

Themenübersicht Mai 2005

Ausgabe: 05 / 2005

- Nice to know
- Vorgespannte Substrukturen mit ANSYS
- DesignModeler: Erstellung eines Flansches (1)
- Einführung in die Mechanik
Teil 5: Verzerrungstensoren (2)

- Wichtige Termine rund um CADFEM

- Unter anderem in der nächsten Ausgabe:

Verbundkontakt bei Schalenbaugruppen

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

- **CLASS 3 Error 2005-05:**

- **MSAVE,ON, Solid 186/95 mit reduzierter Integration**

- Die Elemente 186 und 95 werden per default mit reduzierter Integration angesetzt. Bei aktivem MSAVE,on (was in 9.0 verbreitet default ist) und gemischten Netzen (nicht ausschliesslich Hexaeder) kann es vorkommen, dass die Hexaeder-Elemente fälschlicherweise voll integriert gerechnet werden.

Dieser Fehler ist nicht kritisch! Im Vergleich zur unterintegrierten Lösung erhält der Benutzer sogar bessere Ergebnisse. Lediglich die längere Rechenzeit macht sich bemerkbar.

- **Virens scanner: Online Scanning**

- Online Virens scanner prüfen auch die für Workbench erzeugten .xml Dateien (Ergebnisdateien). Z.B. G-Data tut dies im Default und das geht zu Lasten der Auswertzeit.

- **DesignXplorer ServicePack für Windows**

- Auf dem ANSYS Customer Portal befindet sich für Workbench unter Windows ein weiterer Service Pack. Dabei handelt es sich um ein Service Pack ausschliesslich für den DesignXplorer (Werkzeug zur Optimierung, Zuverlässigkeitsanalyse und Robust Design).

- Dieser Service Pack muss nur bei Verwendung des DesignXplorer aufgespielt werden. Dieser Service Pack ist der bestehenden Installation hinzuzufügen (keine Deinstallation von 9.0SP1 durchführen!).

Nice to know

ANSYS / Workbench

● **Mc Afee Virens Scanner**

Der Einsatz von Workbench auf einem XP Rechner kann zu Fehlermeldungen führen, wenn ein Mc Afee Virens Scanner installiert ist. Abhilfe schafft eine Nachinstallation des Windows Script Hosts 5.6 in der Version 5.6.0.8825 und höher.

<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=c717d943-7e4b-4622-86eb-95a22b832caa&DisplayLang=en>

● **Remote Solve in Workbench, Ergebnisse einfügen**

Mit REMOTE SOLVE führt man die Berechnung auf einer im Netzwerk ansprechbaren UNIX / LINUX Maschine durch. Fügt man nach der erfolgreichen Berechnung in Workbench weitere Ergebnisse ein - so wird (in der Version 9.0) die Verbindung zur Remote-Maschine nochmals aufgebaut, was nicht notwendig ist.

Um dies zu vermeiden und damit die Auswertung zu beschleunigen, kann der Anwender vor Einfügen weiterer Ergebnisse die Lösungsoption UNIX/LINUX auf LOCAL MACHINE zurücksetzen (Details Fenster der Lösung).

● **Ergebnisse von einer Remote Maschine holen (Dummy Solve)**

Bei einem Remote Solve werden auf der Remote Maschine die Ergebnisse als .xml Dateien abgelgt und anschliessend an die Mastermaschine übergeben.

Aus Sicherheitsgründen kann es sinnvoll sein diese Dateien zu speichern. (s. dazu Newsletter 04/05, Nice to know).

Diese Ergebnisdateien können durch folgenden Trick in Workbench per Hand eingeladen werden:

- xml Dateien im lokalen Solver Arbeitsverzeichnis (umstellen auf Local Maschine) bereitstellen
- Kommandos unter Randbedingungen einfügen: *abbr,solve,alls
- Kommandos unter Lösung einfügen: set,last

Dann die Dummyberechnung starten.

Hinweis: Dieses Vorgehen ist anwendbar in der Version 9.0.

Sie haben die Erfahrung!

Unsere Kunden sind die besten.

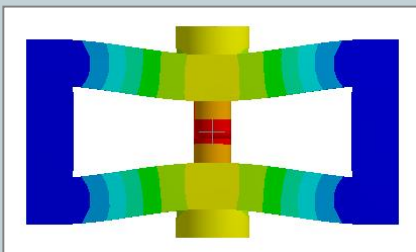
... Und weil das so ist, würde wir gerne Ihre Erfahrungen mit anderen Anwendern teilen.

Sagen Sie uns mit welchen Funktionen in Workbench und ANSYS Sie arbeiten und gute oder schlechte Erfahrungen gemacht haben.

Welche dieser Problemstellungen sollten wir im Rahmen des Newsletters näher beleuchten?

