SERVICE NEWSLETTER

Ausgabe: 07 / 2005

Themenübersicht
Juli 2005

- **Nice to know**
- **Rotierende Rechengebiete in CFX**
- **Einführung in die Mechanik (6): Hauptachsentransformation**
- **Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler (Teil 3)**
- **Wichtige Termine rund um CADFEM**
- **Unter anderem in der nächsten Ausgabe:**

  Neue Funktionen in der Version 10.0

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

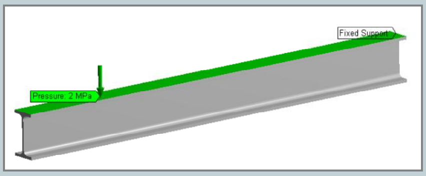
Ansprechpartner:
Marc Vidal
mvidal@cadfem.de

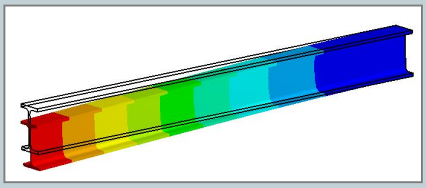
Nice to know

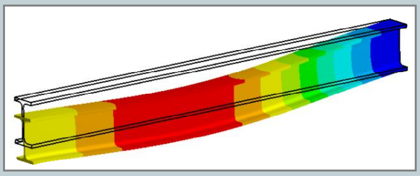
ANSYS / Workbench

- **Fehler in der Dokumentation:Anzahl der Prony Paare**
  Die Anzahl der maximal verwendbaren Prony-Paare (TB,PRONY) ist nicht wie angegeben 6 sondern 34 in der Version 9.0. Ab der Version 10.0 soll dies auf 100 Paare erhöht werden. Wir danken Herrn Gerhard Müller und Herrn Dr. Endre Barti (Siemens AG) für den Hinweis auf diesen Fehler.

- **In verschobener Lage festhalten**
  mit dem Kommando d,all,all,%_fix% werden die berechneten Verschiebungen als Festhaltungen für einen nachfolgenden Berechnungsschritt aufgebracht.
  Dies lässt sich auch sehr gut in Workbench umsetzen, wenn bei einer nichtlinearen Analyse ein Kommandoobjekt für den zweiten Lastschritt eingefügt wird.
  Die Abbildungen zeigen die Verformung im ersten und zweiten Lastschritt bei Steigerung des Druckes von 2MPa auf 70MPa. Im zweiten Lastschritt wurde die Stirnfläche in der verschobenen Lage fixiert.







Nice to know

ANSYS / Workbench

- **Zeitreihe in Spektrum transformieren**

  http://www.cadfem.de/fileadmin/files/9_service_newsletter/2005/0507/ansfouri.zip

  Im angegebenen Verzeichnis findet man das Makro ansfouri.mac von unserem Kollegen Thomas Iberer, mit dem man in ANSYS eine Zeitreihe in ein Spektrum transformieren kann. Das Makro basiert auf dem in ANSYS vorhandenen *MFOURI-Kommando. Als kleines Testbeispiel ist die Datenreihe Zeitreihe.dat beigelegt.

  Zum Test kann ansfouri,'Zeitreihe','dat, aufgerufen werden.

  Falls lange Zeitreihen in den Frequenzbereich transformieren werden sollen, empfehlen wir jedoch externe Signalverarbeitungsprogramme zu benutzen, die mit Hilfe von FFT-Algorithmen solche Transformationen schneller durchführen können.

- **Referenzen der Freiheitsgrade im rst file bei Verwendung der 131/132 Elemente**

  Die Verwendung von 131/132er Element-Typen mit anderen Elementtypen führt dazu, dass die gesamte Tabelle der Feiheitsgrade (siehe Guide to Interfacing wsith ANSYS) umgestellt wird, und zwar stets abhängig davon, welche Elementtypen neben den 131/132 definiert sind und entsprechende DOF anfordert. Die bisherigen Standard-DOF landen dabei auf anderen Referenznummern.
  Damit können externe Programme nicht mehr sauber auf die Ergebnisse im rst File zugreifen.

SERVICE NEWSLETTER

CADFEM

Ausgabe: 07 / 2005

Rotierende Rechengebiete in CFX

Einführung:

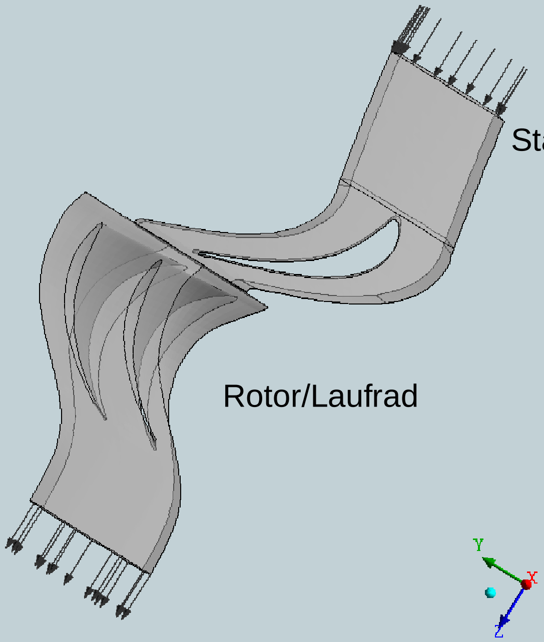
Der Datenaustausch von mit der Winkelgeschwindigkeit ω drehenden Rechengebieten mit stehenden Rechengebieten erfolgt in CFX auf drei verschiedene Arten:

– stationär

- Stage Interface
  - Stationäre Rechnung, Umfangsmittelung
- Frozen Rotor
  - Stationäre Rechnung, eingefrorene Schaufelposition

– instationär

- zeitechte Auflösung der Drehbewegung



Im rotierenden Bezugssysteme wird gegenüber dem stationären Bezugssystem die Fliehkraft und die Corioliskraft durch einen zusätzlichen Quellterm

$$\vec{S} = -2(\vec{w} \times \vec{w}) - \vec{w} \times (\vec{w} \times \vec{r})$$

berücksichtigt. Der Vektor $\vec{w} = \vec{c} - \vec{u}$ ist die Relativgeschwindigkeit, die sich vektoriell aus der Absolutgeschwindigkeit c und der Umfangsgeschwindigkeit u = rω zusammensetzt.

