

A photograph showing various composite materials and parts. On the left, there are rolls of woven fabric, likely carbon fiber or Kevlar, in shades of blue and grey. In the center and right, there are several 3D printed or molded parts, some in blue and some in black, showing complex shapes and textures. The background is a dark, textured surface, possibly a composite material.

**Composite-Bauteile
für den Automobilbau**

*Composite Components
for Automotive Engineering*

Drapiersimulation von Preforms für Faserverbundstrukturen mit LS-Dyna

Stephan Schönen, Johannes Böke

Filderstadt, 13.10.2011

Agenda

Resin-Transfer-Moulding-Prozess (RTM)

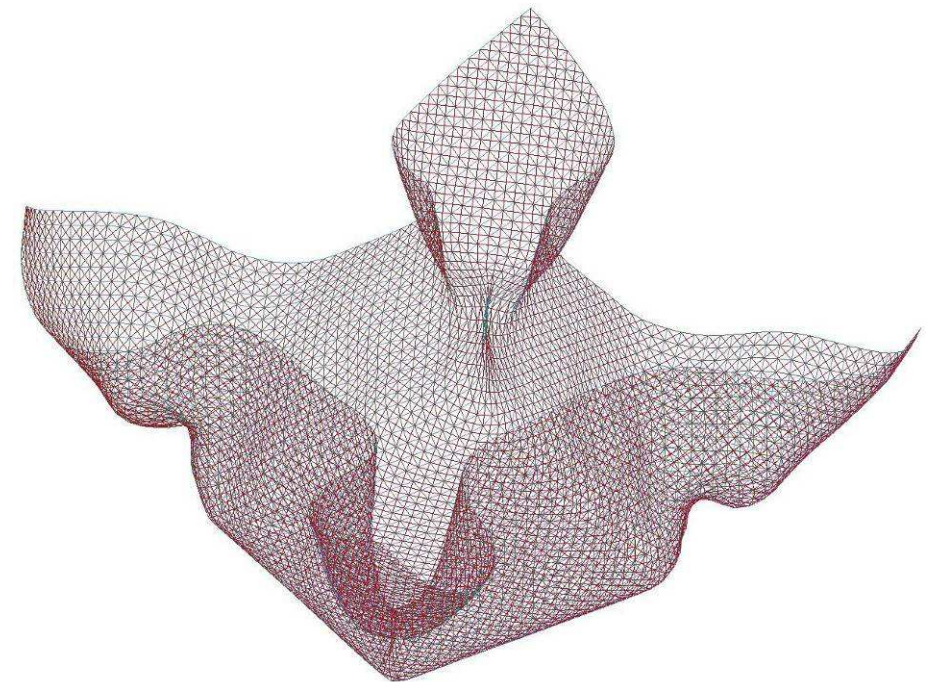
Bedeutung der Drapiersimulation für die Produktentwicklung

Eigenschaften textiler Gewebe/ Gelege

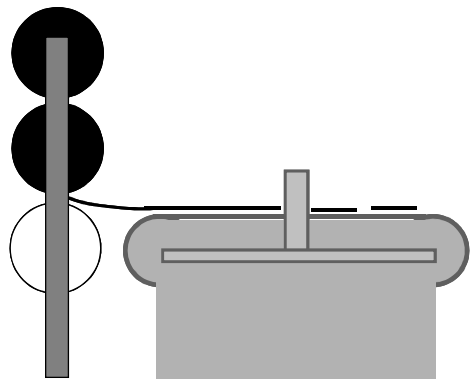
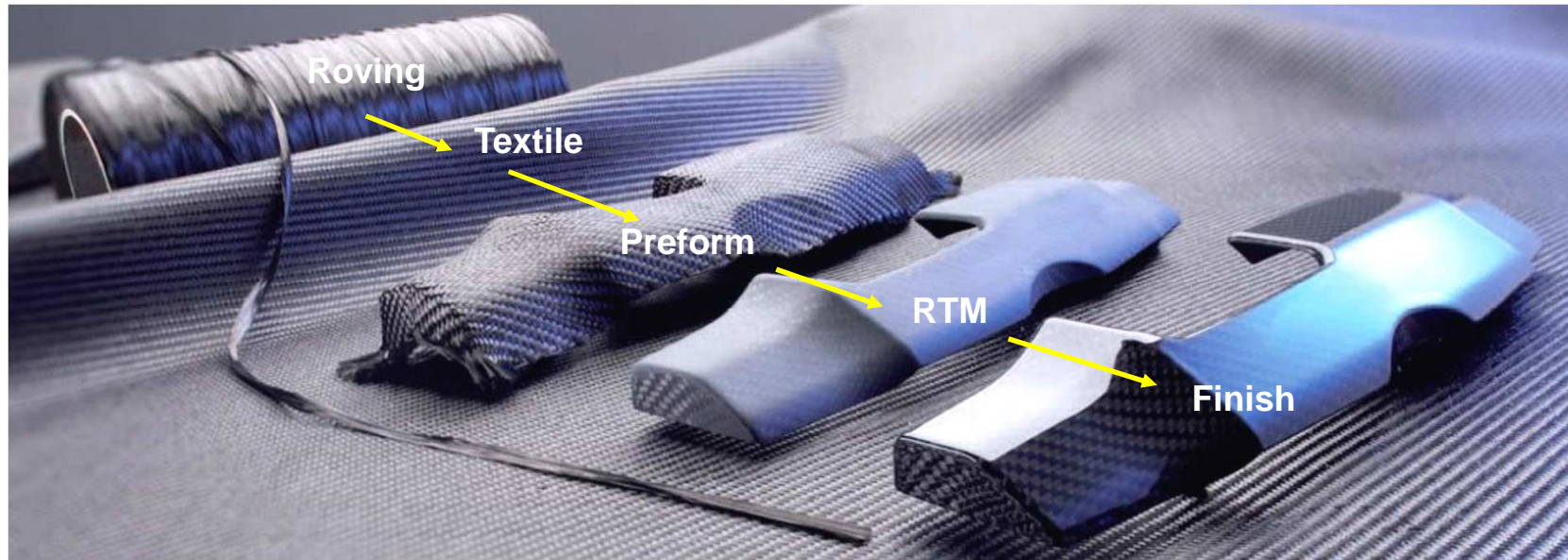
Modellansatz

Materialcharakterisierung

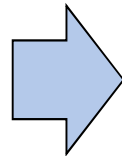
Beispiele



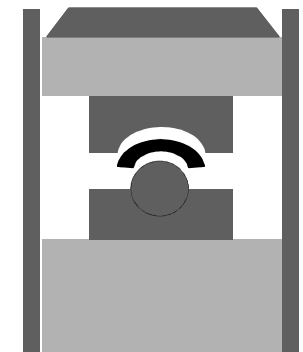
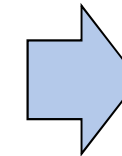
Resin-Transfer-Moulding-Prozess (RTM)



