



3DEXPERIENCE®

**Revolutionieren des Leichtbaus bei
der Composite Entwicklung durch
integrierte Simulation und Fertigung**

Klaus Peschen, DS Deutschland GmbH
Frank Goetz, DS Deutschland GmbH

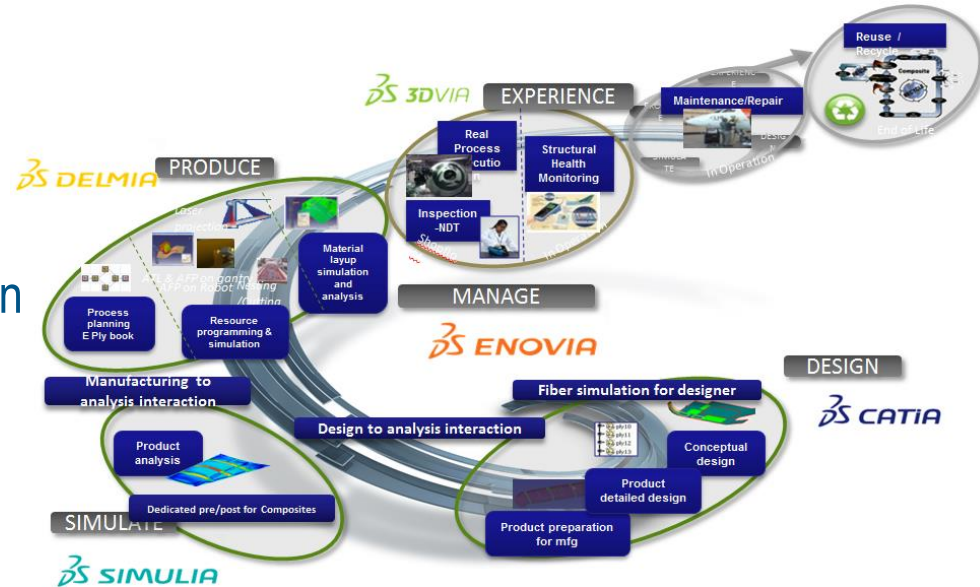
Agenda

Herausforderungen

3DEXPERIENCE Plattform

Integration von Design und Simulation

Simulation



Agenda

Herausforderungen

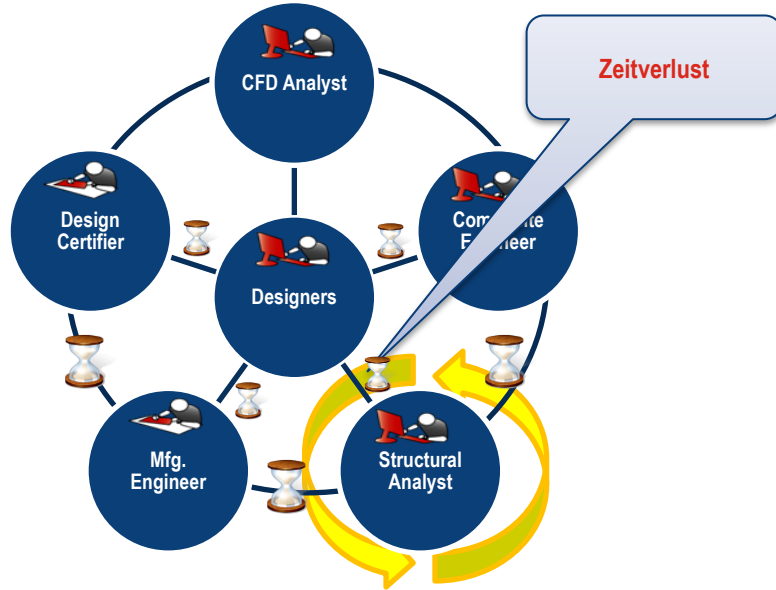
3DEXPERIENCE Plattform

Integration von Design und Simulation

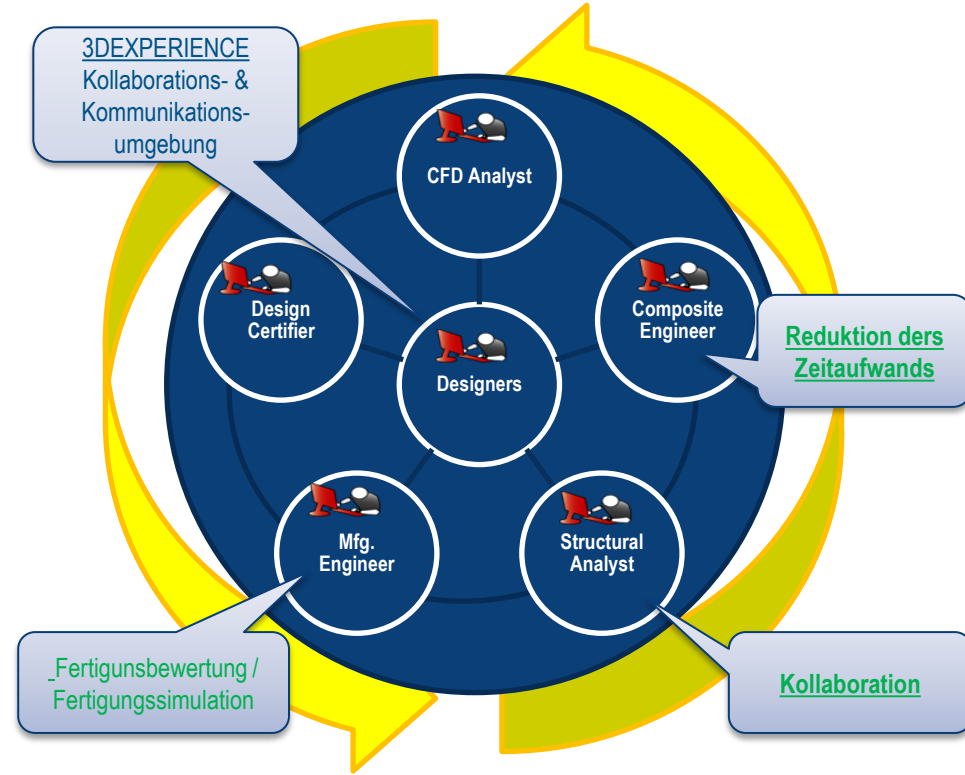
Simulation

Herausforderungen

► Verschiedene unabhängige Modelle



► Einheitliche Kooperationsplattform

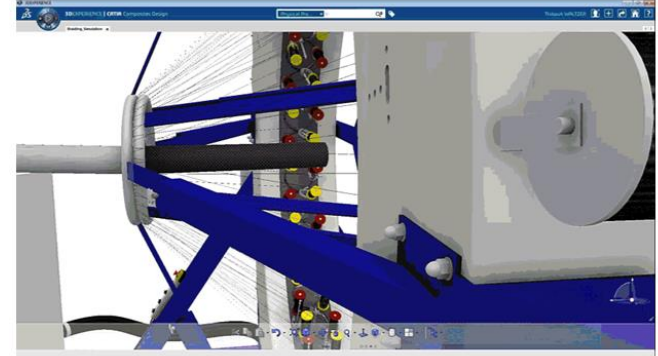


Herausforderungen

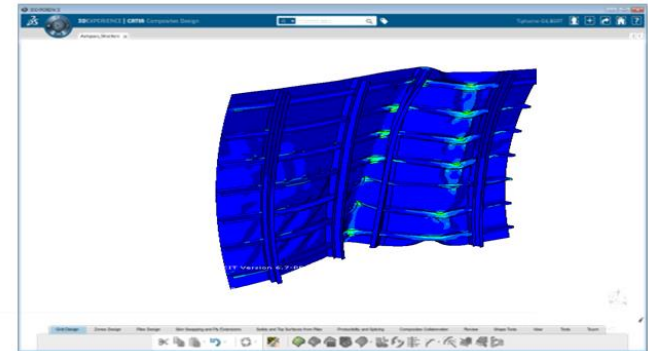
Grundlegende Simulationsprozesse

- ▶ Fertigungsanalyse
- ▶ Prozessoptimierung
- ▶ Vergleich alternativer Fertigungsprozesse
- ▶ Kostenkalkulation
- ▶ Strukturberechnung
- ▶ Frühe Auslegung im Konstruktionsprozess
- ▶ “Simulation must be at the heart of the development process”

Flechten



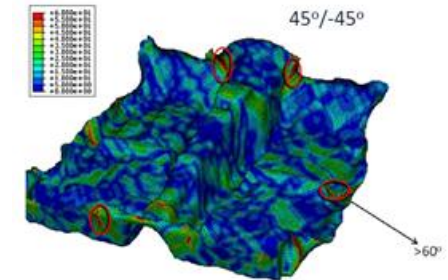
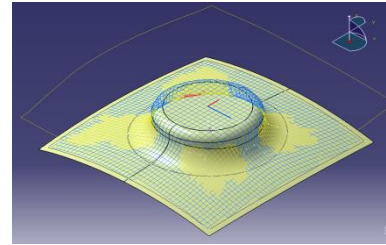
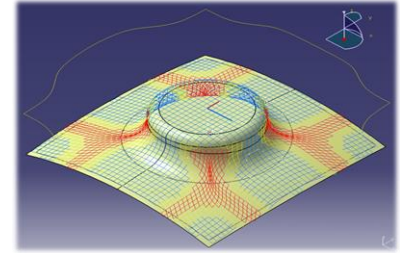
Struktursimulation



Herausforderungen

Fasersimulation – Umformen (1/2)

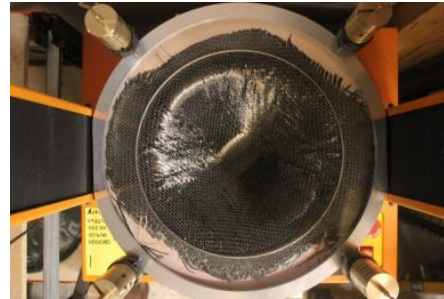
- ▶ Unterscheidungsmerkmale zum manuellen Prozess
 - ▷ Gelege
 - ▷ Übergroße Werkstücke (Blanks)
 - ▷ Hohe Produktionsvolumen
 - ▷ Gleiten
 - ▷ Änderung des Faservolumens
- ▶ Angepasste Simulation
 - ▷ Kinematisch
 - ▷ Inverse FEA (minutes)
 - ▷ Explicit FEA (hours)
- ▶ Integrierte Lösung