Rotierende Rechengebiete in CFX

Simulationsaufbau:

In CFX wird eine rotierendes Domain unter CREATE DOMAIN wie in Abbildung 2 gezeigt als rotierendes Gebiet mit der Winkelgeschwindigkeit ω definiert.

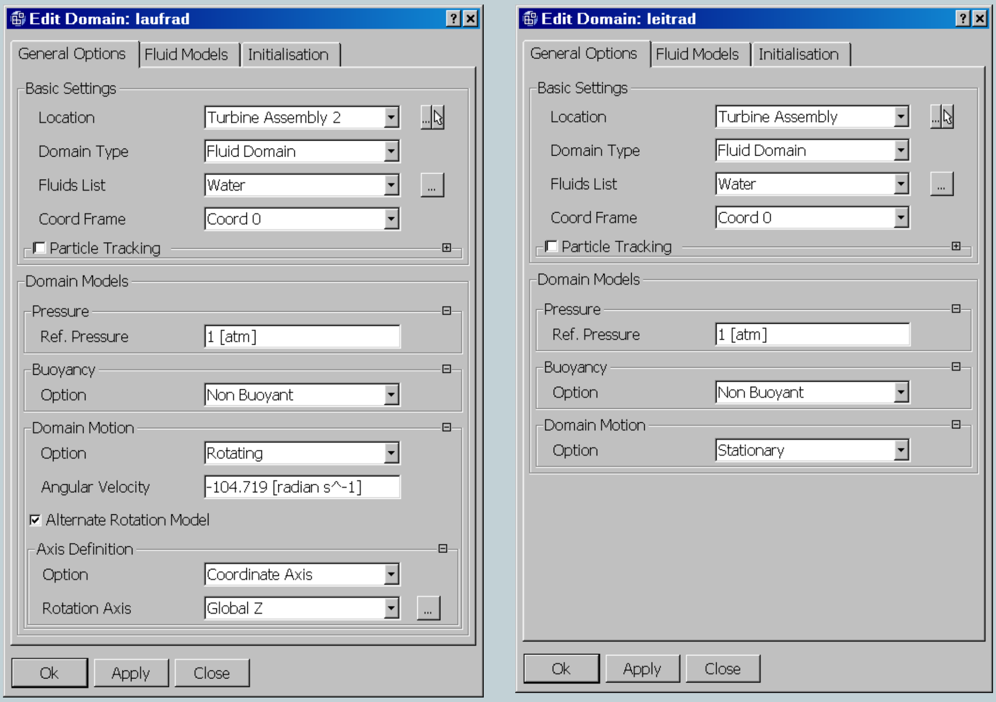
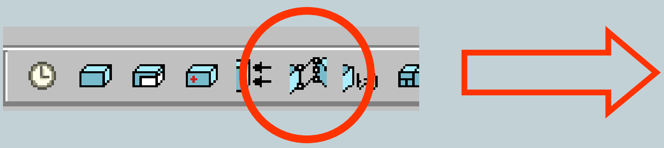
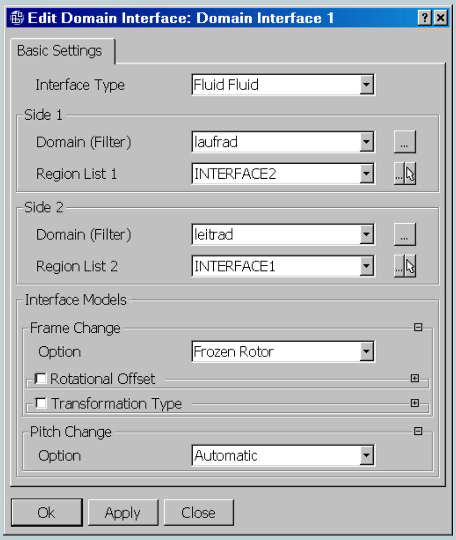
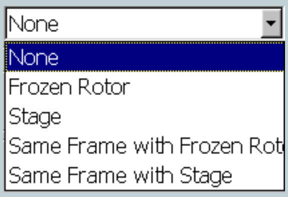


Abb. 2: Edit Domain des Rotors und des Stators

Mit einem Interface können nun die unterschiedlichen Bezugssysteme verbunden werden:







CADFEM

Ausgabe: 07 / 2005

Rotierende Rechengebiete in CFX

Hinweise:

Die Verwendung der zeitechten Simulation erfordert einen hohen Rechenaufwand, da die Simulation einer Umdrehung viele Zeitschritte erfordert und meist mehrere Umdrehungen simuliert werden müssen, bis sich die Lösung eingeschwungen hat. Daher ist das STAGE-Interface sowie die FROZEN ROTOR Rechnung eine echte Alternative. Man beachte dabei folgendes:

STAGE:

Die Strömungsgrößen (Flüsse) werden in Umfangsrichtung gemittelt und über das Interface übergeben. D.h. die Stellung der Position des rotierenden zum drehenden Bezugssystem wird dadurch nicht berücksichtigt. Das Stage-Interface darf nur bei axialsymmetrischen Problemen verwendet werden. Größenveränderungen in Umfangsrichtung werden durch die Mittelung unterdrückt.

FROZEN ROTOR

Es erfolgt keine Mittelung in Umfangsrichtung, vielmehr werden die Strömungsgrößen lokal an das andere Bezugssystem übergeben. Die relative Position der Systeme zueinander wird beibehalten. Frozen Rotor muss bei nicht axialsymmetrischen Problemen wie die Strömung durch ein Pumpenlaufrad und der nachfolgenden Spirale verwendet werden. Die Ergebnisse der Rechnung sind von der Stellung der Bezugssysteme zueinander abhängig. Daher sind meist mehrere Winkelstellungen zu berechnen. Dieses Modell erfasst örtliche Wechselwirkungen.