Cutter
Zuschnitt des
textilen Halbzeugs



Preforming
Umformen des
textilen Halbzeugs



RTM
Harzinjektion im
geschlossenen
Werkzeug

Resin-Transfer-Moulding-Prozess (RTM)

Beispiel eines Preformvorgangs (Reserveradmulde)

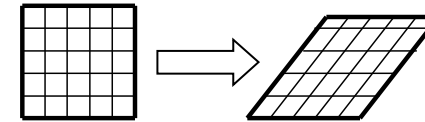


- automatisiertes Preformen führt zu deutlicher Kostenreduzierung bei der Herstellung von Bauteilen aus FKV
- ➔ Voraussetzung für Wirtschaftlichkeit
- sicherer und robuster Prozess notwendig

Bedeutung der Drapiersimulation für die Produktentwicklung

- **Herstellbarkeitsbewertung**

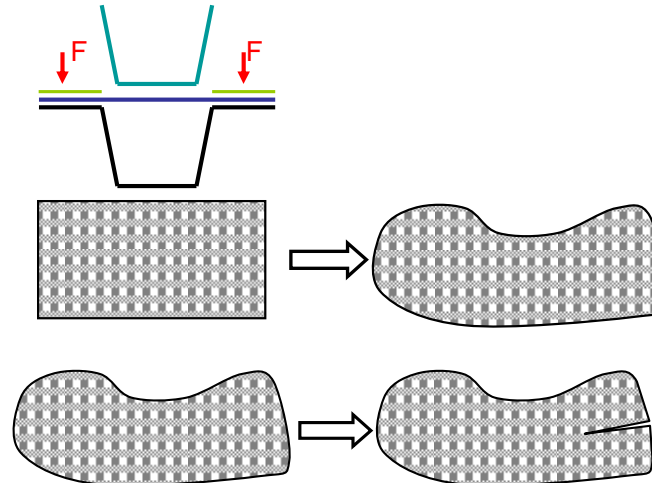
- Faltenbildung im Prozess?
- Wie groß sind die Scherdeformationen des Gewebes?



- **Prozessoptimierung**

Wie lässt sich Faltenbildung vermeiden?

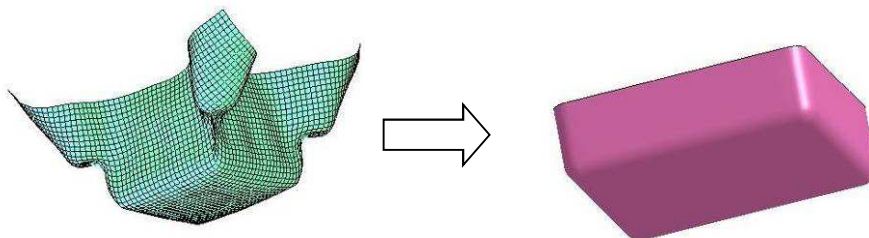
- Werkzeugkonzept anpassen
- Zuschnitt des Gewebes anpassen
- Schnitte im Gewebe



- **Nutzen der Erkenntnisse aus Umformsimulation für weiterführende Berechnungen**

(Crash-, Steifigkeits- oder Festigkeitsberechnungen)

- Übertragung der Faserwinkel durch Mapping
- Anpassung Werkzeugspalte

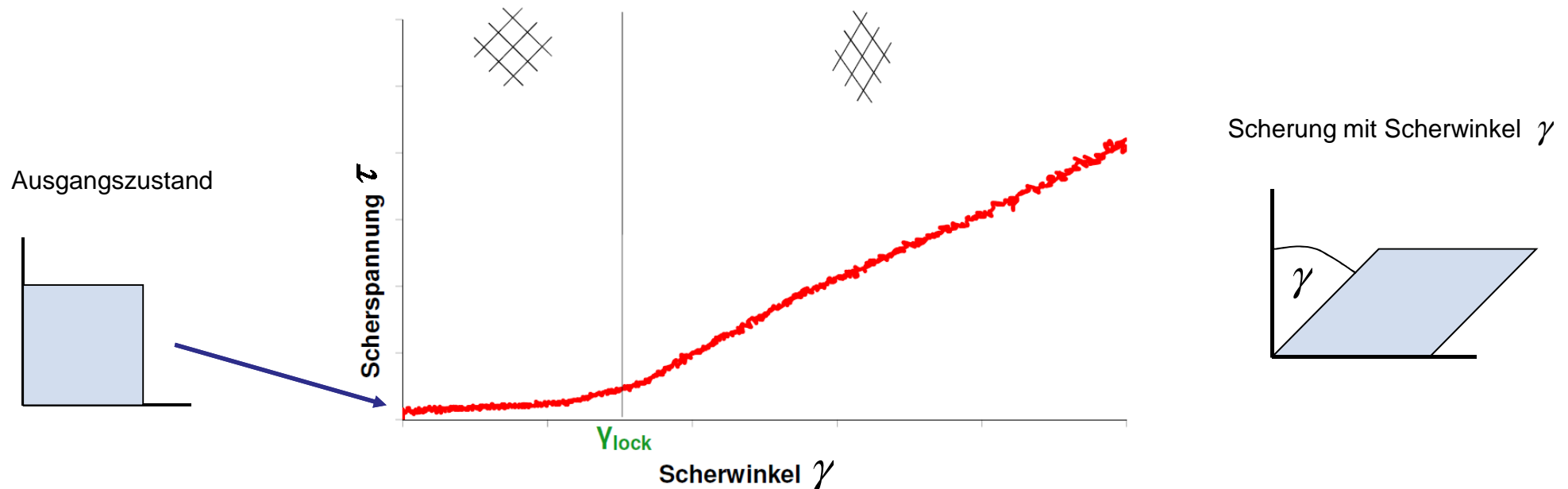


Eigenschaften textiler Gewebe/Gelege

- Starke Richtungsabhängigkeit der Verformungsfähigkeit
- Hohe Steifigkeit in Faserrichtung nach Abbau der initialen Ondulation
- Geringer Widerstand gegen Scherdeformation (\ll Steifigkeit in Faserrichtung)
- Progressive Schubspannungs-Scherungsverhalten durch Blockierung des Gewebes bei $\gamma > \gamma_{lock}$

→ Umformung erfolgt primär durch Schubverformung

- Sehr geringe Biegesteifigkeit



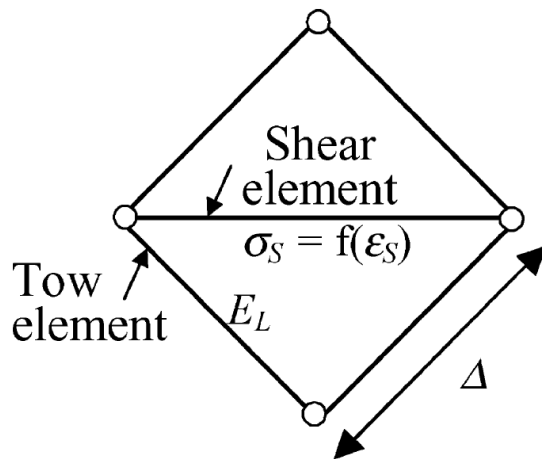
Möglichkeiten zur Abbildung trockener Textilie in LS-Dyna

