

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik

Mesoskopische Drapiersimulation als Basis für die virtuelle Prozesskette zur Herstellung von Compositebauteilen

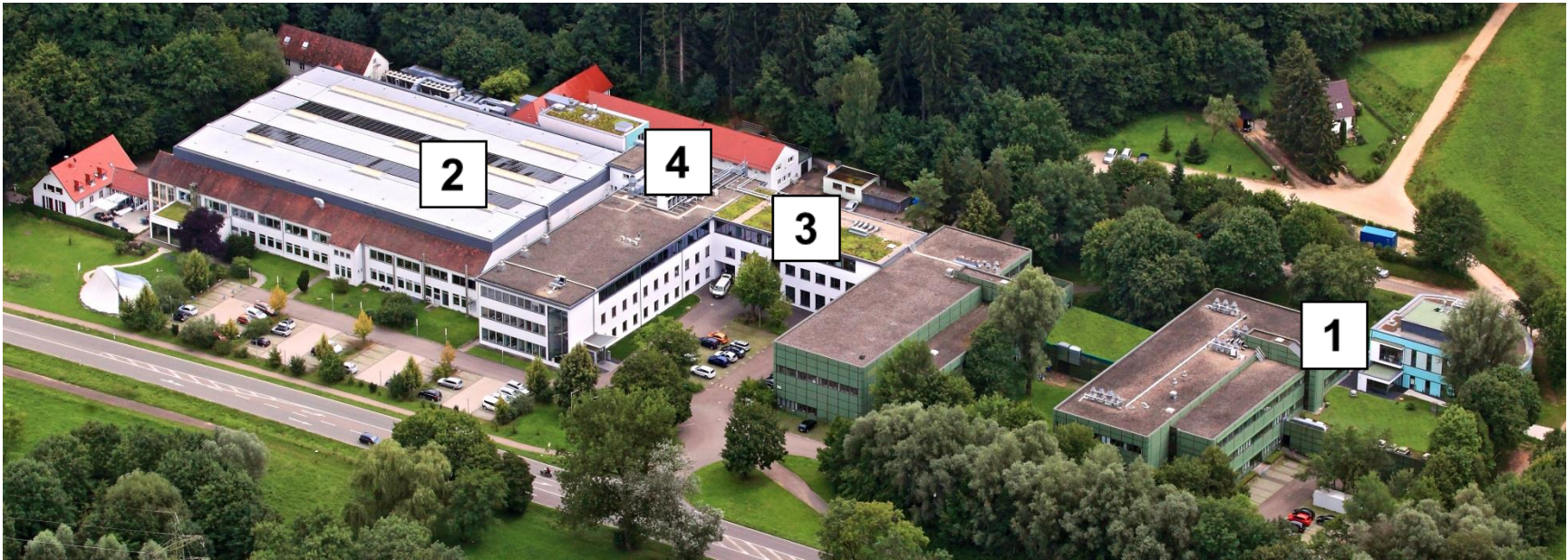
Florian Fritz, Hermann Finckh (ITV)





Patrick Böhler (IFB)

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser

Europas größte Textilforschungseinrichtung

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF)



- 1  Institut für Textilchemie und Chemiefasern
- 2  Institut für Textil- und Verfahrenstechnik
- 3  Zentrum für Management Research
- 4  ITV Denkendorf Produktservice GmbH



Forschung vom Molekül bis zum Produkt entlang der gesamten textilen Produktionskette

Anwendungsorientierte Forschung mit industriellen Pilotanlagen

Fokus auf Technische Textilien und Life Science



Technologietransferzentrum und Herstellung von Vorprodukten für die Industrie



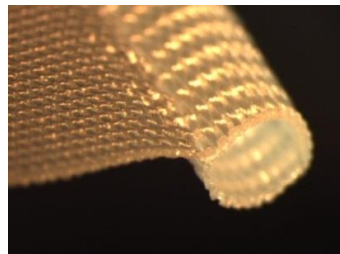
Wissenstransfer in der gesamten textilen Wertschöpfungskette:
„Wissen produktiv machen“



Polymer



Faser und Garn



Fläche



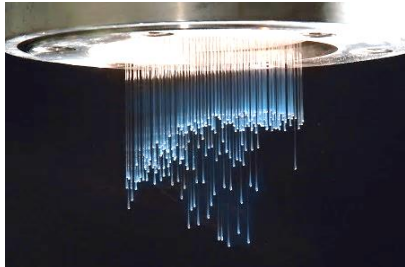
Funktionalisierung



Produkt

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF)

- Gegründet 1921
- Stiftung des öffentlichen Rechts
- ca. 310 Mitarbeiter (50% Wissenschaftler)
- Umsatz: 29 Mio. € (2013)
- 75% anwendungsorientierte Forschung mit der Industrie, 25% Produktion
- über 450 Patente seit 1960, davon 70 laufende
- QM-Systeme nach DIN EN ISO 17025 (DAkkS) und DIN EN ISO 13485 (BSI)

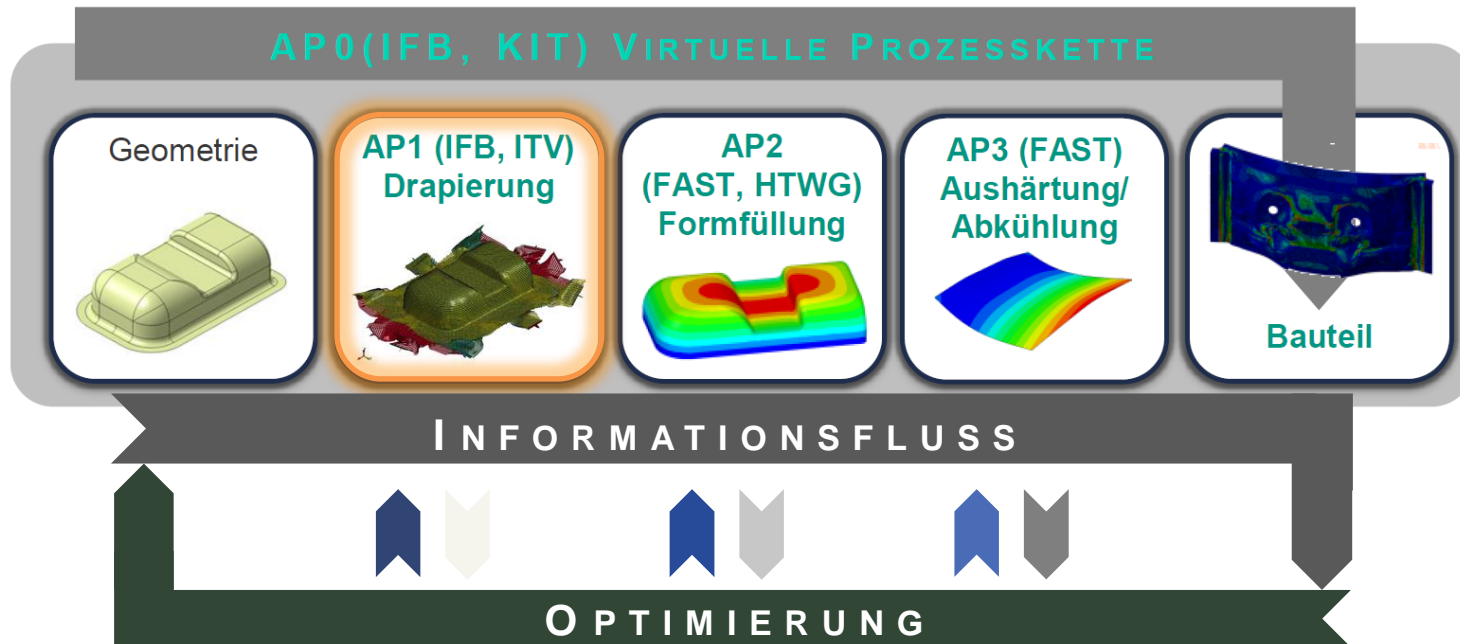


**Kann eine Umformsimulation für UD-Textilien
als Basis für die weiteren Prozesssimulationen
in der virtuellen Prozesskette dienen?**