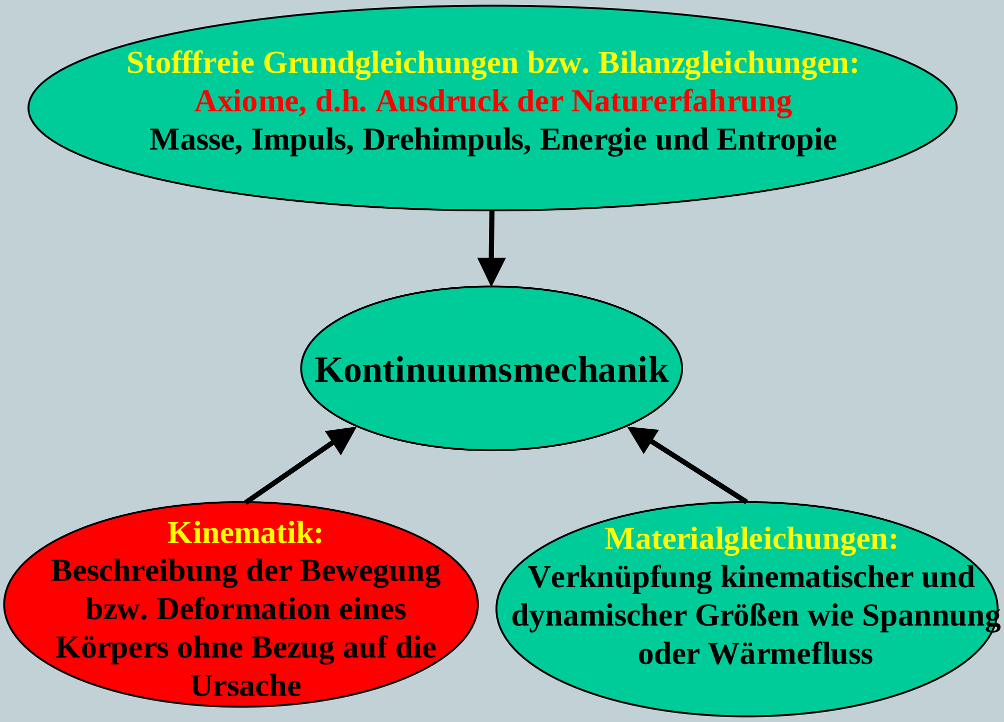
Beide Modelle können nur bei stationären Rechnungen eingesetzt werden.

Der physical timestep sollte dem Kehrwert aus der Winkelgeschwindigkeit ω entsprechen.

TL

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

Rückblick und Ausblick: Bevor wir zum eigentlichen Thema kommen noch ein paar grundsätzliche Anmerkungen. Einen Überblick/Einordnung des Bisherigen im Kontext der Kontinuumsmechanik liefert folgende Grafik:



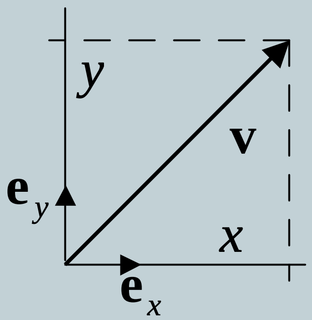
Wir haben uns bis jetzt ausschließlich im „roten Feld“ bewegt,d.h wir haben lediglich die Bewegung (=Kinematik, Deformationsgradient **F,** Artikel 1-3) und die daraus ableitbare Verformung (Verzerrungstensoren nach Green, Hencky und Almansi, Artikel 3-5) beschrieben. Das hat mit dem Spannungsbegriff zunächst auch nichts zu tun!

Ist die Kinematik abgeschlossen werden wir uns dem Feld „Materialgleichungen“ zuwenden. Hier werden wir den Begriff „Spannung“ definieren und dabei feststellen, dass es genauso wie bei den Verzerrungen auch hier mehrere Definitionen davon gibt. Wesentlich wird dann die Verknüpfung von kinematischen (Verzerrungen) und dynamischen (Spannungen) Größen in den sog. Materialgleichungen sein.

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

Wie im letzten Teil angekündigt, beschäftigen wir uns in diesem Teil hauptsächlich mit der Hauptachsentransformation von Tensoren 2.Stufe. Verwenden werden wir dies bei der Berechnung der wahren bzw. logarithmischen Verzerrungen (Hencky Verzerrungen).

Hierzu einige Anmerkungen. Jeder Vektor oder Tensor 2.Stufe (Matrix) besitzt eine **Basis**. Dies ist bei Vektoren auch jedem „geläufig“. Hier zur Illustration ein einfaches Beispiel (2-D):



$$\mathbf{v} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y$$

$$\text{Matrizenschreibweise:}$$

$$\mathbf{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Stellen wir Tensoren in Matrizenschreibweise dar wird häufig übersehen, dass die angegebenen Koordinaten (hier:x,y) sich auf eine Basis beziehen! In unserem Fall das kartesische System $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$. Wie lauten nun aber die Koordinaten des selben Vektors **v** in einem anderen Koordinatensystem $\mathbf{n}_1$, $\mathbf{n}_2$? Dafür geben wir uns den Zusammenhang zwischen altem und neuen Koordinatensystem vor und setzen dies in die Darstellung für **v** ein:

$$\mathbf{e}_x = a\mathbf{n}_1 + b\mathbf{n}_2 \quad ; \quad \mathbf{e}_y = c\mathbf{n}_1 + d\mathbf{n}_2$$

$$\mathbf{v} = x\mathbf{e}_x + y\mathbf{e}_y = x(a\mathbf{n}_1 + b\mathbf{n}_2) + y(c\mathbf{n}_1 + d\mathbf{n}_2)$$

$$= (xa + yc)\mathbf{n}_1 + (xb + yd)\mathbf{n}_2$$

$$\Rightarrow \text{Matrizenschreibweise:} \qquad \mathbf{v} = \begin{pmatrix} xa + yc \\ xb + yd \end{pmatrix}_{\mathbf{n}_1,\mathbf{n}_2}$$

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

Offensichtlich besitzt der selbe Vektor in einem anderen Koordinatensystem auch andere Koordinaten! Diese Erkenntnis wollen wir nun auf Tensoren 2.Stufe übertragen. Wir wollen uns hier zunächst ebenfalls auf den 2-D Fall beschränken und betrachten ausschließlich symmetrische Tensoren (Matrizen) wie z.B.:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1{,}5 & -0{,}5 \\ -0{,}5 & 1{,}5 \end{pmatrix}$$

Ein Tensor 2.Stufe besitzt im 2-D Fall offensichtlich 4 Koordinaten (im 3-D Fall sind es 9). Dies bedeutet, dass es auch 4 (3-D Fall 9) von einander unabhängige Basen geben muss. Diese Basen werden durch ein sogenanntes **dyadisches** Produkt gebildet. Für dieses Produkt gelten wiederum besondere Rechenregeln, die wir zu gegebener Zeit kennen lernen werden. Man schreibt diese wie folgt:

$$\mathbf{e}_x \otimes \mathbf{e}_x \quad ; \quad \mathbf{e}_x \otimes \mathbf{e}_y \quad ; \quad \mathbf{e}_y \otimes \mathbf{e}_x \quad ; \quad \mathbf{e}_y \otimes \mathbf{e}_y$$