- ***MAT_FABRIC (MAT 34), FORM=14**
 - für Membranelemente
 - Loadcurves für verschiedene Verformungsmodi
- ***MAT_MICROMECHANICS_DRY_FABRIC (MAT 235)**
 - für Membranelemente
 - parametrisch (Schubmodul, Blockierwinkel, ...)
- **Abbildung der wesentlichen Eigenschaften des Gewebes durch eine Einheitszelle aus Stab- und Balkenelementen**
 - Biegesteifigkeit einstellbar
 - Loadcurve für Scherverhalten

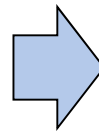
Einheitszelle Benteler-SGL

- Abbildung der Steifigkeit in Faserrichtung mit linear elastischen Balkenelementen
 - hohe Längssteifigkeit
 - (sehr) geringe Biegesteifigkeit
- Das Verhalten des Gewebes bei Scherdeformation wird durch zwei nichtlinear-elastische Stabelemente (Schubstäbe) eingestellt, die diagonal in der Einheitszelle liegen

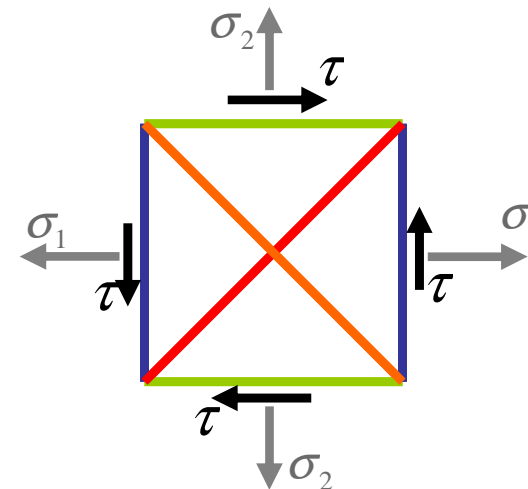
Inspiziert durch:



Sharma, S.B. und Sutcliffe, M.P.F.:
A simplified finite element model for draping
of woven material. Composites Part A:
applied science and manufacturing,6,2004



Einheitszelle BSGL:

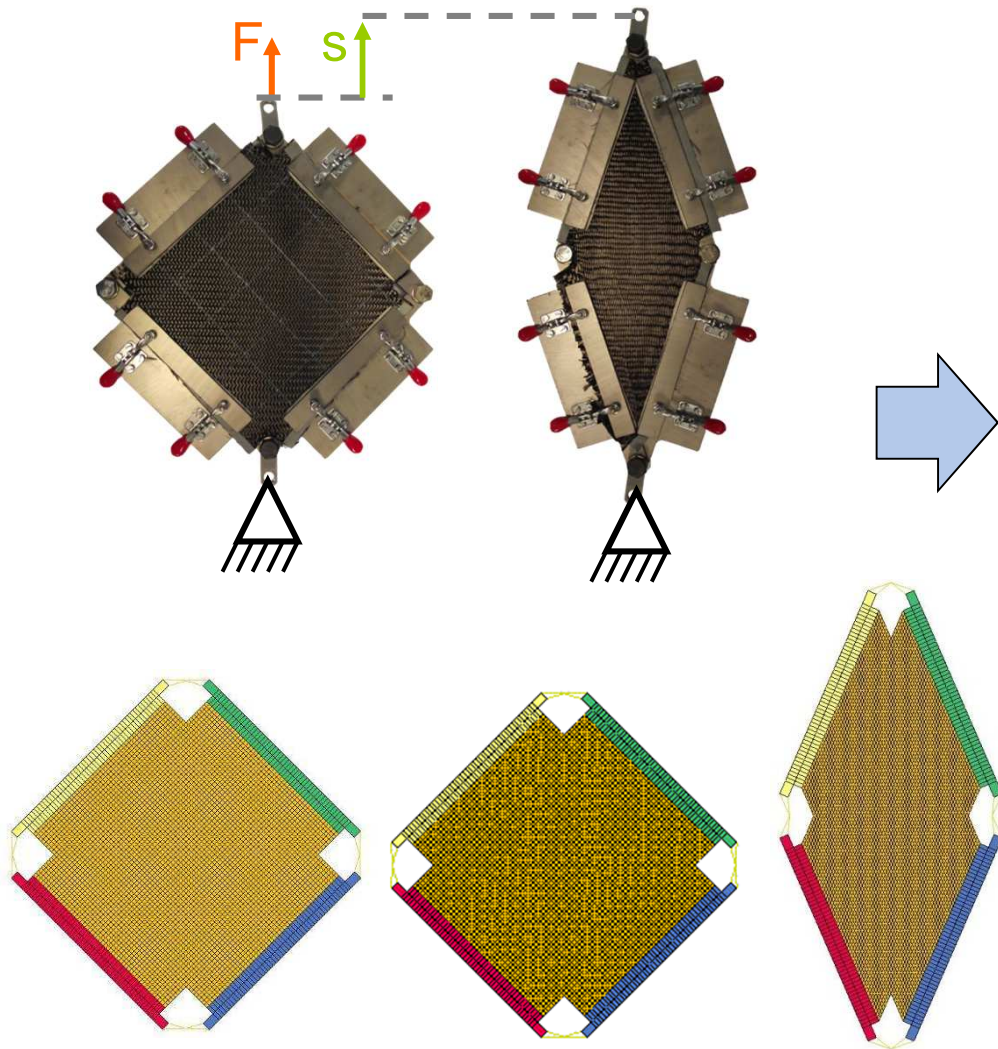


Vorteile

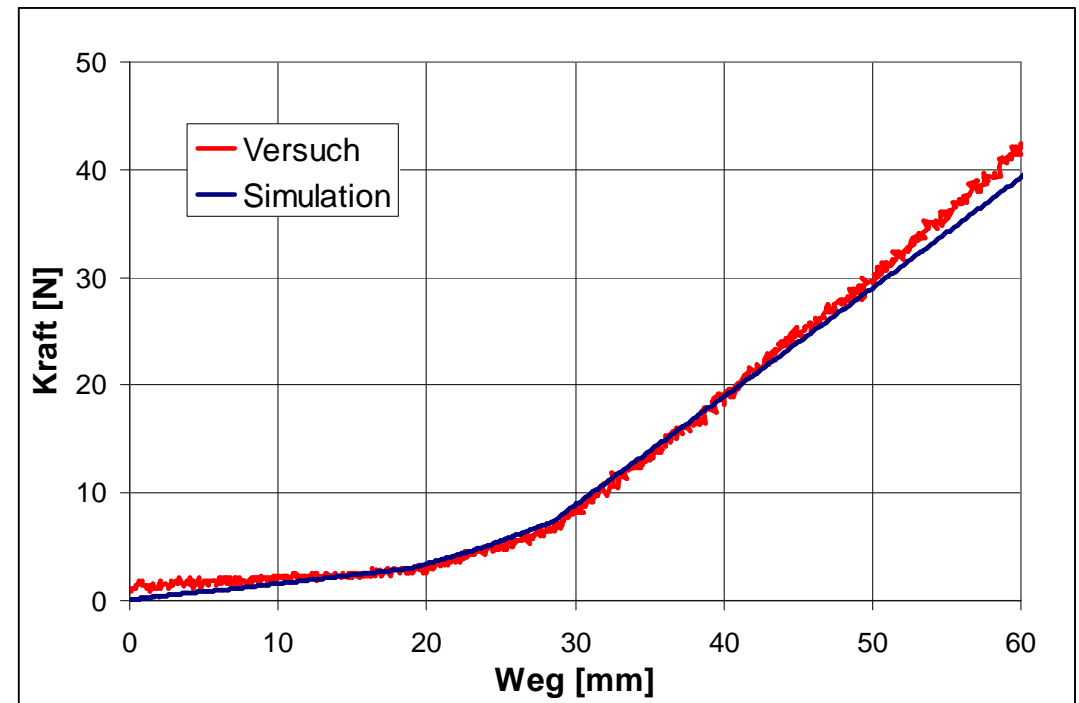
- Biegesteifigkeit einstellbar
- symmetrisches Verhalten der Einheitszelle

