

A photograph showing various composite materials and parts. On the left, there are rolls of woven fiber fabric. In the center and right, there are blue and black composite parts, including a large blue curved piece and a black and white composite part. The background is a dark, textured surface.

**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)**

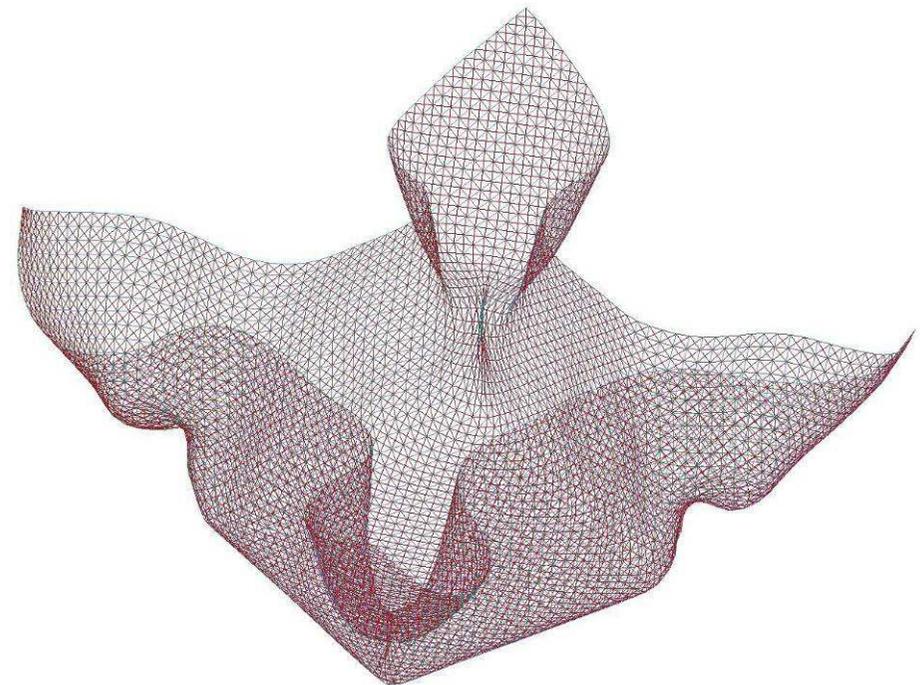
**Bedeutung der Drapiersimulation für die Produktentwicklung**

**Eigenschaften textiler Gewebe/ Gelege**

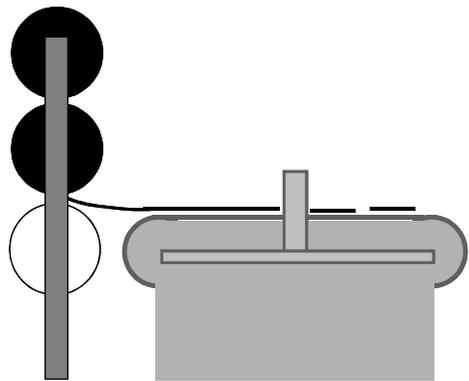
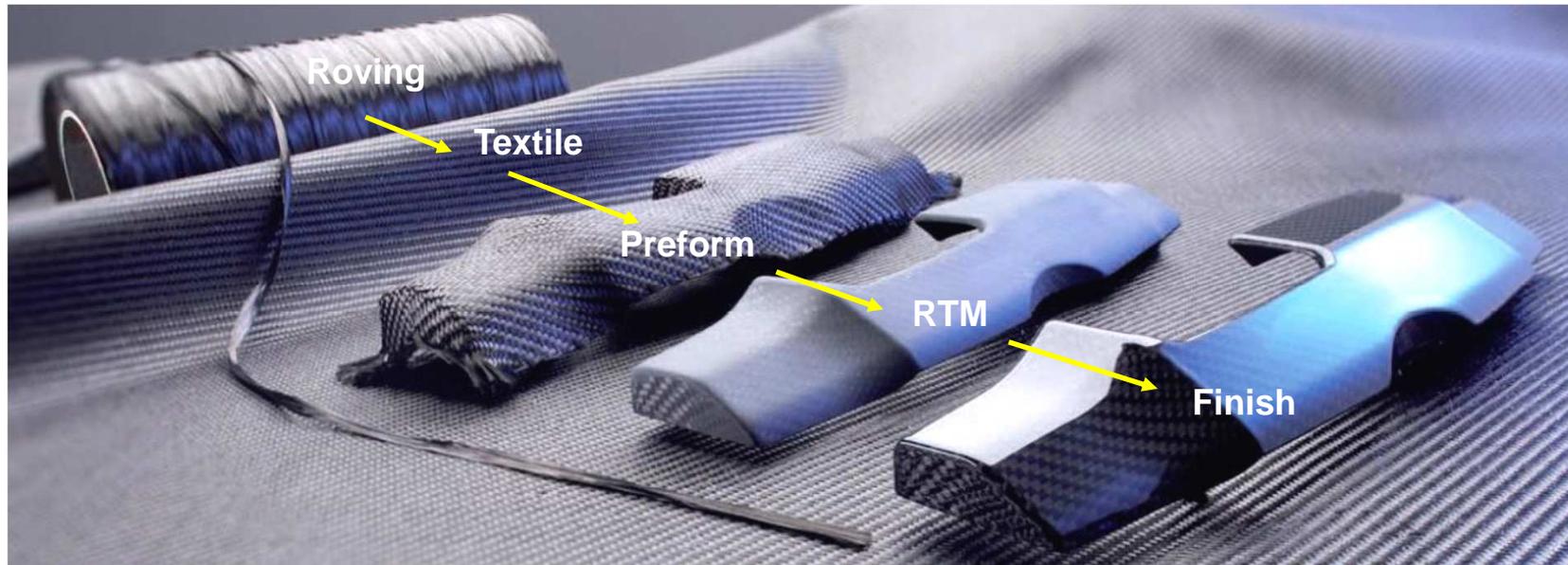
**Modellansatz**

**Materialcharakterisierung**

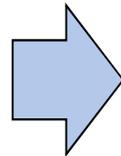
**Beispiele**



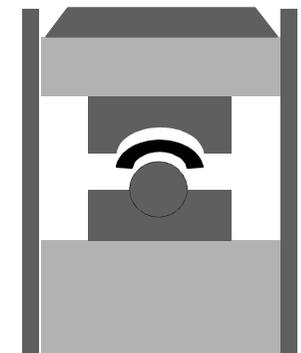
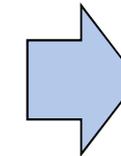
# Resin-Transfer-Moulding-Prozess (RTM)



