



S. Kreissl, T. Senner, A. Lipp, J. Meinhardt
LS-DYNA Anwenderforum, Filderstadt
25.9.2013

UMFORMSIMULATION VON FASERVERSTÄRKTEN KUNSTSTOFFEN.

**BMW
GROUP**



GLIEDERUNG.

- Entwicklungstrends.
- Grossserienfertigung von CFK Bauteilen.
- Methodenentwicklung zur Simulation.
- Simulationsbeispiele.
- Ausblick.
- Zusammenfassung.



GLIEDERUNG.

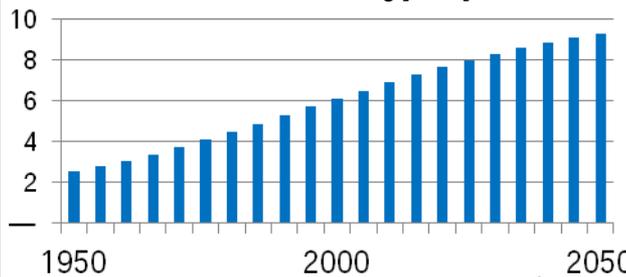
- Entwicklungstrends.
- Grossserienfertigung von CFK Bauteilen.
- Methodenentwicklung zur Simulation.
- Simulationsbeispiele.
- Ausblick.
- Zusammenfassung.



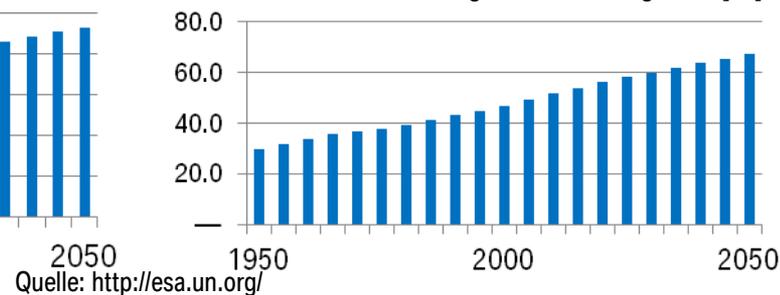
ENTWICKLUNGSTRENDS. BEVÖLKERUNGSWACHSTUM UND MEGA CITIES.



Weltbevölkerung [Mrd.]



Anteil der Bevölkerung in urbanen Regionen [%]



Quelle: <http://esa.un.org/>

ENTWICKLUNGSTRENDS. UMWELTBEWUSSTSEIN, NATURSCHUTZ.



Quelle: www.atu.de

Die EU hat sich verpflichtet die Treibhausgasemissionen bis 2020 um mind. 20 % (ggü. Stand von 1990) zu reduzieren.

Quelle: Beschluss 94/69/EG des Rates vom 15. Dezember 1993



Quelle: www.Regenwald.org



Quelle: www.grantpud.org

ENTWICKLUNGSTRENDS. ELEKTROMOBILITÄT - BMW i.

2011: Gründung der Marke BMW i.

Fokus auf Elektromobilität.



Leichtbau



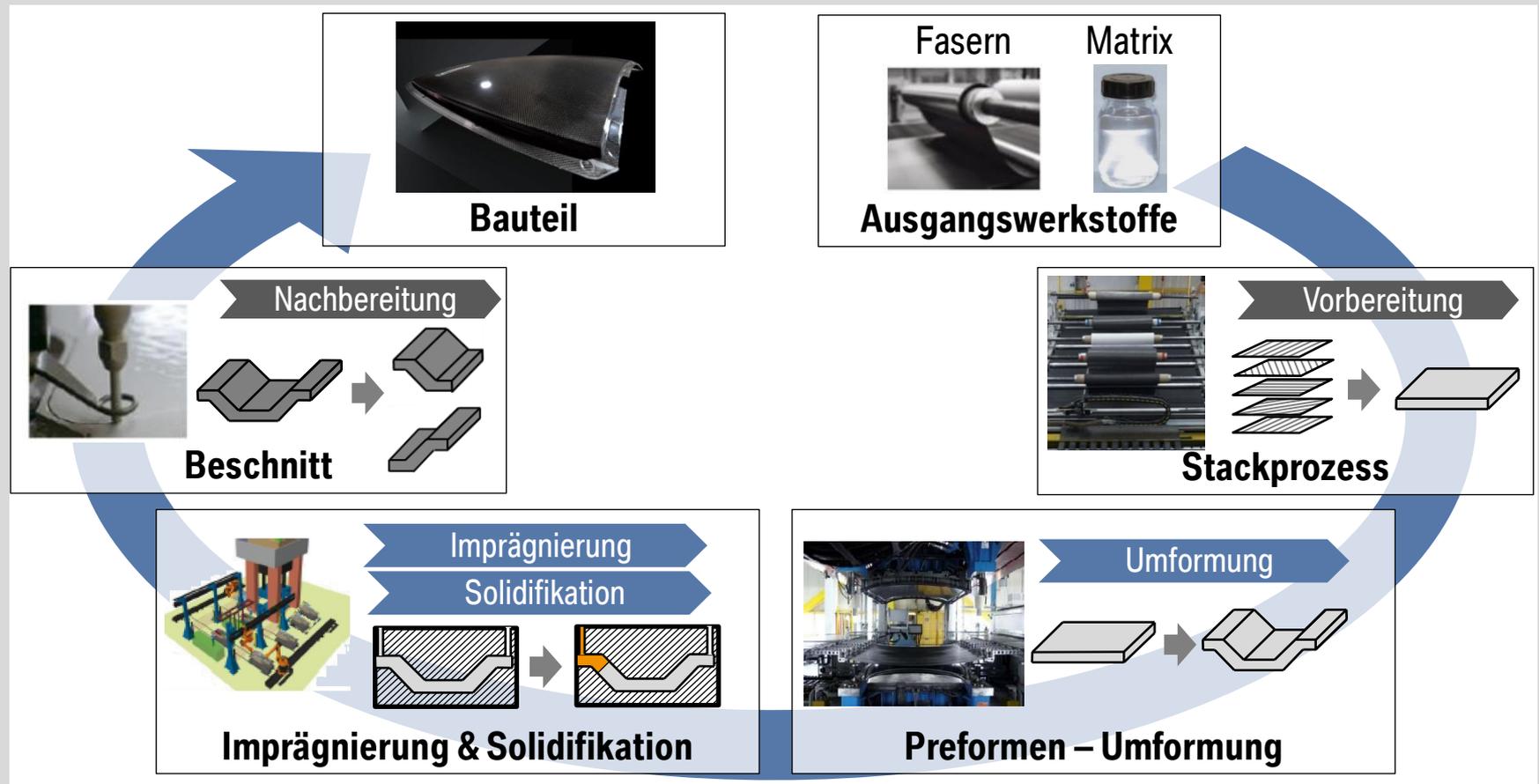
Elektromobilität

GLIEDERUNG.

- Entwicklungstrends.
- Grossserienfertigung von CFK Bauteilen.
- Methodenentwicklung zur Simulation.
- Simulationsbeispiele.
- Ausblick.
- Zusammenfassung.