Einordnung in der virtuelle Prozesskette

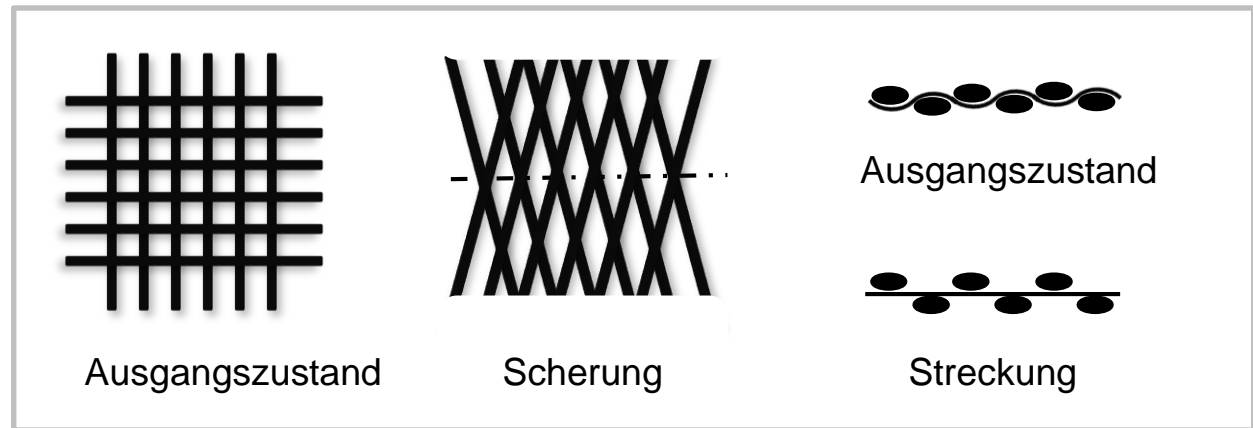
TC²

Virtuelle Prozesskette für RTM-Bauteile und Projektstruktur

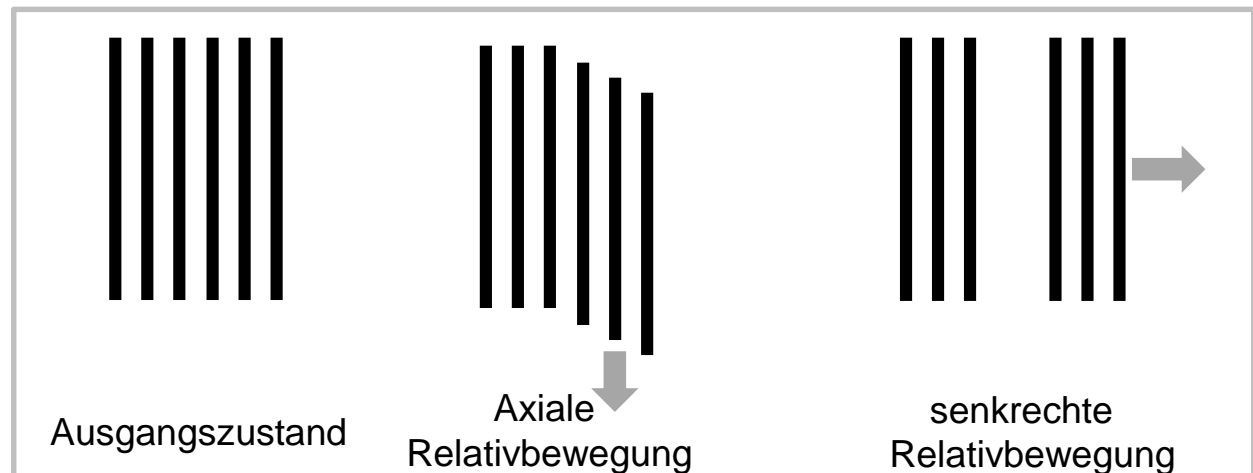


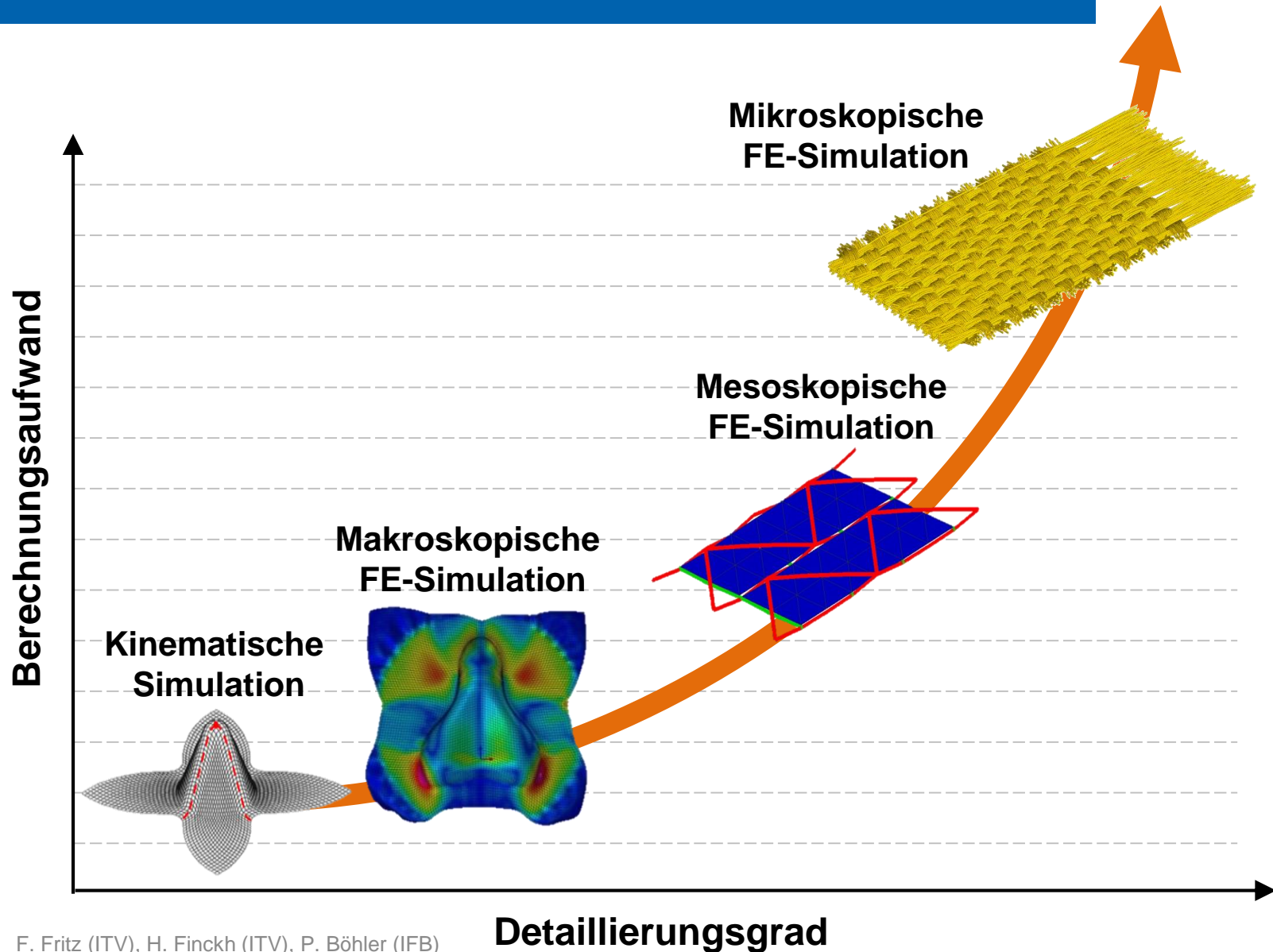
[Luise Kärger, KIT]

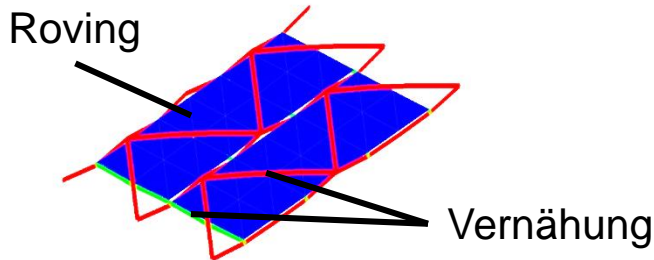
Gewebe



UD Gelege

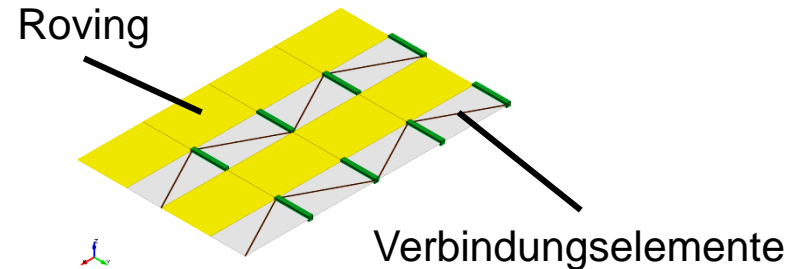
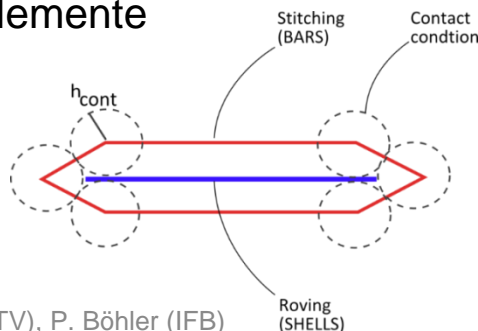






(A) Mesoskopische Modellierung

- 3 Parts durch Kontakt gekoppelt
 - Faserbündel als Streifen aus Schalenelementen (blau) mit entkoppelten Zug- und Biegeeigenschaften
 - Bindungsfaden (rot) und Schussfaden (grün) als Balkenelemente



(B) Makro-/Mesoskopische Modellierung

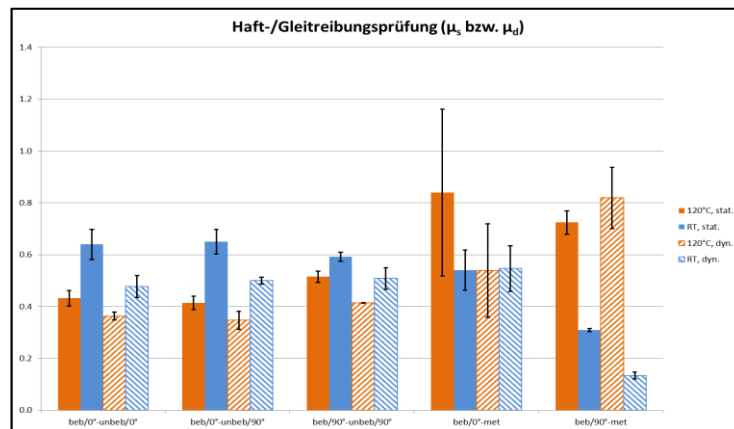
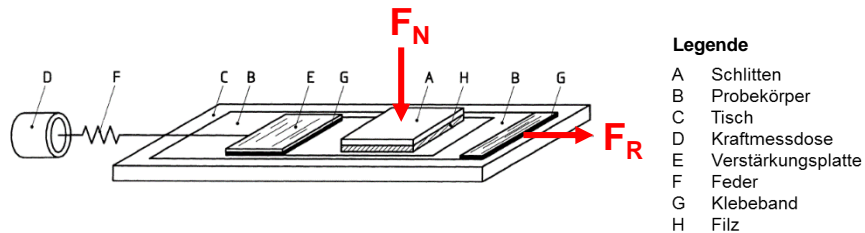
- 5 Parts mit koinzidenten Knoten
 - Faserbündel als Streifen aus Schalenelementen (gelb). Doppellagig zur Entkopplung der Zug- und Biegeeigenschaften
 - Verbindung der Faserbündel durch
 - (a) Doppellagige Balkenelemente zur Entkopplung von Zug und Biegung (grün)
 - (b) Diagonale Balkenelemente für Scherung
 - (c) Null-Schalenelemente für durchgehende Kontaktfläche (grau)

Materialcharakterisierung 1/5

Grundlagenversuche zur Anpassung der Materialmodellierungen

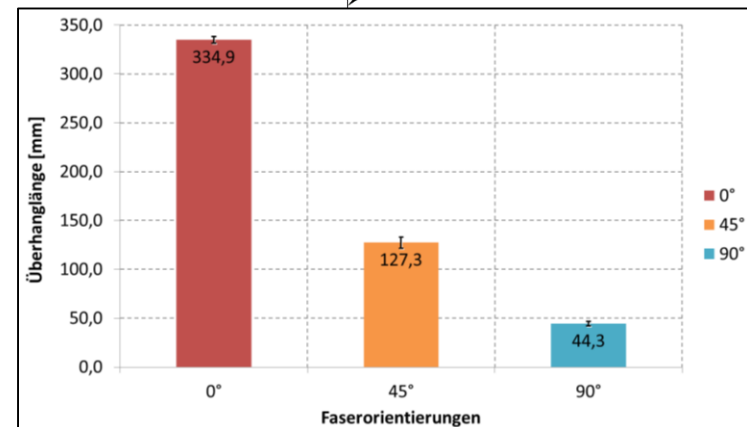
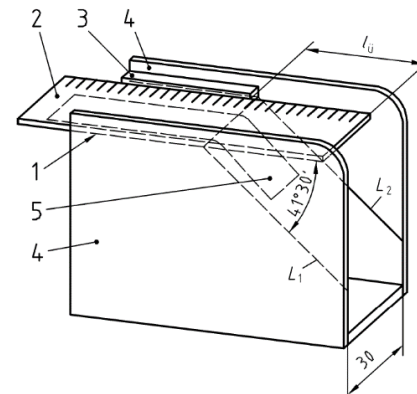
Reibungskoeffizient