**Cutter**  
Zuschnitt des  
textilen Halbzeugs



**Preforming**  
Umformen des  
textilen Halbzeugs



**RTM**  
Harzinjektion im  
geschlossenen  
Werkzeug

# Resin-Transfer-Moulding-Prozess (RTM)

## Beispiel eines Preformvorgangs (Reserveradmulde)

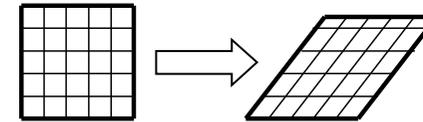


- automatisiertes Preformen führt zu deutlicher Kostenreduzierung bei der Herstellung von Bauteilen aus FKV
- ➔ Voraussetzung für Wirtschaftlichkeit
- sicherer und robuster Prozess notwendig

# Bedeutung der Drapiersimulation für die Produktentwicklung

- **Herstellbarkeitsbewertung**

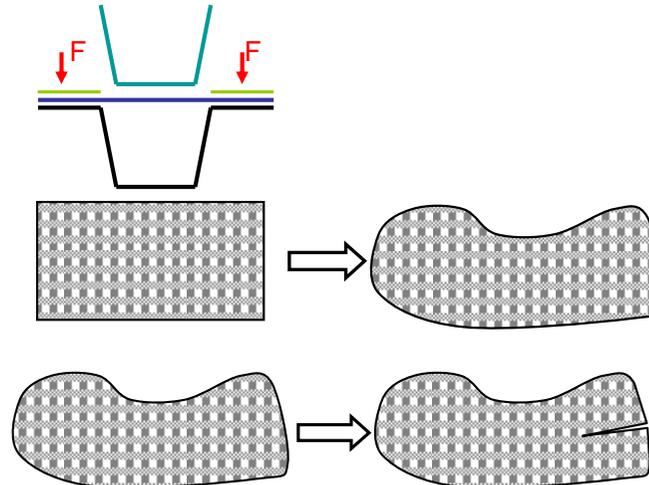
- Faltenbildung im Prozess?
- Wie groß sind die Scherdeformationen des Gewebes?



- **Prozessoptimierung**

Wie lässt sich Faltenbildung vermeiden?

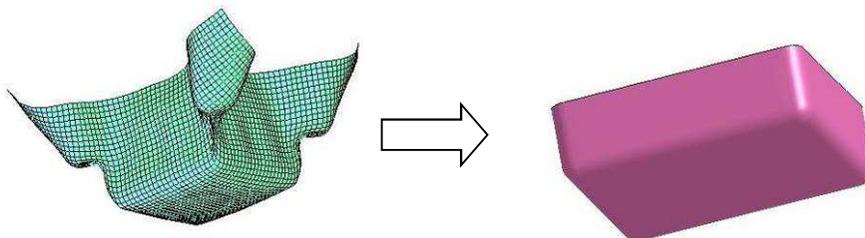
- Werkzeugkonzept anpassen
- Zuschnitt des Gewebes anpassen
- Schnitte im Gewebe



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

(Crash-, Steifigkeits- oder Festigkeitsberechnungen)

- Übertragung der Faserwinkel durch Mapping
- Anpassung Werkzeugspalte

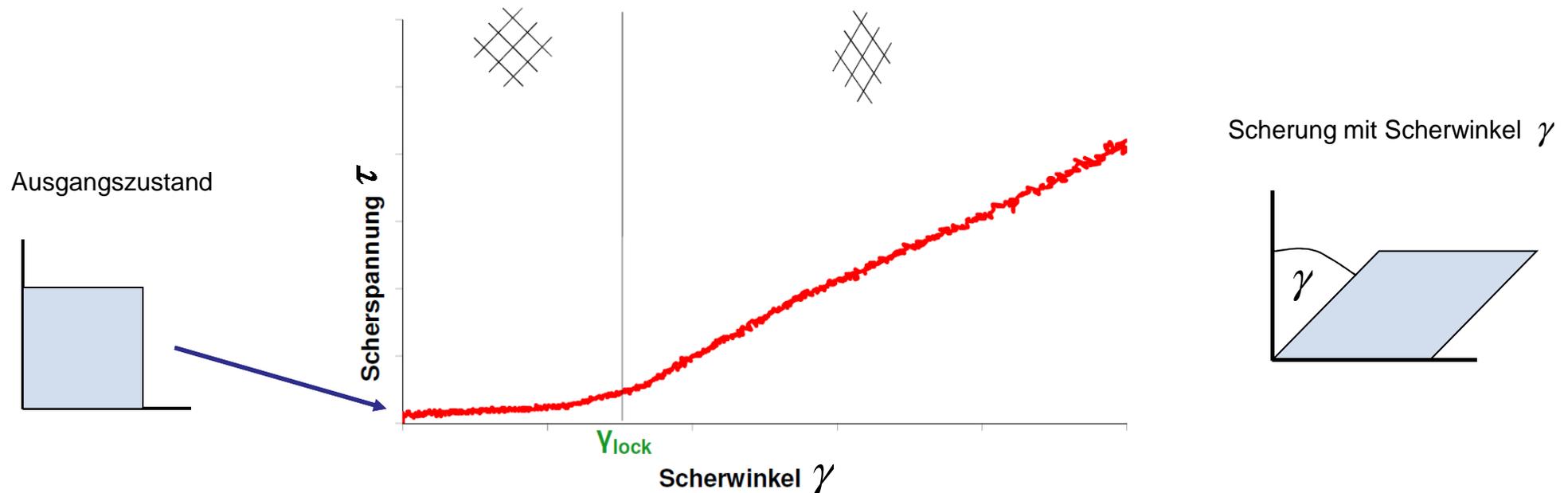


# Eigenschaften textiler Gewebe/Gelege

- 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



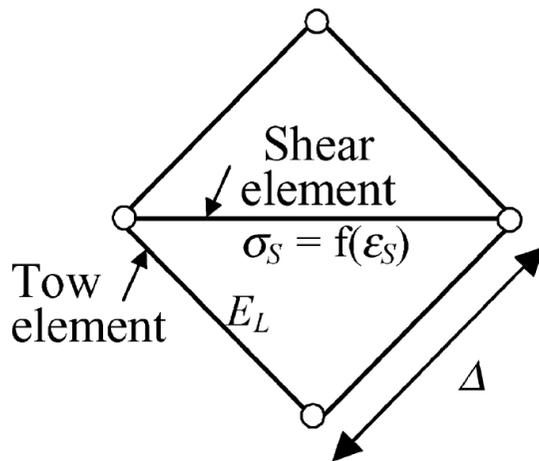
## Möglichkeiten zur Abbildung trockener Textilie in LS-Dyna