Herausforderungen

Fasersimulation– Umformen – reale Tests (2/2)

- ▶ Untersuchung komplexer NCF Gelege
 - ▷ NCF Versuchsaufbau zur Bestimmung der Materialkennwerte
 - ▷ Ableitung der Materialmodelle für verschieden NFCs



Agenda

Herausforderungen

Die 3DEXPERIENCE Plattform

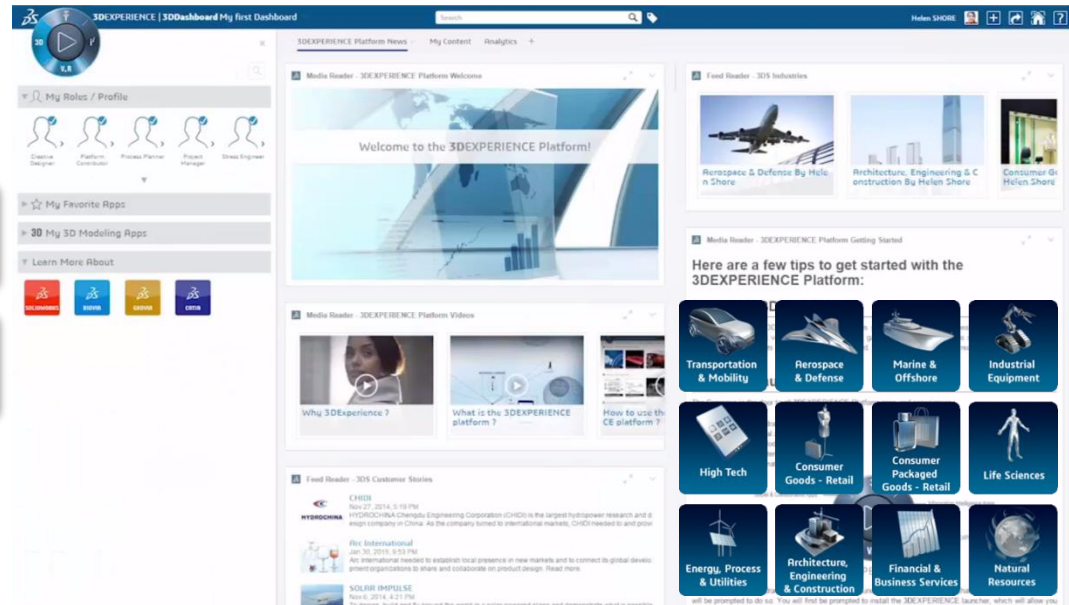
Integration von Design und Simulation

Simulation

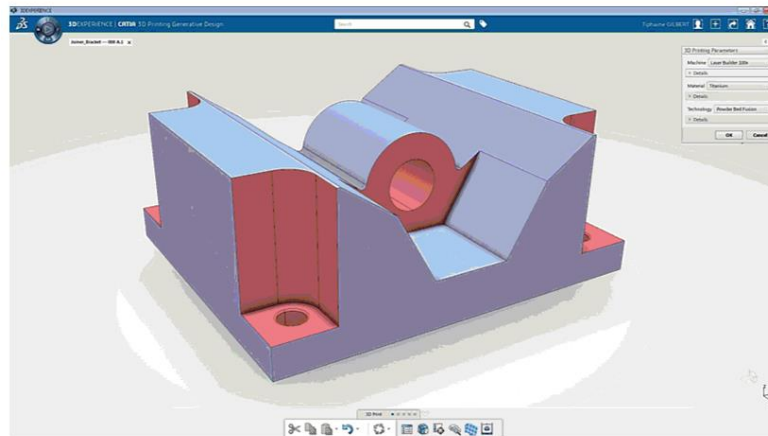
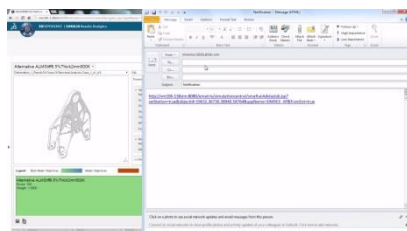
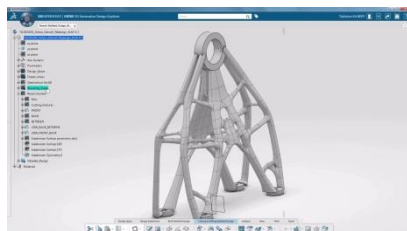
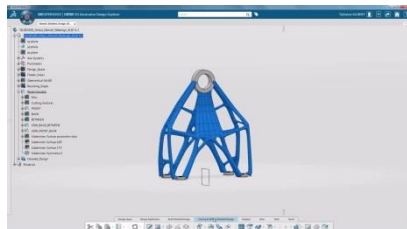
3DEXPERIENCE Powers...

... our Brand Applications...

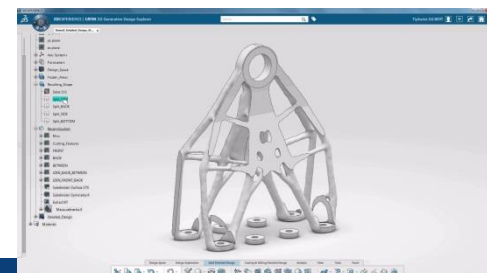
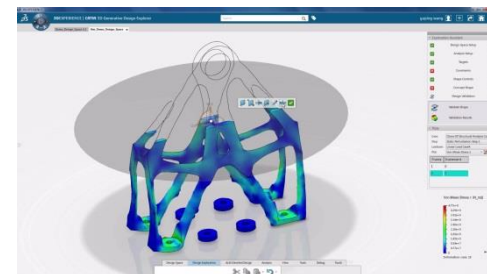
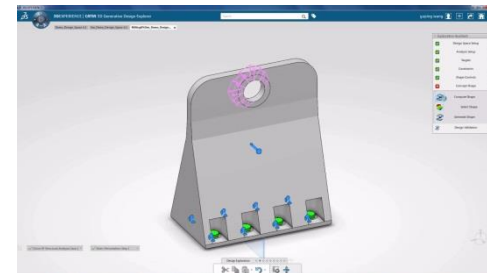
...for 12 Industries



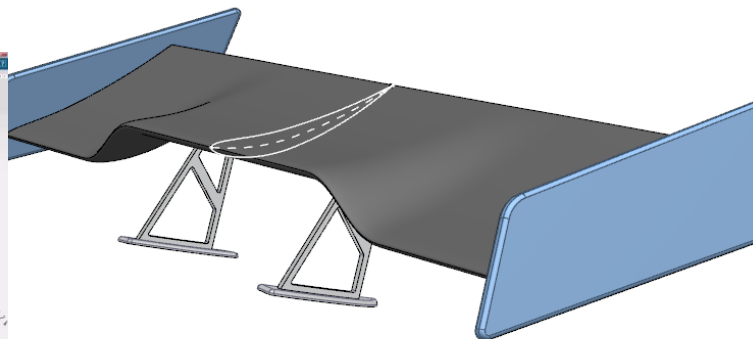
Die 3DEXPERIENCE Plattform



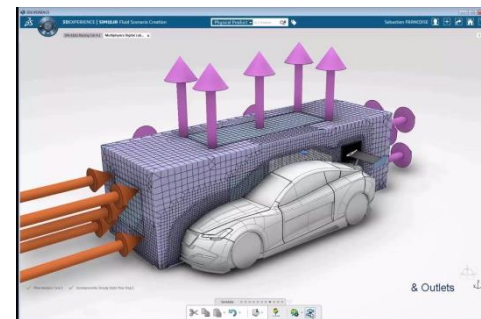
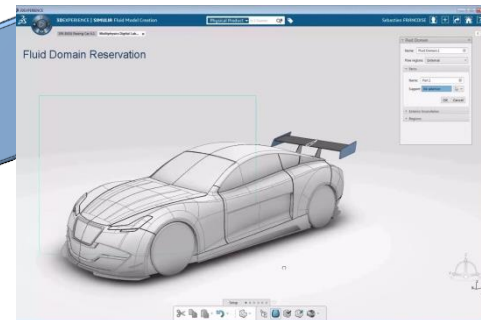
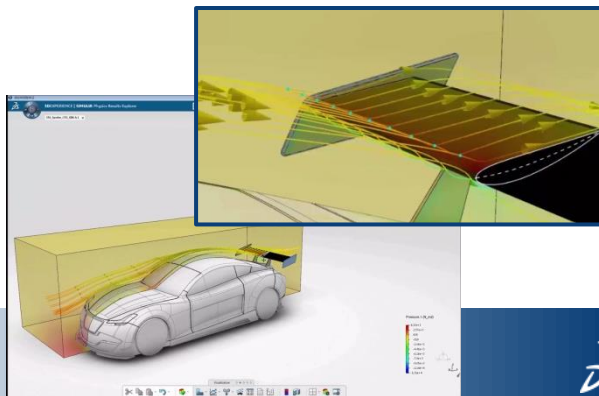
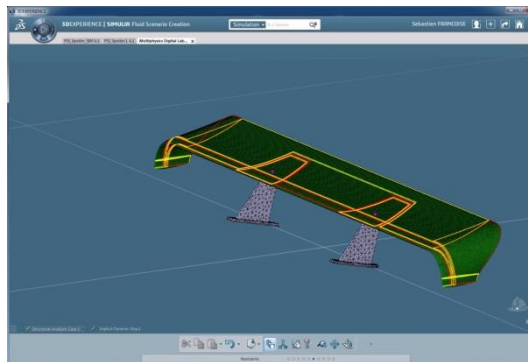
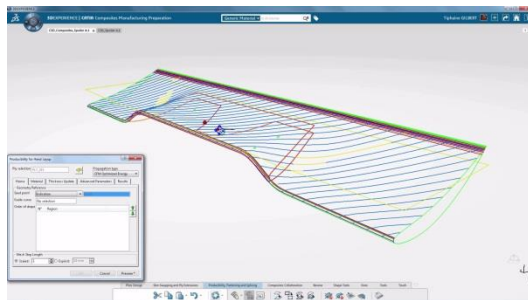
Generative Fertigung