GROSSSERIENFERTIGUNG VON CFK BAUTEILEN. RESIN TRANSFER MOLDING (RTM) PROZESS.



GROSSSERIENFERTIGUNG VON CFK BAUTEILEN. HERAUSFORDERUNGEN - AUTOMATISIERUNG.

Einzelfertigung.

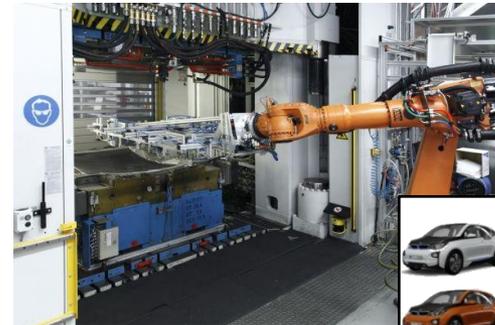


www.boeing.com



- Niedrige Stückzahlen.
- Hohe Flexibilität.
- Lange Taktzeiten.

Grossserienfertigung.



- Hohe Stückzahlen.
 - Hohe Automatisierung.
 - Kurze Taktzeiten.
- ⇒ Absicherung durch Simulation um kosten-/zeitintensive Änderungen zu minimieren.

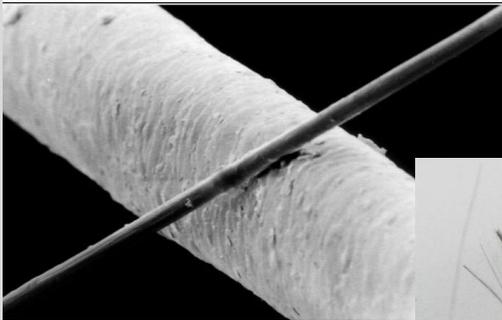
GLIEDERUNG.

- Entwicklungstrends.
- Grossserienfertigung von CFK Bauteilen.
- **Methodenentwicklung zur Simulation.**
- Simulationsbeispiele.
- Ausblick.
- Zusammenfassung.



METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. HERAUSFORDERUNGEN - MEHRSKALIGKEIT.

Quelle: www.wikipedia.org

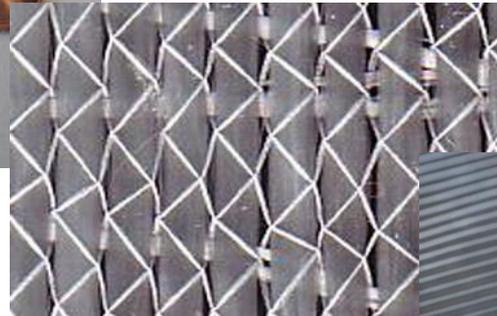


Filament [μm]

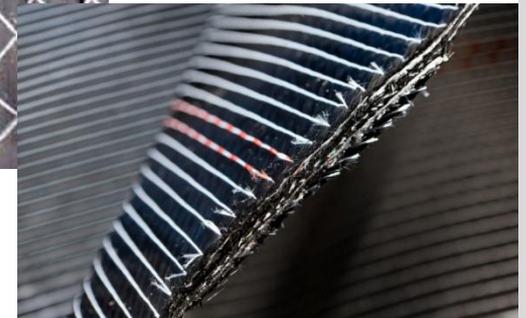


Roving

Quelle: www.noncrimpfabrics.com



Gelege

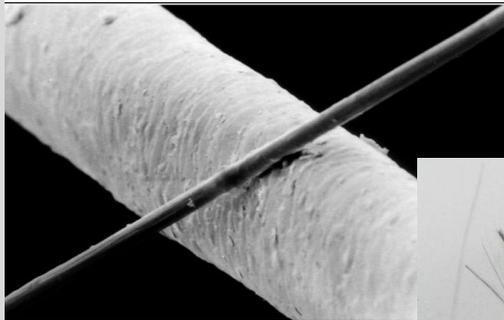


Stack [m]

Diskontinuierliches Materialeigenschaften.

METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. HERAUSFORDERUNGEN - MEHRSKALIGKEIT.

Quelle: www.wikipedia.org



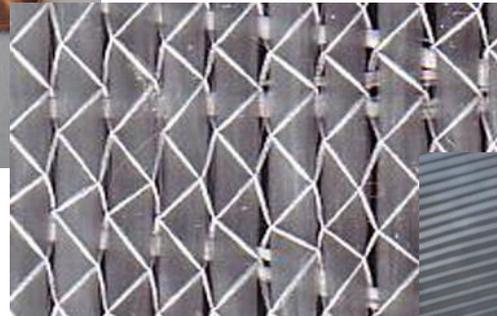
Filament [μm]

Mehrskaliges Materialverhalten: Makro-, Meso-, Mikroebene.
Diskontinuierliches Materialeigenschaften.
Stark ausgeprägte Anisotropie.

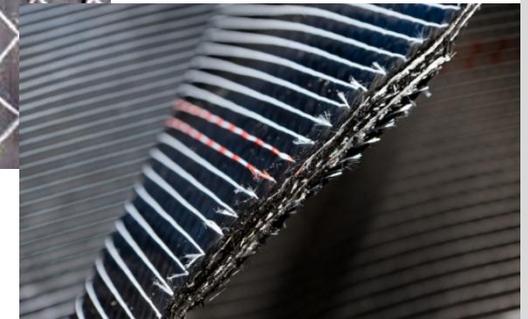


Roving

Quelle: www.noncrimpfabrics.com



Gelege



Stack [m]

Genauigkeit, Rechenzeit

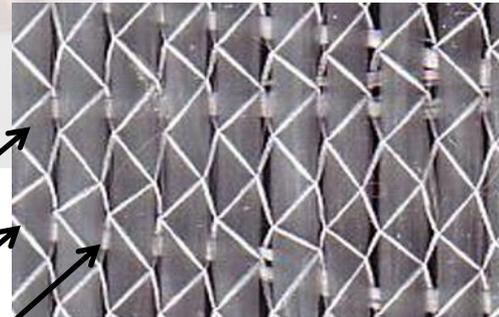
Zielkonflikt:
Prognosegüte vs. Simulationsaufwand.

METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. HERAUSFORDERUNGEN - MEHRSKALIGKEIT.

Für industrielle Anwendung:
nur Simulation auf makroskopischer Ebene realistisch.



Quelle: www.noncrimpfabrics.com

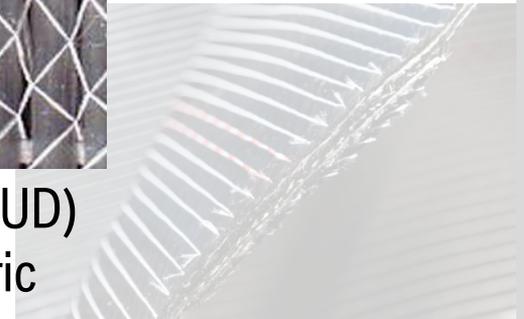


Kohlefaser Roving

Kunststoff Vernähfaden

Glasfaser Stützfaden

Unidirectionales (UD)
Non Crimp Fabric
(NCF)

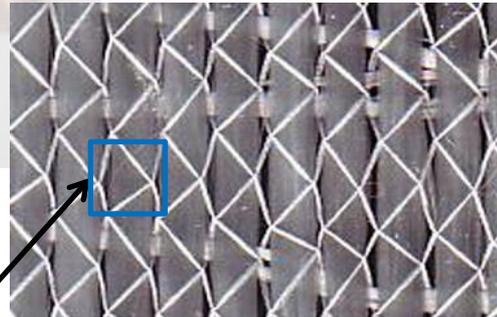


METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. HERAUSFORDERUNGEN - MEHRSKALIGKEIT.