Scherververhalten

- Bestimmung des Scherverhaltens mittels Picture-Frame-Test
- Nachvollziehen des Tests mit LS-Dyna zum Abgleich des Modells



Kraft-Weg-Kurven des Picture-Frame-Tests eines Gewebes

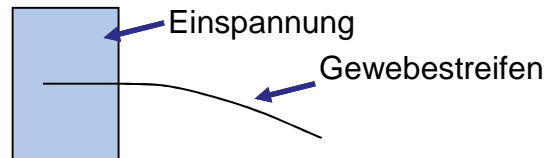


Biegeverhalten der Balkenelemente in 0° und 90° Richtung

Biegung um 1- und 2-Achse

2 Möglichkeiten der Kalibrierung:

- Biegeversuch

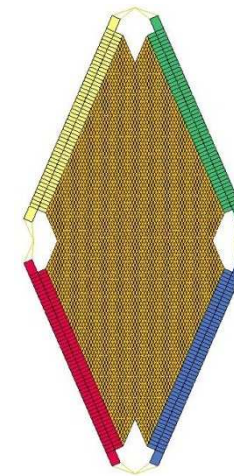
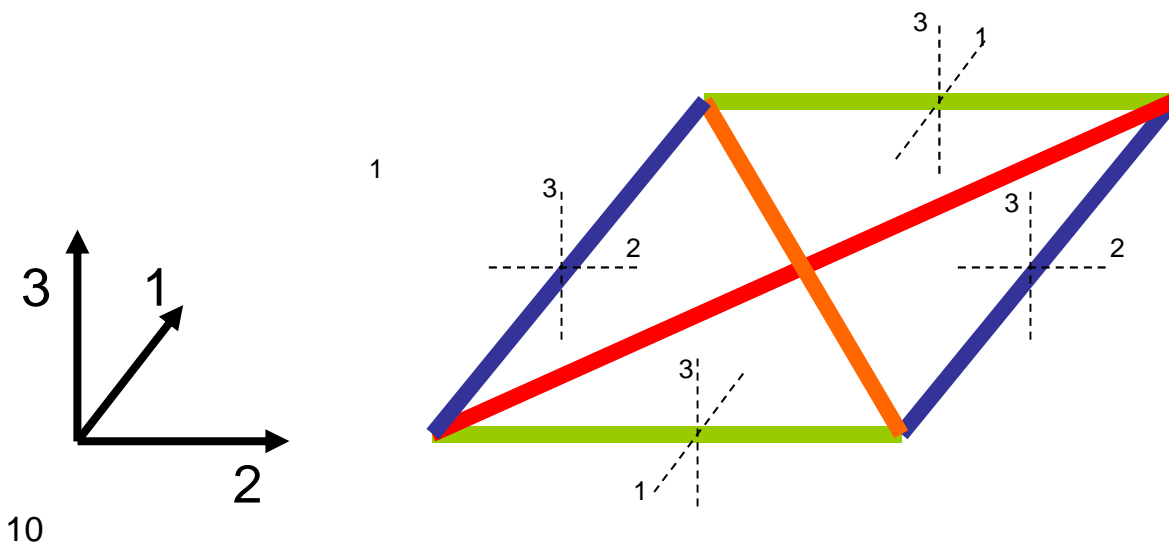


- Einstellen der Biegesteifigkeit so, dass sich bei Umformsimulation realistische Umformkräfte ergeben

Biegung um 3-Achse

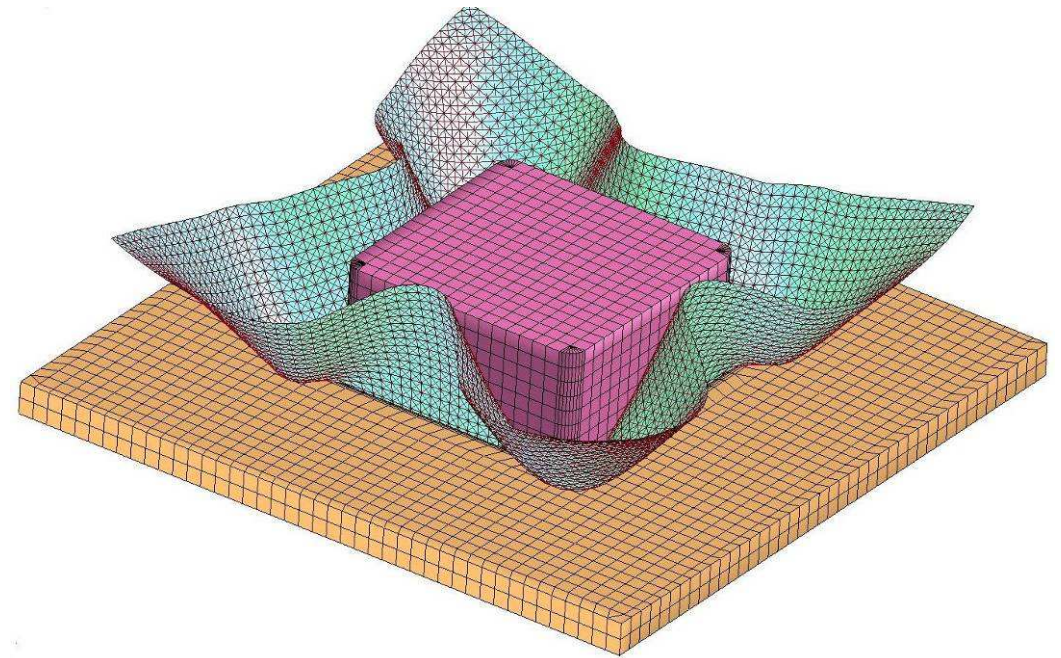
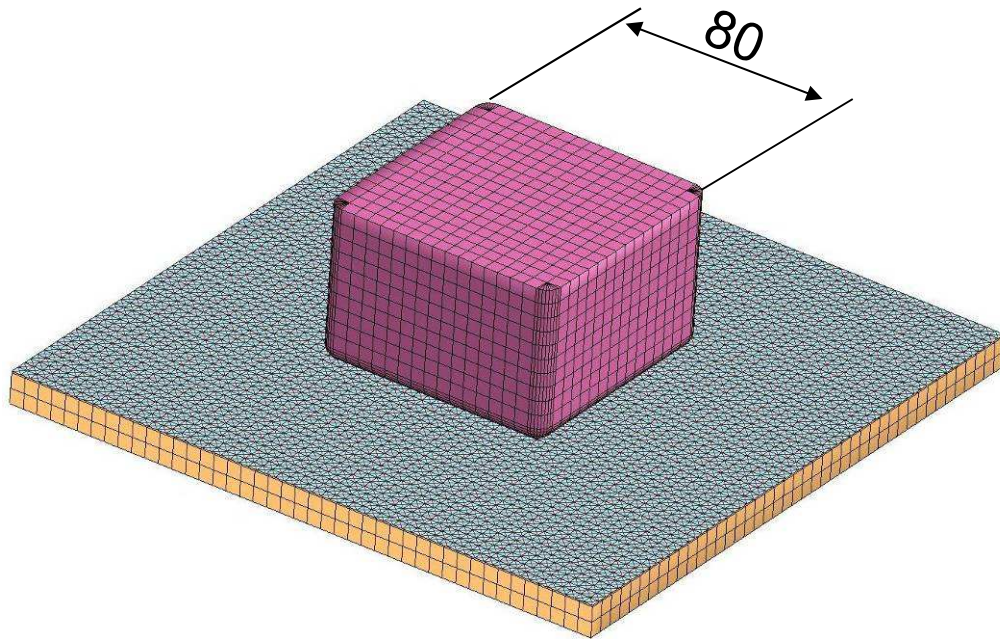
Biegung um die 3-Achse beeinflusst die Schubsteifigkeit der Einheitszelle.