Die 3DEXPERIENCE Plattform



Heckflügelauslegung



Agenda

Herausforderungen

3DEXPERIENCE Plattform

Integration von Design und Simulation

Simulation

Integration von Design und Simulation

Skalierte Simulation –

Schnelle Lösung zur Evaluierung und Vorbereitung eines FE - Modells

Schnell

3D Umgeformt

2D Muster

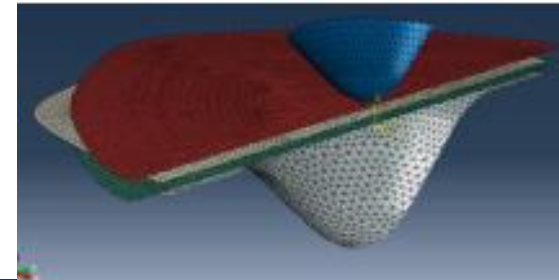
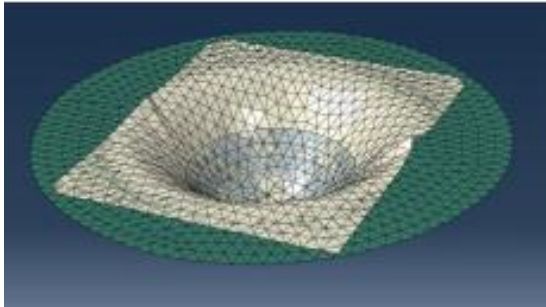
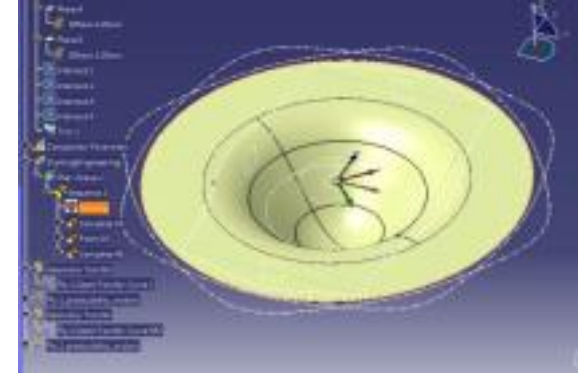
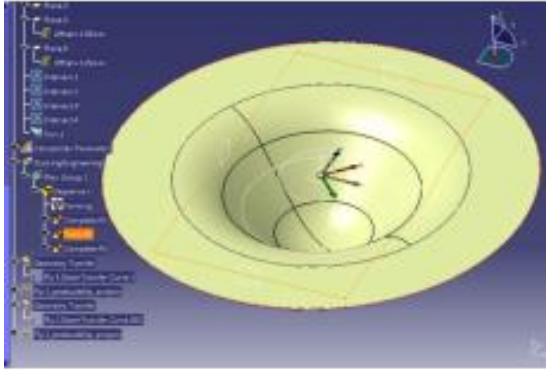
Compare

Edit

3D Lage

2D Blank

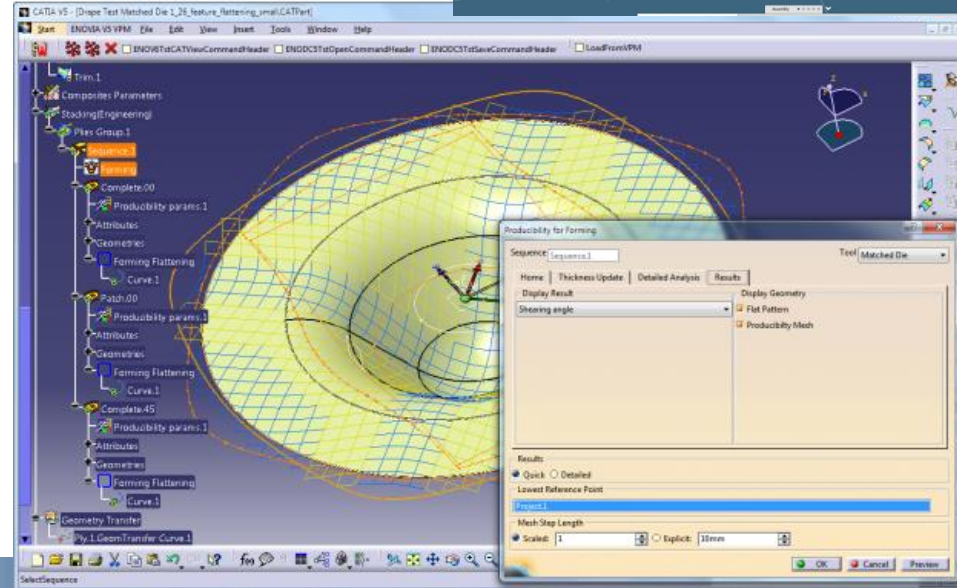
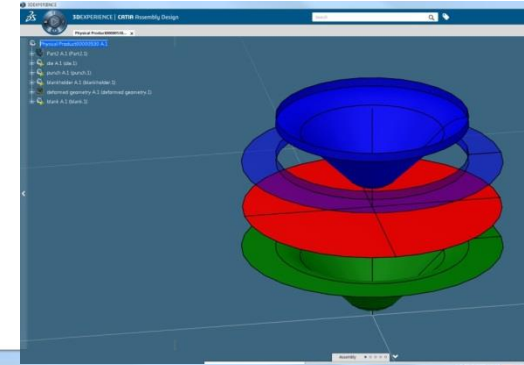
Detailliert (FEM)



Integration von Design und Simulation

Abschätzung – Schnelle Simulationsergebnisse

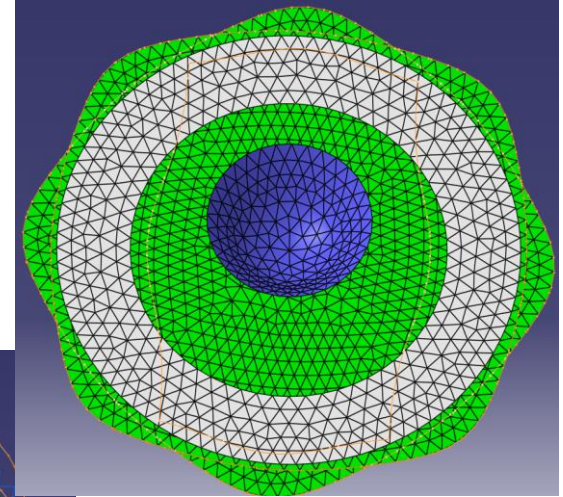
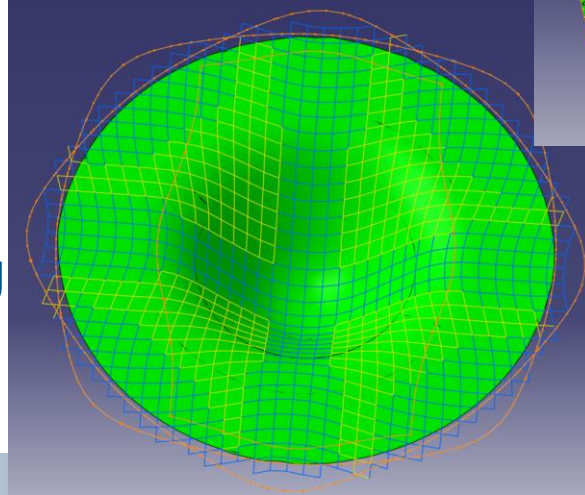
- Deformation
- Verzug
- Gleiten
- Schnittmuster
- Bewegung/Abweichung



Integration von Design und Simulation

FE Simulation – Detaillierte Simulationsparameter

- 3D Lagen
- Abwicklungen
- Netzgröße
- Stempelkontur
- Niederhalter
- Kräfte
- Materialverformung
- Reibung