- **\*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

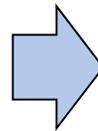
## Einheitszelle Benteler-SGL

- 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

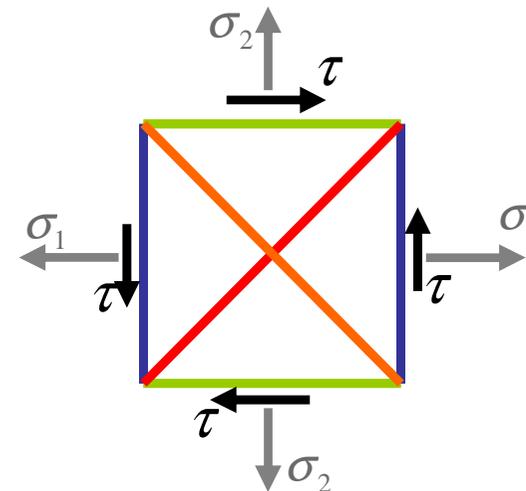
Inspiziert durch:



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:

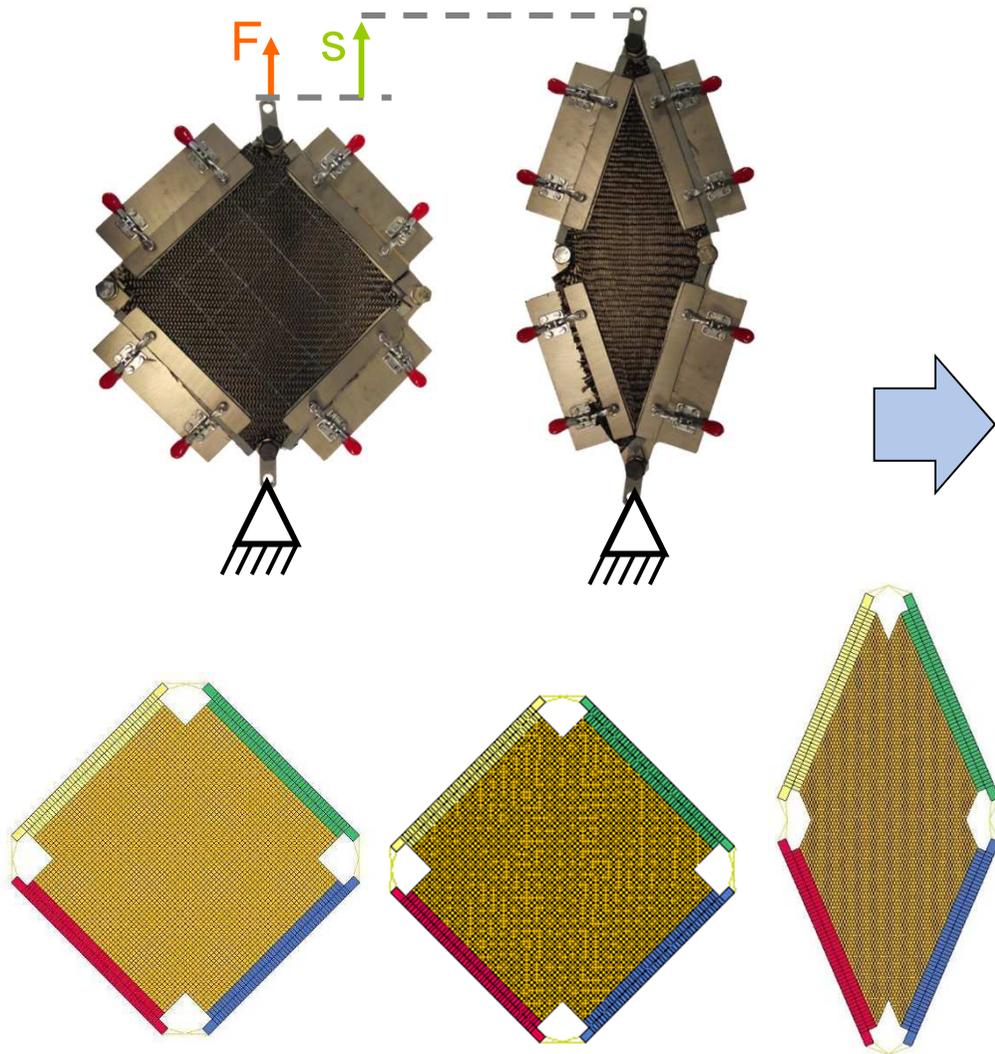


**Vorteile**

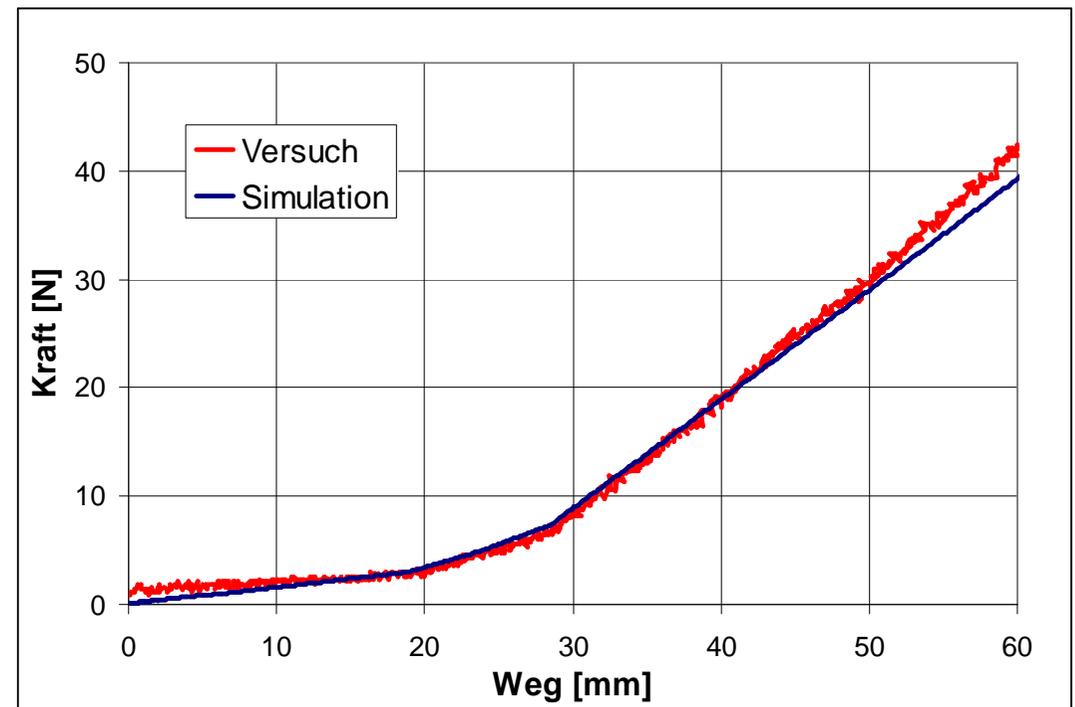
- Biegesteifigkeit einstellbar
- symmetrisches Verhalten der Einheitszelle