$$F_R = \mu \cdot F_N$$



Biegesteifigkeit

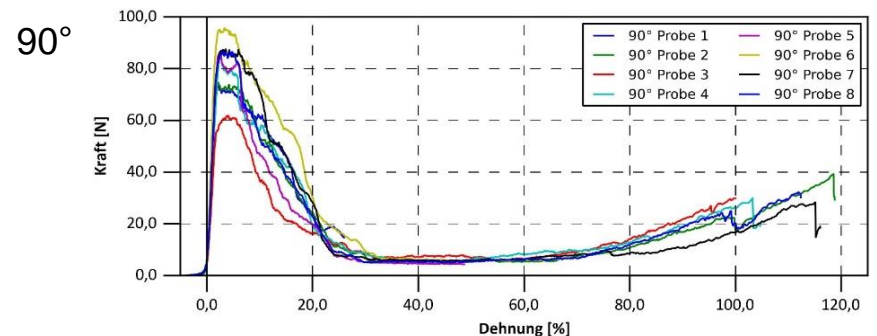
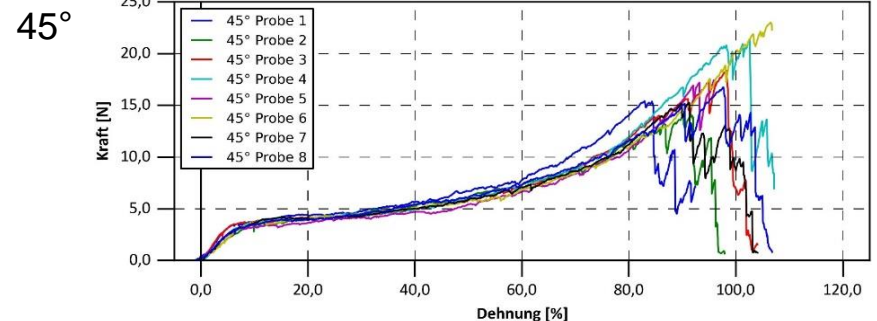
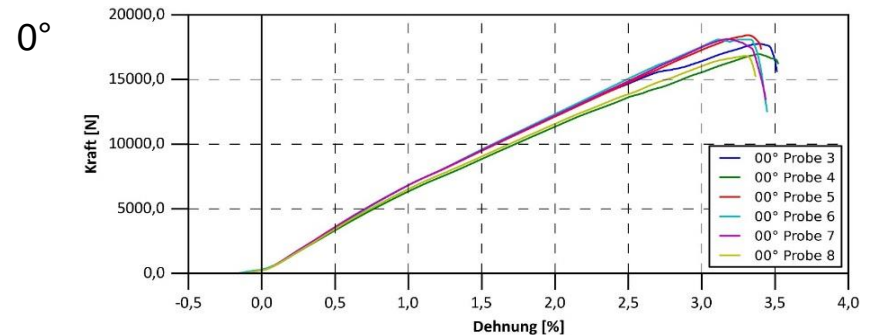
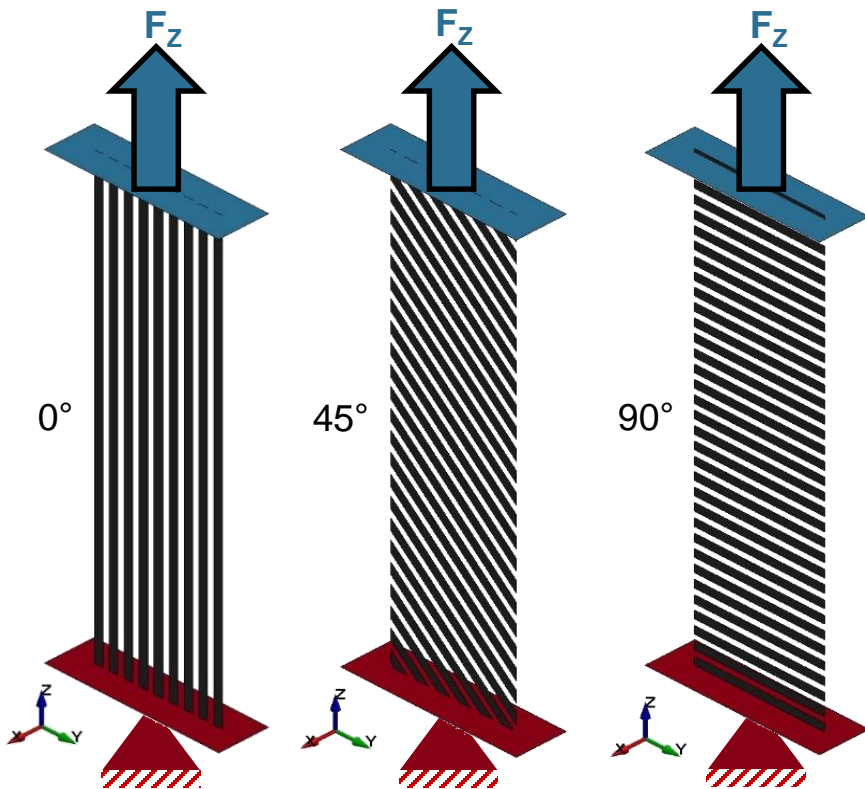
- Parameterfitting und Validierung
- Norm: ASTM D1388



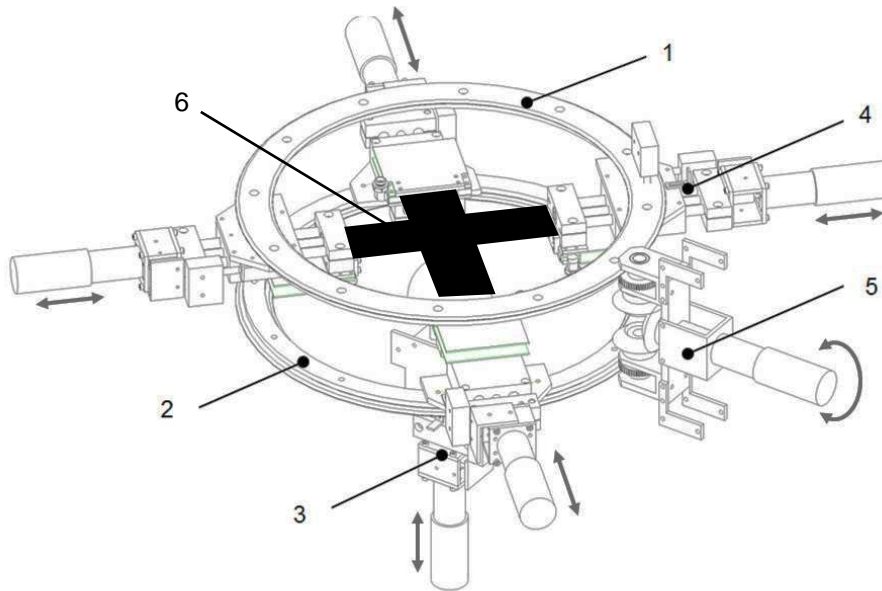
Grundlagenversuche zur Anpassung der Materialmodellierungen

Zugsteifigkeit

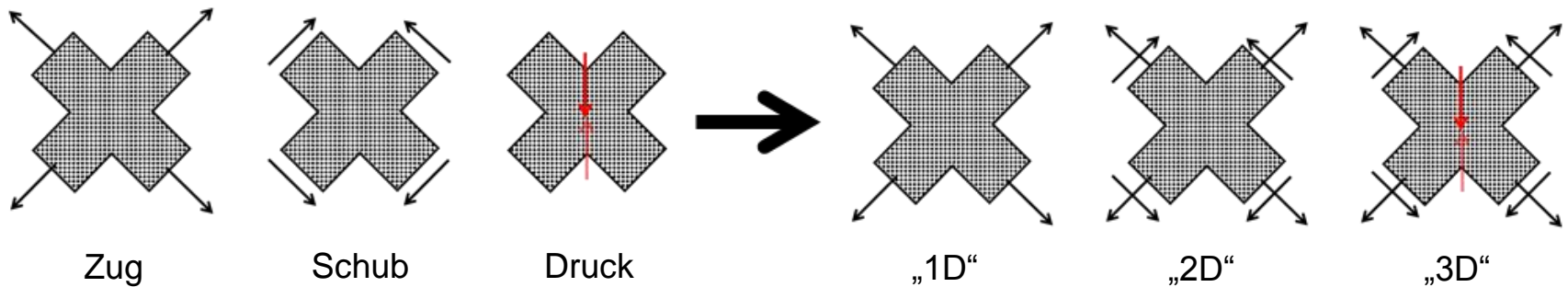
- Parameterfitting
- DIN EN ISO 13934-1 (200x50 mm², 100 mm/min)



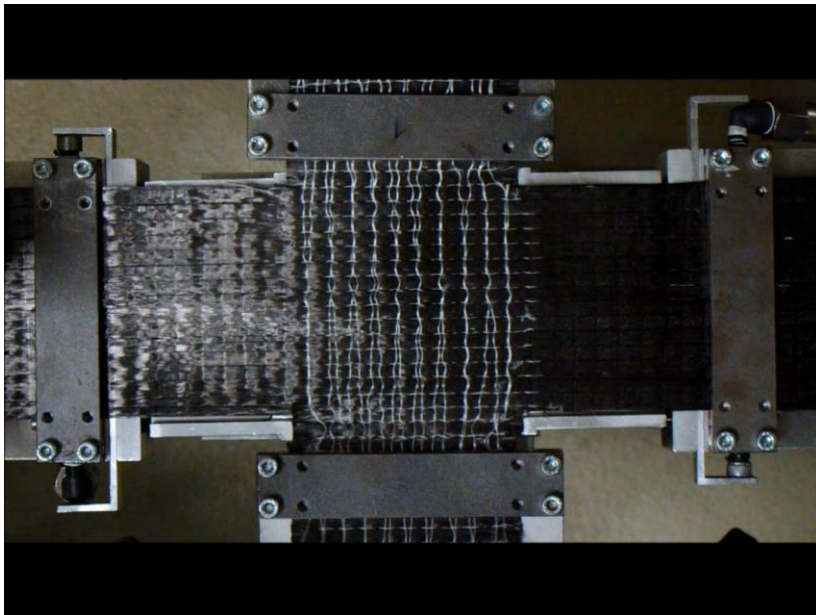
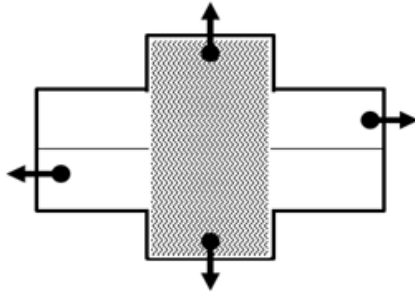
Teststand zur Validierung der Drapiersimulationsergebnisse



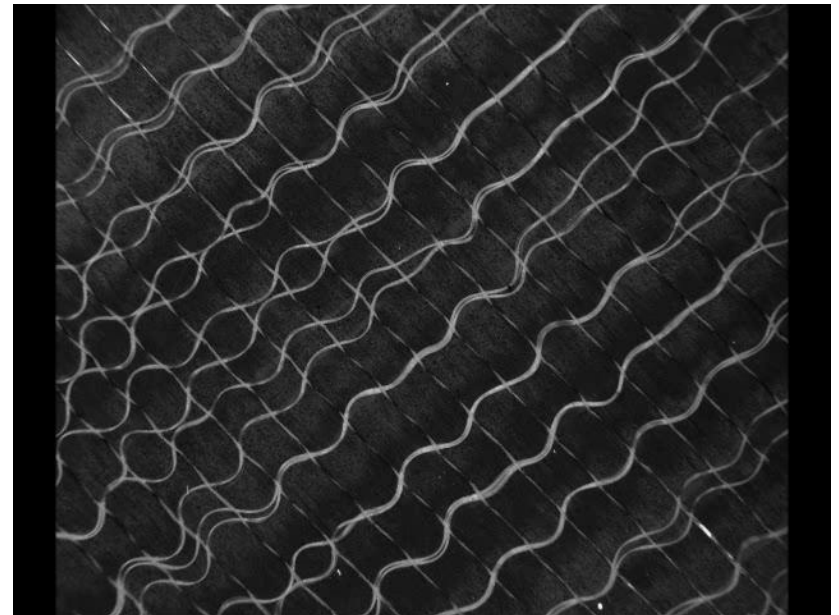
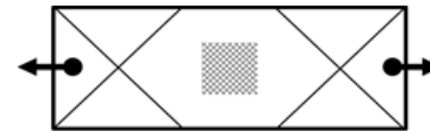
1. Oberer rotierender Ring mit zwei Spannvorrichtungen (siehe 4.)
2. Unterer rotierender Ring mit zwei Spannvorrichtungen
3. Druckstempel
4. Spannvorrichtung für axialen Zug
5. Antriebseinheit und Getriebe
6. Probe