Für industrielle Anwendung:
nur Simulation auf makroskopischer Ebene realistisch.

Quelle: www.noncrimpfabrics.com

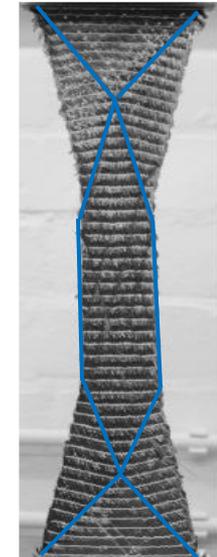
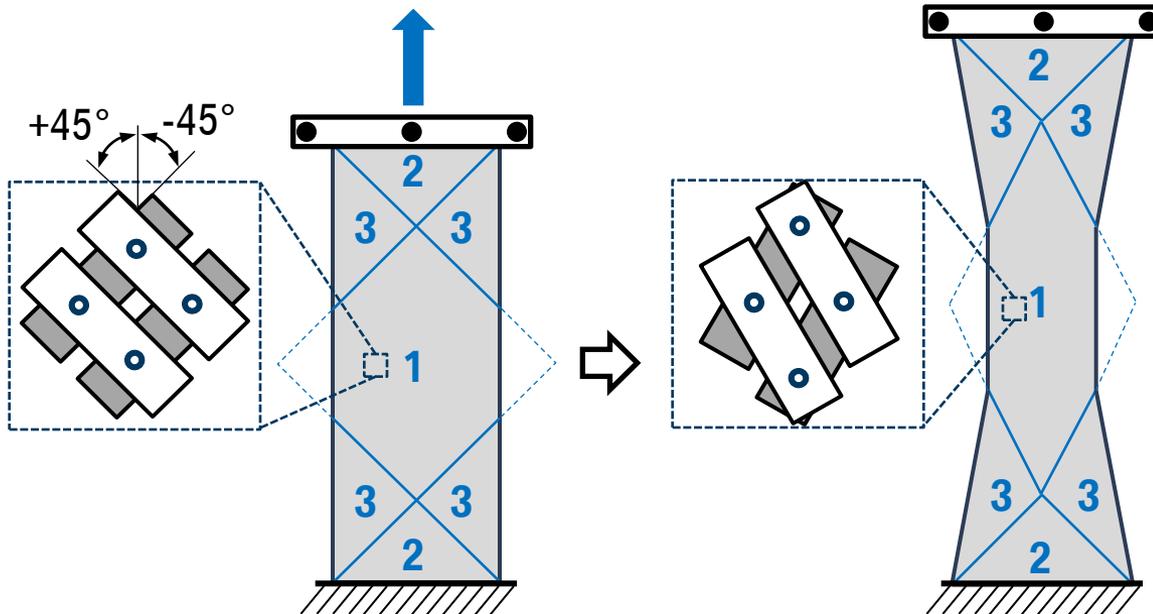
Verschmieren der
Materialeigenschaften.
Abbildung der „Einheitszelle“
durch Schalenelement.



Unidirectionales (UD)
Non Crimp Fabric
(NCF)

METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. HERAUSFORDERUNGEN - VERFORMUNGSMODEN.

Bias-Extension Test.

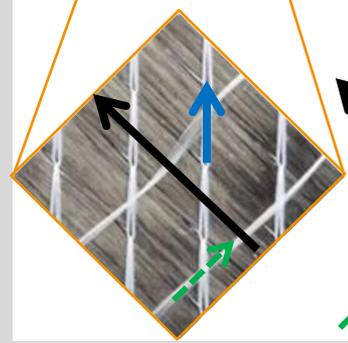
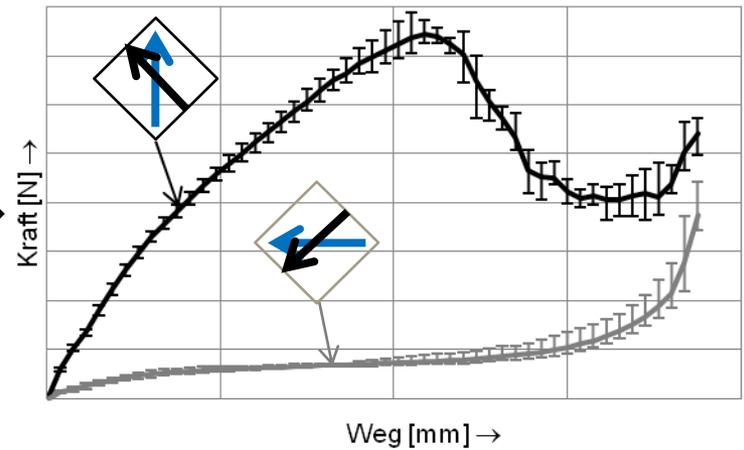
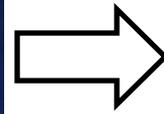
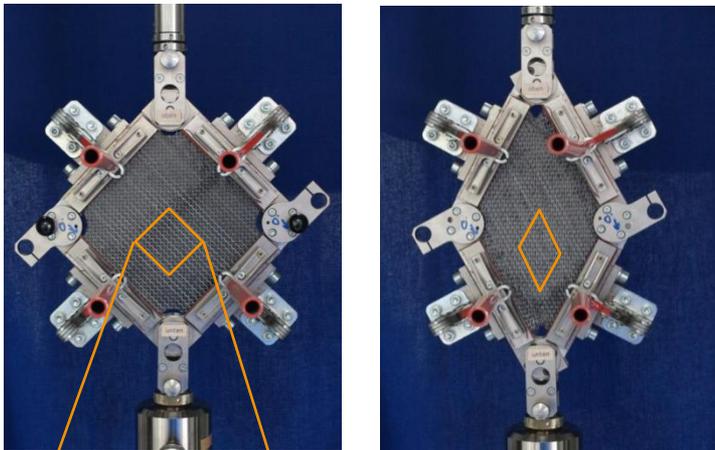


Bedingt durch hohen E-Modul der Fasern weicht Material in Verformungsmoden aus, welche Fasern nicht längen.
Trellismode ermöglicht große Verformungen ohne Faserlängung.

Creech, G.: Mesoscopic Finite Element modelling of Non-Crimp Fabrics for drape and failure analyses, Ph.D. Thesis, Cranfield University, 2006.