## 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

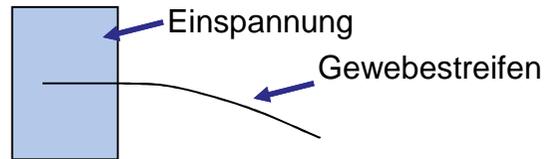


## Biegeverhalten der Balkenelemente in 0° und 90° Richtung

### Biegung um 1- und 2-Achse

2 Möglichkeiten der Kalibrierung:

- Biegeversuch

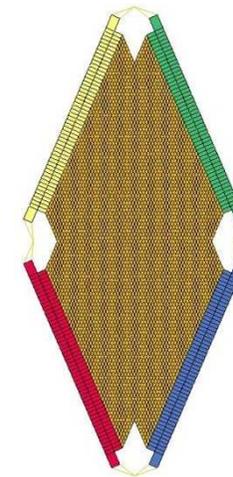
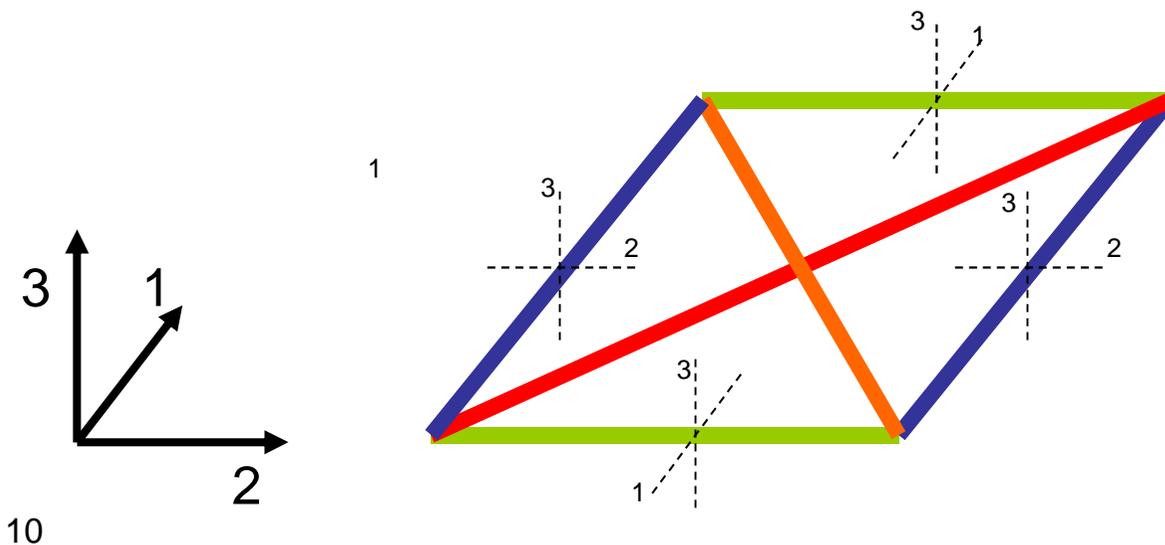


- Einstellen der Biegesteifigkeit so, dass sich bei Umformsimulation realistische Umformkräfte ergeben

### Biegung um 3-Achse

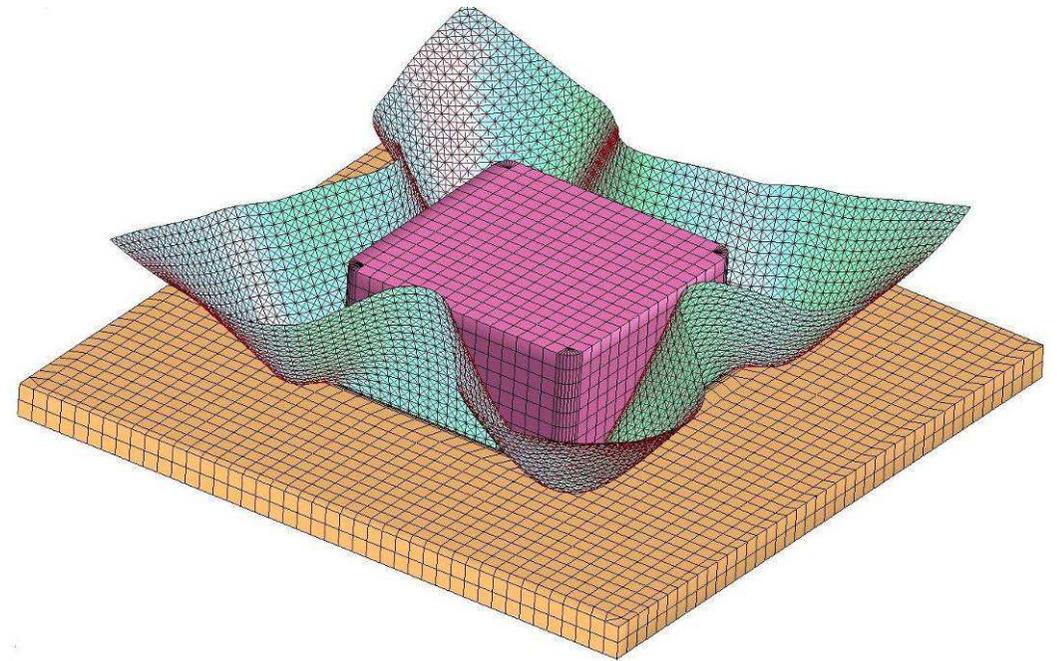
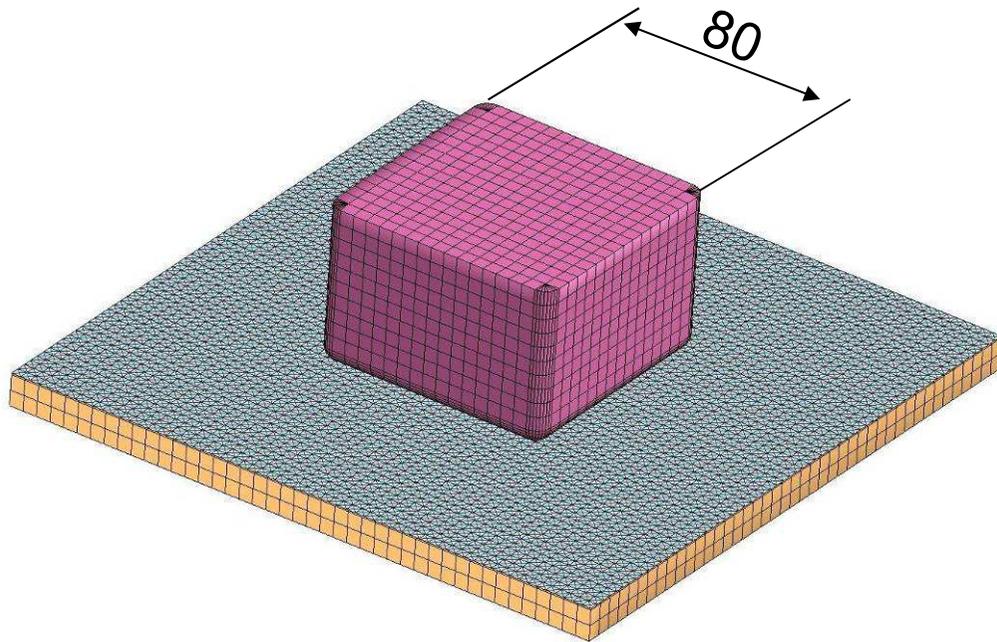
Biegung um die 3-Achse beeinflusst die Schubsteifigkeit der Einheitszelle.