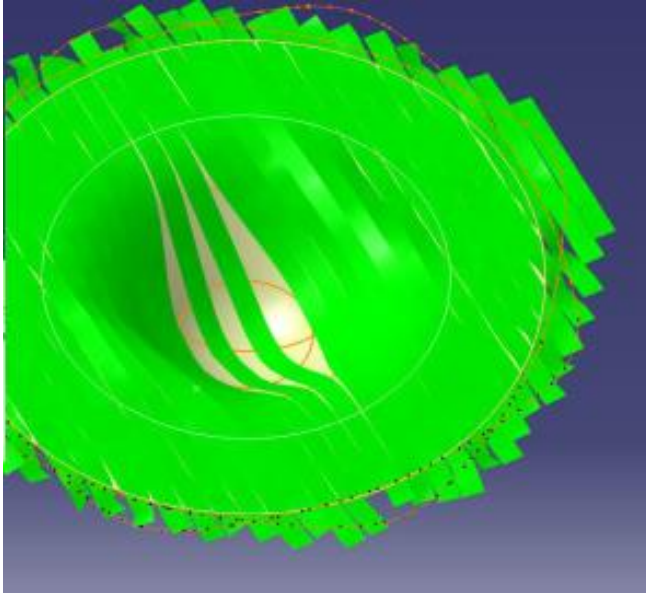


Abaqus - Modell

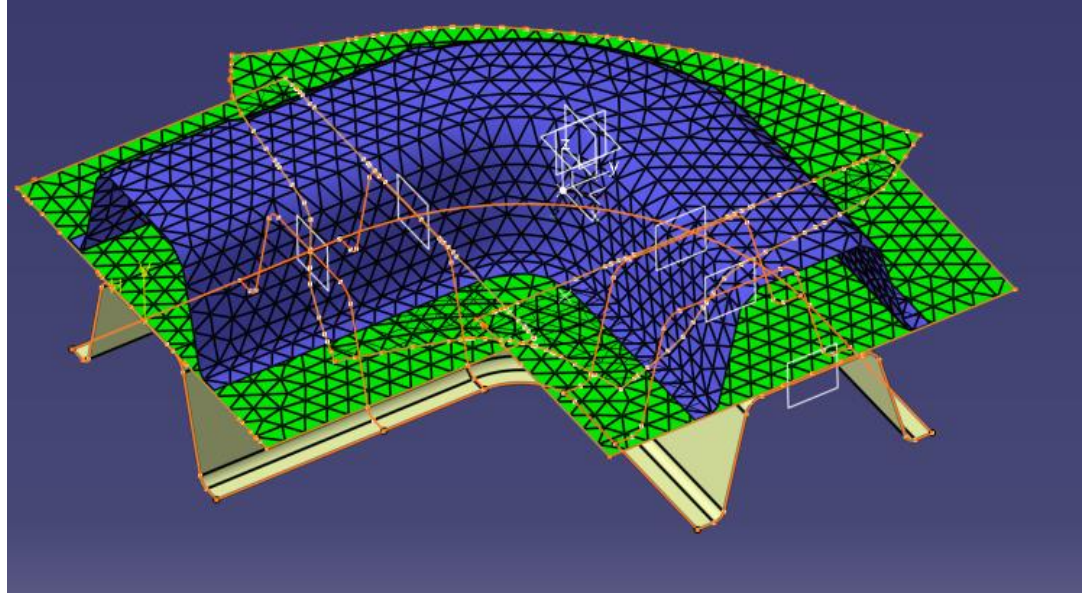
Ergebnis

Integration von Design und Simulation

Tapes



Komplexe Gelege



Agenda

Herausforderungen

3DEXPERIENCE Plattform

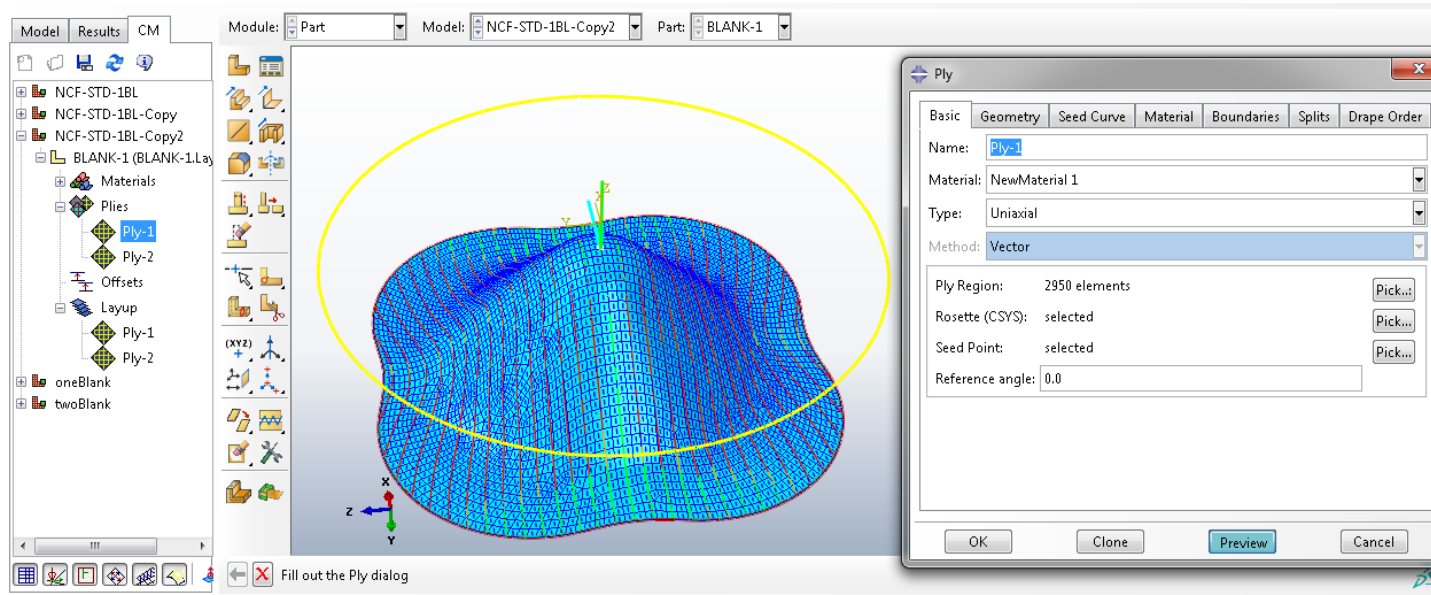
Integration von Design und Simulation

Simulation

Simulation

kinematische Drapierung

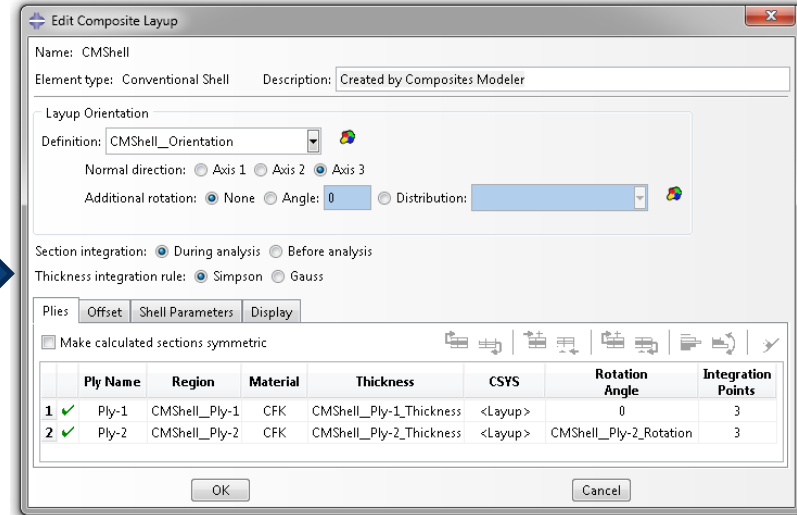
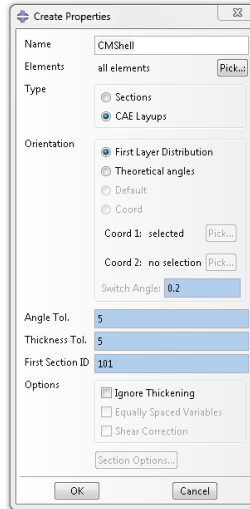
► Verwendung des Composite Modelers in Abaqus/CAE



Simulation

kinematische Drapierung

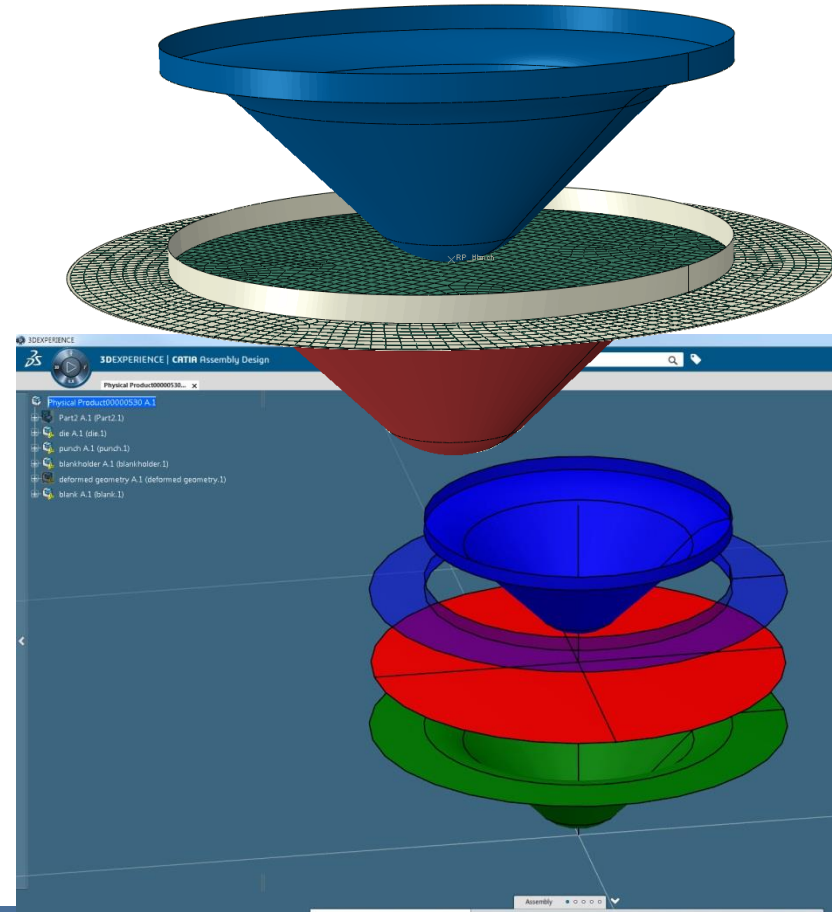
- Übertragung in das FE-Model
 - ▷ Verwendung von Sektionen
 - ▷ Verwendung von Layups
 - ▷ Elementweise Orientierung über Distributionen



Simulation

Numerische Drapierung

- ▶ Simulation des realen Umformprozesses
 - ▷ Modellierung aller Umformwerkzeuge
 - ▶ Diskrete oder analytische Starrkörper
 - ▷ Modellierung des Werkstücks in der unverformten Abwicklung
 - ▷ Verwendung des Preprozessors Abaqus/CAE
 - ▷ Abaqus/Explicit als Solver



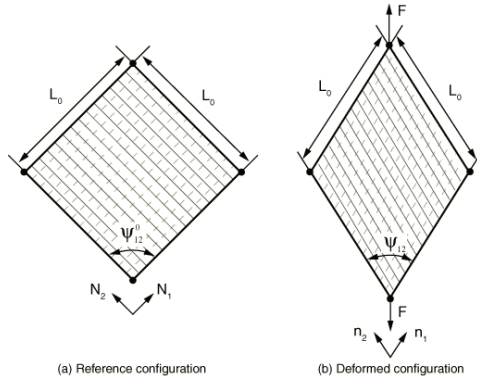
Simulation

Numerische Drapierung

► Simulation des realen Umformprozesses

▷ Materialmodell Fabric in Abaqus/Explicit

- Zugversuche (Warp, Weft)
- „Picture Frame“ - Scherversuche



Scherspannung:

$$T_{12} = \left(\frac{FL_0}{v_0} \right) \sin \left(\frac{\psi_{12}}{2} \right),$$