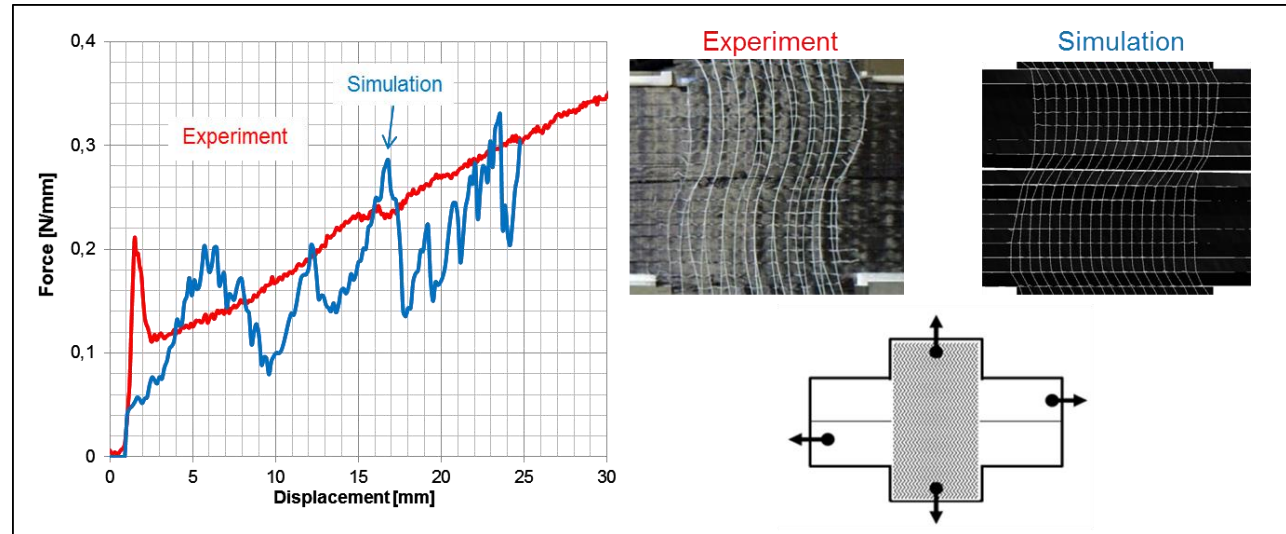
Faserauszug



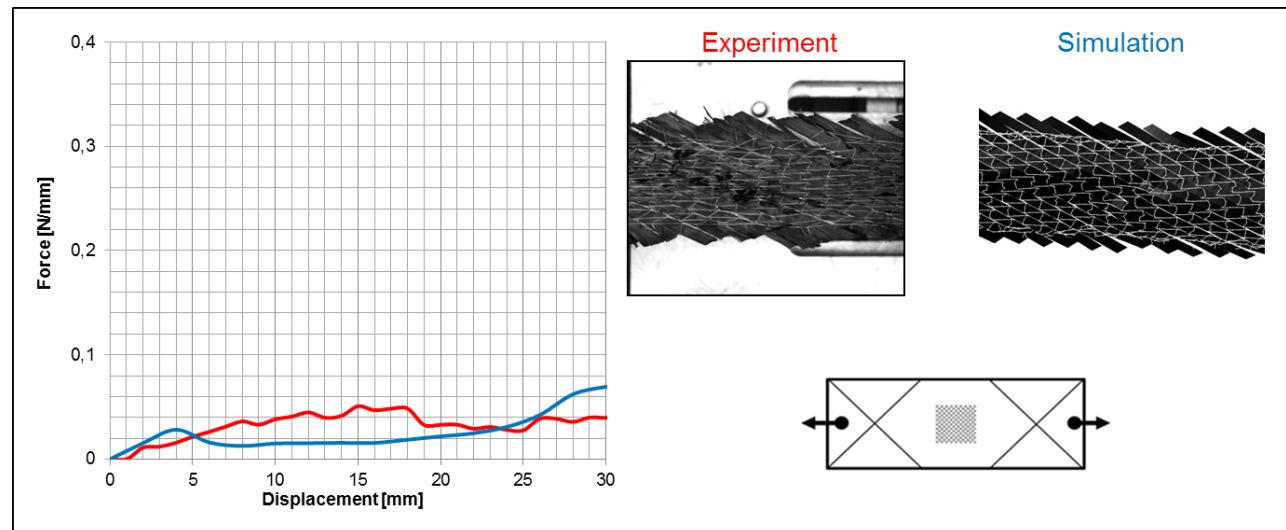
BIAS-Extension



Faserauszug



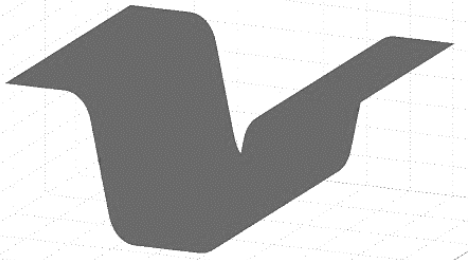
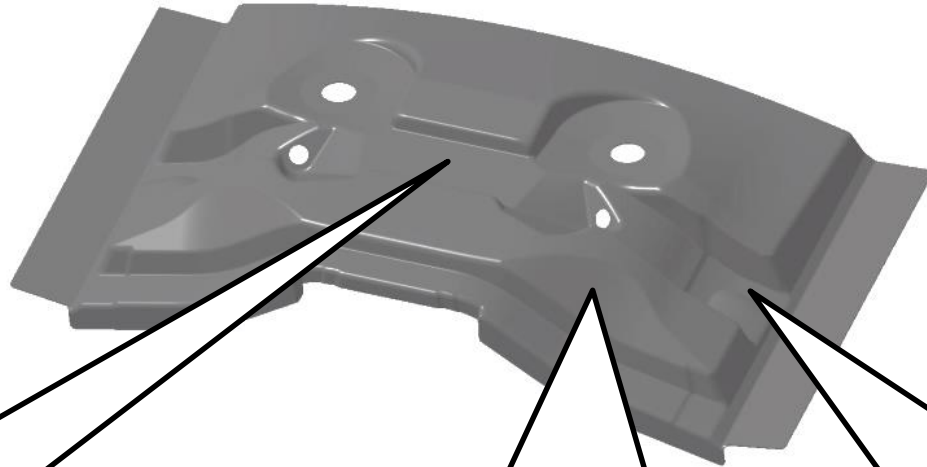
BIAS-Extension



PKW Stirnwand

Ursprüngliche komplexe Zielgeometrie

Maße: ca. 1500x780mm



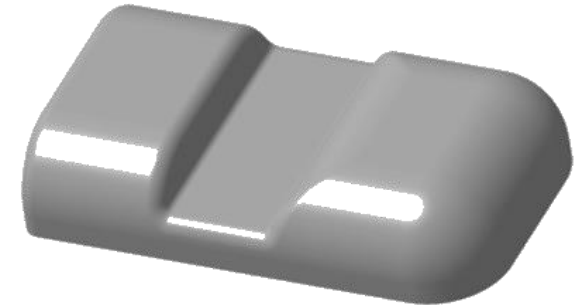
Hutprofil

Einfach gekrümmte Geometrie



Sattelgeometrie

Mehrfachgekrümmte Geometrie



Konvex-Konkave-Form

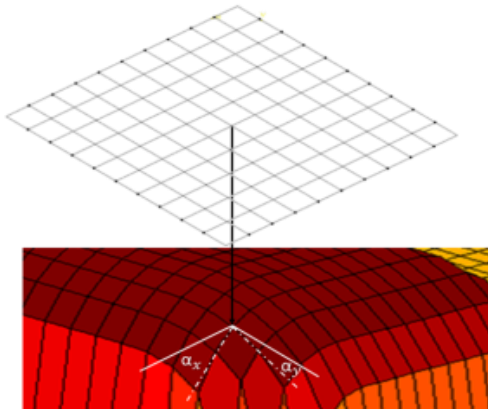
Komplexe Ersatzgeometrie

Zunehmende Komplexität

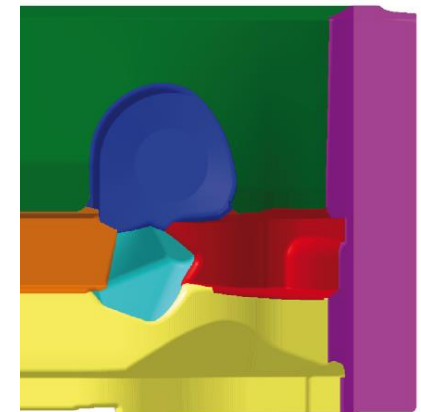
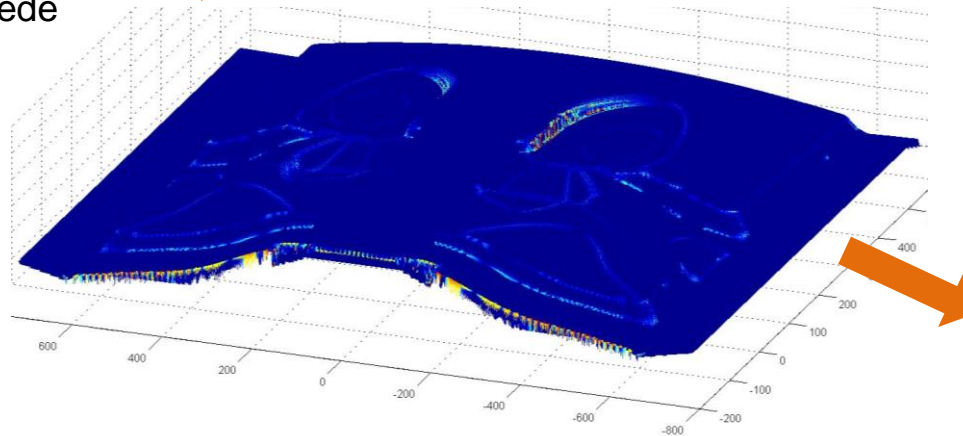
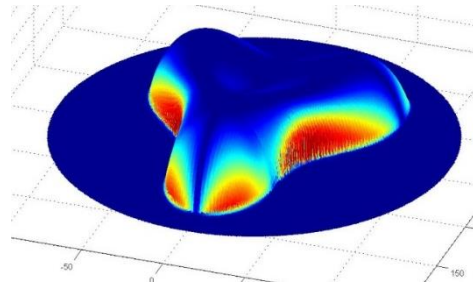
Geometrieanalyse für Patch-Ansatz

Analytische Patch-Definition

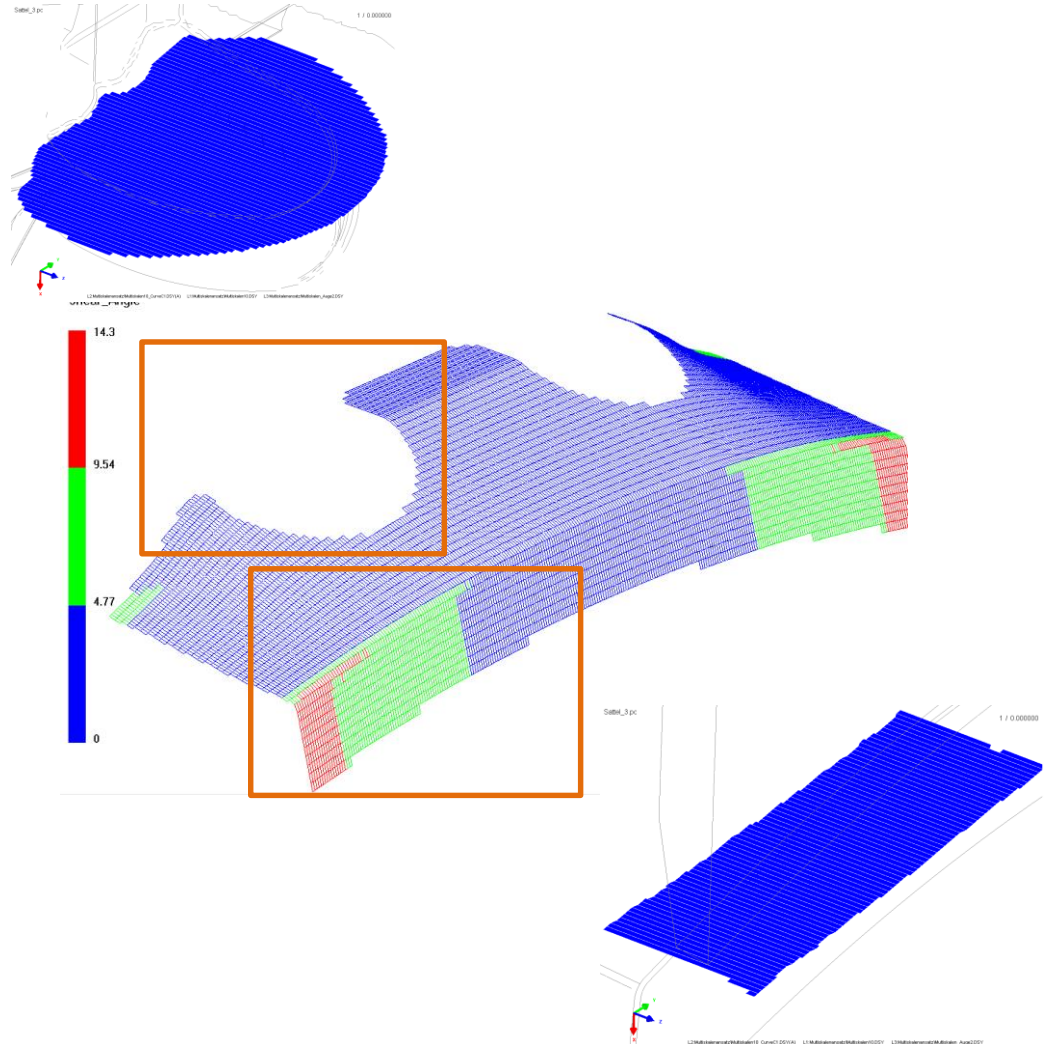
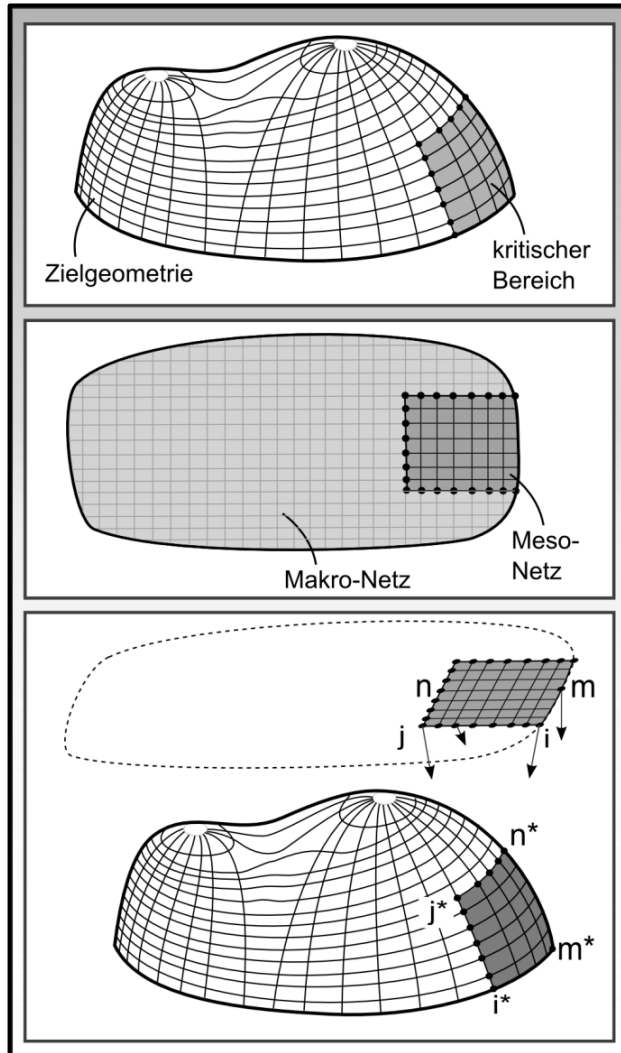
$$|\kappa_{xy}| = \left| \frac{\frac{\partial s(x,y)}{\partial x}}{\frac{\partial s(x,y)}{\partial y}} \right| \sim \left| \frac{\frac{\partial z(x,y)}{\partial x}}{\frac{\partial z(x,y)}{\partial y}} \right| = \left| \frac{\partial z(x,y)}{\partial x \partial y} \right| \geq \kappa_{krit}$$