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

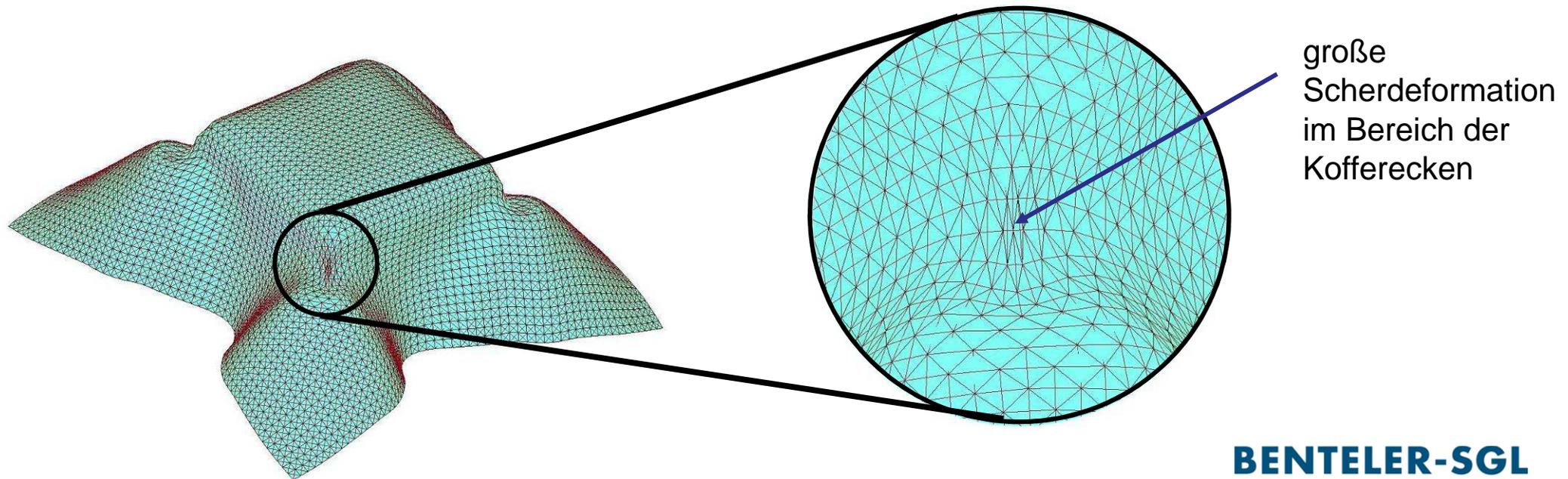
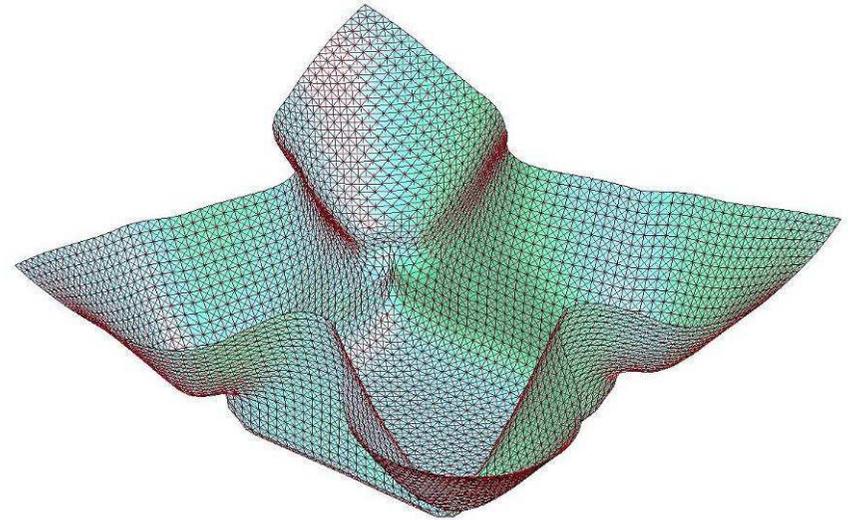
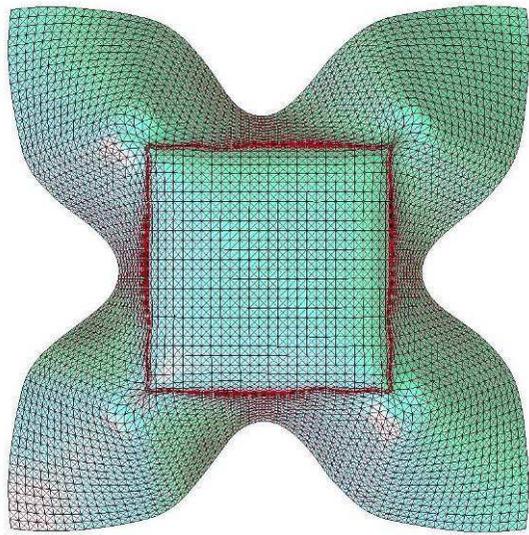