→ Steifigkeit soll Größenordnung haben, die das Ergebnis der Simulation des Picture-Frame-Tests nicht signifikant beeinflusst

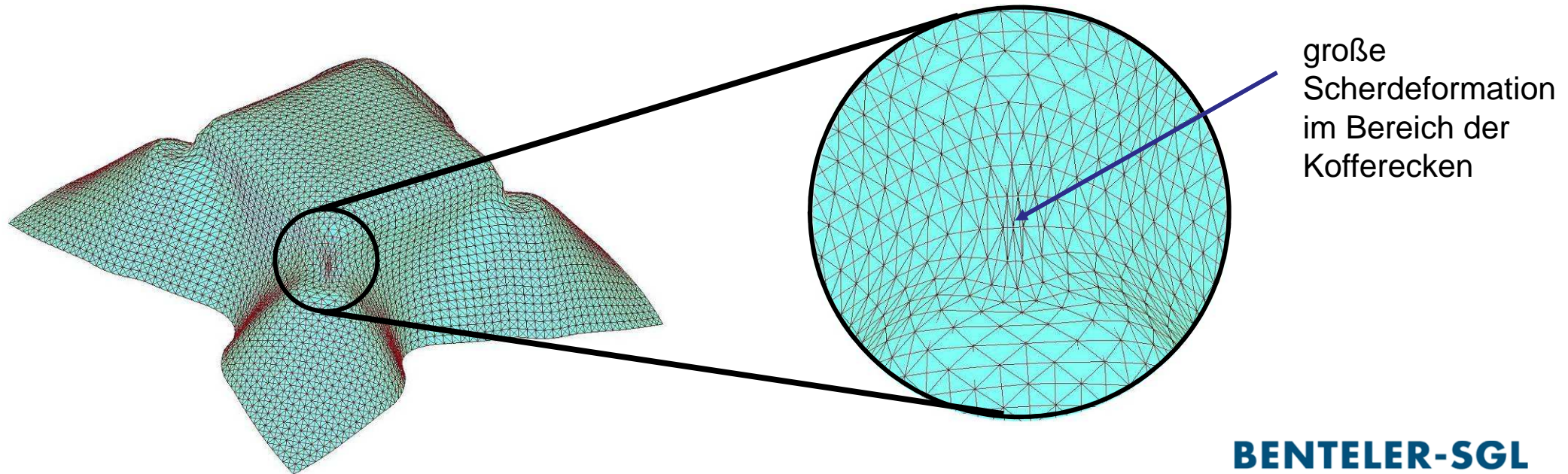
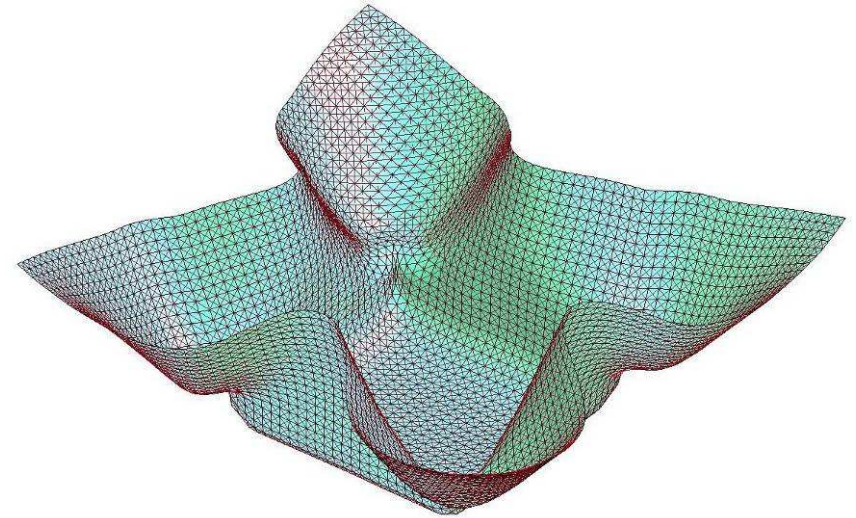
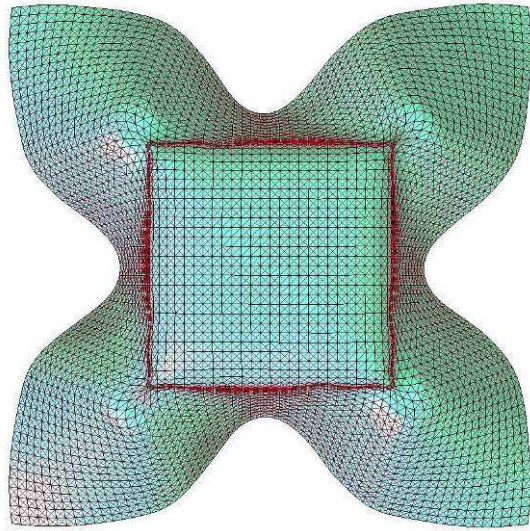