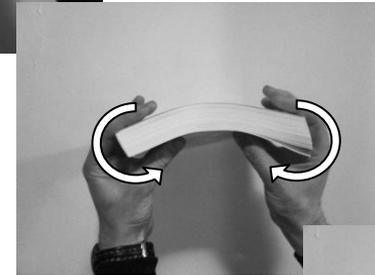
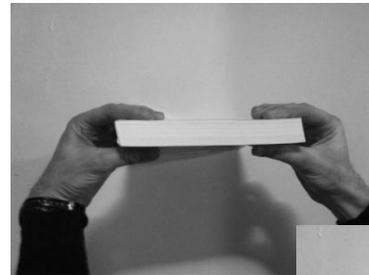
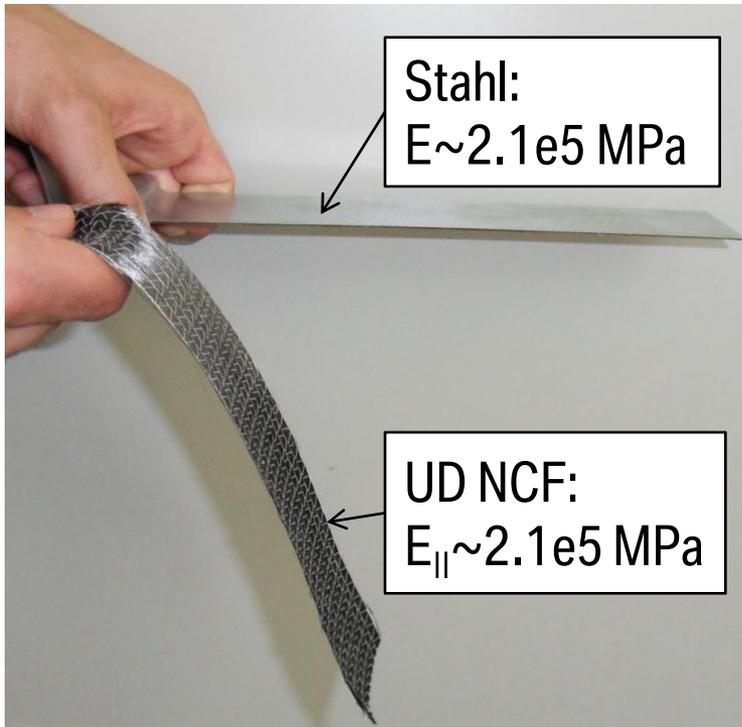
METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. HERAUSFORDERUNGEN – SCHUBVERHALTEN.

Picture Frame Versuch.



↖ C-Faserrichtung
↗ Vernähungs-
richtungen
↘ Glasfaserrichtung

METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. HERAUSFORDERUNGEN - BIEGEVERHALTEN.



Diskontinuität:
Biegeweichheit
durch Abgleiten der
Fasern über der Dicke.

Quelle: www.xcracer.com

METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. ÜBERBLICK.

Ziel:

Prozesssimulation zur Prognose von Falten, Welligkeiten für industrielle Anwendung.

Ausgangssituation:

Keine geeignete Methode, hinsichtlich

- Abbildung des komplexen Materialverhaltens,
- Flexibilität bzgl. Änderungen (Material, Prozess, ...),
- Nutzung bestehender Systeme bzw. analoge Vorgehensweise wie in Blechumformung,

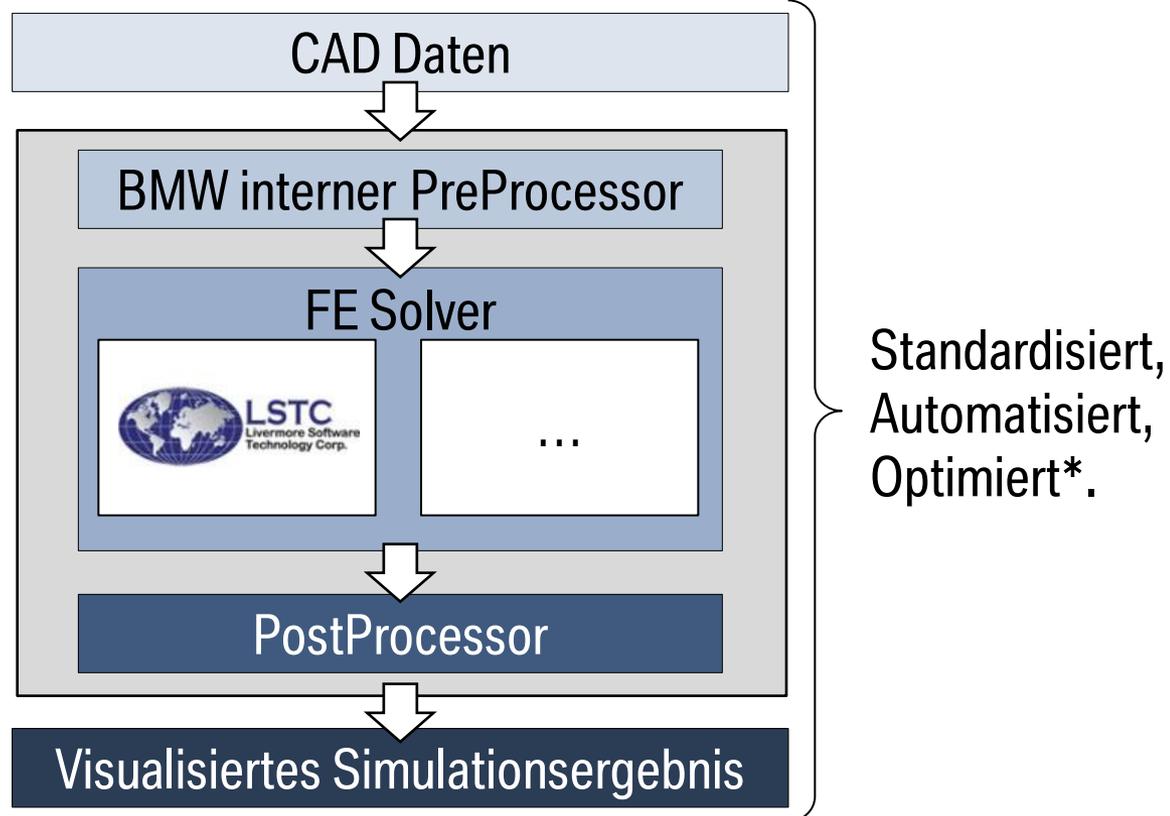
zur FE Simulation von unidirektionalen NCFs.

Lösungsstrategie:

Entwicklung eigener Methode (User-Material).

METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. LÖSUNGSSTRATEGIE.