Scherwinkel:

$$\gamma_{12} = \psi_{12}^0 - \psi_{12}.$$

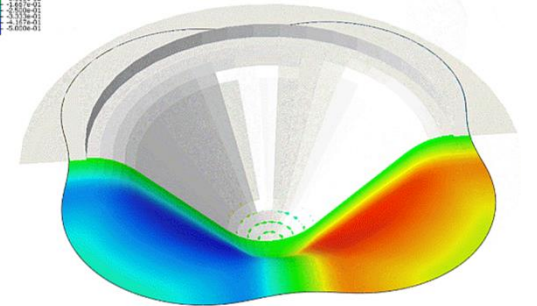
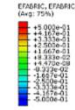
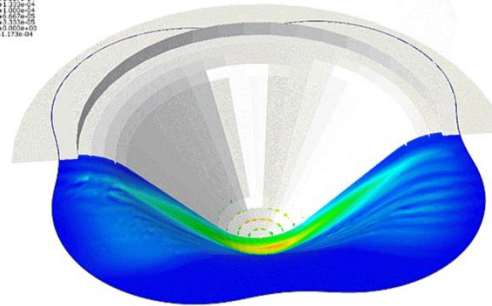
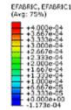
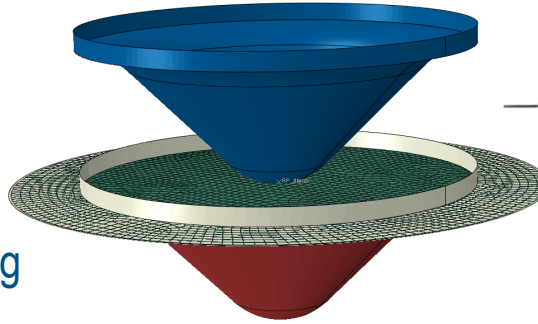
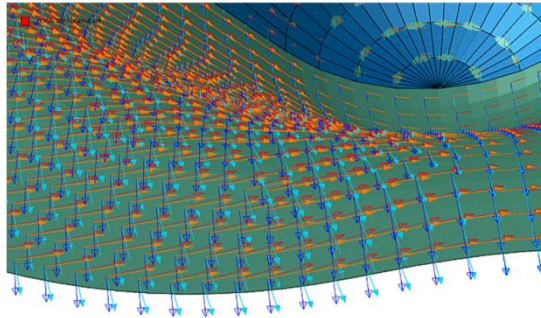
```
*Fabric, stress free initial slack=yes
*Uniaxial, Component=1
*Loading data, regularize=off
  0.000e+00,  0.000e+00
  1.776e+01,  1.000e-02
  1.776e+02,  1.000e-01
*Uniaxial, Component=2
*Loading data, regularize=off
  0.000e+00,  0.000e+00
  2.200e+01,  1.000e-02
  2.200e+02,  1.000e-01
*Uniaxial, Component=shear
*Loading data, regularize=off
  0.000e+00,  0.000e+00
  4.943e-03,  1.200e-01
  5.437e-02,  4.200e-01
  2.000e-01,  1.000e+00
```

Simulation

Numerische Drapierung

► Ergebnisse

- ▷ Dehnungen in Schussrichtung
- ▷ Dehnungen in Kettrichtung
- ▷ Änderungen des Winkels



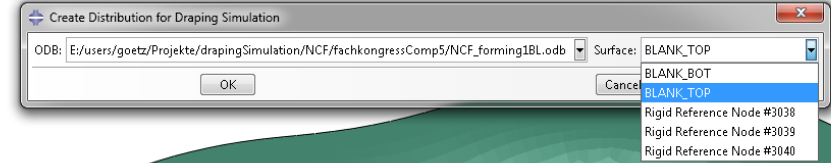
Simulation

Weiterführende Simulation zum Vergleich

► Übertragung der Faserorientierung

▷ Verwendung eines Plug-ins (Python)

- Elementweise Orientierung
- Winkeländerung „Weft“-Richtung -> Winkel um 0° aus Variable LOCALDIR_1
- Winkeländerung „Warp“-Richtung -> Winkel um 90° aus Variable LOCALDIR_2



angle1_DF_BLANK_BOT.tab
1, -3.92660370625
2, -9.15476290174
3, -7.90924307502
4, -1.66153933728
5, -3.75827718788
6, -9.30909345635
7, -9.10169957779
8, -0.804299270719
9, -7.7712740205
10, -2.01158901519
11, -6.96522702717
12, -4.40121896739

angle2_DF_BLANK_BOT.tab
1, 93.927717183
2, 299.1553689111
3, 397.9095088871
4, 91.661496757
5, 93.757653678
6, 99.3095246428
7, 99.1015942346
8, 90.8045079407
9, 97.7715582475
10, 92.0115720281
11, 96.9654018802
12, 94.4008076389

localDir_DF_BLANK_BOT.tab
1, 0.976820647717, -0.204741895199, 0.0624659955502, 0.0700307711959, 0.581421613693, 0.810582756996
2, 0.987280607224, 7.45058059692e-09, 0.158987551928, -0.158987551928, 8.94069671631e-08, 0.987280607224
3, 0.997777819633, -6.18398189545e-07, 0.0666275322437, -0.0666275322437, -3.8743019104e-07, 0.997777819633
4, 0.72863805294, -0.684365749359, 0.0270195007324, -0.00886979699135, 0.0300181806087, 0.999509990215
5, 0.809045553207, -0.584369182587, 0.0629120469093, 0.0654036104679, 0.195887058973, 0.978442907333
6, 0.986488819122, 7.45058059692e-09, 0.163828223944, -0.163828223944, 1.19209289551e-07, 0.986488878727
7, 0.987447023392, -0.00121521949768, 0.157946318388, -0.157943040133, 0.00244268774986, 0.987445235252
8, 0.997226476669, -0.0743468403816, 0.00344497337937, 0.0119034852833, 0.205012351274, 0.978686988354
9, 0.990629911423, 0.0, 0.136573642492, -0.136573642492, 8.94069671631e-08, 0.990629911423
10, 0.998386859894, -0.0560920983553, 0.00879292748868, 0.0331820547581, 0.702111124992, 0.711293816566
11, 0.992960214615, 7.45058059692e-09, 0.118448033929, -0.118448033929, 0.0, 0.992960214615
12, 0.726422429085, -0.683364868164, 0.0729578435421, 0.0562793314457, 0.164953947067, 0.984694182873

Simulation

Weiterführende Simulation zum Vergleich

► Festigkeitsanalyse mit Abaqus/Standard

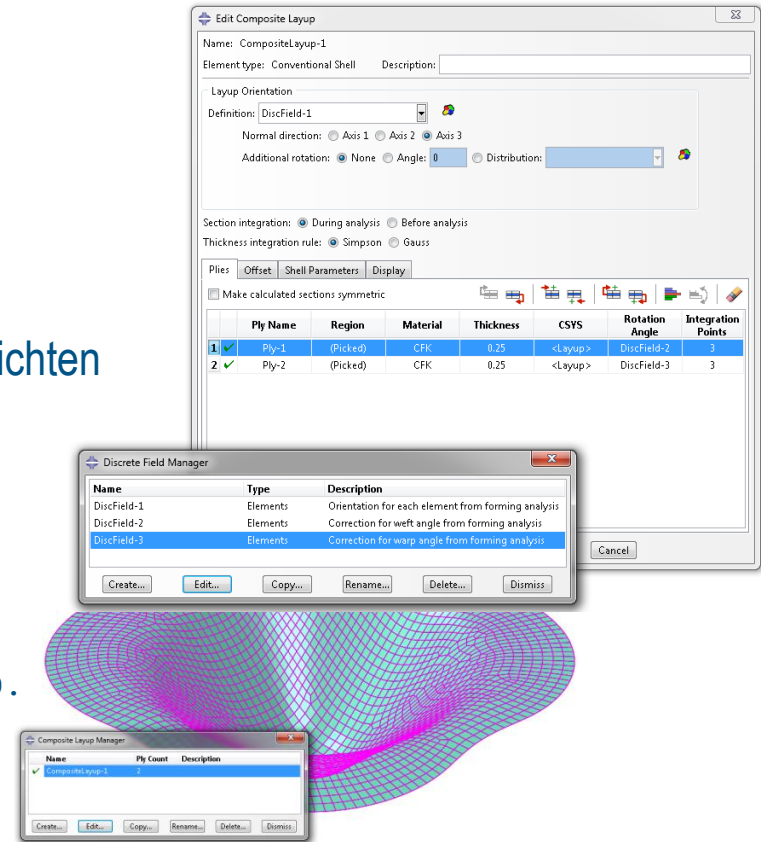
- ▷ Importieren des verformten Netzes
- ▷ Idealisierung des Gewebes durch zwei UD-Schichten
- ▷ Übergabe der Orientierung und Winkel durch diskrete Felder
- ▷ Materialdefinition und Zuweisung

***Elastic, type=LAMINA**

150000.,15000., 0.23, 5000., 5000., 3000.

***Fail Stress**

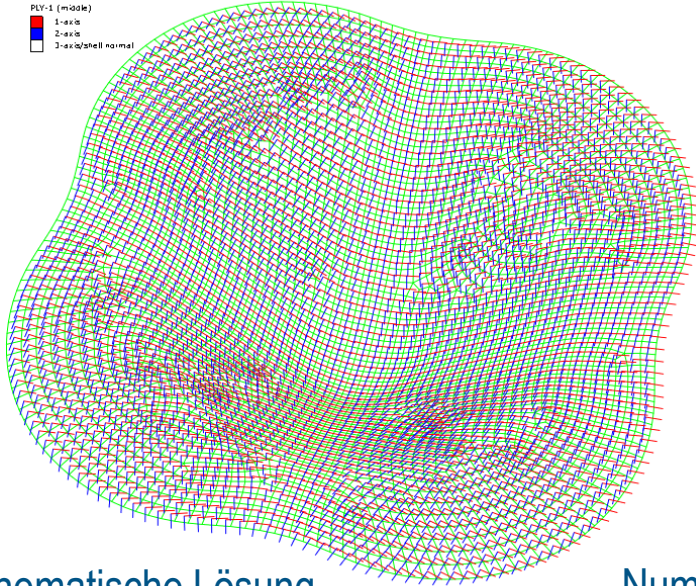
1000.,800.,200.,200.,150., 0., 0.