Ihr Ansprechpartner: Marc Vidal mvidal@cadfem.de

Einige erste Vorschläge:

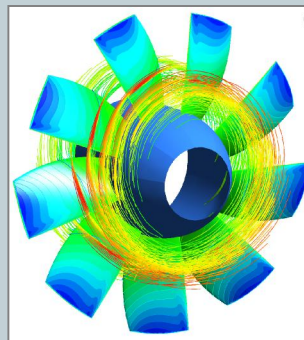


Was macht die Schraubenvorspannkraft im Hintergrund?

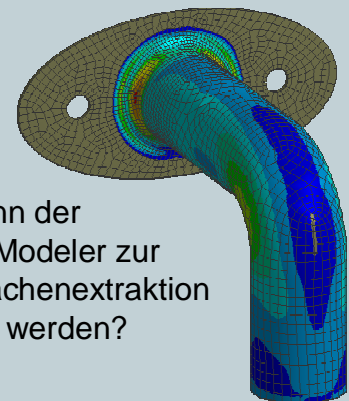
Wie kann man mit APDL die deformierte Lage von Punkten eines Körpers in eine Ascii Datei schreiben zur Weiterverarbeitung in der CAD?
Funktioniert das auch in Workbench?

No	DX	DY
346	0.033	0.00
347	0.015	0.00
348	0.067	0.00
349	0.099	0.00
361	0.102	0.00
362	0.102	0.00
363	0.100	0.00

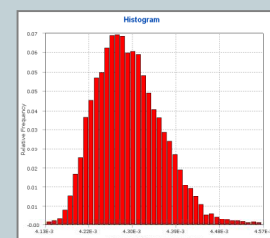
Für Pumpenberechnungen müssen sich drehende Gebiete berücksichtigt werden. Wie geht das in CFX?



Wie kann der DesignModeler zur Mittelflächenextraktion genutzt werden?



Robust Design mit dem DesignXplorer. Wie funktioniert es und wo liegen die Vor- und Nachteile?



Vorgespannte Substrukturen mit ANSYS

Ausgabe: 05 / 2005

Problem:

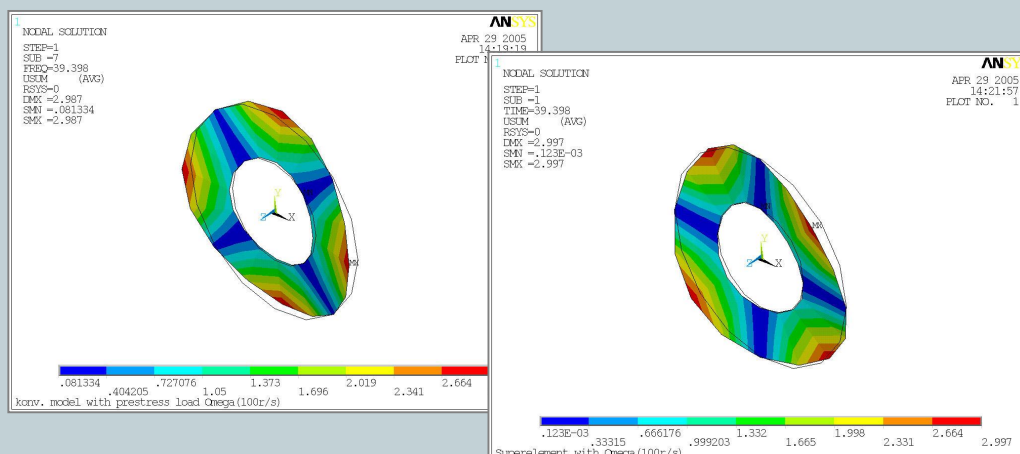
Substrukturen werden in ANSYS eingesetzt, um bei großen Modellen die Rechenzeit zu verkürzen. Bei manchen Analysen ist es wünschenswert, einen Vorspannungszustand zu berücksichtigen, um die durch eine statische Vorlast (z.B. Eigengewicht) entstehende Spannungsversteifung mit abzubilden. Solche Analysen sind in ANSYS möglich, ohne daß vor der Substrukturanalyse die statische Vorbelastung berechnet werden muß.

Erläuterung:

Die Berechnung wird in mehreren Schritten durchgeführt. Zuerst werden in einem Substruktur – generation pass konventionelle Substrukturen erzeugt und im nachfolgenden use pass die statische Vorbelastung aufgebracht. Anschließend wird ein expansion pass für die Substruktur(en) durchgeführt mit dem Kommando `pstres,on`. Dadurch werden die spannungsversteifenden Effekte mitexpandiert. Anschließend wird der generation pass für die Substruktur(en) ein zweites Mal durchgeführt und Platz für die prestress Matrix gelassen (`seopt,name,2,0,1`). Im zweiten use pass wird nun die vorgespannte Analyse durchgeführt (statisch, modal oder harmonic). Ein zweiter Expansionpass liefert die Ergebnisse der vorgespannten Analyse.

Beispiel:

Das beiliegende Beispiel zeigt den Workflow anhand einer einfachen Geometrie. Zum Vergleich wurde das Modell konventionell und als (expandierte) Substrukturanalyse mit Vorspannung gerechnet.