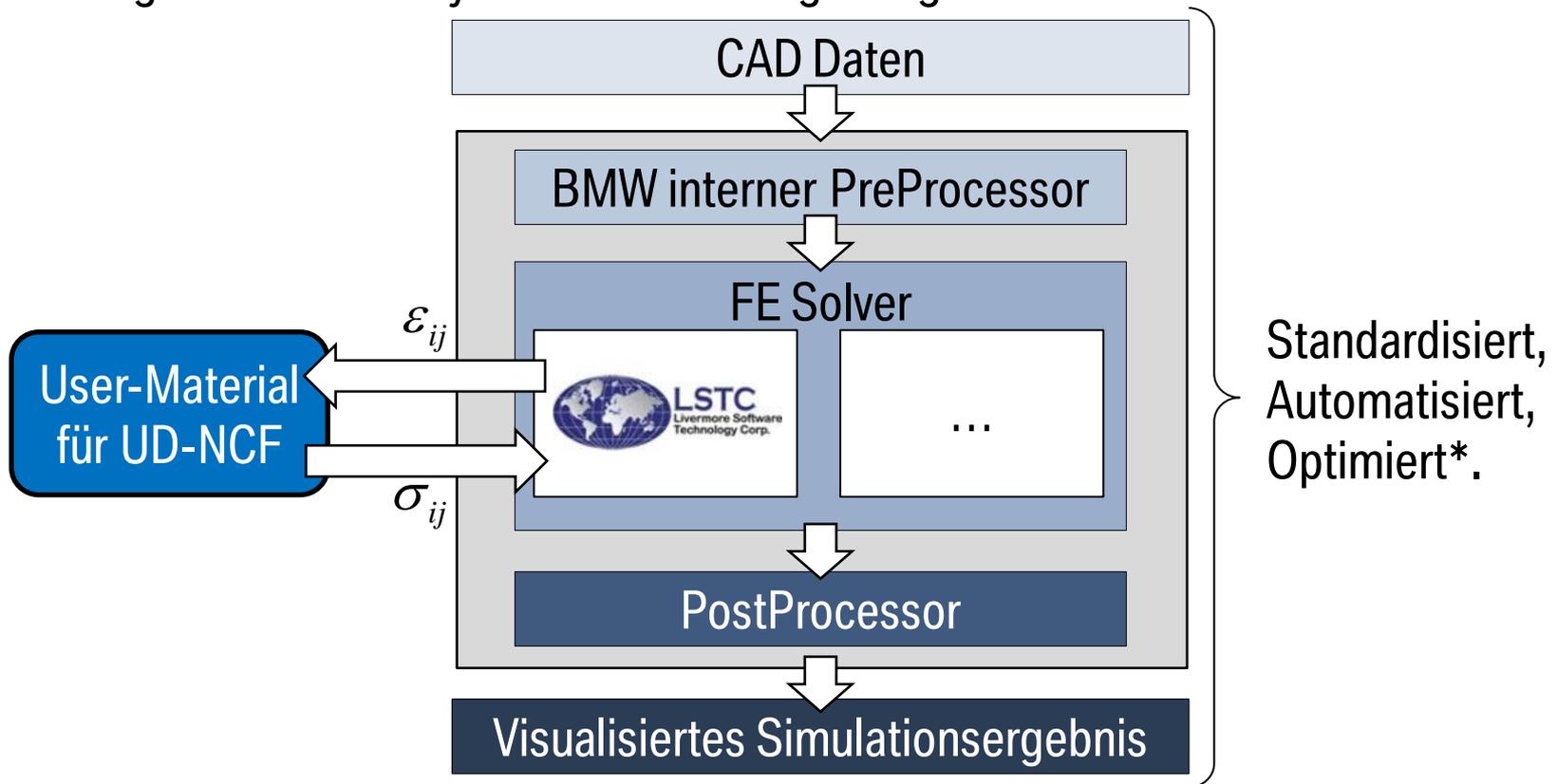
Nutzung bestehender Systeme bzw. analoge Vorgehensweise wie in Blechumformung.



*M. Fleischer, T. Panico, J. Meinhardt, A. Lipp: Anwendung der Simulation in der Technologie Umformen, 2011 LS-Dyna Forum, 9-10.Oktober, Ulm.

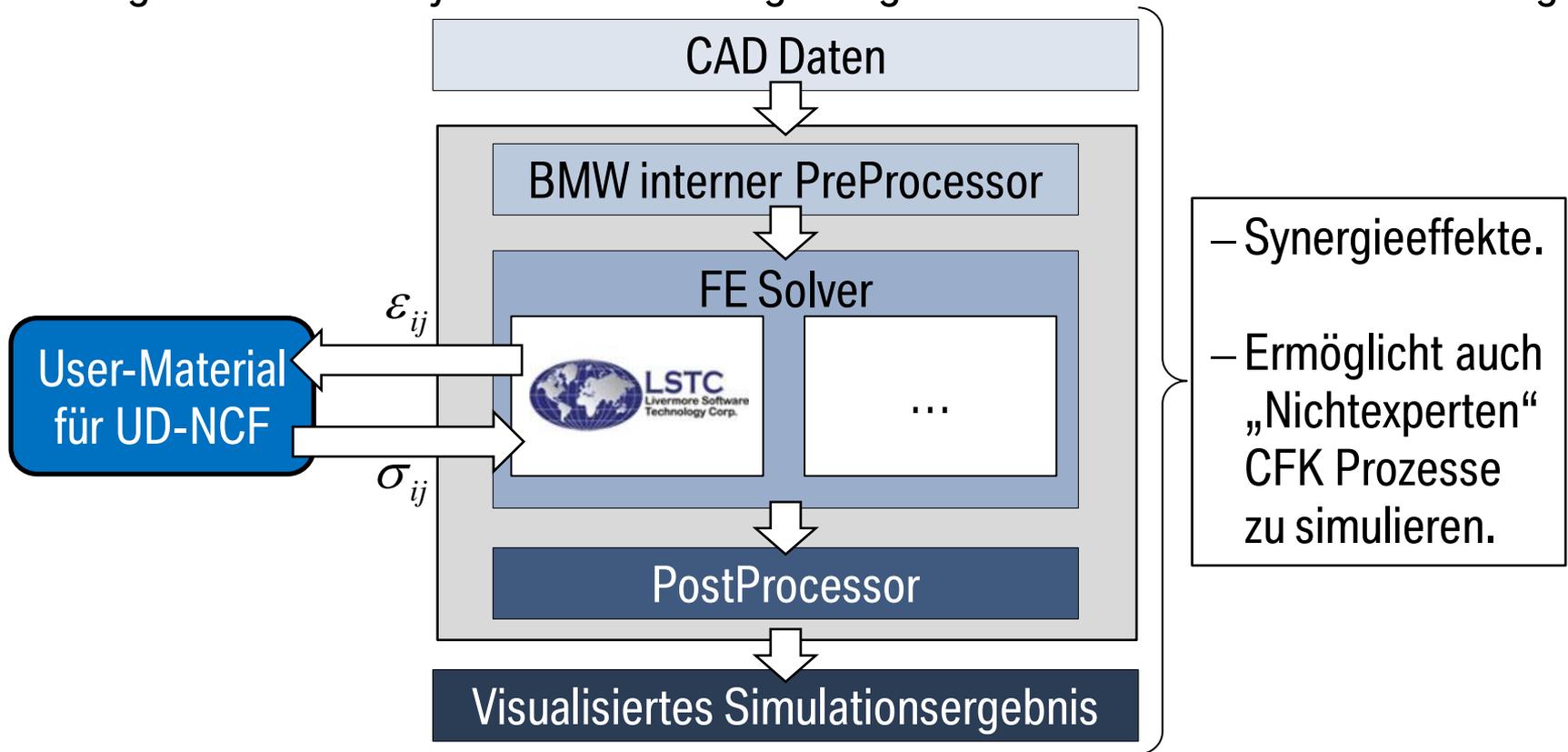
METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. LÖSUNGSSTRATEGIE.