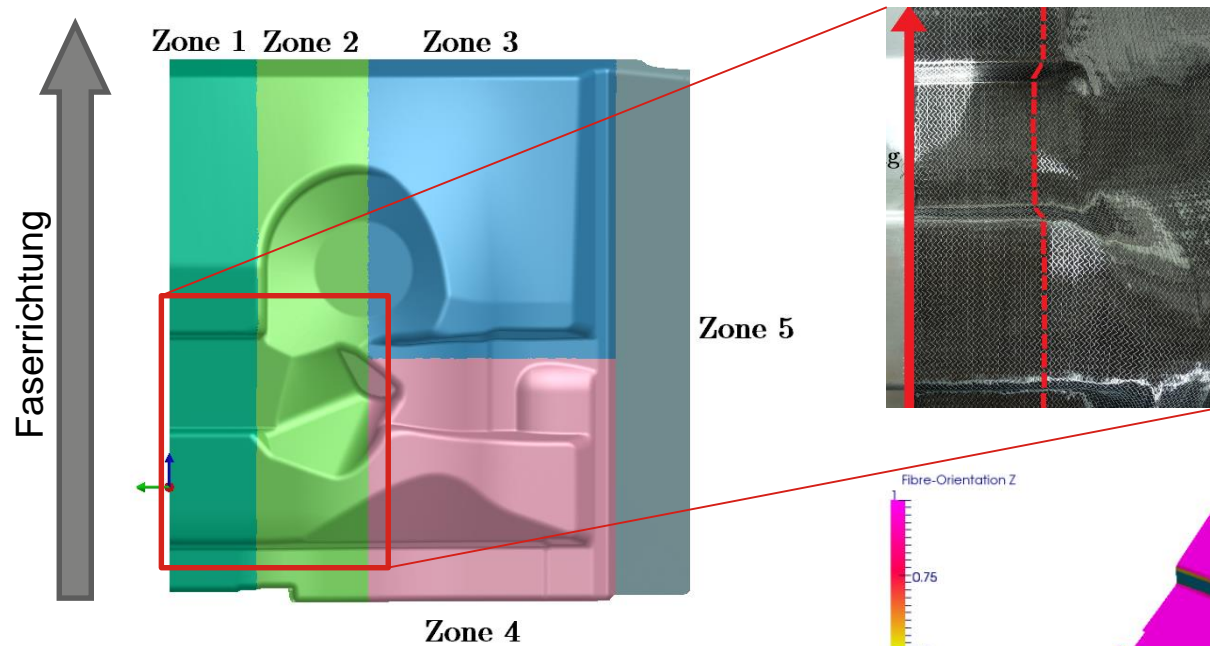
Berechnung der
Laufängenunterschiede



Patch- / Multiskalenansatz

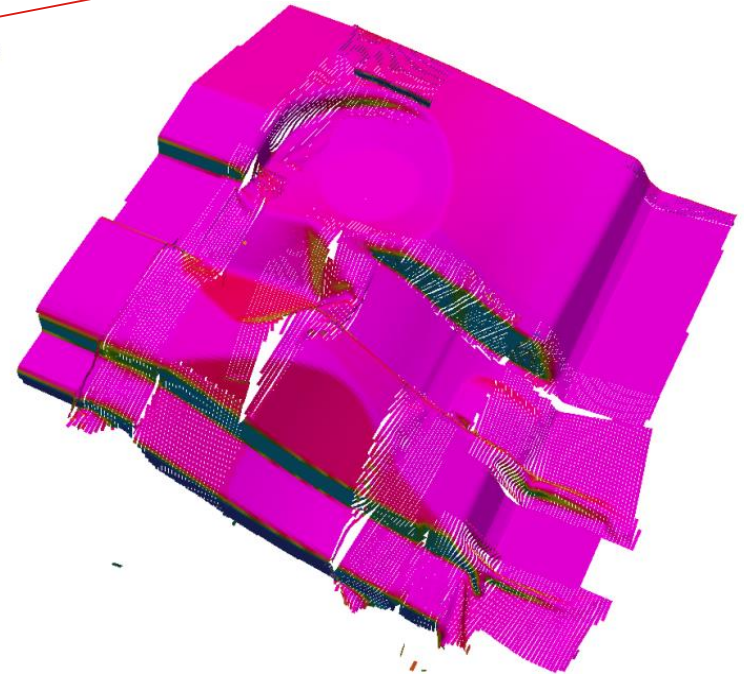
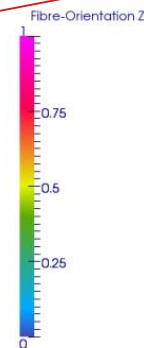


Patch-Ansatz



Idee:

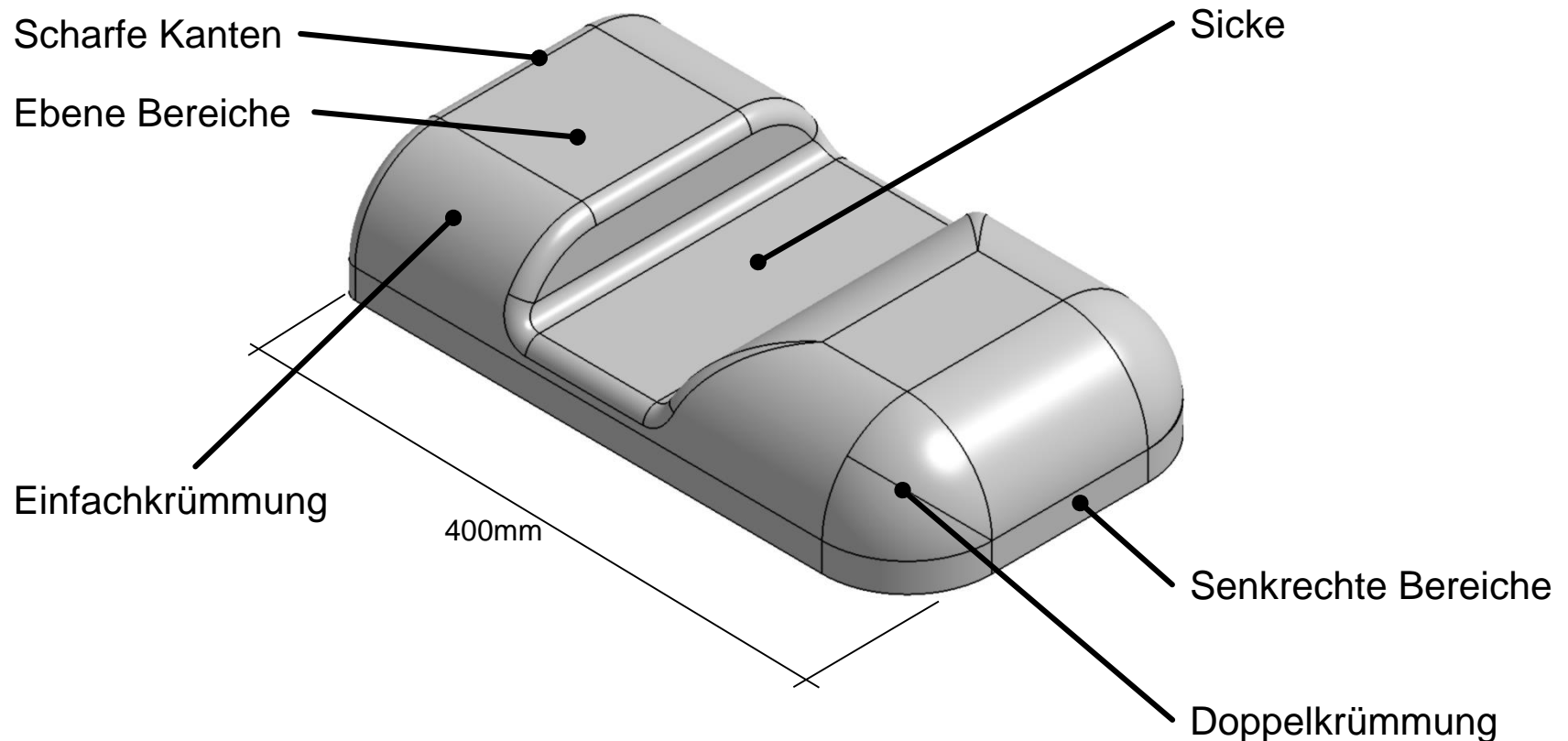
- Patch-Definition für Minimierung der Umformgrade in jeweiligem Patch
- Schnitte in Faserrichtung
- 6 Patches



KK-Form: Geometrie

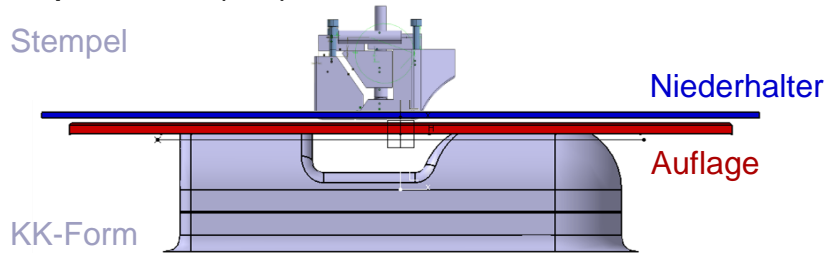
Konvex-Konkave (KK) Form

- Komplexität/Schwierigkeiten der Stirnwand erhalten
- Deutlich kleiner → Schnellere Rechenzeiten