KLS

Vorgespannte Substrukturen mit ANSYS

Ausgabe: 05 / 2005

ANSYS Eingabesatz (ANSYS 9.0):

**Generation pass
konventionelle Superelemente**

**Use pass
mit statischer Vorbelastung**

**Expansion pass
mit pstres,on**

**2. Generation pass
Platz lassen für Prestress Matrix**

**2. Use pass
verwendet die Vorspannung**

**2. Expansion pass
verwendet die Vorspannung**

```
fini
/out,out
/clear,nosta
/out
/filename,full $ /prep7
/title,Superelement with Omega(100r/s)
et,1,shell63 $ r,1,0.5
mp,ex,1,1e7 $ mp,dens,1,0.001
csys,1
/com,geometrie
k,1,10 $ k,2,20 $ k,3,20,45
k,4,10,45 $ a,1,2,3,4
esize,,2 $ amesh,1 $ agen,8,1,,,45
nummrg,all
csys,1 $ nsel,s,loc,x,10 $ nrotate,all
alls $ save $ fini
```

```
*do,iii,1,8
/com generate Substructure %iii%
/filename,gen%iii%
/solu
antype,substr
asel,s,,,iii
esla $ nsel $ m,all,all
seopt,gen%iii%,2,0,1
omega,,,100.0
solve
fini
*enddo
alls
/filn,full
save
fini
/clear
/com,generate model with 8
Substructures
/filename,use
/prep7
et,1,50
*do,iii,1,8
se,gen%iii%
*enddo
alls
csys,1
nsel,s,loc,x,10 $ d,all,uy $ d,all,uz
alls
save
fini
/com,first use pass
/solu
antype,static
sfe,all,1,selv,,1.0
solve
fini
save,use,db
resume,full,db
/com,perform 8 expansion passes
*do,iii,1,8
/filename,gen%iii%
/solu
expass,on
seexp,gen%iii%,use
pstres,on
expsol,1,1,,yes
solve
fini
*enddo
```

Vorgespannte Substrukturen mit ANSYS

Ausgabe: 05 / 2005

ANSYS Eingabesatz (ANSYS 9.0):

```
/filn,full
resu
/com,Now do stress-stiffened gen pass
*do,iii,1,8
  /filename,gen%iii%
  /solu
  antype,substr
  pstres,on
  seopt,gen%iii%,2,0,1
  solve
  fini
*enddo
fini $ /clear

/filename,modal
/prep7
et,1,50
*do,iii,1,8
  se,gen%iii%
*enddo
alls $ save $ fini

/com,Now do stress-stiffened use pass
/solu
antype,modal
modopt,lanb,10
sfe,all,1,selv,,1.0
mxpand,10
solve
```

```
fini $ /clear

/filn,full
resu
*do,iii,1,8
  /filename,gen%iii%
  /solu
  antype,substr
  expass,on
  seexp,gen%iii%,modal
  expsol,1,7,,yes
  solve
  fini
*enddo
fini

/filn,full
resu
/post1
*do,iii,1,8
  file,gen%iii%
  set,last
*enddo
/post1
/view,1,1,1,1
plns,u,sum,2
```

Die Input Datei können Sie unter folgender Adresse herunterladen:

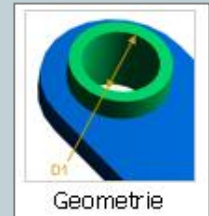
http://www.cadfem.de/fileadmin/files/9_service_newsletter/2005/0505/pssub.inp

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler

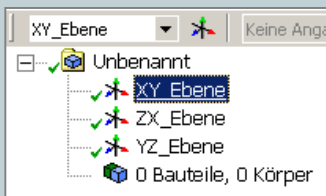
Ausgabe: 05 / 2005

Die Modellierungsphilosophie des DesignModelers:

Die Modellierungsphilosophie im DesignModeler sieht vor das zunächst Ebenen definiert werden auf denen dann Skizzen erzeugt werden. Diese 2D Skizzen werden dann durch verschiedene Operationsarten (Extrudieren, Rotieren, Ziehen, Dünn...) zu 3D Körpern. Diese Arbeitsweise soll an einem einfachen Beispiel gezeigt werden.



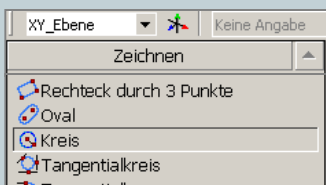
Skizzieren des Rohres:



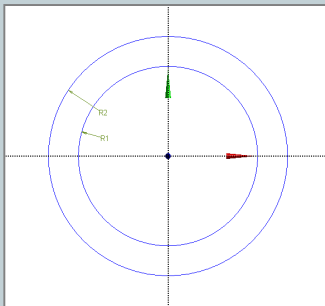
Selektieren Sie zunächst die XY_Ebene



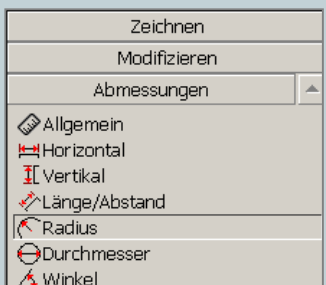
und wechseln anschließend vom Modelliermodus in den Skizziermodus.