Beispiele

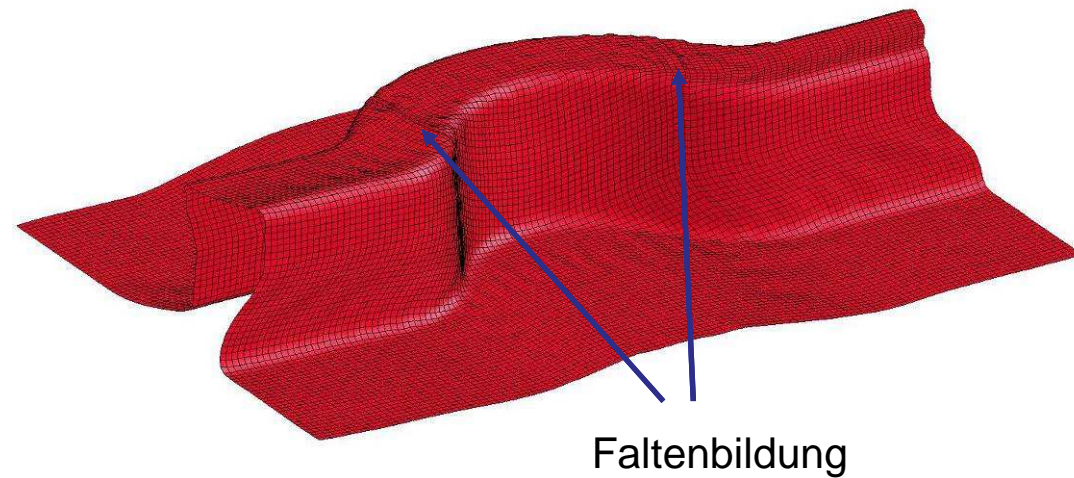
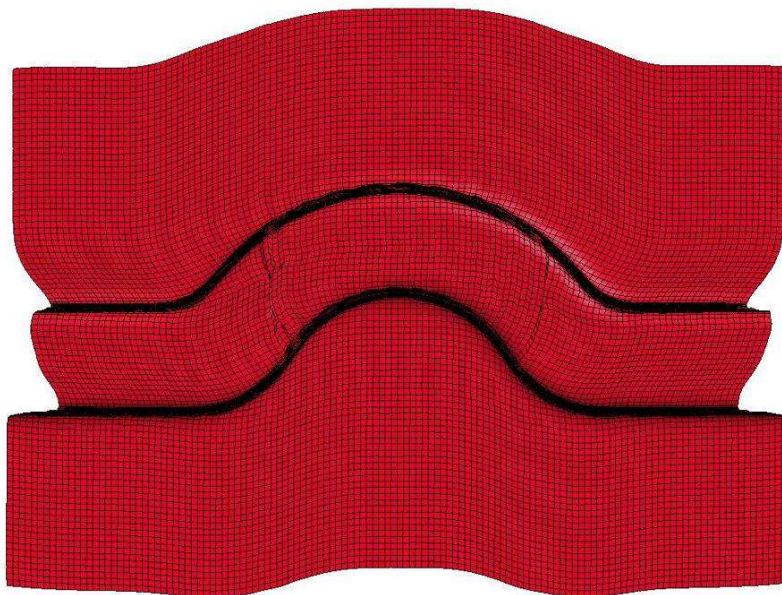
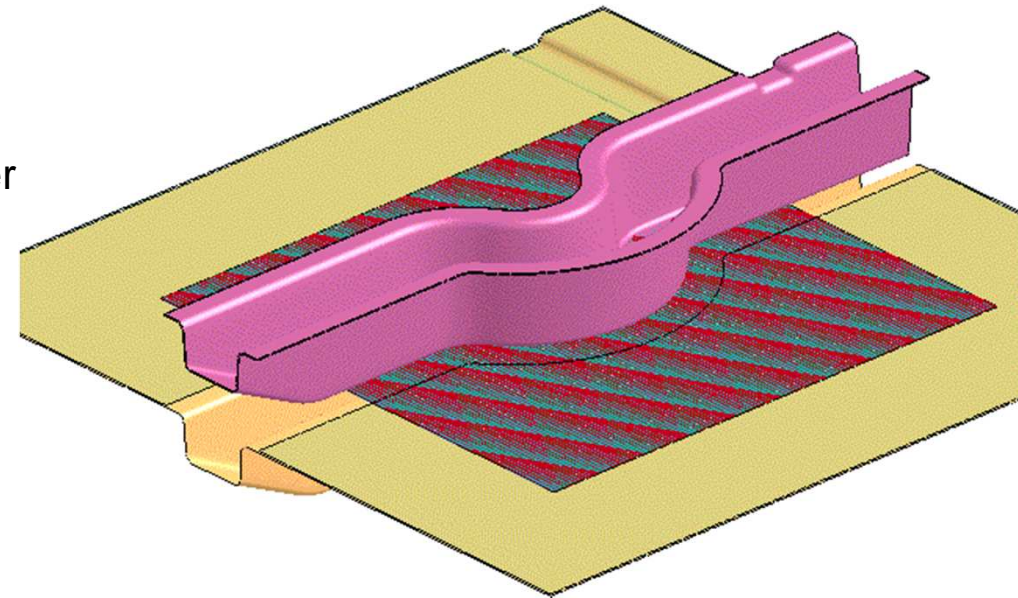
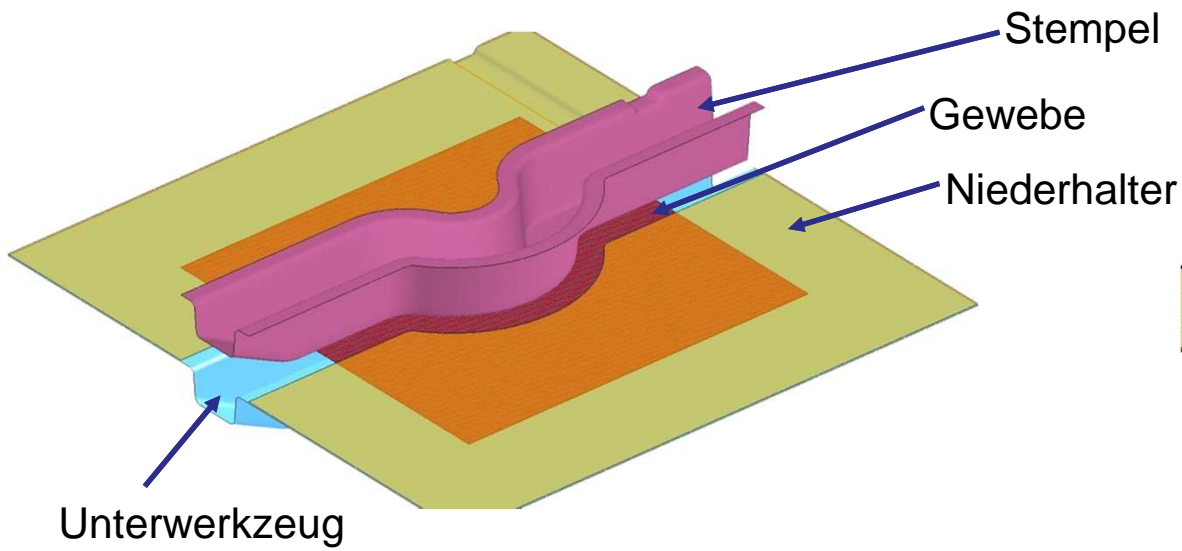
Drapiersimulation eines Quaders mittels Stempel und Matrize