Randbedingungen der Drapierung

Startposition (P0)



Stempelbewegung



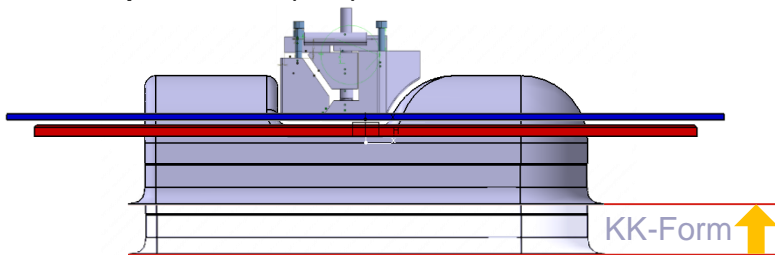
Zugkraft an Klemmen



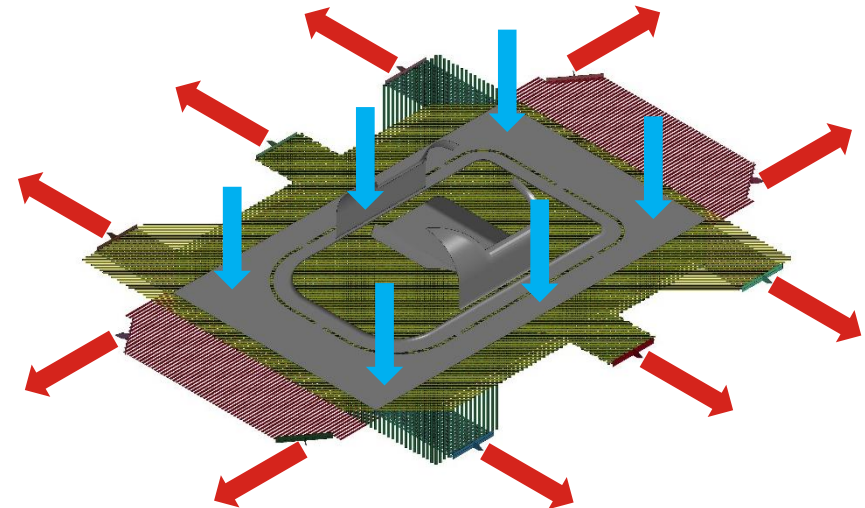
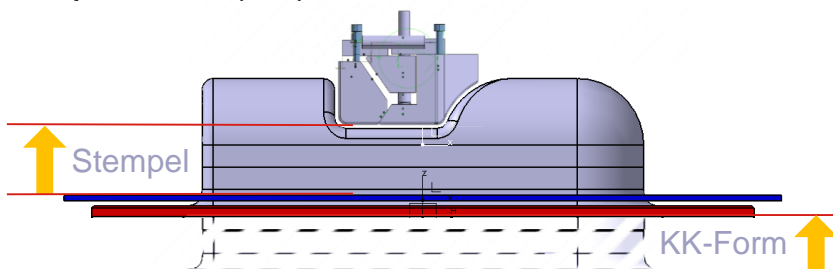
Druck auf Niederhalter

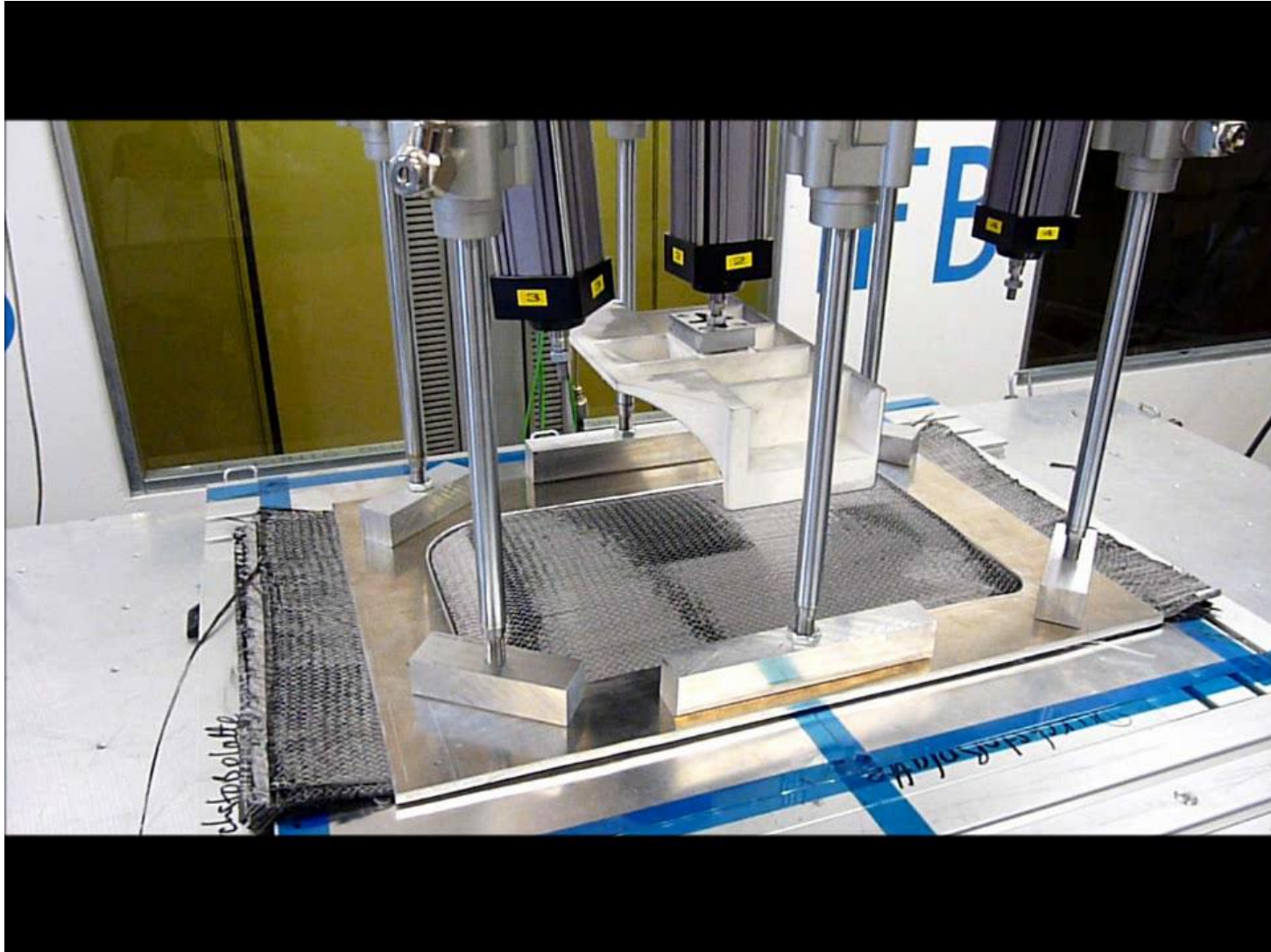


Zwischenposition (P1)



Endposition (P2)