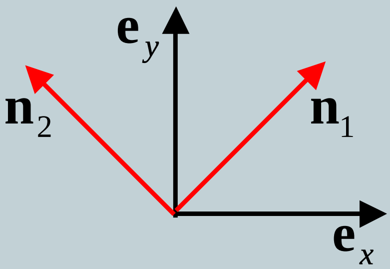
Damit lässt sich A ,wie bisher bei Vektoren auch, als Summe aus Koordinaten und Basen darstellen. Die Zuordnung von Koordinate und Basis ist leicht zu erkennen:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1{,}5 & -0{,}5 \\ -0{,}5 & 1{,}5 \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \quad \mathbf{A} = 1{,}5\mathbf{e}_x \otimes \mathbf{e}_x - 0{,}5\mathbf{e}_x \otimes \mathbf{e}_y - 0{,}5\mathbf{e}_y \otimes \mathbf{e}_x + 1{,}5\mathbf{e}_y \otimes \mathbf{e}_y$$

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

Nachdem wir nun eine **allgemein** gültige Darstellung für diese Tensoren gefunden haben, können wir nun darangehen und genauso wie bei einem Vektor einen Wechsel der Basis vornehmen. Wie wählen als neue Basisvektoren



$$\mathbf{n}_1 = \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{e}_x + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{e}_y \quad ; \quad \mathbf{n}_2 = -\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{e}_x + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{e}_y$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{e}_x = \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 - \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2 \quad ; \quad \mathbf{e}_y = \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2$$

Die „alten“ Basen **e** werden nun durch die „neuen“ Basen **n** ersetzt. Dabei gilt das Distributionsgesetz auch für dyadische Basen, also

$$\left(a\ \mathbf{a} + b\ \mathbf{b}\right) \otimes j\ \mathbf{c} = a\,j\ \mathbf{a} \otimes \mathbf{c} + b\,j\ \mathbf{b} \otimes \mathbf{c}$$

α, β, φ sind hier Skalare. Damit erhält man

$$\begin{aligned}
\mathbf{A} = 1{,}5&\left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 - \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right) \otimes \left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 - \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right) - \\
-0{,}5&\left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 - \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right) \otimes \left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right) - \\
-0{,}5&\left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right) \otimes \left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 - \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right) + \\
+1{,}5&\left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right) \otimes \left(\tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_1 + \tfrac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{n}_2\right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Leftrightarrow \quad \mathbf{A} &= 1\mathbf{n}_1 \otimes \mathbf{n}_1 - 0\mathbf{n}_1 \otimes \mathbf{n}_2 - 0\mathbf{n}_2 \otimes \mathbf{n}_1 + 2\mathbf{n}_2 \otimes \mathbf{n}_2 \\
&= \mathbf{n}_1 \otimes \mathbf{n}_1 + 2\mathbf{n}_2 \otimes \mathbf{n}_2
\end{aligned}$$

$$\text{Matrizenschreibweise:} \qquad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}_{\mathbf{n}_1;\mathbf{n}_2}$$

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

Damit ist die Darstellung dieses Tensors in dem neuen Koordinatensystem gefunden. Er scheint zudem eine besonders **einfache** Darstellung zu besitzen: Er hat nur Koordinaten ungleich Null in der Hauptdiagonalen. Eine Darstellung in dieser Weise nennt man **Hauptachsendarstellung** eines Tensors. Diese beinhaltet zudem ganz charakteristische Größen dieses Tensors: Zum einen die Basisvektoren **n**, diese nennt man **Eigenvektoren** und zum Anderen die Werte in der Hauptdiagonalen, die sog. **Eigenwerte** (hier: 1, 2).

Hier noch zwei wichtige Eigenschaften symmetrischer Tensoren:

1. Die Eigenwerte sind immer reell.
2. Die Eigenvektoren stehen immer senkrecht aufeinander und werden normiert auf 1, d.h.

$$\mathbf{n}_i \bullet \mathbf{n}_j = 0 \quad \text{für } \; i \neq j$$

$$\mathbf{n}_i \bullet \mathbf{n}_j = 1 \quad \text{für } \; i = j$$

Die entscheidende Frage lautet nun: Wie können Eigenwerte und Eigenvektoren berechnet werden? Hierzu ein kleines „Experiment". Wir multiplizieren den Tensor **A** mit seinen Eigenvektoren **n**. Dies tun wir in Matrizenschreibweise in der Hauptachsendarstellung. Dabei ist zu beachten, dass die Eigenvektoren nun die neue Basis sind und damit die Koordinatendarstellung $\mathbf{n}_1$=[1,0]; $\mathbf{n}_2$=[0,1] besitzen. Damit gilt

$$\mathbf{A}\mathbf{n}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = l_1 \mathbf{n}_1$$

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

$$\mathbf{A}\mathbf{n}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \end{pmatrix} = l_2 \mathbf{n}_2$$

$$\boxed{\text{allgemein}: \quad \mathbf{A}\mathbf{n}_i = l_i \mathbf{n}_i}$$

In Worten: Multipliziert man einen Tensor mit seinem Eigenvektor erhält man den Eigenvektor skaliert mit dem Eigenwert! Dies macht man sich für die Berechnung der Eigenwerte zu Nutze. Man rechnet (**1** ist der Einheitstensor):

$$\mathbf{A}\mathbf{n} = l\,\mathbf{n} = l\,\mathbf{1}\mathbf{n} \quad \Leftrightarrow \quad (\mathbf{A} - l\,\mathbf{1})\mathbf{n} = \mathbf{0}$$

$$\text{Im Beispiel}: \left(\begin{pmatrix} 1{,}5 & -0{,}5 \\ -0{,}5 & 1{,}5 \end{pmatrix} - l \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}\right)\begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \quad \begin{pmatrix} 1{,}5 - l & -0{,}5 \\ -0{,}5 & 1{,}5 - l \end{pmatrix}\begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Um nun fortfahren zu können, braucht man einige Regeln der Mathematik: Obiges Gleichungssystem besitzt nämlich in der Regel nur triviale Lösungen der Form $n_1=n_2=0$. Nicht-triviale Lösungen erhält man nur wenn die einzelnen Spalten oder Zeilen der Matrix linear abhängig sind, d.h. durch Addition, Subtraktion oder Multiplikation auseinander hervorgehen. Ein „Maß“ hierfür ist die Determinante dieser Matrix. Ist sie gleich Null, sind die Zeilen linear abhängig und wir erhalten die gesuchte Lösung für die Eigenwerte.