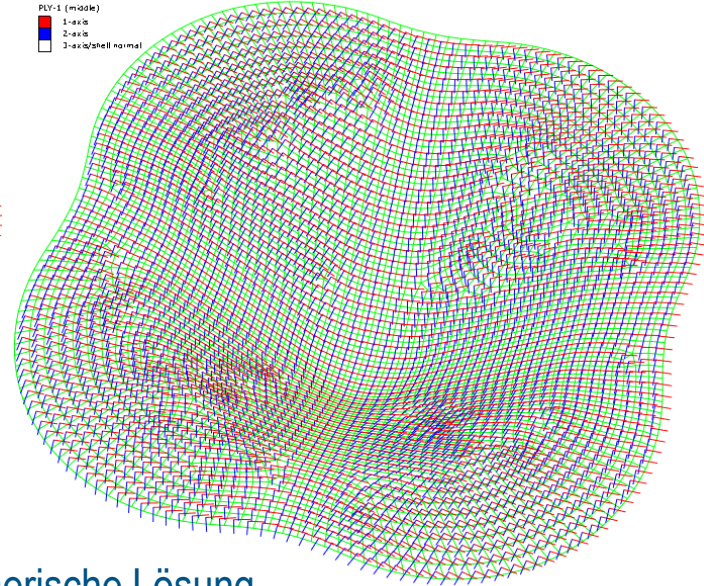
Simulation

Ergebnisse

► Faserorientierung - Schicht 1



Kinematische Lösung

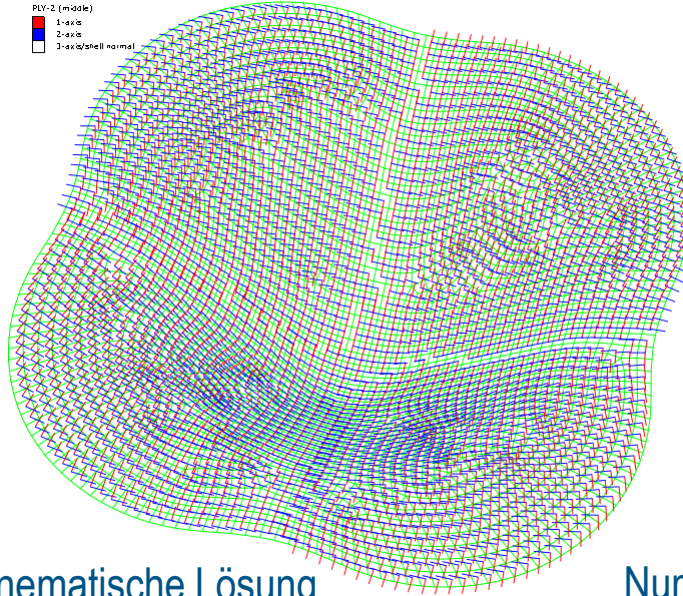


Numerische Lösung

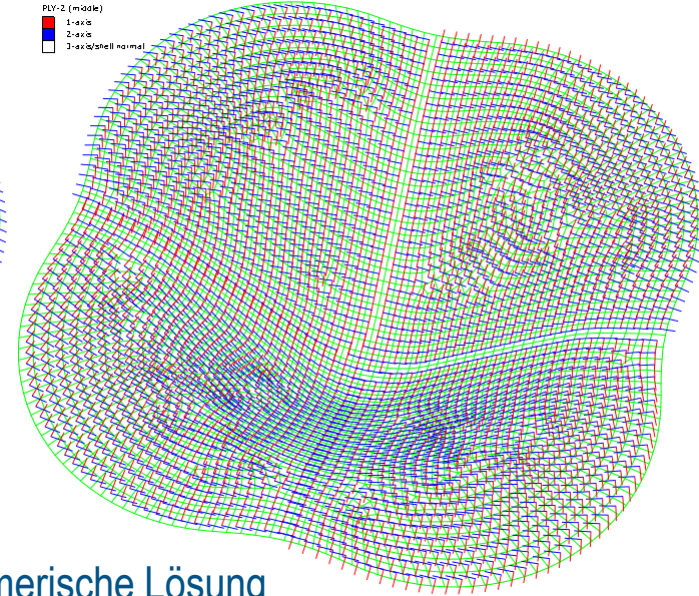
Simulation

Ergebnisse

► Faserorientierung - Schicht 2



Kinematische Lösung

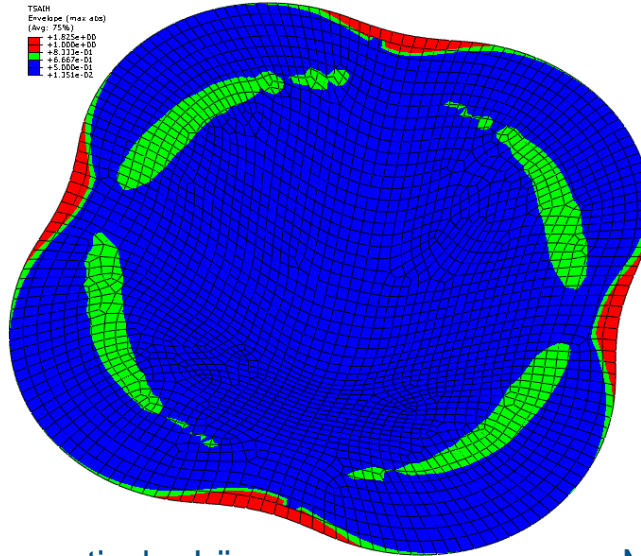


Numerische Lösung

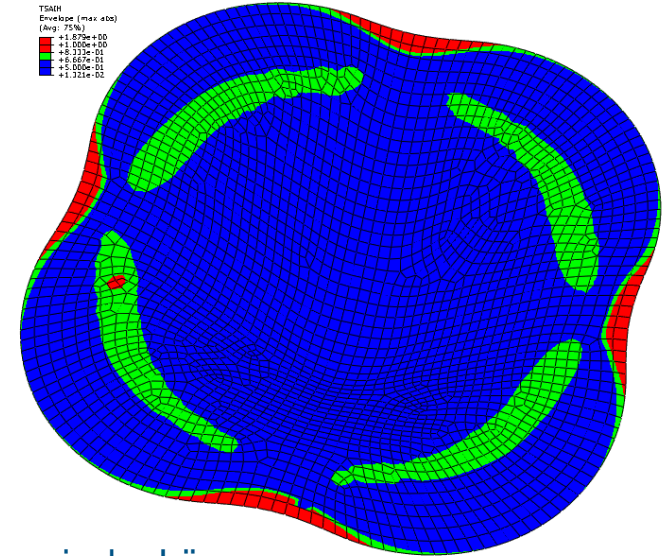
Simulation

Ergebnisse – Belastung 1 bar

► Versagen nach Tsai-Hill



Kinematische Lösung

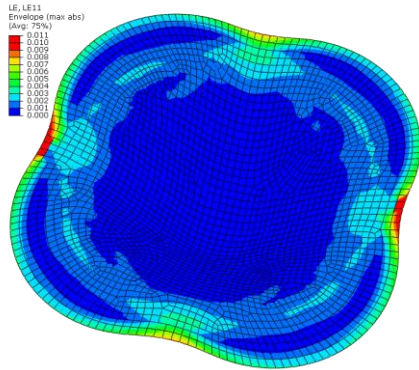


Numerische Lösung

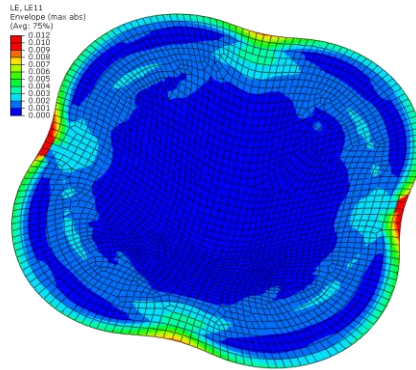
Simulation

Ergebnisse – Belastung 1 bar

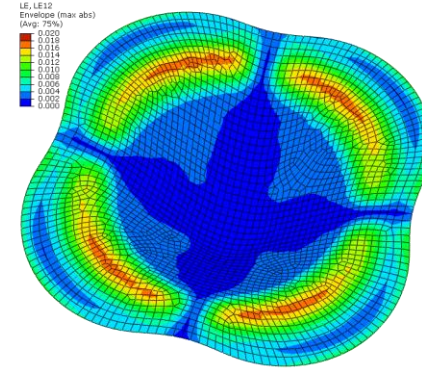
► Faser-Dehnungen – Envelope Plot



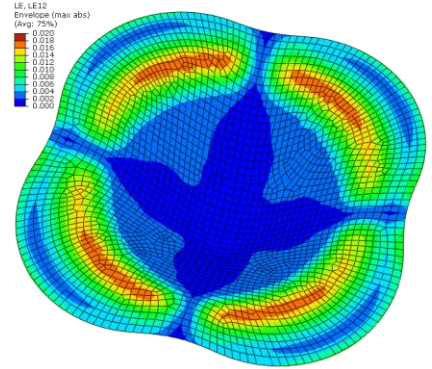
Kinematische Lösung



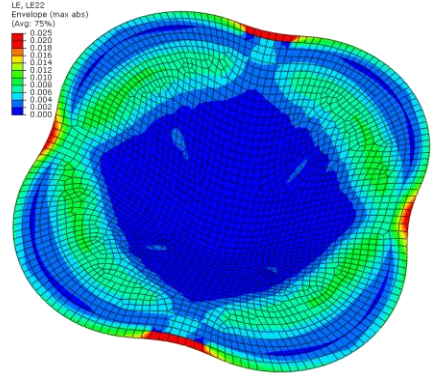
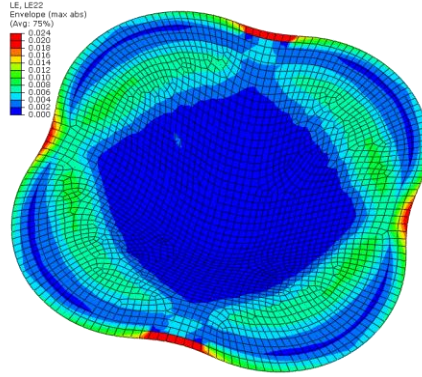
Numerische Lösung