Drapiersimulation eines Quaders mittels Stempel und Matrize

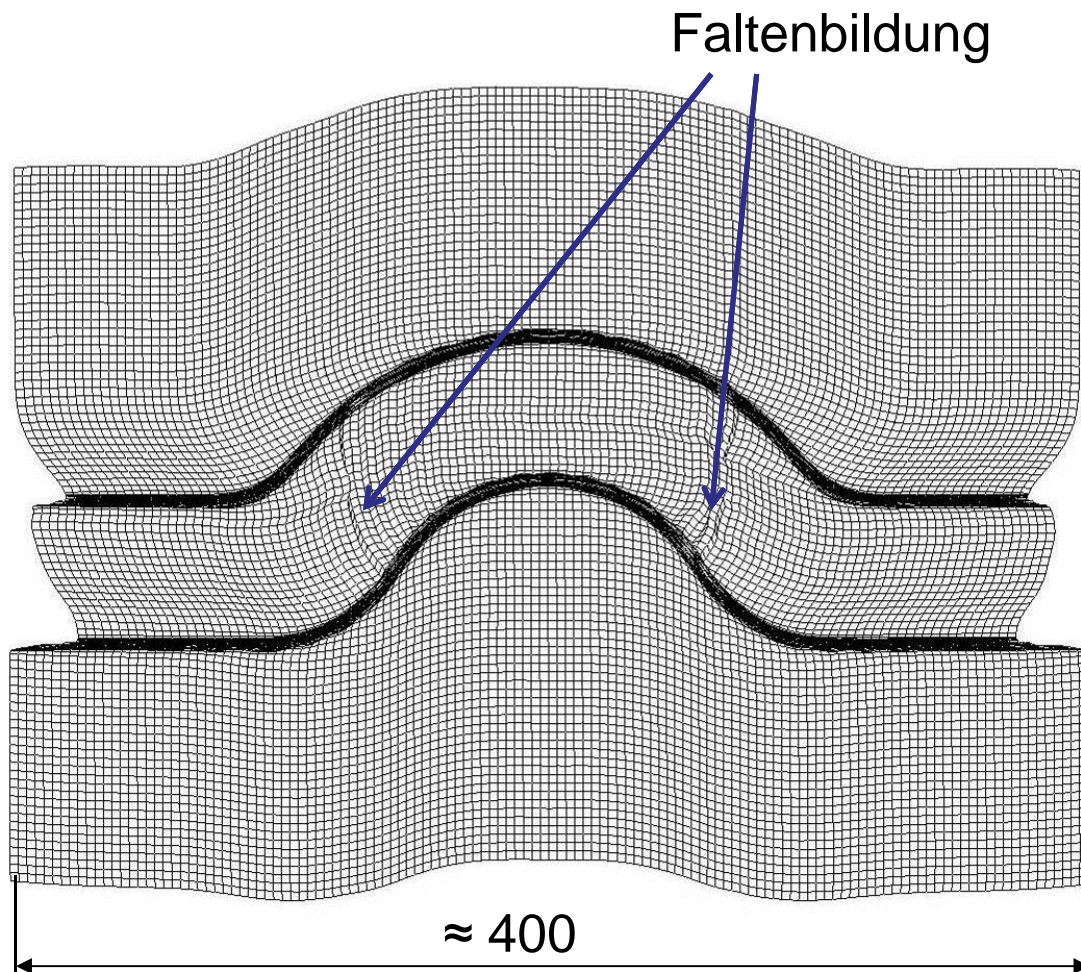


Drapiersimulation S-Rail



Drapiersimulation S-Rail: Vergleich Simulation - Versuch

Draufsicht Simulation

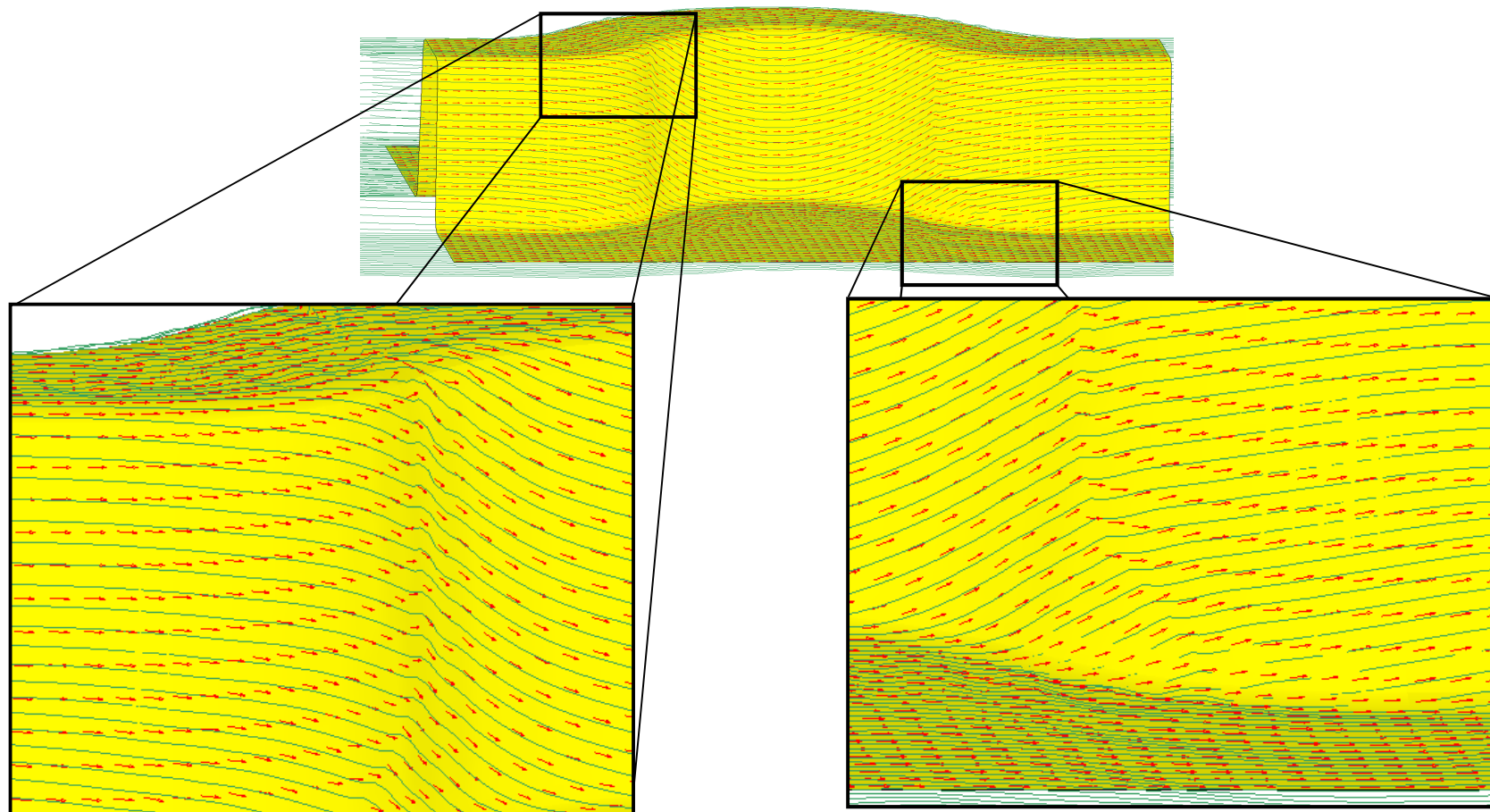


Draufsicht Versuch



Drapiersimulation S-Rail: Mapping der Faserwinkel auf Strukturnetz

- Mapping der Faserwinkel aus Drapiersimulation auf Strukturnetz durch externes Skript BSGL
- hier: Richtungsinformation in *Element_Shell_Beta zur Visualisierung
- Alternative: schichtweise unabhängige Angabe der Materialrichtung jedes Elements in den History-Variablen von Mat 54 in *INITIAL_STRESS_SHELL

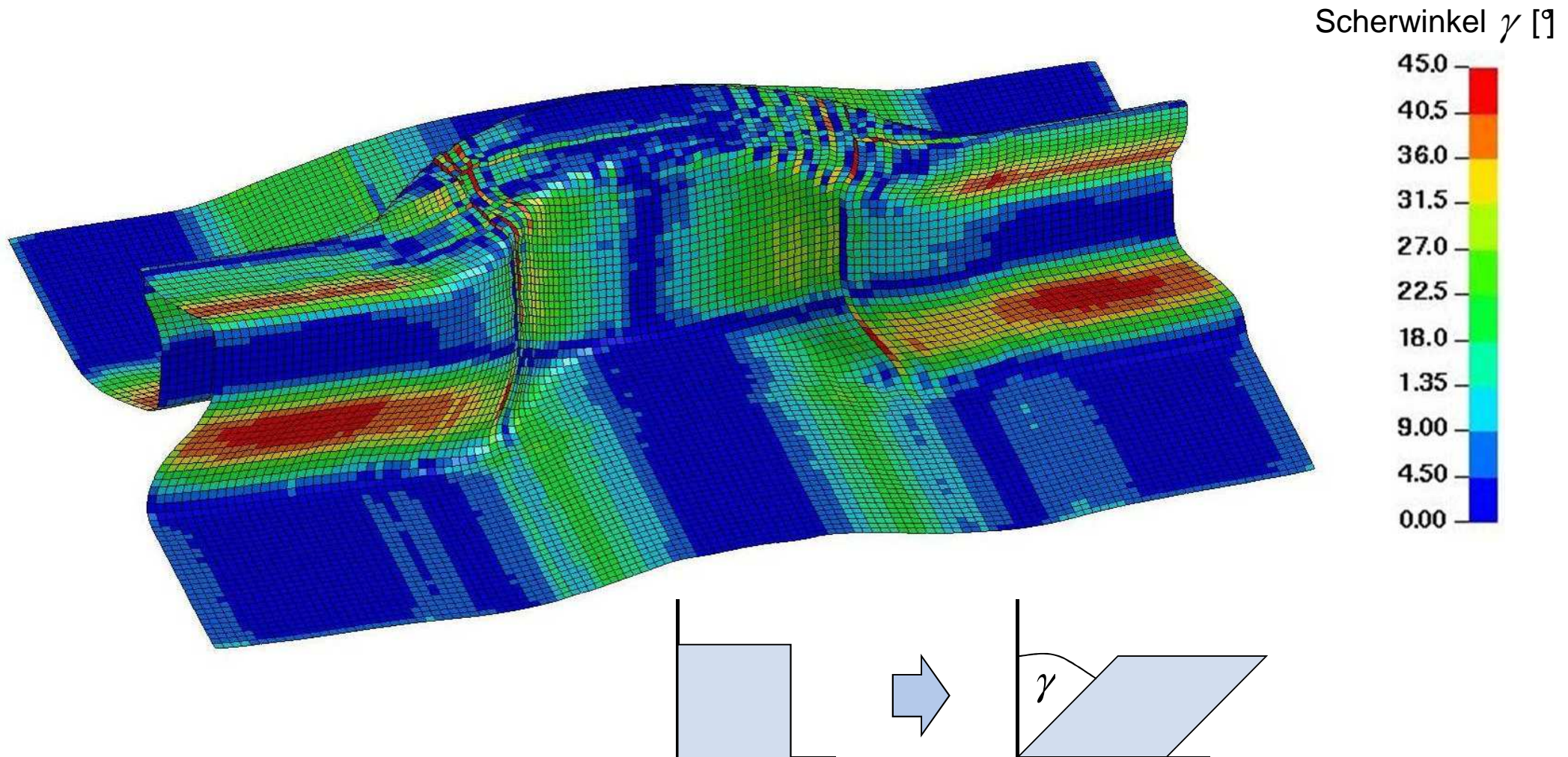


blaue Linien: Balkenelemente Schussfaden
rote Pfeile: Elementrichtung *ELEMENT_SHELL_BETA

Beispiele

Drapierung S-Rail: Berechneter Scherwinkel γ

- Scherwinkel berechnet aus Knotenverschiebungen



Status

- Implementierung eines einfachen Modellansatzes zur Drapiersimulation mit LS-Dyna
- „Robustes Modellverhalten“, auch bei sehr großen Scherwinkeln
- Modell noch nicht vollständig parametrisiert
 - Ursache für Abweichung zum realen Versuch
- hoher manueller Aufwand zur Modellerstellung (Platine)
 - geringe Produktivität
- Postprocessing und Mapping teilweise nur mit externen Tools
 - hoher Aufwand durch Eigenentwicklungen und noch kein optimaler Workflow

Anregungen

- Implementierung einer Methode zur Faserhalbzeugdrapierung durch LSTC
- Verbesserungen im Workflow bei der Abbildung der Prozesskette
“Herstellung von Faserverbundbauteilen” (Materialmodell, Mapping, ...)

The image shows various composite materials and parts. On the left, there are rolls of woven fabric, likely carbon fiber or Kevlar, in shades of blue and grey. In the center and right, there are several 3D printed or molded parts, some in a light blue color and others in a dark grey/black color, showing complex shapes and textures. The background is a dark, textured surface, possibly a composite material.

**Composite-Bauteile
für den Automobilbau**

*Composite Components
for Automotive Engineering*

BENTHELLER-SCG

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

AUTOMOTIVE COMPOSITES