Nutzung bestehender Systeme bzw. analoge Vorgehensweise wie in Blechumformung.



METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. LÖSUNGSSTRATEGIE.

Nutzung bestehender Systeme bzw. analoge Vorgehensweise wie in Blechumformung.



METHODENENTWICKLUNG ZUR SIMULATION. USER MATERIAL.

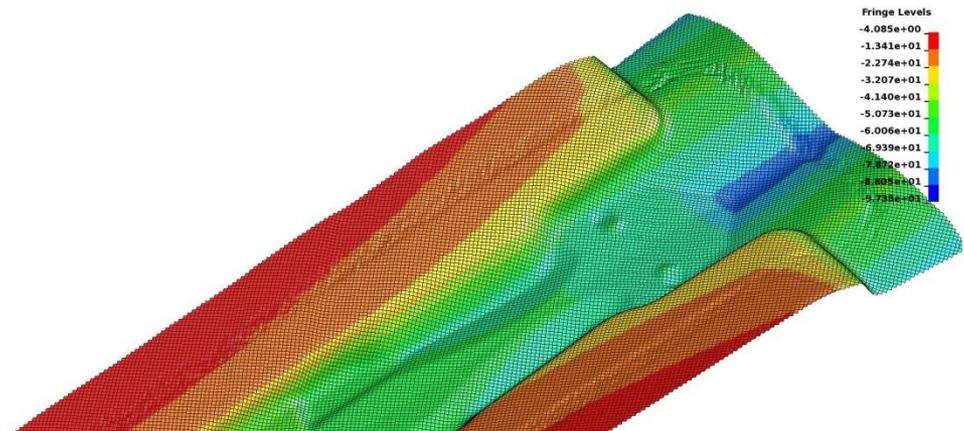


- Überschaubarer Aufwand durch kapselbare Implementierung.
- Wiederverwendung existierender Methoden (Element-, Kontaktformulierungen,...).
- Erweiterbar auf andere Materialien-Typen (Gewebe, Prepregs, ...).
- Berechnung von Ergebniswerte speziell für Fasermaterialien (Scherwinkel, Winkelabweichung, Gassenbildung, ...).

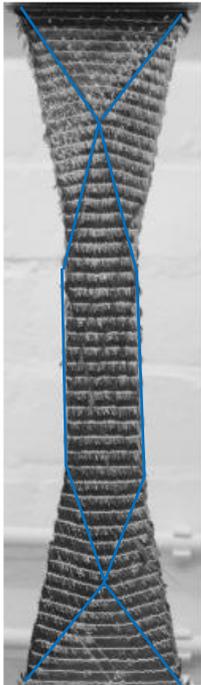
```
      subroutine umat41 (cm,eps,sig,epsig,hsv,dt1,capa,etype,tt,  
1 temper,failel,crv,cma)  
c  
c*****  
c| Livermore Software Technology Corporation (LSTC)  
c| -----  
c| Copyright 1987-2008 Livermore Software Tech. Corp  
c| All rights reserved  
c|*****  
c  
c isotropic elastic material (sample user subroutine)  
c  
c Variables  
c
```

GLIEDERUNG.

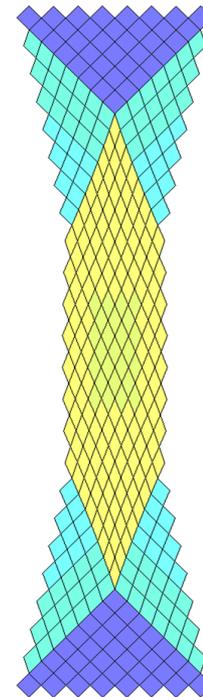
- Entwicklungstrends.
- Grossserienfertigung von CFK Bauteilen.
- Methodenentwicklung zur Simulation.
- **Simulationsbeispiele.**
- Ausblick.
- Zusammenfassung.



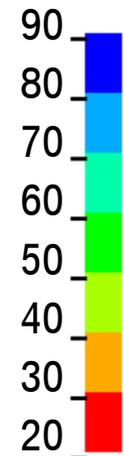
SIMULATIONSBEISPIELE. BIAS EXTENSION TEST.



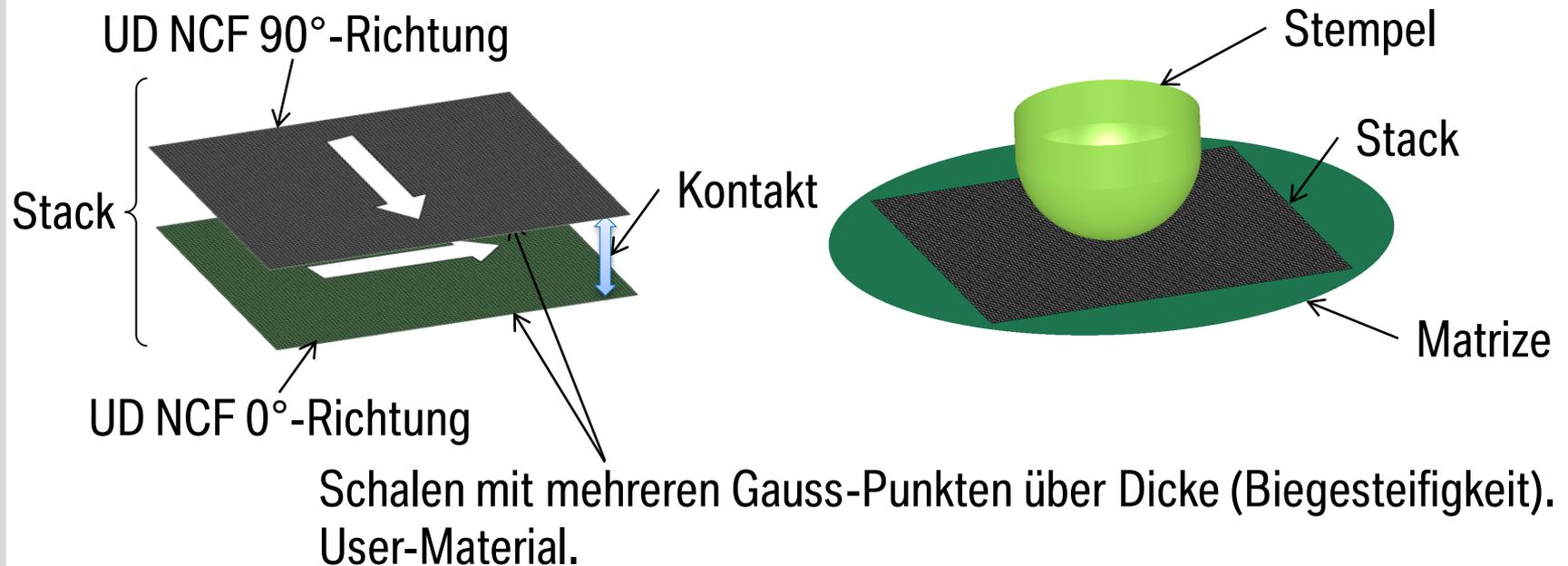
Creech, G.: Mesoscopic Finite Element modelling of Non-Crimp Fabrics for drape and failure analyses, Ph.D. Thesis, Cranfield University, 2006.