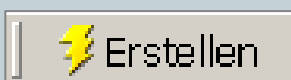
Wählen Sie aus den Skizzierwerkzeugen das Werkzeug „Kreis“



und zeichnen in der XY-Ebene zwei Kreise deren Mittelpunkte genau im Achsenkreuz (auf der Z-Achse) liegt.



Bemaßen Sie dann (Abmessungen/Radius) den inneren Kreis mit einem Radius von 12 mm und den äußeren Kreis mit einem Radius von 16 mm.



Schließen Sie die Skizzenerzeugung mit „Erstellen“ ab.

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler

Ausgabe: 05 / 2005

Extrudieren des Rohres:



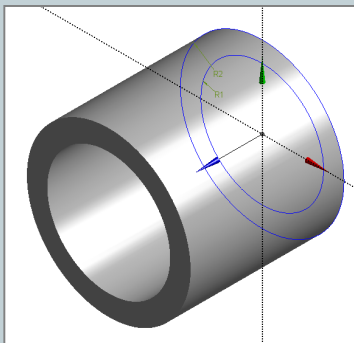
Zum Extrudieren der Skizze1 verwenden Sie die Option „Extrudieren“.

Details von Extrudieren1	
Extrudieren	Extrudieren1
Basisobjekt	Skizze1
Operation	Material hinzufügen
Richtungsvektor	Keine Angabe (Normale)
Richtung	Normal
Typ	Fixiert
FD1, Tiefe (>0)	30 mm
Als dünne Geometrie/Oberfläche?	Nein
Topologie verbinden?	Ja

Im Detailsfenster von „Extrudieren“ stellen Sie eine Extrusionstiefe von 30mm ein.



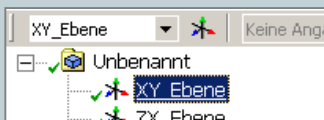
Mit einem Klick auf „Erstellen“ schließen Sie die Extrusion ab.



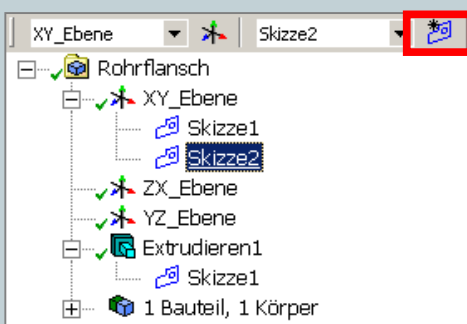
Anschließend sollte Ihr Zylinder so aussehen wie hier gezeigt.

Wenn – wie in diesem Beispiel – mehrere Skizzenlinien „ineinander“ liegen, dann gilt die Regel das die Zwischenräume von außen nach innen mit Material gefüllt werden. In diesem Beispiel entsteht jetzt wie gewünscht ein Rohrstück.

Skizzieren des Flansches:

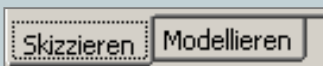


Markieren Sie im Modelliermodus wieder die XY_Ebene.



Mit einem Klick auf „Neue Skizze“ erzeugen Sie auf der XY-Ebene eine zweite Skizze.

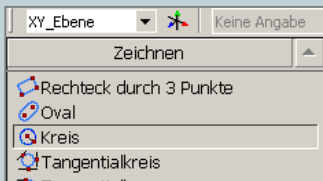
Markieren Sie die Skizze2



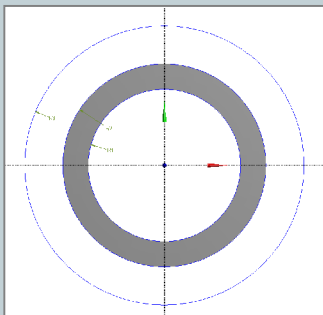
und wechseln wieder vom Modellier- in den Skizziermodus.

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler

Ausgabe: 05 / 2005



Wählen Sie aus den Skizzierwerkzeugen das Werkzeug „Kreis“



und skizzieren in der Skizze2 nochmals zwei Kreise in deren Mittelpunkte genau im Achsenkreuz (auf der Z-Achse) liegen.

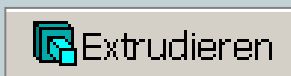


Bemaßen Sie dann (Abmessungen/Radius) den inneren Kreis mit einem Radius von 16 mm und den äußeren Kreis mit einem Radius von 24 mm.



Schließen Sie die Skizzenerzeugung mit „Erstellen“ ab.