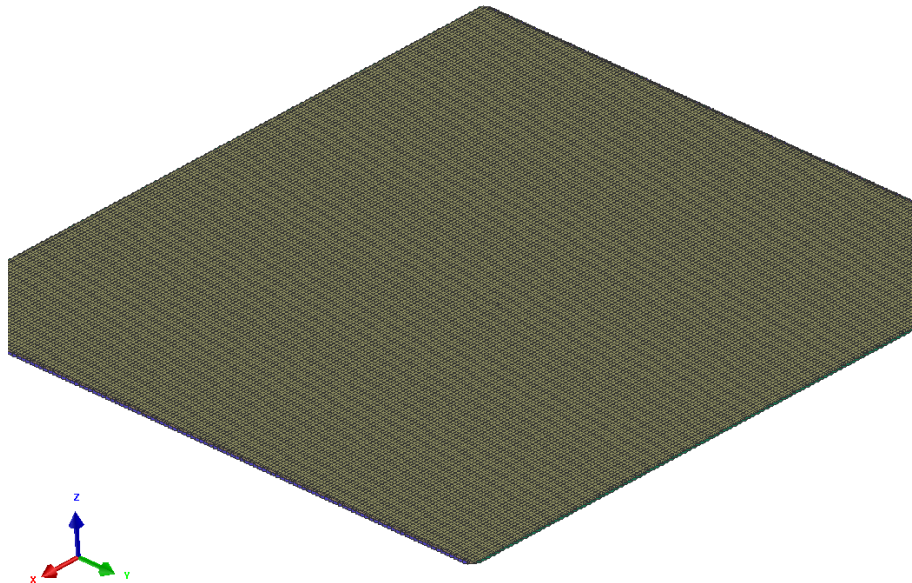




Modellierung (A): Full-Ply-Full-Stack

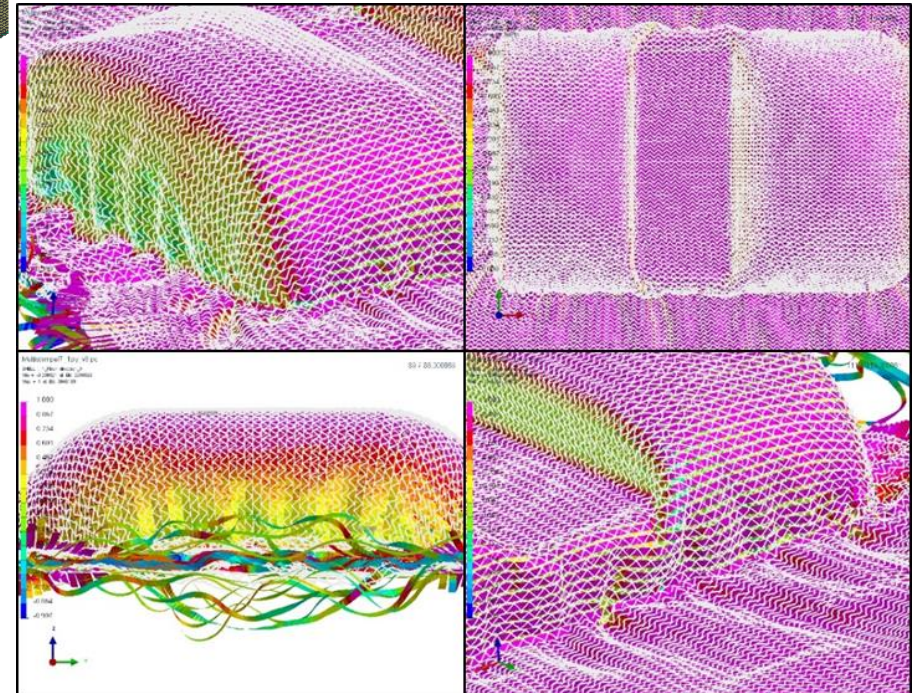
Multistempel7_1ply_v8.pc

1 / 0.000000

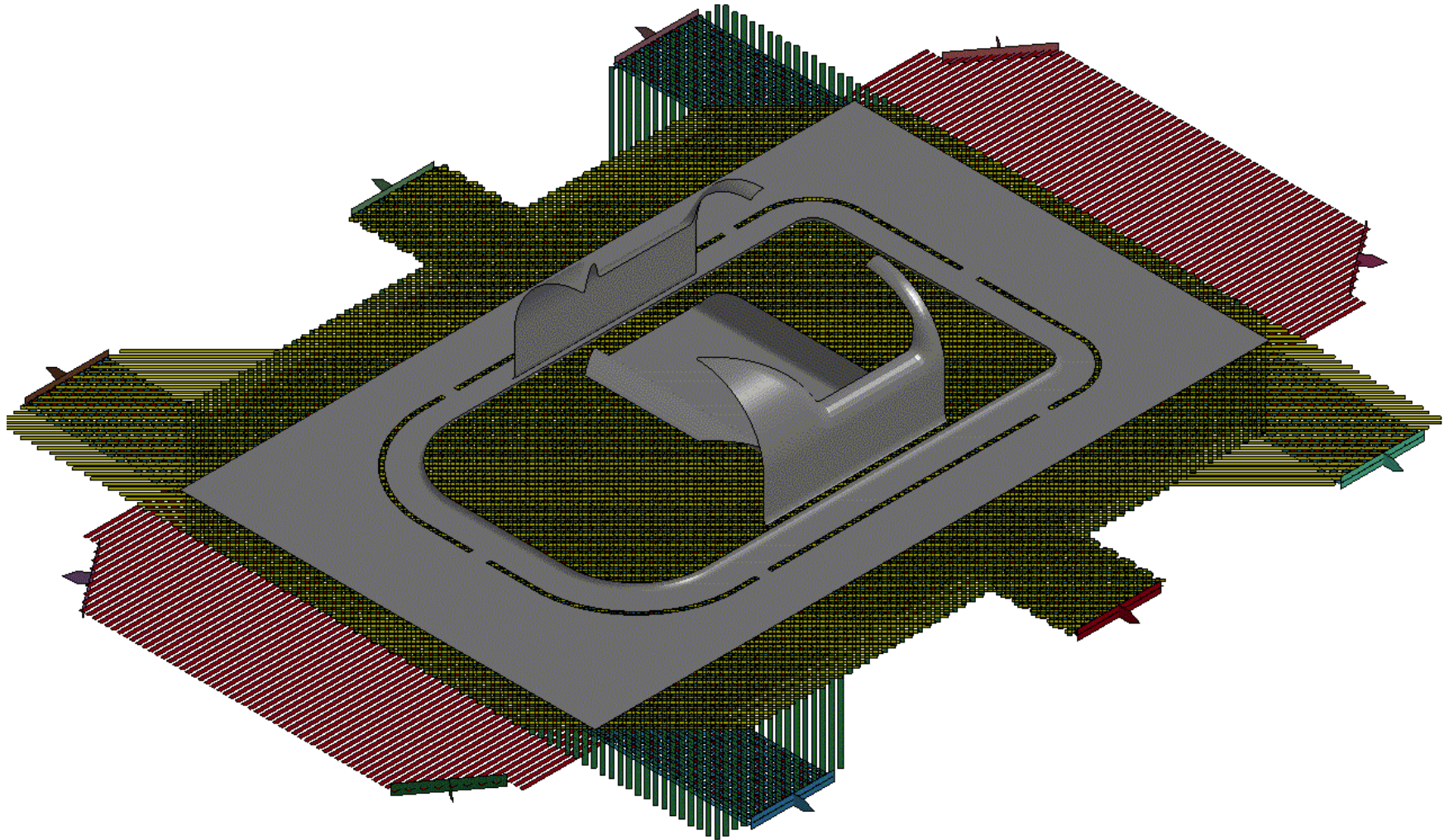


- Drapiersimulation
8 Lagen QI $[0/90/+45/-45]_s$
- Ca. 3,5Mio Elemente
- Rechenzeit ca. 420h (Intel XEON X5660 12Core@2.79GHz)

- Fehlstellen detektierbar:
 - Gapping
 - Faserrutschen
 - Faltenwurf

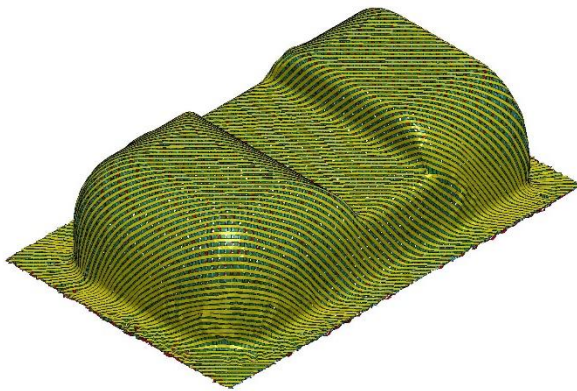


Modellierung (B): Full-Ply-Half-Stack



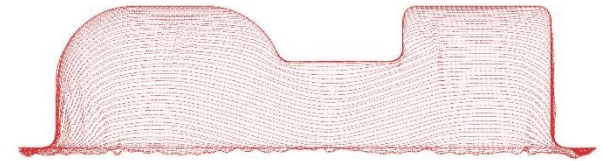
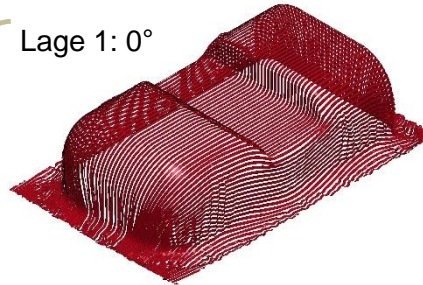
Extraktion der Faserorientierung

- Drapiersimulation
4 Lagen QI [0/90/+45/-45]
- Zuschnitt im PostProcessor
- Extraktion der Faserorientierung
und Export in das
Austauschformat per Skript

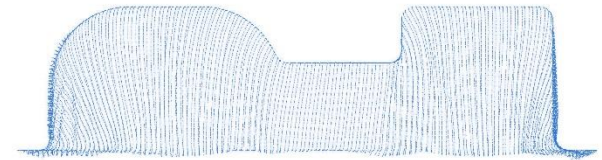
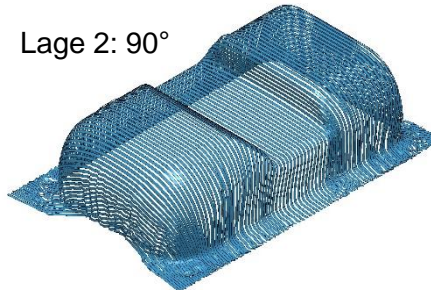


```
VECTORS FiberOrientation-L001 double
0.988434 0.151581 -0.00464106
0.988433 0.151588 -0.00464105
0.988433 0.151588 -0.00462341
0.988435 0.151576 -0.0046521
0.988433 0.151588 -0.00464105
0.988433 0.151588 -0.00464057
:
```

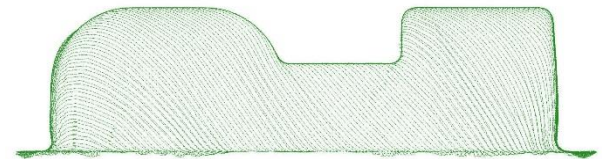
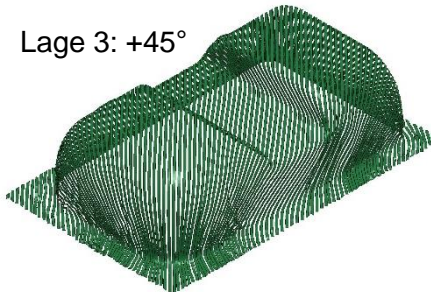
Lage 1: 0°



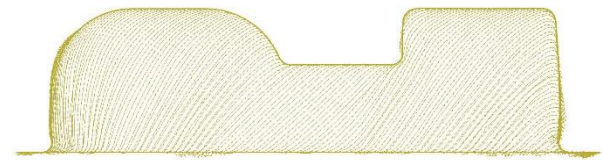
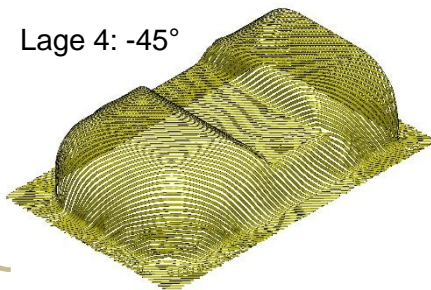
Lage 2: 90°