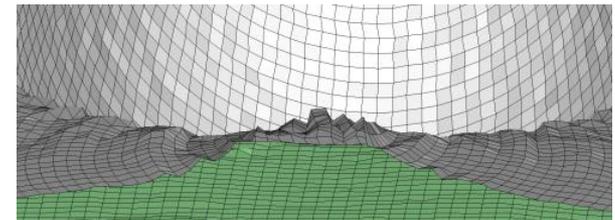
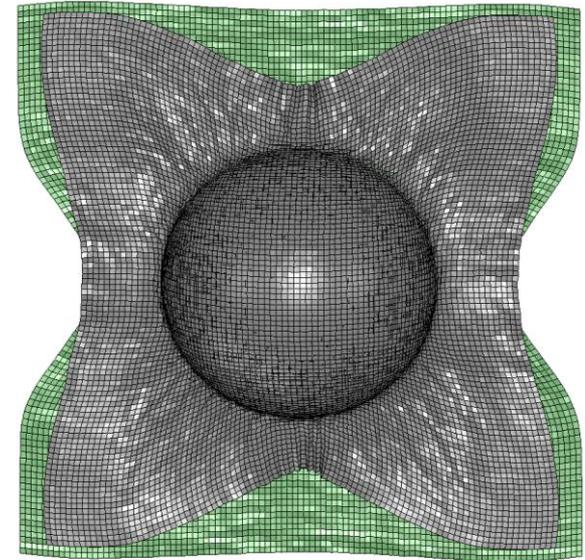
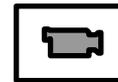
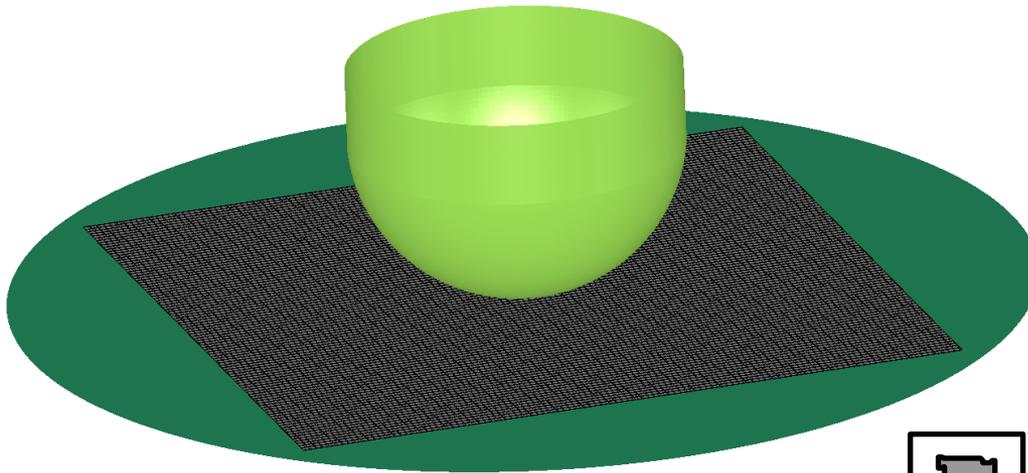
Winkel
zwischen.
Fasern in °



SIMULATIONSBEISPIELE. HALBKUGEL.



SIMULATIONSBEISPIELE. HALBKUGEL.

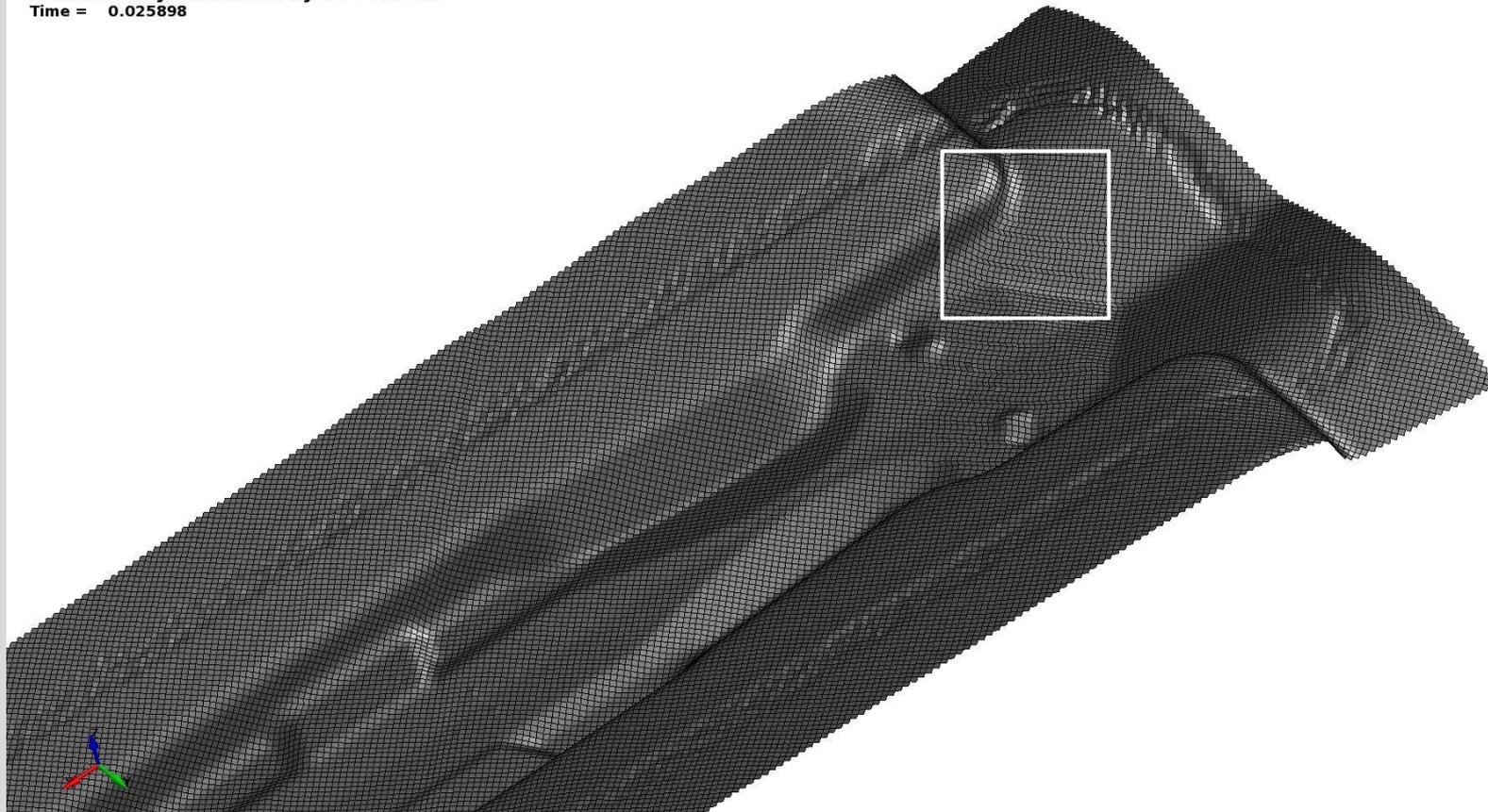


SIMULATIONSBEISPIELE. ANISOTROPE BIEGUNG.