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

Die Forderung lautet also

$$\begin{vmatrix} 1{,}5 - l & -0{,}5 \\ -0{,}5 & 1{,}5 - l \end{vmatrix} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad (1{,}5 - l)(1{,}5 - l) - (-0{,}5)^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow \quad \boxed{l^2 - 3l + 2 = 0} \quad \Rightarrow \quad l_1 = 1 \;\; ; \;\; l_2 = 2$$

Die umrahmte Formel wird auch „*charakteristische Gleichung*“ der Matrix genannt. Sie besitzt, wie bereits erwähnt immer 2 (bzw. im 3-D Fall 3) reelle Lösungen: Die Eigenwerte. Hat man die Eigenwerte berechnet, kann man durch Einsetzen in das ursprüngliche Gleichungssystem die Eigenvektoren berechnen. Dabei kann **immer** eine Zeile gestrichen werden, da eine Zeile ja per Voraussetzung nun von den Anderen abhängt. Damit erhält man für den ersten Eigenwert aus der ersten Zeile:

$$\left(1{,}5 - l_1\right) n_1 - 0{,}5 n_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad n_1 = n_2$$

Der Eigenvektor muss nun noch normiert werden. Wir wählen hier als Freiwert n_1=1.

$$\mathbf{n}_1 = \frac{1}{\sqrt{n_1^2 + n_2^2}} \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \end{pmatrix} \overset{n_1 = 1}{=} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

Die Berechnung von $\mathbf{n}_2$ verläuft analog. Damit erhalten wir exakt die zu Beginn der Betrachtung eingeführten Vektoren $\mathbf{n}_1$ und $\mathbf{n}_2$ als Eigenvektoren, die ja auf Hauptachsengestalt geführt hatten.

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

Damit ist die Einführung der Hauptachsentransformation abgeschlossen. Wozu nun das Ganze? Hierzu zwei Anmerkungen:

1. Werden in ANSYS „principal stress“ oder „strain“-Größen ausgewertet, erfolgt genau diese Hauptachsentransformation auf der Grundlage der 3-D Spannungs- und Verzerrungstensoren.

2. Wir benötigen diese Darstellung zur Berechnung der logarithmischen Verzerrungen.

Wie sind diese logarithmischen Verzerrungen **H** nun definiert? Ganz einfach über

$$\boxed{\mathbf{H} = \frac{1}{2} \ln \mathbf{C}} \qquad \text{mit} \qquad \mathbf{C} = \mathbf{F}^{\mathrm{T}} \mathbf{F}$$

Stellt sich die nächste Frage: Wie bilde ich aus einem Tensor 2.Stufe den Logarithmus? Eine genauere Begründung ist an dieser Stelle nicht möglich, dennoch hier die „Spielregeln“ für Funktionen aus aus Tensoren:

1. Der Tensor wird auf Haupachsengestalt gebracht.
2. Anwendung des Logarithmus (Funktion) auf die Eigenwerte.
3. Möglich Rücktransformation auf die kartesische Basis.

Wir wollen hier Schritt für Schritt dies anhand des bisherigen Beispiels nachvollziehen. Die Berechnung der Eigenwerte und Eigenvektoren wird mit einem entsprechenden Tool vorgenommen. CADFEM verwendet hier Mathcad. Nun aber der Reihe nach. Bereits berechnet wurde

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

$$\mathbf{C} = \mathbf{F}^{\mathrm{T}}\mathbf{F} = \begin{pmatrix} 1 & 1{,}5 & 0 \\ 1{,}5 & 4{,}5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

1. Hauptachsentransformation. Dies wird mit Mathcad durchgeführt. Dies liefert die Eigenwerte und Eigenvektoren auf der Basis des bereits vorgestellten Eigenwertproblems:

$$\left|\mathbf{C} - l\,\mathbf{1}\right| = \begin{vmatrix} 1-l & 1{,}5 & 0 \\ 1{,}5 & 4{,}5-l & 0 \\ 0 & 0 & 1-l \end{vmatrix} = 0$$

Lösung:

$$l_1 = 0{,}445 \quad ; \quad l_2 = 5{,}055 \quad ; \quad l_3 = 1$$

$$\mathbf{n}_1 = \begin{pmatrix} 0{,}938 \\ -0{,}347 \\ 0 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{n}_2 = \begin{pmatrix} 0{,}347 \\ 0{,}938 \\ 0 \end{pmatrix} \; ; \; \mathbf{n}_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{C} = l_1\mathbf{n}_1 \otimes \mathbf{n}_1 + l_2\mathbf{n}_2 \otimes \mathbf{n}_2 + l_3\mathbf{n}_3 \otimes \mathbf{n}_3$$

Einführung in die Mechanik
Teil 6: Hauptachsentransformation

2. Bilden des Logarithmus

$$\ln \mathbf{C} = \ln(l_1)\mathbf{n}_1 \otimes \mathbf{n}_1 + \ln(l_2)\mathbf{n}_2 \otimes \mathbf{n}_2 + \ln(l_3)\mathbf{n}_3 \otimes \mathbf{n}_3$$
$$= -0{,}81\mathbf{n}_1 \otimes \mathbf{n}_1 + 1{,}62\mathbf{n}_2 \otimes \mathbf{n}_2 + 0\mathbf{n}_3 \otimes \mathbf{n}_3$$

3. Rücktransformation auf die kartesische Basis $\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$, $\mathbf{e}_z$. Hierfür können die Basisvektoren **n** durch ihre Darstellung in der Basis **e** ersetzt werden also z.B.:

$$\mathbf{n}_1 = 0{,}938\mathbf{e}_x - 0{,}347\mathbf{e}_y$$

Eine etwas einfachere Möglichkeit ist die direkte Überführung in die Matrixschreibweise. Es gilt nämlich

$$\mathbf{n}_1 \otimes \mathbf{n}_1 = \left(\sum_{i=1}^{3} x_i \mathbf{e}_i\right) \otimes \left(\sum_{i=1}^{3} x_i \mathbf{e}_i\right)$$
$$= \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1^2 & x_1 x_2 & x_1 x_3 \\ x_2 x_1 & x_2^2 & x_2 x_3 \\ x_3 x_1 & x_3 x_2 & x_1^2 \end{pmatrix}$$