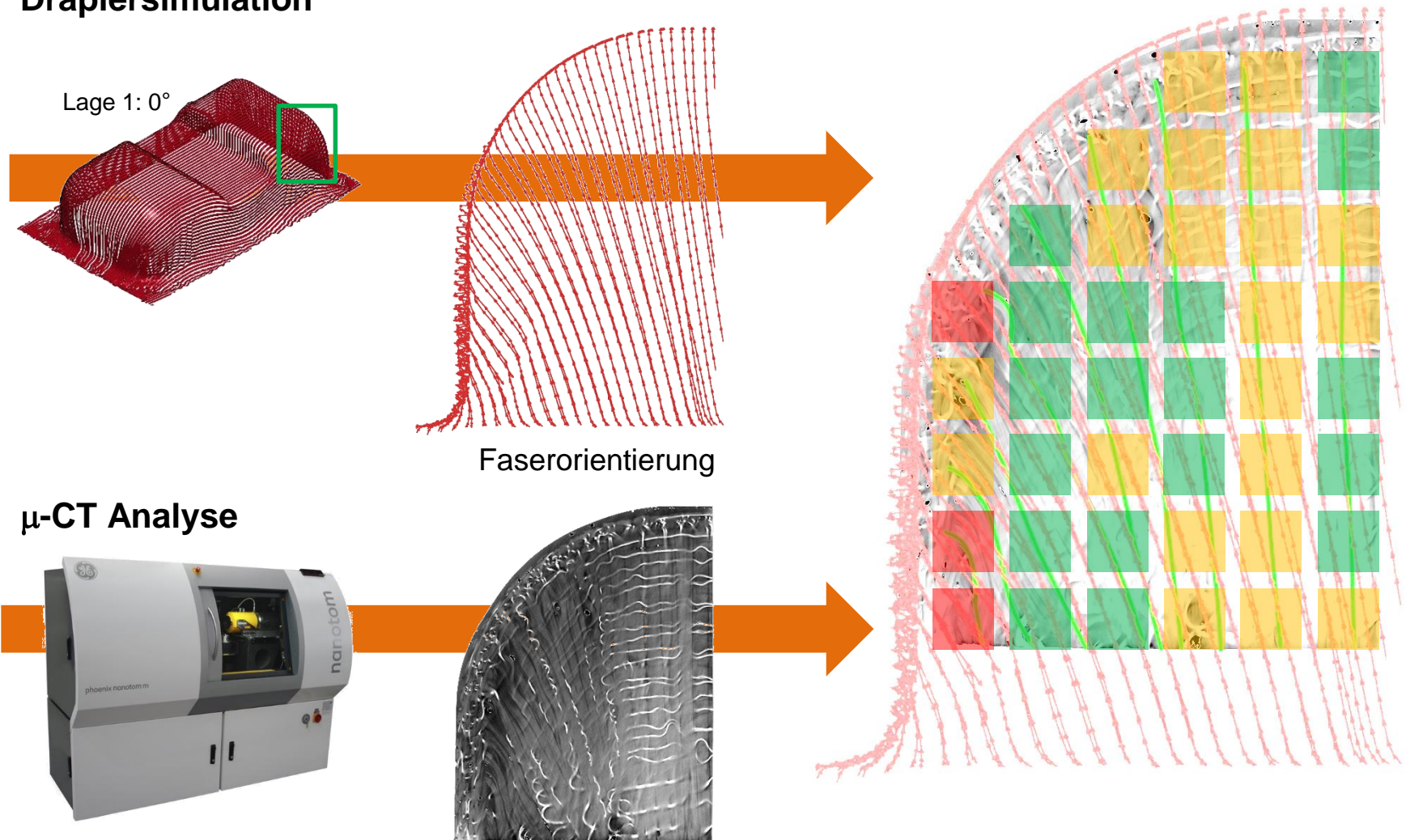
Lage 3: +45°



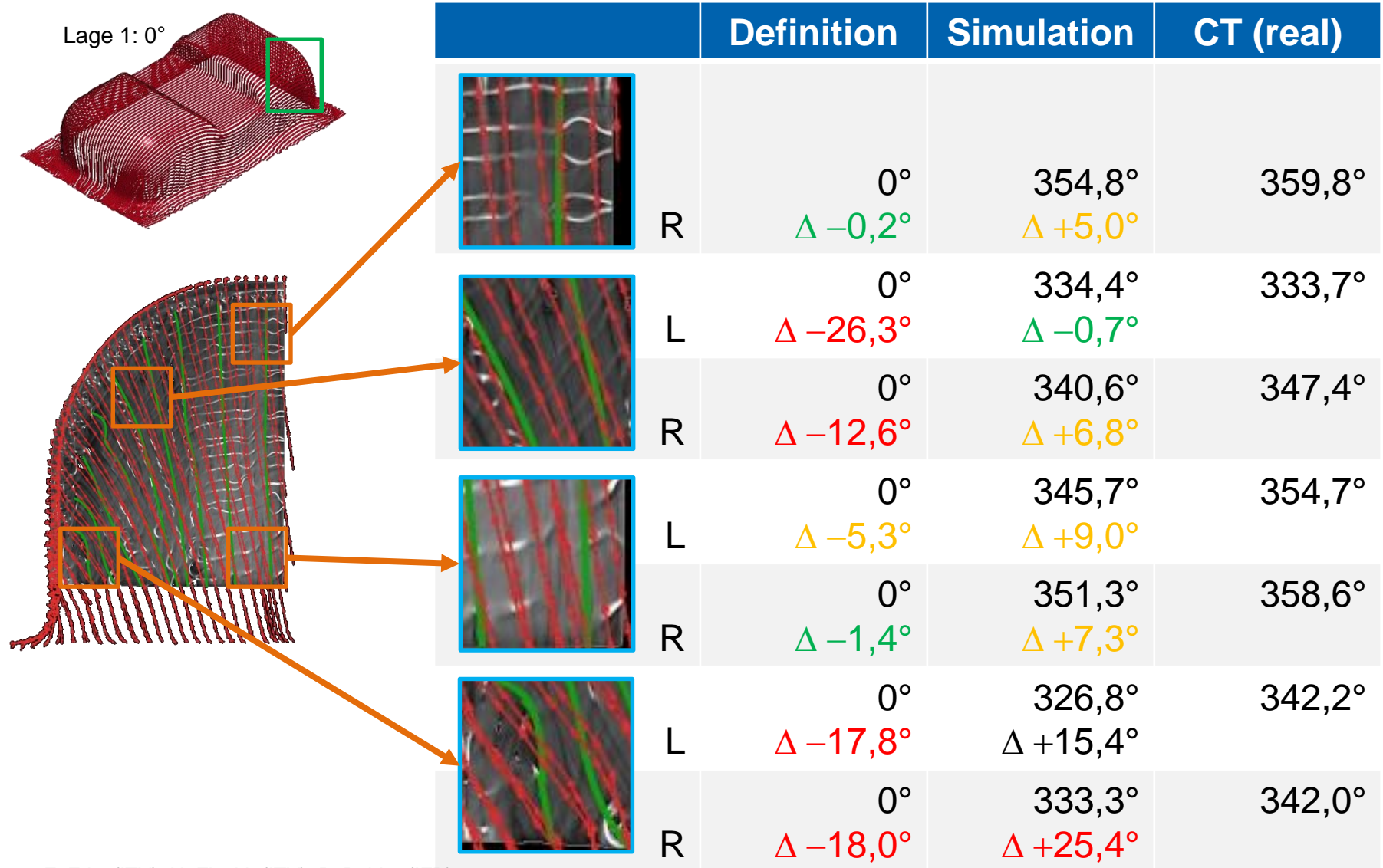
Lage 4: -45°



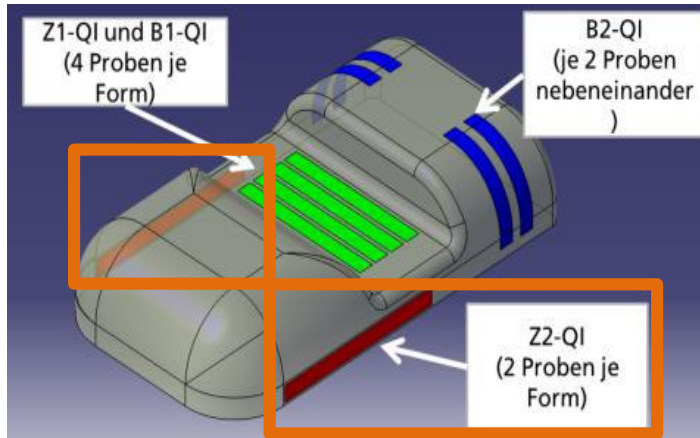
Drapiersimulation



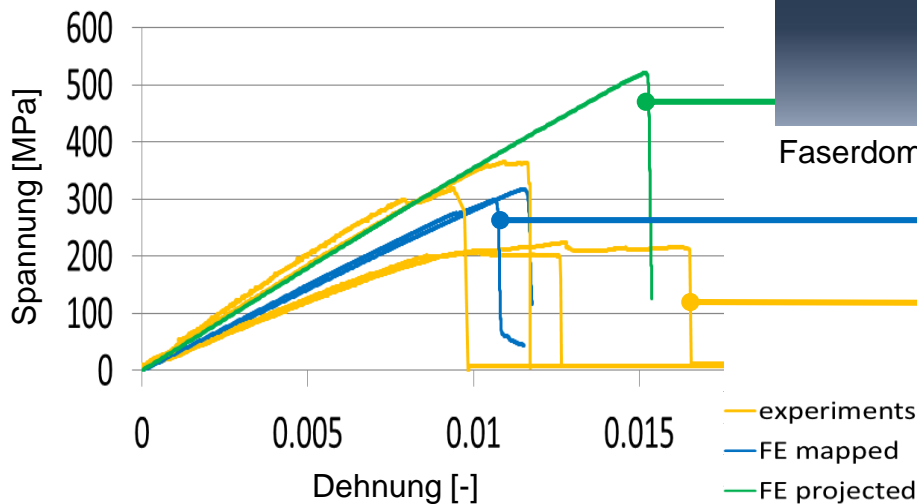
Validierung Drapiersimulation 2/2



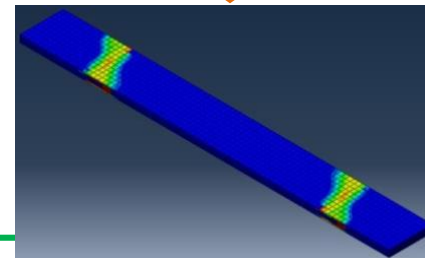
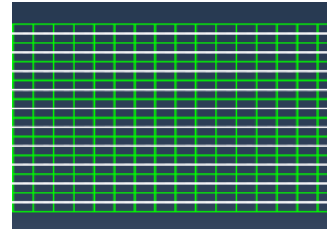
Anwendung in der Struktursimulation



Zugversuch

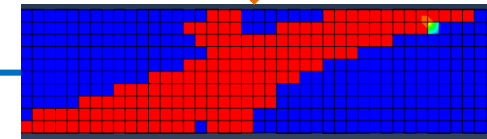
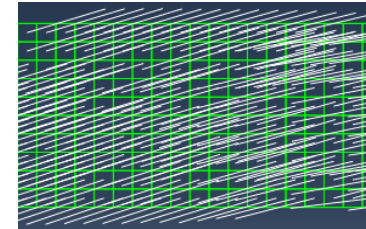


Projizierte Faserorientierung

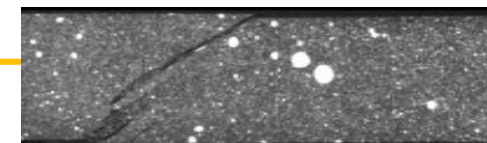


Faserdominiertes Versagen

Gemappte Faserorientierung

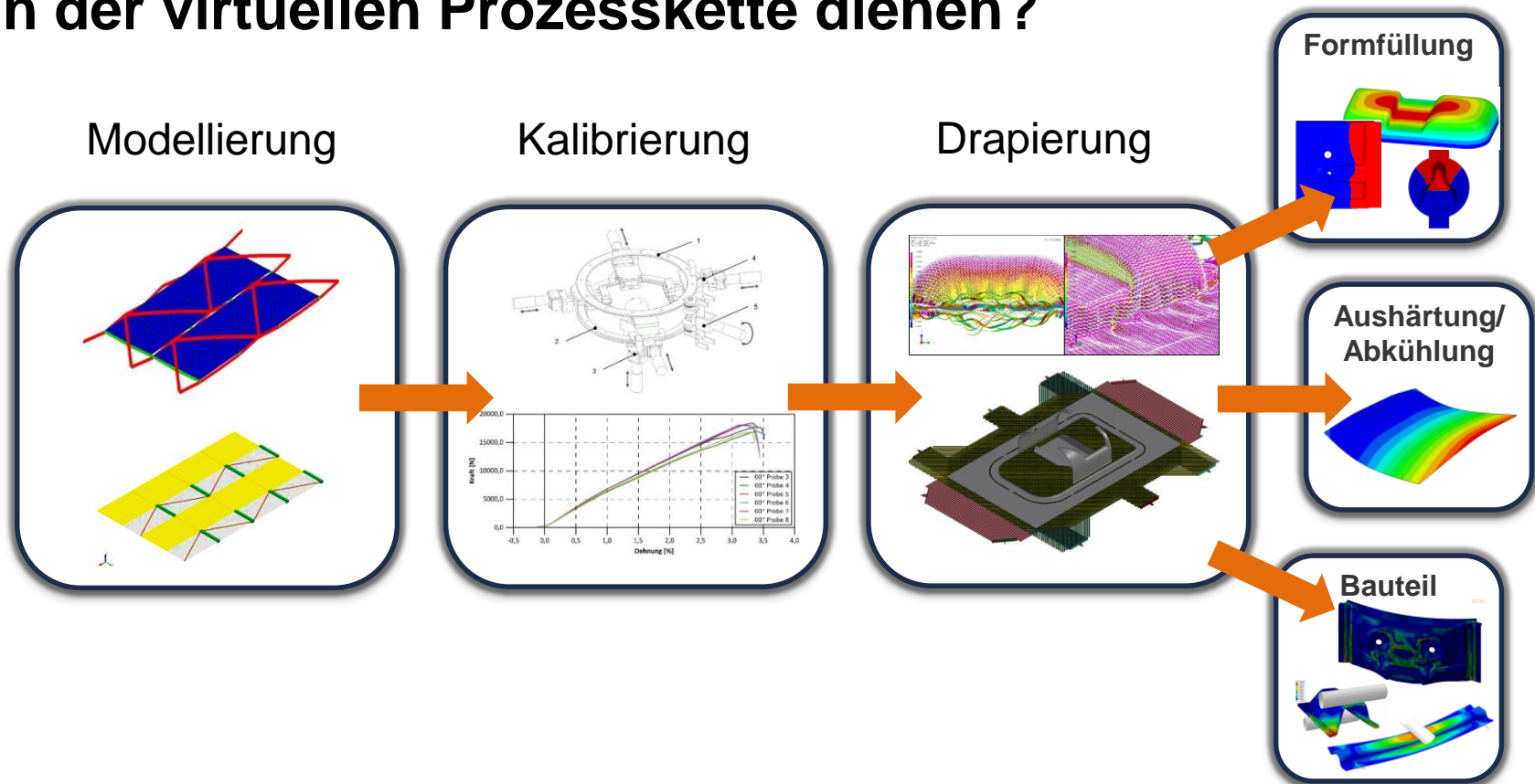



Schädigungsentwicklung ZFB, Matrixdominiertes Versagen



Bruchbild im Versuch (FhG EMI), Matrixdominiertes Versagen

Kann eine Umformsimulation für UD-Textilien als Basis für die weiteren Prozesssimulationen in der virtuellen Prozesskette dienen?



- Die vorgestellten Arbeiten wurden im Forschungsprojekt „RTM CAE/CAX - Aufbau einer durchgängigen CAE/CAX-Kette für das RTM-Verfahren“ im Rahmen von TC² durchgeführt, unterstützt durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst sowie die Baden-Württemberg Stiftung GmbH
- 
- Bauteilfertigung und Versuchsdurchführung durch die TC² Projektpartner
 - IFB Stuttgart: Preformfertigung
 - Fraunhofer ICT: Platten- und Bauteilherstellung
 - ITV Denkendorf: CT-Analyse
 - Hochschule Esslingen: Coupon-Versuche
 - Fraunhofer IWM: Coupon-Versuche
 - Fraunhofer EMI: Bauteilversuche
 - Fraunhofer SCAI stellte MpCCI MapLib kostenlos zur Verfügung und unterstützte bei Fragen zum Mapping.