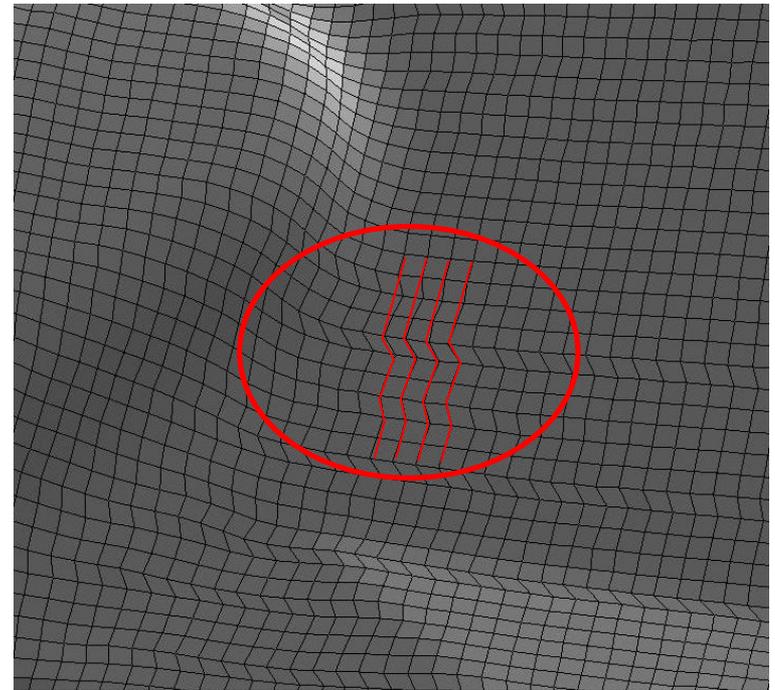
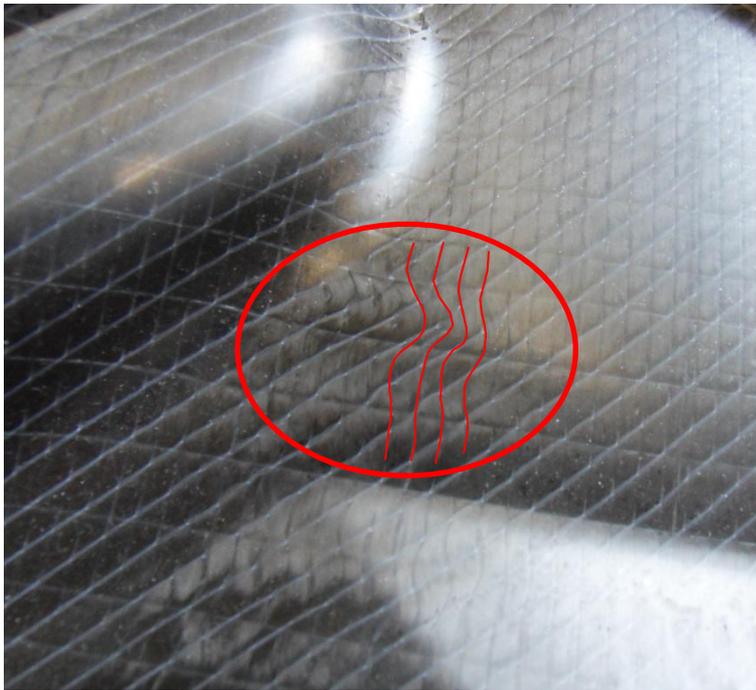
SIMULATIONSBEISPIELE. PROTOTYPEN WERKZEUG – BMW i-REIHE.

LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost
Time = 0.025898



SIMULATIONSBEISPIELE. PROTOTYPEN WERKZEUG – BMW i-REIHE.

Bauteilstand in Engineering-Phase eines Prototypen.



GLIEDERUNG.

- Entwicklungstrends.
- Grossserienfertigung von CFK Bauteilen.
- Methodenentwicklung zur Simulation.
- Simulationsbeispiele.
- **Ausblick.**
- Zusammenfassung.



AUSBLICK.

–Kontinuierliche Erweiterung des User-Materials.

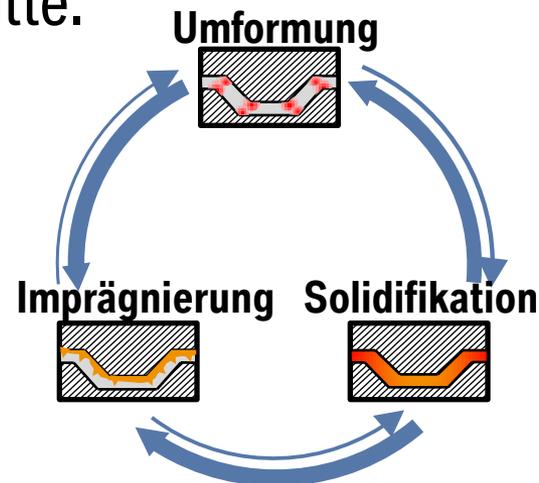
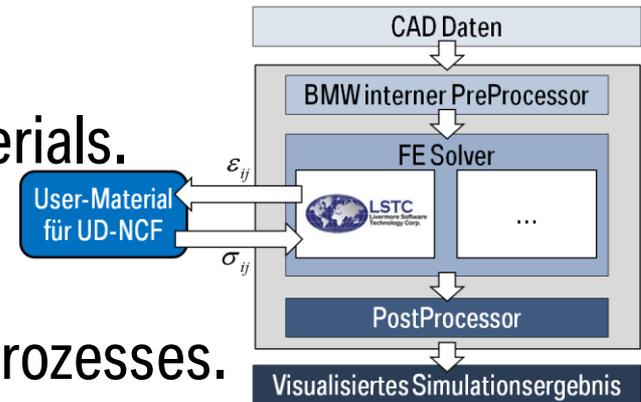
–Weitere Automatisierung des Simulationsprozesses.

–Simulation weiterer Prozessschritte.

Imprägnierung.

Solidifikation.

Wechselwirkungen.



ZUSAMMENFASSUNG.

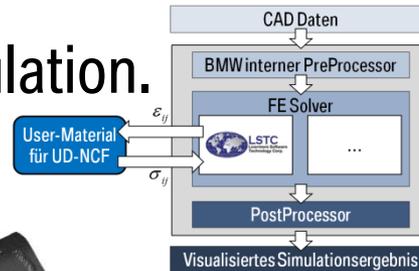
– Entwicklungstrends.



– Grossserienfertigung von CFK Bauteilen.



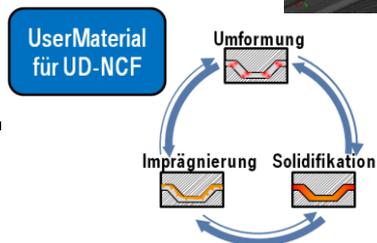
– Methodenentwicklung zur Simulation.



– Simulationsbeispiele



– Ausblick.



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT.