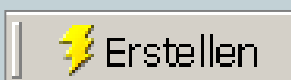
Extrudieren des Flansches:



Zum Extrudieren der Skizze2 verwenden Sie die Option „Extrudieren“.

Details von Extrudieren2	
Extrudieren	Extrudieren2
Basisobjekt	Skizze2
Operation	Material hinzufügen
Richtungsvektor	Keine Angabe (Normale)
Richtung	Normal
Typ	Fixiert
<input checked="" type="checkbox"/> FD1, Tiefe (>0)	5 mm
Als dünne Geometrie/Oberfläche?	Nein
Topologie verbinden?	Ja

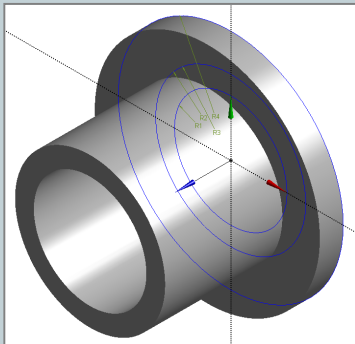
Im Detailsfenster von „Extrudieren“ stellen Sie eine Extrusionstiefe von 5 mm ein.



Mit einem Klick auf „Erstellen“ schließen Sie die Extrusion ab.

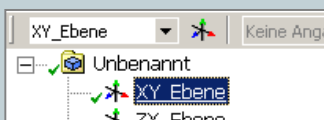
Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler

Ausgabe: 05 / 2005

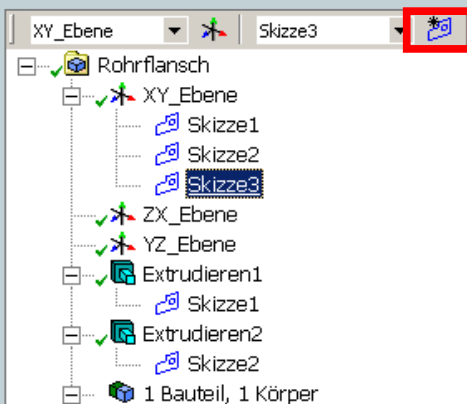


Anschließend sollte der Rohrflansch so aussehen wie hier gezeigt.

Skizzieren der Verschraubungslöcher:

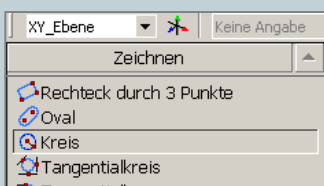


Zum Erzeugen der Verschraubungslöcher wechseln Sie wieder in den Modellmodus und selektieren die XY_Ebene.

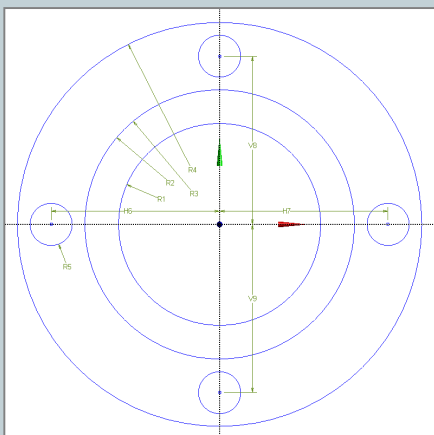


Mit einem Klick auf „Neue Skizze“ erzeugen Sie auf der XY-Ebene eine dritte Skizze.

Markieren Sie die Skizze3.



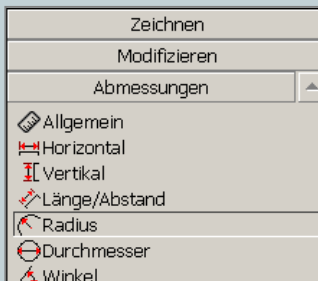
Wählen Sie aus den Skizzierwerkzeugen das Werkzeug „Kreis“



und skizzieren Sie vier Kreise (die vier Bohrungslöcher) deren Mittelpunkte auf den horizontalen und vertikalen Achsen liegen. Dazu beachten Sie bitte, dass beim Platzieren der Mittelpunkte ein „C“ für „Deckungsgleich“ angezeigt wird.

Erzeugung einer Flanschverbindung mit dem DesignModeler

Ausgabe: 05 / 2005

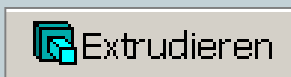


Bemaßen Sie dann (Abmessungen/Radius) die vier Bohrungen jeweils mit einem Radius von 2,5 mm und mit (Horizontal/Vertikal) den Abstand der Bohrungsmittelpunkte zu den horizontalen und vertikalen Achsen.



Schließen Sie die Skizzenerzeugung mit „Erstellen“ ab.

Extrudieren der Verschraubungslöcher:



Zum Extrudieren der Skizze3 verwenden Sie die Option „Extrudieren“.