Kinematische Lösung



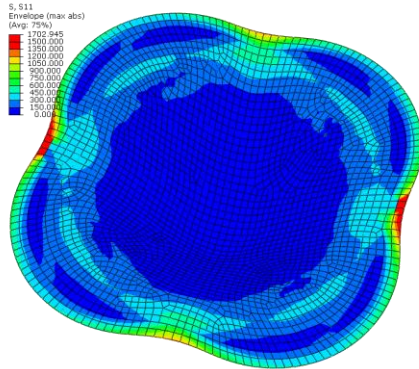
Numerische Lösung



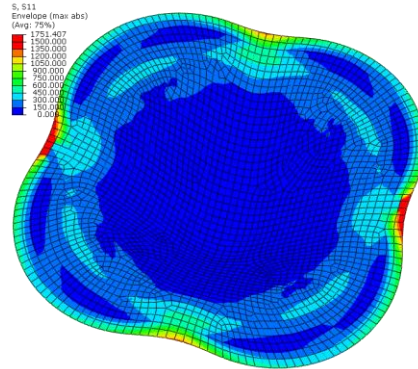
Simulation

Ergebnisse – Belastung 1 bar

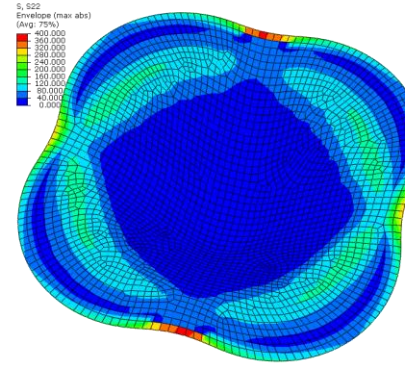
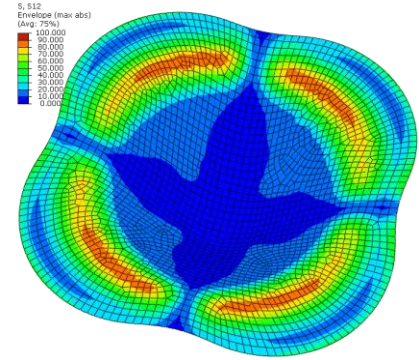
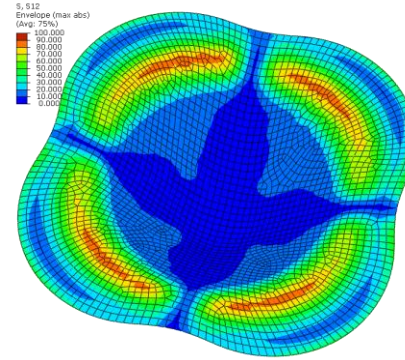
► Faser-Spannungen – Envelope Plot



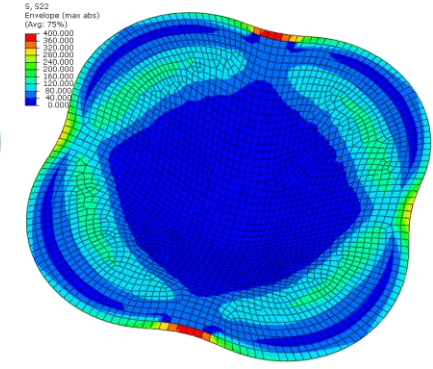
Kinematische Lösung



Numerische Lösung



Kinematische Lösung

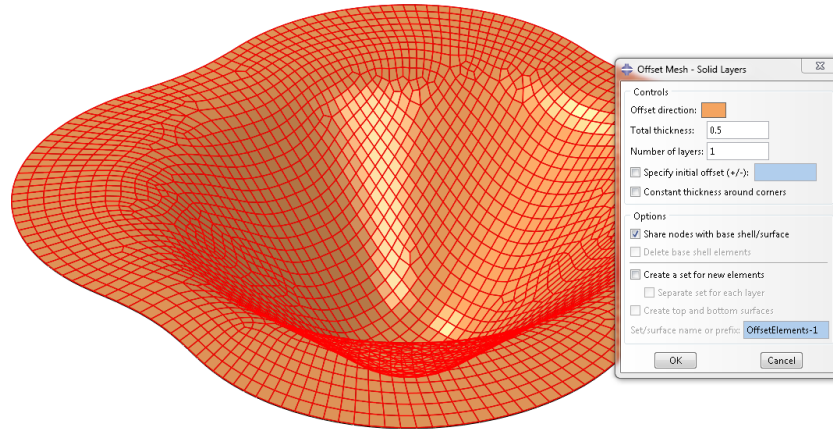


Numerische Lösung

Simulation

Trimmen

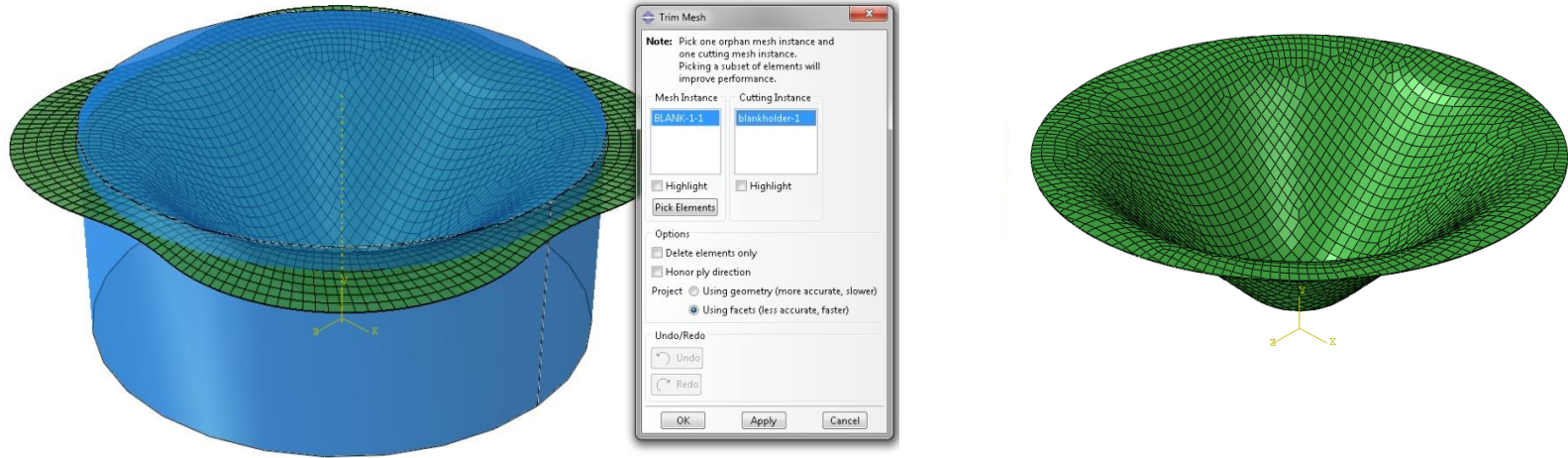
- ▶ Numerische Umformung
- ▶ Anschließender Zuschnitt durch Boolesche Operation
 - ▷ Einschränkung: Volumennetz mit Continuum-Schalen erforderlich -> Offset Mesh – Solid Layers



Simulation

Trimmen

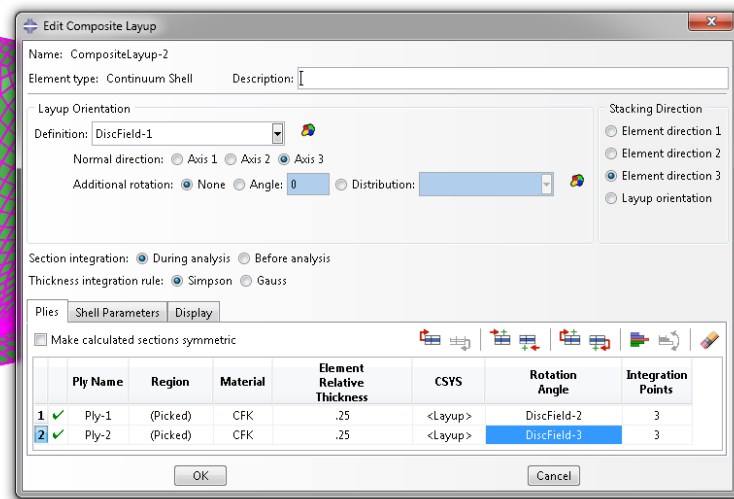
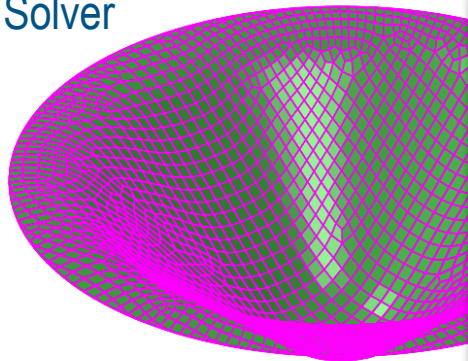
- Überlagerung des Netz mit Geometrie -> Trim Plug-in
 - ▷ Volumenkörper erforderlich



Simulation

Trimmen

- Materialzuweisung über Layups
 - ▷ Verwendung diskreten Felder
 - ▷ Abaqus/Standard als Solver



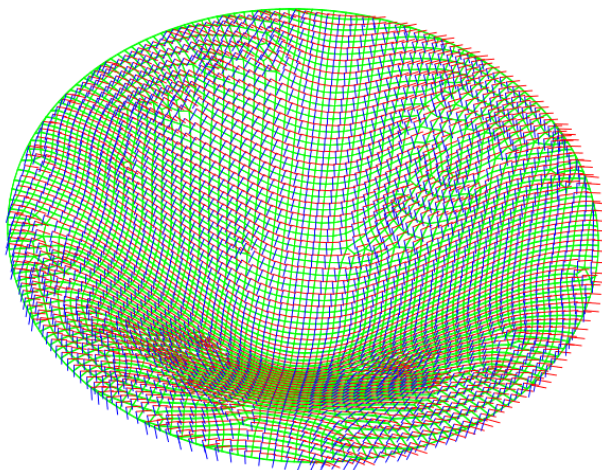
Simulation

Trimmen/Ergebnisse

▷ Faserorientierung

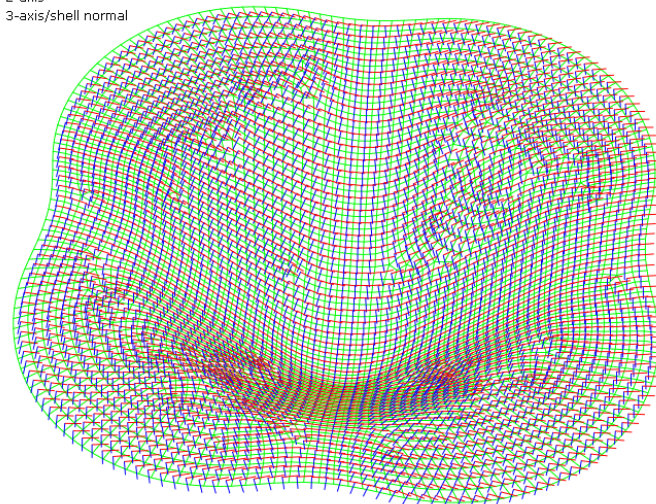
PLY-1 (middle)