# Beispiele

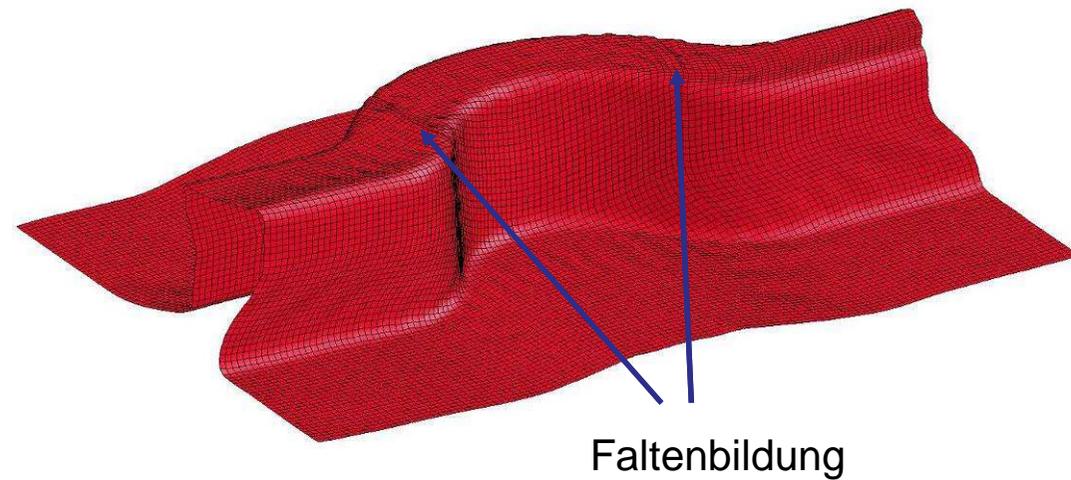
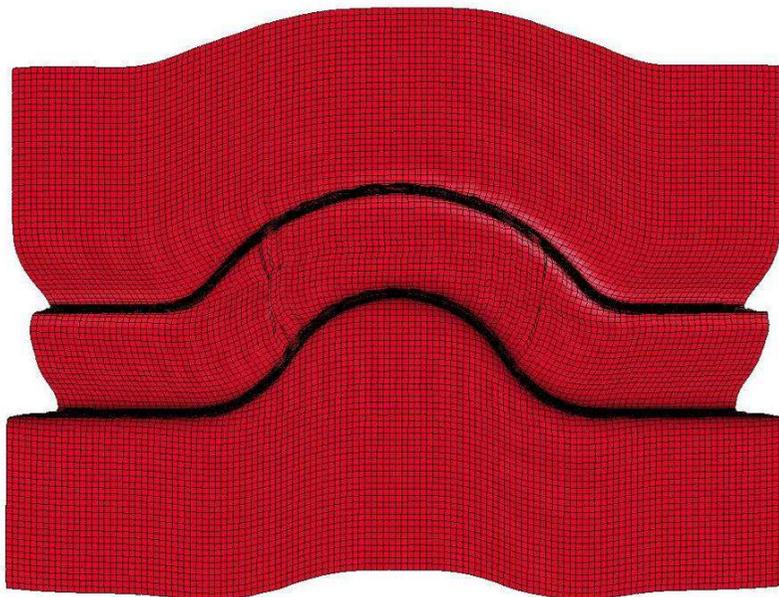
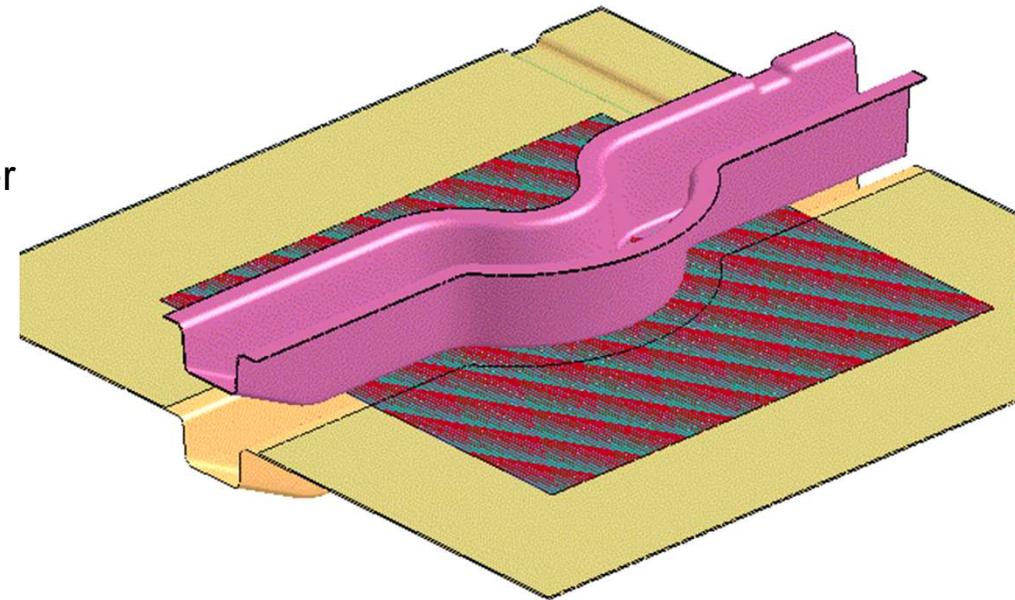
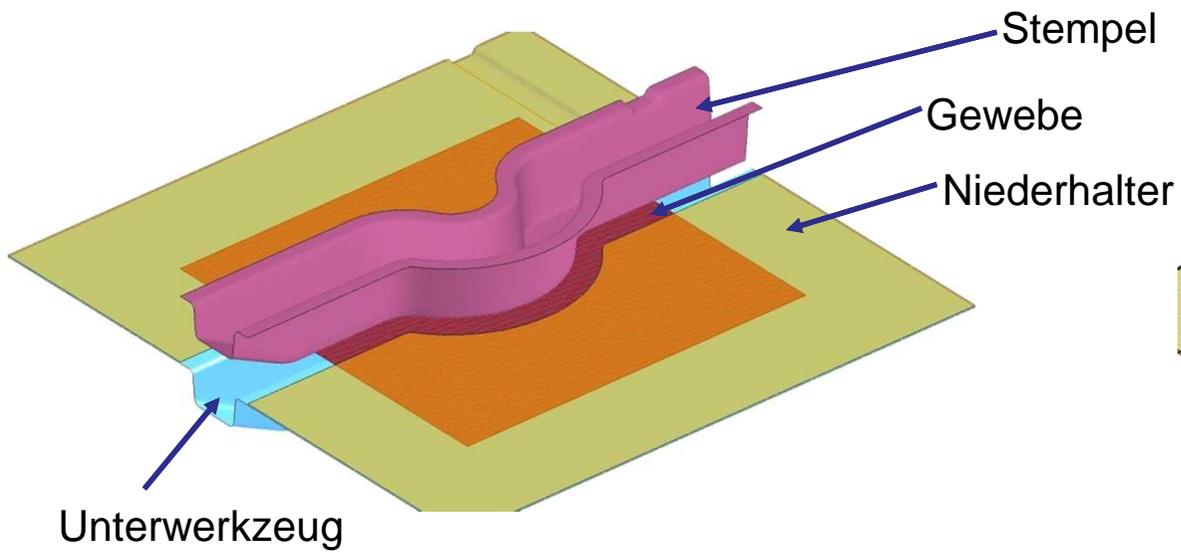
## Drapiersimulation eines Quaders mittels Stempel und Matrize



