berechnet. Die globalen Werte werden mit der Einstellung des EXPERT PARAMETER auf eine feste Temperatur T_{bulk} bezogen.

$$a_{\text{local}}(x) = \frac{q_w^{\text{local}}(x)}{T_b - T_{nw}} \quad a_{\text{global}}(x) = \frac{q_w^{\text{local}}(x)}{T_b - T_{\text{bulk}}}$$

Die mittleren α -Werte lassen sich in CFX-POST mit der Expression

areaAve(WallHeatTransferCoefficient)@Wall

berechnen.

(TL)

Wärmeproduktion in kleinen Volumina

Ausgabe: 04 / 2005

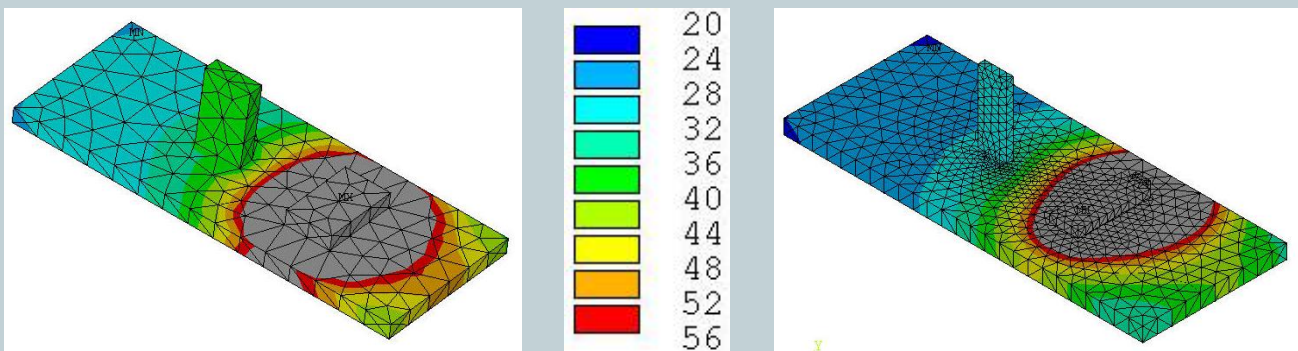
Problem:

Bei einer ganzen Reihe von Anwendungen, wie Absorption, ohmscher oder induktiver Wärmeerzeugung, muß ein Leistungseintrag in einer relativ zum sonstigen Bauteil dünnen Schicht erfolgen. Eine weitere Klasse stellen Bauteile dar, die im ganzen erwärmt werden, aber von filigranen Abmaßen sind.

Für die Modellierung ist dabei nicht nur der Betrag der Leistung relevant sondern auch die möglichst exakte Abbildung des Volumens und eine hinreichend feine Vernetzung.

Lösung:

Die beiden unteren Bilder sollen an dieser Stelle veranschaulichen, wie stark das Temperaturfeld von einer fehlerhaften Lasteinleitung beeinflusst werden kann.



Folgende Aspekte müssen beachtet werden:

- Widerstand, ggf. Kapazität, der Schicht selbst (kein „Aufschneiden“ und einbringen einer Oberflächen-Wärmestromdichte)
- ausreichend viele Elemente im Leistungseintragsgebiet
- Höhe des Gradienten (quadratischen Ansatz verwenden)
- Randabfall des Eintrags (insbesondere bei Absorption)

Hinweis:

Zu Modellierungstechniken rund um elektronische Bauelemente findet ein neu konzipiertes Seminar statt (28./29. April in Grafing).

LK

Termine rund um CADFEM

Ausgabe: 04 / 2005

Seminartermine

• Piezoeletrizität

Hier erwerben Sie das theoretische und praktische Grund- und Detailwissen zur Berechnung piezoelektrischer Bauteile.

09.05.2005 Grafing

$$\begin{Bmatrix} \{T\} \\ \{D\} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [c] & [e] \\ [e]^T & -[\varepsilon] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{S\} \\ -\{E\} \end{Bmatrix}$$

Abb1. Materialgleichung des piezoelektrischen Materials, verbindet in Matrixkoppelung mechanische Spannung (T) und dielektrische Verschiebung (D) mit Dehnung (S) und elektrischer Feldstärke (E).

• Faserverbundwerkstoffe und ihre Berechnung

In diesem Seminar werden Materialien, mechanische Eigenschaften und Prüfung der Faserverbundwerkstoffe, sowie deren Analyse mit der klassischen Laminattheorie vorgestellt.

11.05. – 12.05.2005

Burgdorf b. Hannover

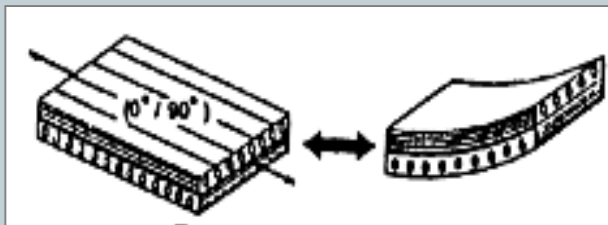


Abb2. Biegung eines Faserverbundbauteils unter Zugbelastung
(Zug-Biege-Koppelung)