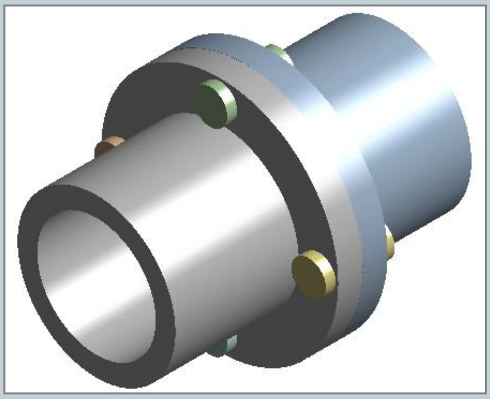
D.h. man erhält die Darstellung in der Basis **e** durch die Addition von 3 Matrizen (mit den entsprechenden Vorfaktoren). Führt man das durch, erhält man schließlich für den Henckyschen bzw. logarithmischen Verzerrungstensor

$$\mathbf{H} = \frac{1}{2} \ln \mathbf{C} = \begin{pmatrix} -0{,}258 & 0{,}395 & 0 \\ 0{,}395 & 0{,}664 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{\mathbf{e}_i}$$

(AF)

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler (Teil 3)

Zusammenfassung:



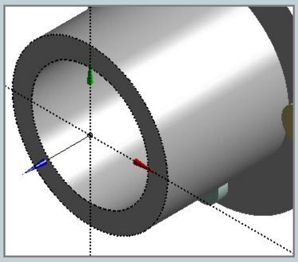
Im Rahmen der letzten CADFEM-Newsletter wurde dieser Rohrflansch mit dem DesignModeler konstruiert.
Um die Baugruppe zu vervollständigen wurde der Rohrflansch gespiegelt und die angedeuteten Schraubenbolzen gemustert.

In diesem Teil soll die Baugruppe berechnungsgerecht aufbereitet (zerschnitten) werden.

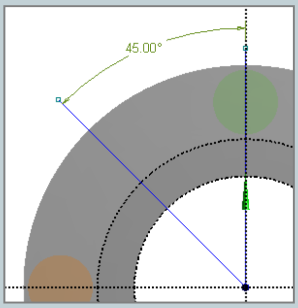
Als Belastung soll der Flansch später am einen Rohrende fixiert eingespannt werden und am anderen Rohrende axial mit einer Kraft von 5000N belastet werden. Zu Untersuchen ist die Verformung im Kontaktbereich a) ohne Schraubenvorspannung und b) mit einer Schraubenvorspannkraft von 6000N pro Schraubenbolzen.

Berechnungs- und vernetzungsgerechtes zerschneiden der Baugruppe:

Für die Berechnung der Baugruppe ist unter den gegebenen Randbedingungen ein 1/8 Modell ausreichend.



Erzeugen Sie zunächst auf der einen Rohr-Stirnfläche eine neue Ebene.



Auf dieser Ebene erzeugen Sie ein neue Skizze und zeichnen zwei Linien die zueinander einen Winkel von 45° haben.

Im daraus entstandenen Segment muss jedes Geometriefeature mindestens zur Hälfte beinhaltet sein.

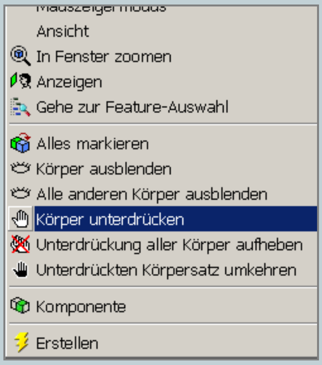
Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler (Teil 3)

Diese Skizze extrudieren Sie nun unter Verwendung der folgenden Einstellungen:

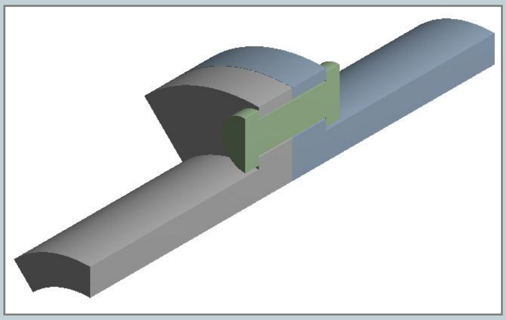
Details von Extrudieren7	
Extrudieren	Extrudieren7
Basisobjekt	Skizze7
Operation	Material schneiden
Richtungsvektor	Keine Angabe (Normale)
Richtung	Umgekehrt
Typ	Durch alles
Als dünne Geometrie/Oberfläche?	Nein
Zielkörper	Alle Körper
Topologie verbinden?	Ja

Material schneiden, Umgekehrt, Durch alles, Alle Körper

Schließen Sie die Extrusion mit „Erstellen“ ab.



Markieren Sie nun die nicht benötigten Bauteile und unterdrücken diese. Dazu verwenden Sie z.B. die echte Maustaste (RMB) und wählen die Option „Körper unterdrücken“.



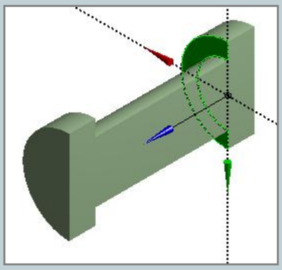
Wenn alles richtig funktioniert hat, sollte Ihre Baugruppe jetzt so aussehen wie links gezeigt.

Jedes Bauteil und jedes Geometriefeature MUSS mindestens zur Hälfte vorhanden sein.

Damit die Baugruppe „sauber“ mit Hexaedern vernetzt werden kann, müssen jetzt noch ein paar weitere Schnitte definiert werden. Die zerschnittenen Bauteile werden anschließend mit der Option „Bauteilgruppe“ wieder zusammengefasst.

Vorteil der Bauteilgruppe: Unnötige Kontaktbereiche werden vermieden, an den Schnittstellen werden „durchgehende“ Netze erzeugt.

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler (Teil 3)



Um den halben Schraubenbolzen sweepen zu können muss er zweimal geschnitten werden. Dazu erzeugen Sie zunächst eine neue Ebene an der Auflagefläche des Schraubenbolzens.