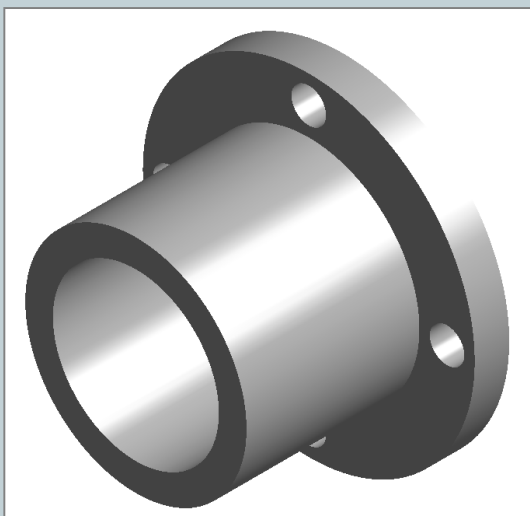
Details von Extrudieren3	
Extrudieren	Extrudieren3
Basisobjekt	Skizze3
Operation	Material wegschneiden
Richtungsvektor	Keine Angabe (normal)
Richtung	Normal
Typ	Fixiert
<input type="checkbox"/> FD1, Tiefe (>0)	5 mm
Als dünne Geometrie/Oberfläche?	Nein
Zielkörper	Alle Körper
Topologie verbinden?	Ja

Im Detailsfenster von „Extrudieren“ stellen Sie diesmal den Operationstyp „Material wegschneiden“ ein und definieren eine Extrusionstiefe von 5 mm.



Mit einem Klick auf „Erstellen“ schließen Sie die Extrusion ab.

Ergebnis:



So sollte der fertige Rohrflansch nun aussehen.

Einführung in die Mechanik Teil 5: Verzerrungstensoren (2)

Ausgabe: 05 / 2005

Im letzten Teil der Serie haben wir bereits ein Verzerrungsmaß, den Green-Lagrangeschen Verzerrungstensor, kennen gelernt und begonnen ihn zu interpretieren. Ein Resultat war die Erkenntnis, dass er im Grenzfall kleiner Verzerrungen in die bekannten Ingenieurdehnungen übergeht. Bevor wir uns nun die Gleitungen, d.h. den Fall $d\mathbf{X}_1 \neq d\mathbf{X}_2$ ansehen, noch eine Interpretation der Hauptdiagonalelemente $E_{ii}; i=1,2,3$. Aus

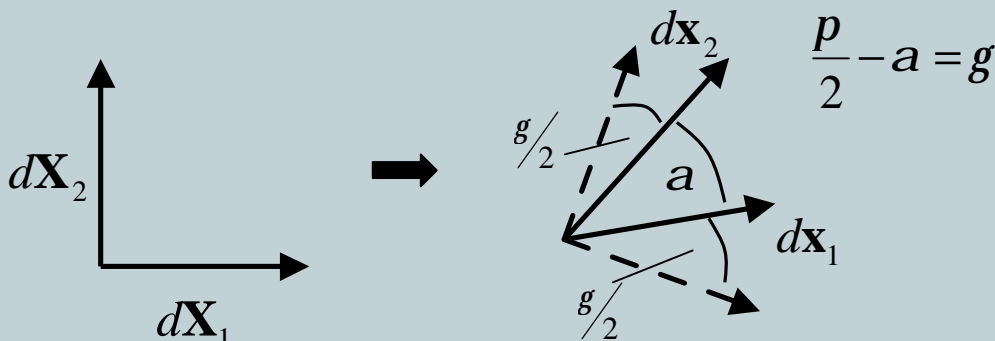
$$\frac{1}{2}(I^2 - 1) = \mathbf{N} \bullet \mathbf{E} \mathbf{N}$$

folgt für ein Linienelement $\mathbf{N}=[1,0,0]$ in x_1 -Richtung (und analog für x_2, x_3):

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(I^2 - 1) = E_{11} &\Rightarrow I = \frac{Dl + l_0}{l_0} = 1 + e = \sqrt{2E_{11} + 1} \\ &\Rightarrow E_{11} = e + \frac{1}{2}e^2 \end{aligned}$$

ε sind hier wiederum die Ingenieurdehnungen. Das Ergebnis zeigt zweierlei: Zum Einen sind die Hauptdiagonalelemente direkt mit der Streckung in die jeweilige Koordinatenrichtung verknüpft und zum Anderen zeigt das Ergebnis den nichtlinearen Zusammenhang mit den Ingenieurdehnungen. Nun soll noch folgender Fall untersucht werden:

2. $d\mathbf{X}_1 \neq d\mathbf{X}_2$ und $d\mathbf{X}_1 \perp d\mathbf{X}_2$



Einführung in die Mechanik Teil 5: Verzerrungstensoren (2)