■	1-axis
■	2-axis
■	3-axis/shell normal



PLY-1 (middle)

■	1-axis
■	2-axis
■	3-axis/shell normal



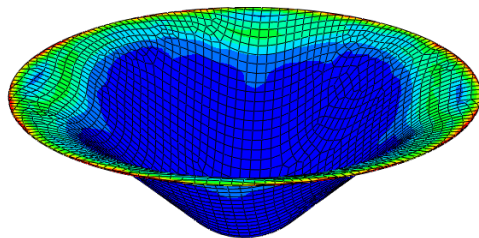
Simulation

Trimmen/Ergebnisse – Belastung 1 bar

► Spannungen/Dehnungen

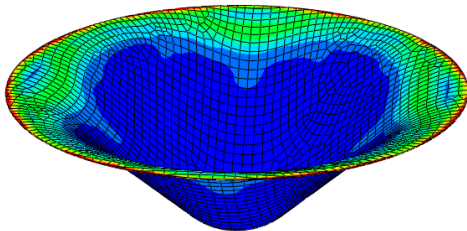
S, S11
Envelope (max abs)
(Avg: 75%)

1523.856
1000.000
900.000
800.000
700.000
600.000
500.000
400.000
300.000
200.000
100.000
0.000



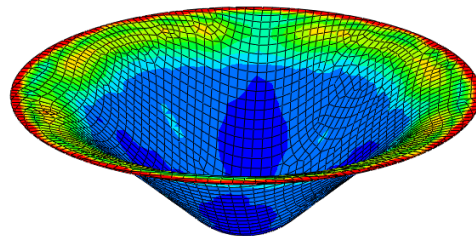
LE, LE11
Envelope (max abs)
(Avg: 75%)

0.010
0.006
0.005
0.005
0.004
0.004
0.003
0.002
0.002
0.001
0.001
0.000



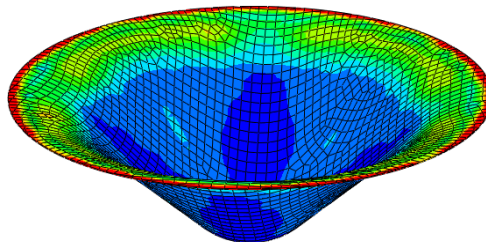
S, S22
Envelope (max abs)
(Avg: 75%)

297.123
120.000
108.000
96.000
84.000
72.000
60.000
48.000
36.000
24.000
12.000
0.000



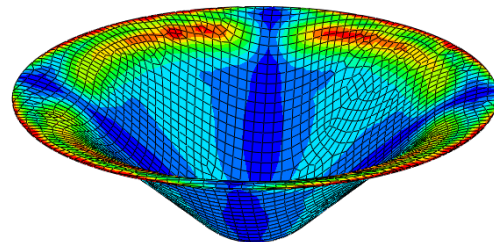
LE, LE22
Envelope (max abs)
(Avg: 75%)

0.019
0.008
0.007
0.006
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0.000



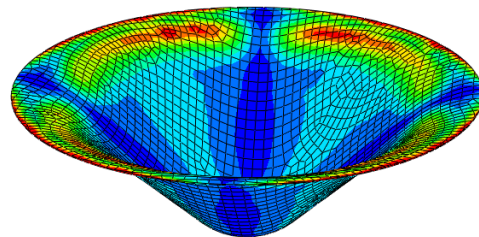
S, S12
Envelope (max abs)
(Avg: 75%)

120.624
60.000
54.000
48.000
42.000
36.000
30.000
24.000
18.000
12.000
6.000
0.000



LE, LE12
Envelope (max abs)
(Avg: 75%)

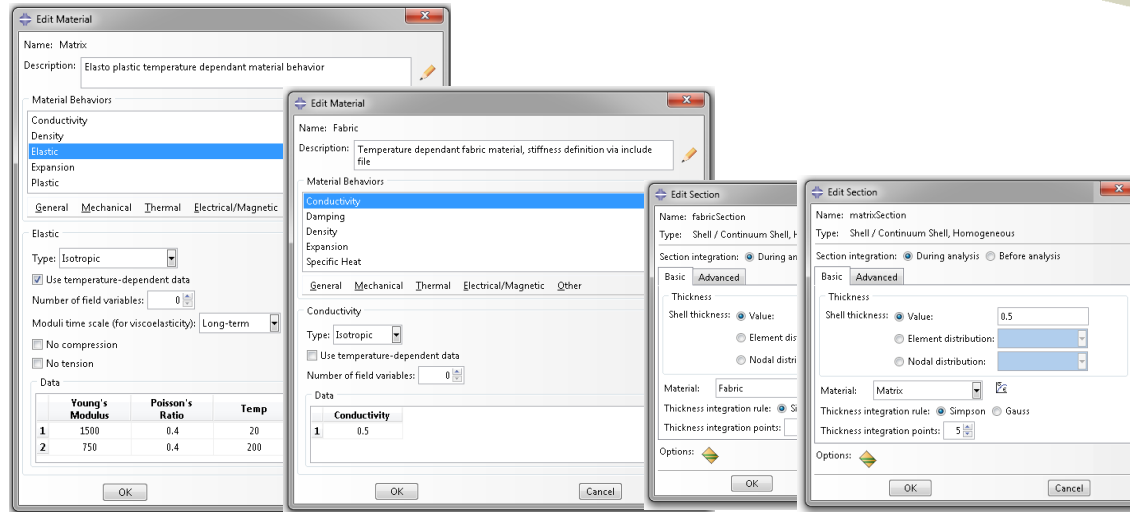
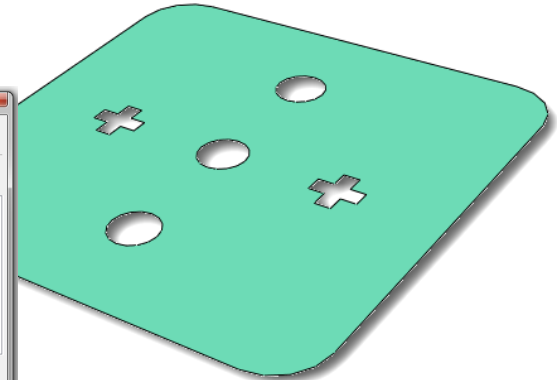
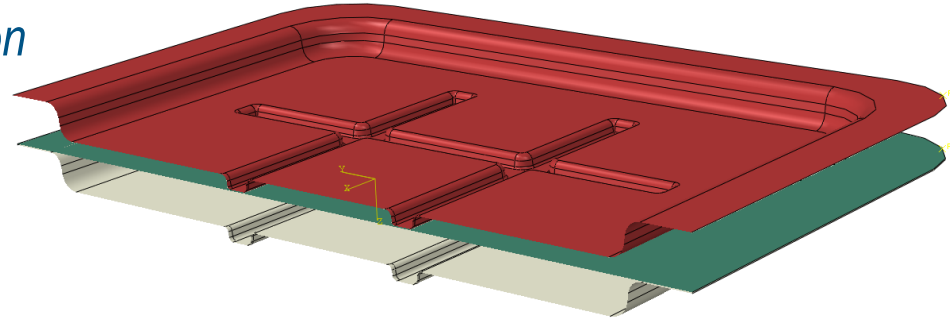
0.024
0.012
0.011
0.010
0.008
0.007
0.006
0.005
0.004
0.002
0.001
0.000



Simulation

Beispiel 1: numerische Drapiersimulation

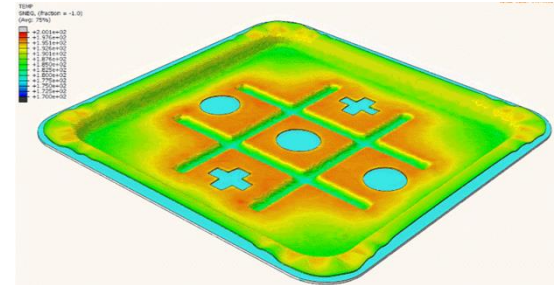
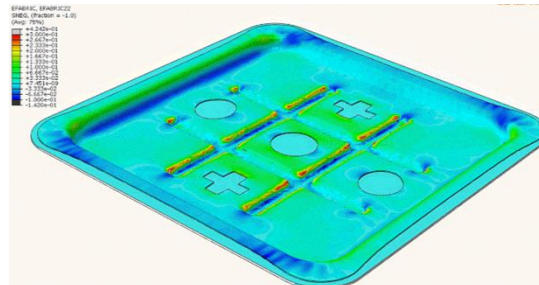
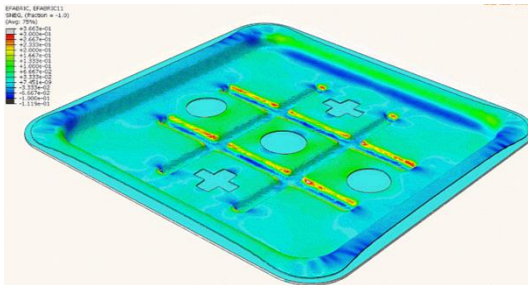
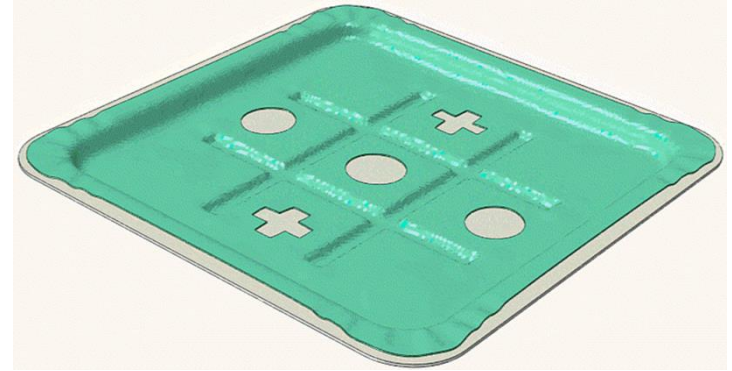
- Thermoplastischer Umformprozess
 - ▷ Verwendung einer Doppelschale



Simulation

Beispiel 1: numerische Drapiersimulation

- Thermoplastischer Umformprozess
- ▷ Ergebnisse



Simulation

Beispiel 2: numerische Drapiersimulation

► Drapieren einer B-Säule