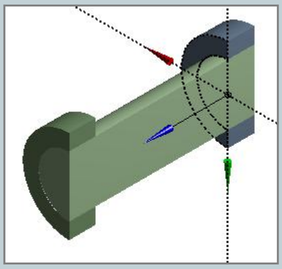
Details von Extrudieren8	
Extrudieren	Extrudieren8
Basisobjekt	Ebene7
Operation	Material schneiden
Richtungsvektor	Keine Angabe (Normale)
Richtung	Beide - Symmetrisch
Typ	Durch alles
Als dünne Geometrie/Oberfläche?	Nein
Zielkörper	Ausgewählte Körper
Körper	1
Topologie verbinden?	Ja

Diese neue Ebene extrudieren Sie nun mit folgenden Optionen:

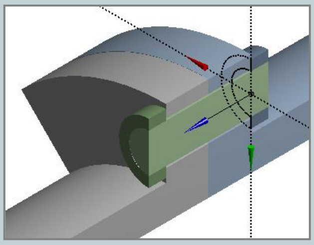
Material schneiden, Beide-Symmetrisch, Durch alles, Ausgewählter Körper „1“ (Nur die Schraube)

Es ist ganz wichtig, dass die Schnittoperation auf dieses eine Bauteil beschränkt wird. Ansonsten würde auch der Flansch geschnitten oder es könnten weitere Bauteile (evtl. unterdrückte oder ausgeblendete) unbeabsichtigt mit beeinflusst werden.

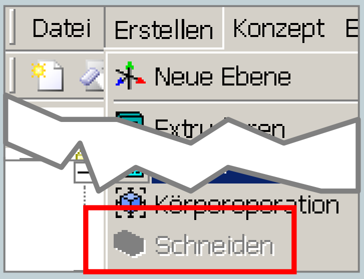
Schließen Sie die Extrusion mit „Erstellen“ ab.



Der Schraubenbolzen besteht jetzt aus drei Bauteilen die jeweils für sich sweepbar sind. Damit die Bauteile auch noch sweepbar sind wenn sie zu einer Bauteilgruppe zusammengefasst werden, muss der Schraubenbolzen auch noch in der Ebene der Auflagefläche zerschnitten werden.

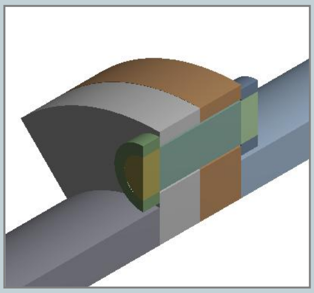


Dazu verwenden Sie einfach die gerade erzeugte Ebene indem Sie die Ebene im Strukturbaum markieren und dann...



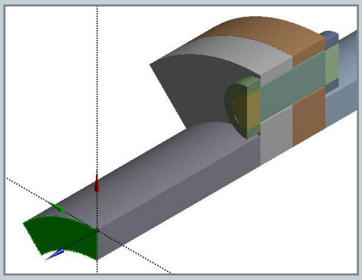
...unter dem Menüpunkt „Erstellen“ die Unteroption „Schneiden“ wählen und damit die Geometrien (Bolzen und Flansch auswählen) schneiden.

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler (Teil 3)

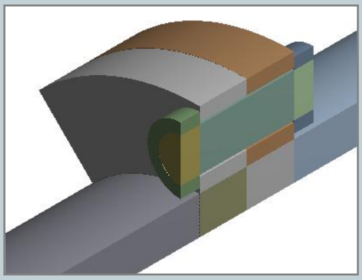


Wenn Sie auch auf der anderen Flanschseite diesen Schnitt durchgeführt haben, sollte die Baugruppe jetzt aus 11 Bauteilen bestehen.

Zusätzlich muss jetzt auch noch der Flansch in axialer Richtung zerschnitten werden.

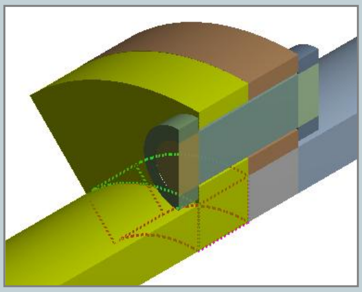


Um den Flansch axial zu zerschneiden, erzeugen Sie am einfachsten an der Flanschstirnseite eine neue Ebene und verwenden diese als Basis für den Schnitt.



Nachdem alle Schnitte erfolgreich durchgeführt wurden, besteht die Baugruppe jetzt aus 17 Einzelteilen.

Um rechnen zu können würden die einzelnen Bauteile nun mittels Kontakt wieder aneinander geheftet. Um dies zu vermeiden, werden die zusammengehörenden Bauteile in Bauteilgruppen zusammengefasst. Vorteil: Keine Kontaktbereiche, zusammenhängende Netze.



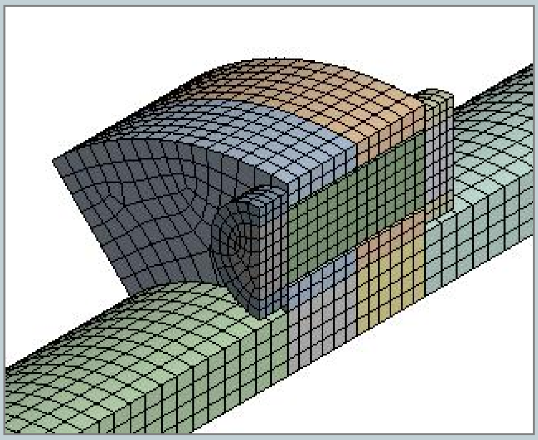
Dazu markieren Sie die zusammenzuheftenden Bauteile, RMB, Bauteilgruppe erzeugen. (oder unter in der Menüleiste „Extras“ / „Bauteilgruppe erzeugen“)

Im Strukturbaum wird die Bauteilgruppe jetzt auch als solche dargestellt.

Fassen Sie die andere Flanschseite und den Schraubenbolzen analog zu Bauteilgruppen zusammen so das die Geometrie am Ende aus 3 Bauteil-gruppen besteht.