Ausgabe: 05 / 2005

Mit der Definition der Green-Lagrangeschen Verzerrungen erhält man für diesen Fall [$\cos(d\mathbf{X}_1, d\mathbf{X}_2) = 0$!]:

$$\frac{\left| \underbrace{d\mathbf{x}_1}_{I_1} \right| \left| \underbrace{d\mathbf{x}_2}_{I_2} \right|}{\left| \underbrace{d\mathbf{X}_1}_{I_1} \right| \left| \underbrace{d\mathbf{X}_2}_{I_2} \right|} \cos(\underbrace{d\mathbf{x}_1, d\mathbf{x}_2}_a) = l_1 l_2 \cos a = l_1 l_2 \sin g = \mathbf{N}_1 \bullet 2\mathbf{E}\mathbf{N}_2$$

und damit für $\mathbf{N}_1 = [1, 0, 0]$ und $\mathbf{N}_2 = [0, 1, 0]$ unter Berücksichtigung der gerade abgeleiteten Ergebnisse für λ_1, λ_2 :

$$\sin g = \frac{2E_{12}}{\sqrt{2E_{11} + 1} \sqrt{2E_{22} + 1}}$$

Wie man der Gleichung entnimmt stellen damit die Nebendiagonalelemente (hier: E_{12}) ein Maß für die Gleitungen dar. Betrachtet man auch hier den Fall kleiner Verzerrungen (Gleitungen) erhält man

$$\sin g \approx g \approx 2E_{12} \quad \Rightarrow \quad E_{12} \approx \frac{g}{2}$$

was wiederum den Ingenieur-Gleitungen entspricht.

Ein weiterer Verzerrungstensor ist der sog. „Almansische Verzerrungstensor“. Er ist in seiner Definition dem Greenschen sehr ähnlich. Der Unterschied besteht in seiner Bezugskonfiguration:

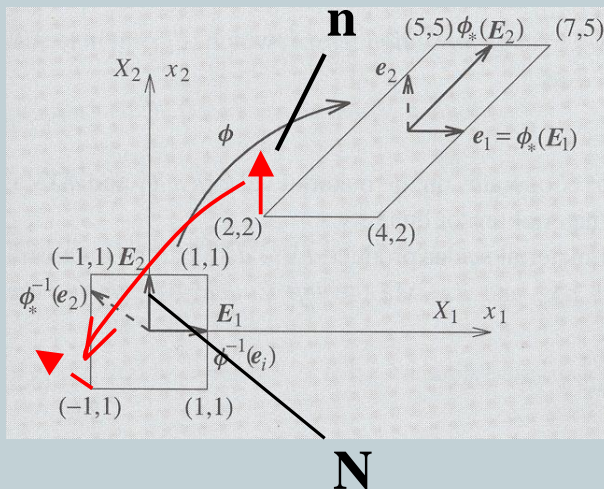
$$\begin{aligned} d\mathbf{x}_1 \bullet d\mathbf{x}_2 - d\mathbf{X}_1 \bullet d\mathbf{X}_2 &:= d\mathbf{x}_1 \bullet 2\mathbf{a}d\mathbf{x}_2 \\ \Rightarrow \quad \mathbf{a} &= \frac{1}{2}(\mathbf{1} - \mathbf{F}^{-T}\mathbf{F}^{-1}) = \frac{1}{2}(\mathbf{1} - \mathbf{b}^{-1}) \end{aligned}$$

Einführung in die Mechanik Teil 5: Verzerrungstensoren (2)

Ausgabe: 05 / 2005

Man erkennt, dass dieser nun auf die Momentankonfiguration bezogen ist: Für die Berechnung der Differenz wird mit den Linienelementen der Momentankonfiguration multipliziert. Seine geometrische Interpretation folgt direkt der des Greenschen Verzerrungstensors.

Wir wollen alle bisher abgeleiteten Größen noch einmal anhand des Beispiels aus Teil 4 verifizieren. Bereits berechnet war der Greensche Verzerrungstensor:



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

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 0 & 3 & 0 \\ 3 & 7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \left(\frac{ds^2 - dS^2}{dS^2} \right) = \mathbf{N} \cdot \mathbf{E} \mathbf{N} = \frac{7}{4} \quad ; \quad \mathbf{N} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Für den Almansischen Verzerrungstensor wird noch der linke Cauchy-Green Tensor \mathbf{b} bzw. \mathbf{b}^{-1} benötigt:

$$\mathbf{b} = \mathbf{F} \mathbf{F}^T = \begin{pmatrix} 3,25 & 2,25 & 0 \\ 2,25 & 2,25 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow \mathbf{b}^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1,44 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Einführung in die Mechanik Teil 5: Verzerrungstensoren (2)

Ausgabe: 05 / 2005

Damit erhält man den Almansischen Verzerrungstensor zu

$$\mathbf{a} = \frac{1}{2}(\mathbf{1} - \mathbf{b}^{-1}) = \begin{pmatrix} 0 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & -0,22 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Zunächst bleibt festzuhalten, dass die beiden Verzerrungstensoren **nicht** identisch sind! Welche Verzerrung wird nun durch den Almansischen Verzerrungstensor gemessen? Dafür betrachten wir noch einmal die Definition für den Fall $d\mathbf{x}_1 = d\mathbf{x}_2 = d\mathbf{x}$:

$$d\mathbf{x} \cdot d\mathbf{x} - d\mathbf{X} \cdot d\mathbf{X} := d\mathbf{x} \cdot 2\mathbf{a}d\mathbf{x}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \frac{ds^2 - dS^2}{ds^2} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{I^2} \right) = \frac{d\mathbf{x}}{ds} \cdot \mathbf{a} \frac{d\mathbf{x}}{ds} = \mathbf{n} \cdot \mathbf{a}\mathbf{n}$$