## Drapiersimulation eines Quaders mittels Stempel und Matrize

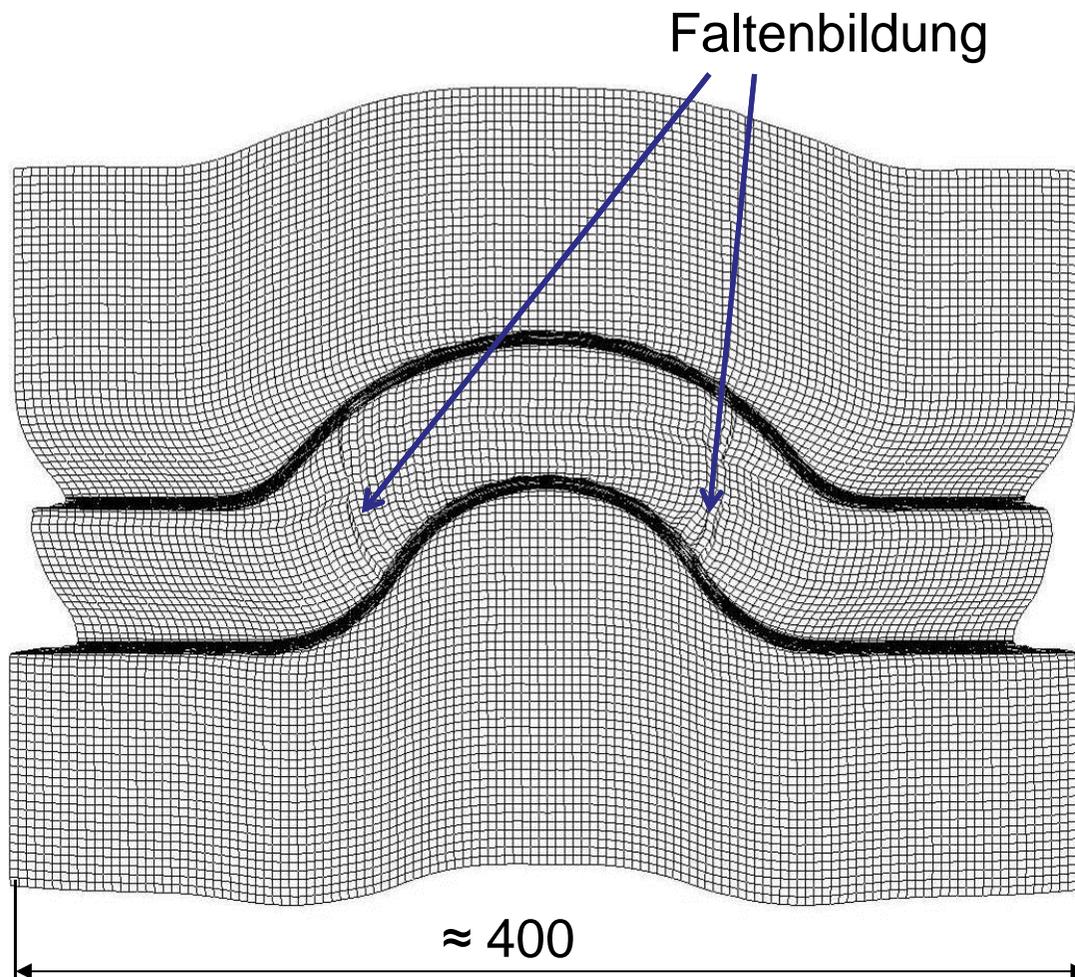


## Drapiersimulation S-Rail



## Drapiersimulation S-Rail: Vergleich Simulation - Versuch

Draufsicht Simulation

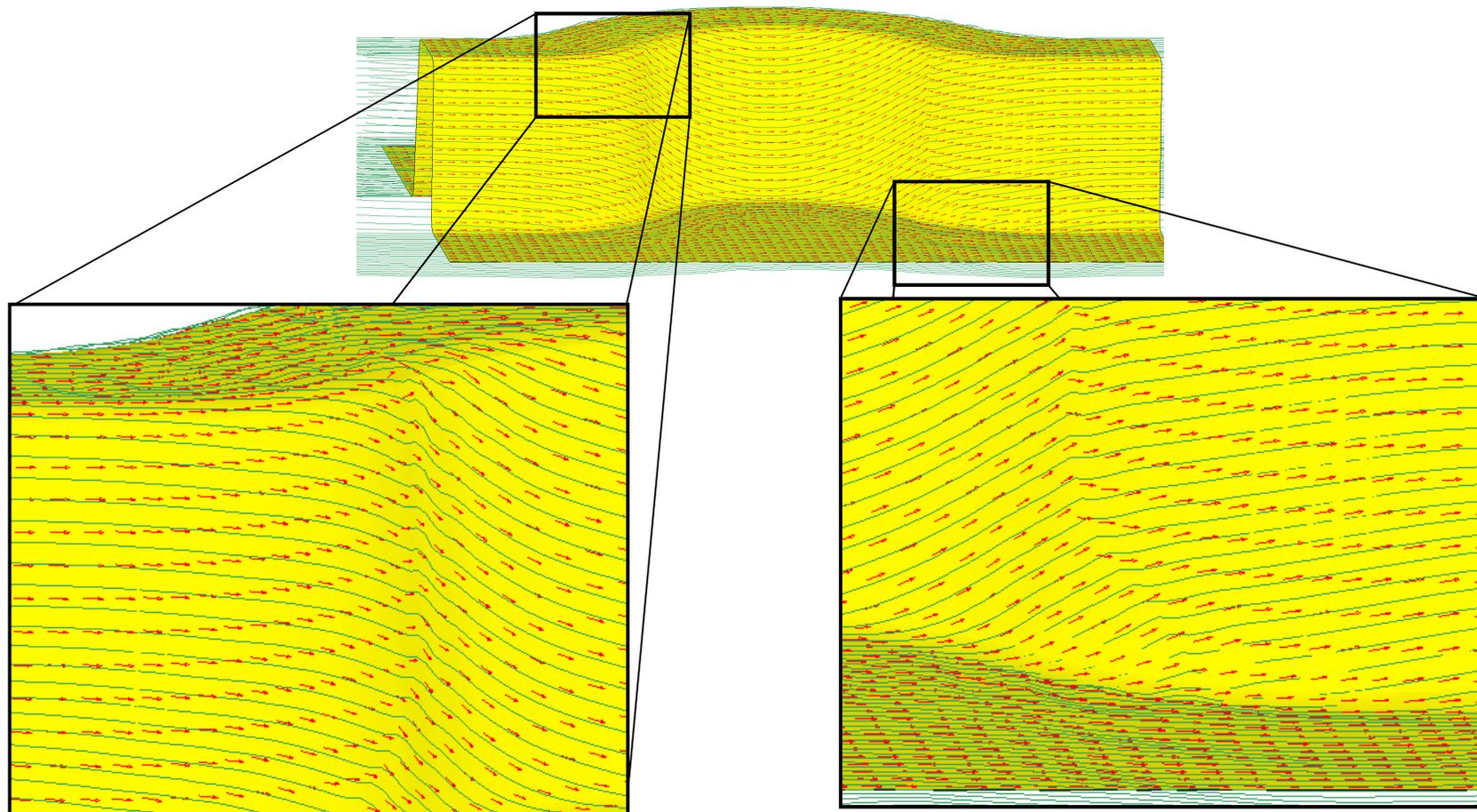


Draufsicht Versuch



## 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

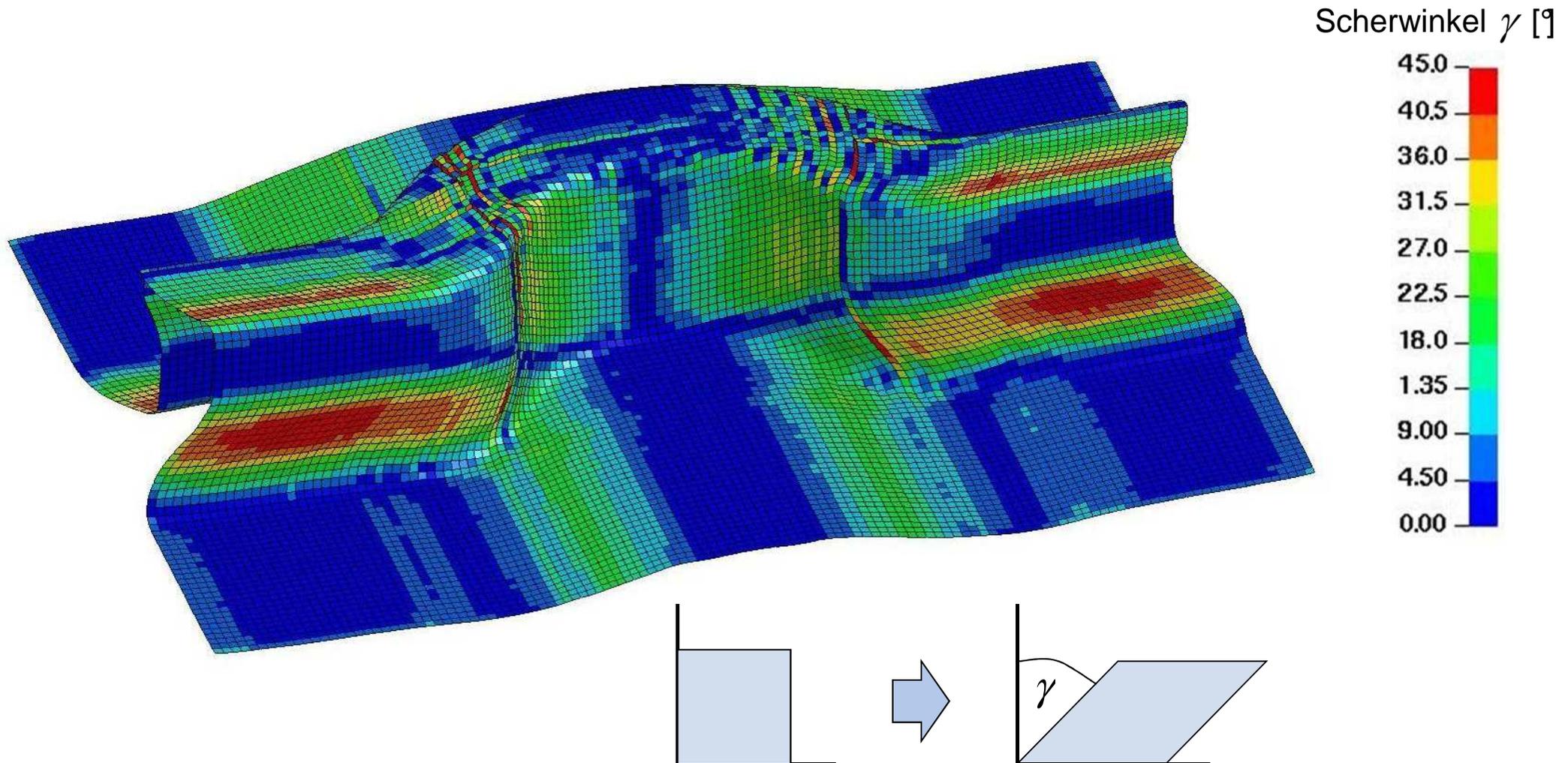


blaue Linien: Balkenelemente Schussfaden  
rote Pfeile: Elementrichtung \*ELEMENT\_SHELL\_BETA

# Beispiele

## Drapierung S-Rail: Berechneter Scherwinkel $\gamma$

- 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 automotive 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 blue and black composite parts, possibly moldings or structural components, resting on a textured surface. The background is a blurred, light blue gradient.

**Composite-Bauteile  
für den Automobilbau**

*Composite Components  
for Automotive Engineering*

**BENTONELLER-SCG**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

**AUTOMOTIVE COMPOSITES**