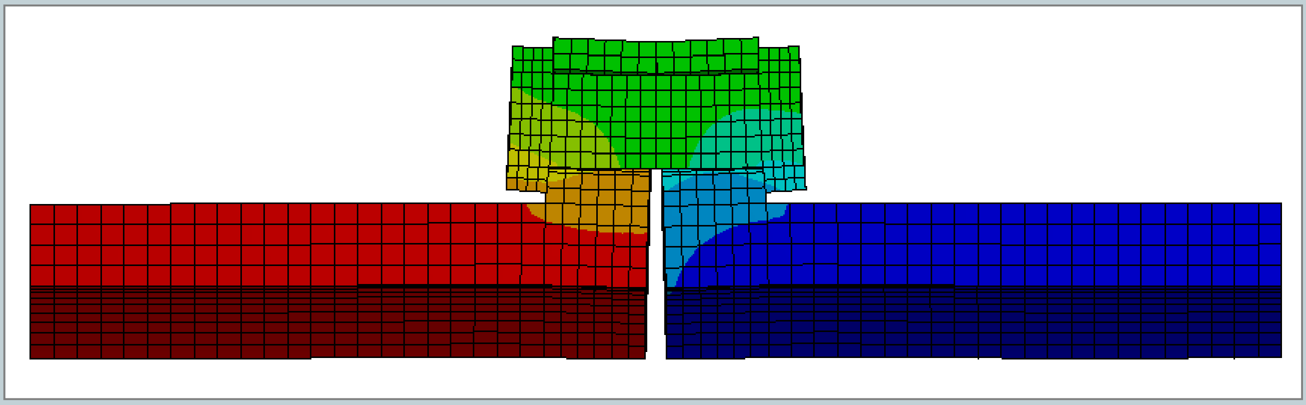
CADFEM
Ausgabe: 07 / 2005

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler (Teil 3)

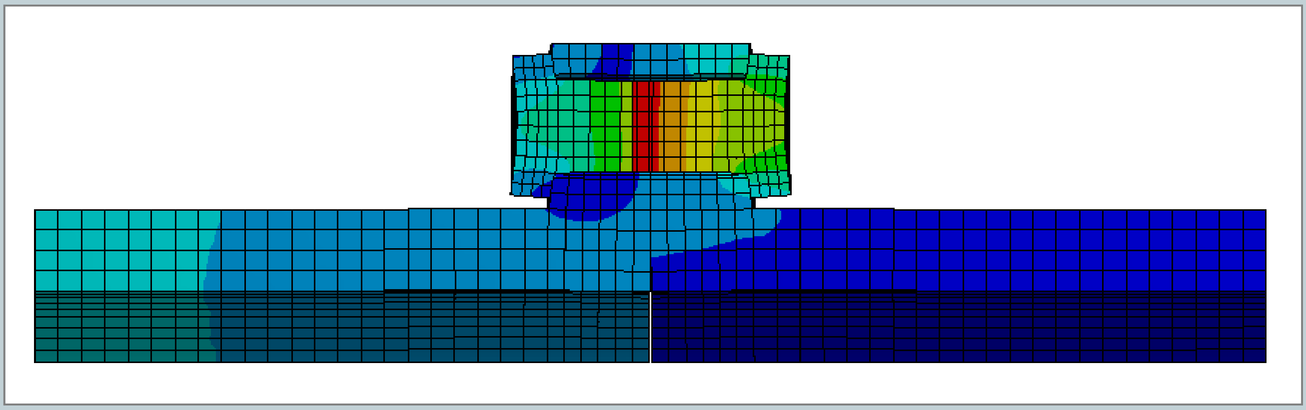


Nach dem Übertrag der Baugruppe nach DesignSimulation ist bereits das Standartnetz für die Berechnung nahezu optimal. Alle Körper sind mittels Hexaedern vernetzt und die Einzelteile sind an Knoten miteinander verbunden.

Ergebnis 1:
(Verformung der Flanschverbindung ohne Schraubenvorspannung)



Ergebnis1:
(Verformung der Flanschverbindung mit Schraubenvorspannung)



Termine rund um CADFEM

Seminartermine

Update 10.0 Temperaturfeld

Anfang Juli wird die Version 10.0 zum Download bereitstehen. Dann sind thermisch transiente Analysen bequem in Workbench möglich. Ein weiterer Schwerpunkt des Update Kurses ist der Einbau der Radiosity Methode zur Strahlungsberechnung in Workbench (inkl. Symmetrie).

08.09.2005 in Grafing bei München

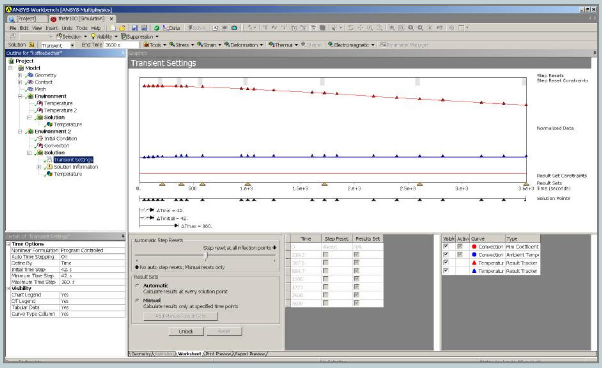


Abb1. AWE User Interface

Übersichtliche Last- und Ergebniskurven, Wahl der berechneten Zeitpunkte, Tracking von Temperaturverläufen während der Lösung – in ANSYS oft zu aufwendig, in Workbench „auf einen Blick“

Fluid-Struktur-Kopplung mit ANSYS und CFX

Mit der zunehmenden Integration von CFX in Workbench steht ein einfach zu bedienendes Werkzeug für die Einwegkopplung (kleine Verformungen) zur Verfügung. Ab Version 10.0 können auch Phänomene, bei denen die Rückwirkung der Struktur auf die Strömung eine wesentliche Rolle spielt (Ventile, Kolbenbaugruppen,...), mit ANSYS und CFX berechnet werden. Der MFX-Solver zur Steuerung des Ablaufs kann direkt in ANSYS classic oder per Kommando-Objekt in ANSYS Workbench genutzt werden.

26.07.2005 – 27.07.2005

in Grafing bei München

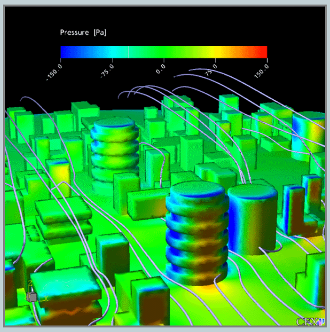


Abb2. Wärmeübertragung inbegriffen: ein Beispiel für Kühlung elektronischer Bauteile