Er misst also die Verzerrung bezüglich der Momentankonfiguration (Bezug ist die aktuelle Länge des Linienelementes). Beispiel: Wir verwenden das **rot** eingezeichnete Linienelement der Momentankonfiguration $\mathbf{n}=[0,1,0]$. Wie sah es **vor** der Deformation aus? Dies lässt sich einfach beantworten:

$$d\mathbf{X} = \mathbf{F}^{-1}d\mathbf{x} \quad \Rightarrow \quad d\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0,67 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0,67 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Dies entspricht in etwa dem **rot gestrichelt** eingezeichneten Vektor. Der Betrag des Ausgangsvektors ist $|d\mathbf{X}|=1,2$. Damit erfährt dieses Element eine Stauchung (von 1,2 auf 1), die Verzerrung sollte also negativ sein! Setzt man \mathbf{n} in obige Gleichung ein erhält man als Verzerrung für dieses Element den Wert $a_{22}=-0,22$, was den Erwartungen entspricht.

Einführung in die Mechanik Teil 5: Verzerrungstensoren (2)

Ausgabe: 05 / 2005

Nun soll noch eine letzte Frage beantwortet werden: Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Greenschen und Almansischen Verzerrungen? Um das zu untersuchen berechnen wir:

$$\mathbf{F}^T \mathbf{a} \mathbf{F} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1,5 & 1,5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0,5 & 0 \\ 0,5 & -0,22 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1,5 & 1,5 & 0 \\ 0 & 1,5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0,75 & 0 \\ 0,75 & 1,75 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \mathbf{E}$$

Offensichtlich stellt obige Beziehung die Transformation der Almansischen Verzerrungen in die Greenschen dar. Das kann auch allgemein gezeigt werden:

$$\mathbf{F}^T \mathbf{a} \mathbf{F} = \mathbf{F}^T \frac{1}{2} (\mathbf{1} - \mathbf{F}^{-T} \mathbf{F}^{-1}) \mathbf{F} = \frac{1}{2} (\underbrace{\mathbf{F}^T \mathbf{F}}_{\mathbf{C}} - \underbrace{\mathbf{F}^T \mathbf{E}^{-T}}_{\mathbf{1}} \underbrace{\mathbf{E}^{-1} \mathbf{F}}_{\mathbf{1}}) = \mathbf{E}$$

$$\Rightarrow \mathbf{F}^{-T} \mathbf{E} \mathbf{F}^{-1} = \mathbf{a}$$

Die letzte Gleichung stellt die Umkehrung obiger Transformation dar. Wir werden später sehen, dass für die Spannungen ähnliche Beziehungen existieren.

Um den letzten und vielleicht im Zusammenhang mit ANSYS wichtigsten Verzerrungstensor, den wahren bzw. logarithmischen Verzerrungstensor (auch Henckyscher Verzerrungstensor genannt) vorzustellen, ist noch einiges an Vorarbeit zu leisten. Insbesondere wird eine Hauptachsendarstellung von Tensoren 2.Stufe (Matrizen) benötigt. Dies wird im nächsten Teil behandelt.

(AF)

Termine rund um CADFEM

Seminartermine

- **FKM Richtlinie:
Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile**

Hier erlernen Sie die Grundlagen bruchmechanischer Fehlerbewertungsmethoden am Beispiel der FKM Richtlinie „Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile“
31.05.2005 – 01.06.2005 Leinfelden-Echterdingen

- **Antwortspektrumanalyse und Random Vibration**

In diesem Seminar werden Berechnungsverfahren zur Analyse von Bauteilen unter zeitlich unbekannter Belastung (Erdbeben, Schüttelanregung) vorgestellt.

02.06.2005 – 03.06.2005 Leinfelden-Echterdingen

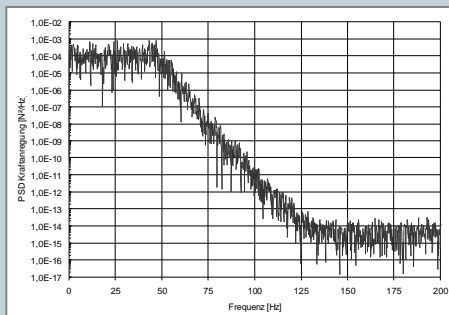


Abb1. Powerspektrum: Lastbeschreibung für die PSD-Rechnung, die aus einer Zeitreihe durch *Wiener Khintchine* Transformation gewonnen wird