

Drapiersimulation: Möglichkeiten und Grenzen mit LS-DYNA

Jeanette Raquet - Dr. André Haufe

DYNAmore GmbH

Stuttgart





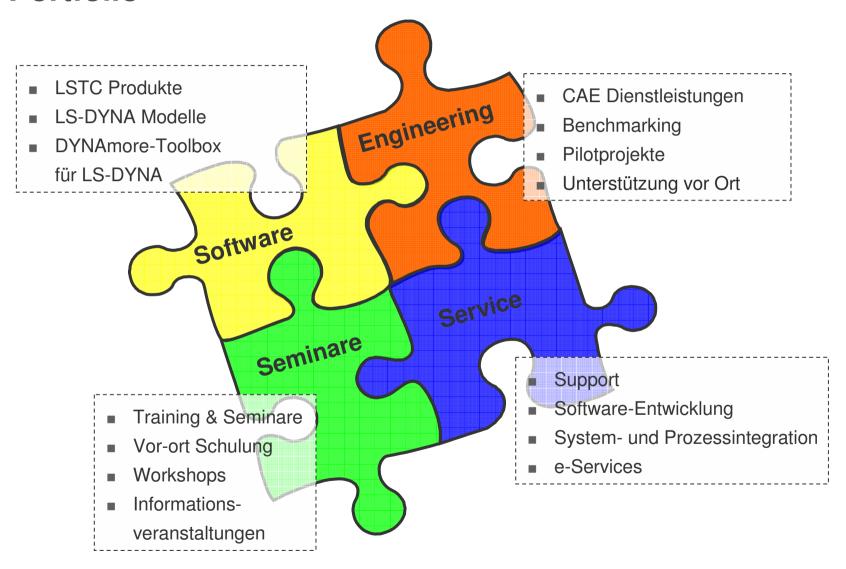
DYNAmore GmbH

Gesellschaft für FEM-Ingenieurdienstleistungen

Stuttgart - Karlsruhe - Ingolstadt - Langlingen - Dresden Industriestraße 2 D-70565 Stuttgart

Tel. 07 11 - 45 96 00 - 0 Fax 07 11 - 45 96 00 - 29 e-mail: info@dynamore.de Internet: www.dynamore.de

Portfolio



DYNAmore Kunden

Industrie:

Alcan, Autoliv, Benteler, Bertrand, Brose, CADFORM, CDH, Cidaut, DaimlerChrysler, Decoma, Delphi Automotive, Dräxlmaier, EADS Airbus, EDAG, FEMcon, Fraunhofer Inst. Freiburg+Stuttgart, Hilti, Imperia, Inst für Kurzzeitdynamik, ISE Innomotive, Johnson Controls, IVM, KOLT, LASSO, Leon, MATFEM, MAGNA, OK Engineering, Opel/EDS, P+Z, PART, Porsche, Rücker, Siemens, Takata/Petri, Tecosim, ThyssenKrupp Stahl, Tractebel. TRW



TU Dresden, RWTH Aachen, TU Graz, TU Hamburg, HAW Hamburg, TU Braunschweig, UNI Karlsruhe, Inst. für Textiltechnik, UNI Stuttgart, UNI Kassel, UNI Saarbrücken



























































8th European LS-DYNA® Users Conference

23. & 24. Mai 2011 in Strassbourg (Frankreich)

Themen:

- Crash
- Insassensicherheit
- Optimierung
- Airbag, Dummy
- Metallumformung
- Impact und Falltest
- Herstellungsprozesse
- Durchstoßprobleme
- Fluid-Struktur-Interaktion
- Automotive
- Schiffbau
- Luft- und Raumfahrt
- Transportation
- Biomechanik
- Bauwesen



Weitere Informationen unter www.lsdynaeuc.alyotech.fr

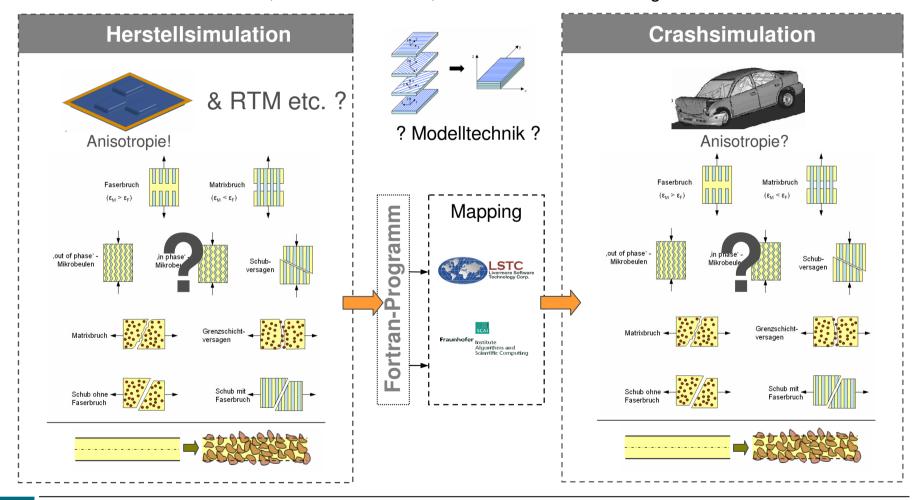


Übersicht

- Motivation
- Detailuntersuchung Drapieren
- Bestimmung von Materialparametern
- Homogenisierte Modelltechnik
- Beispiele

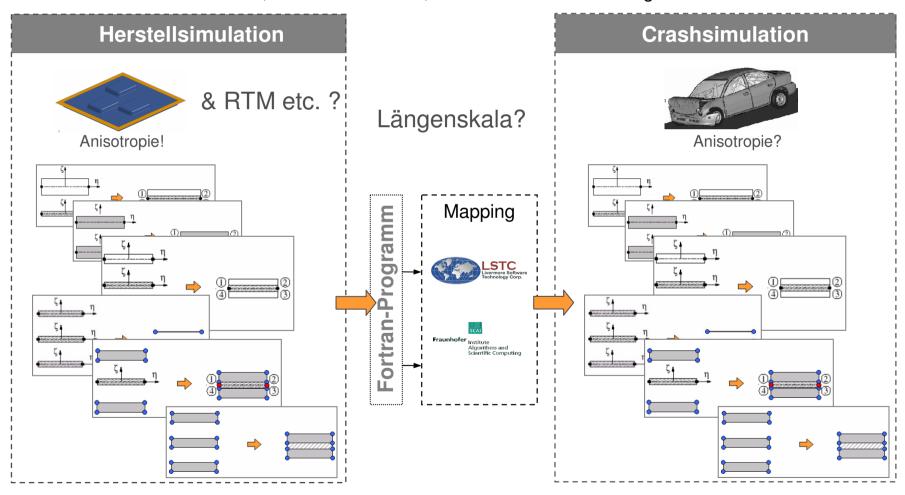
Prozesskette FVK: Producibility2Servicability

Problem: In beiden Simulationswelten existieren unterschiedliche Strukturmodelle, Konstitutivmodelle, Standards und Validierungsmethoden!

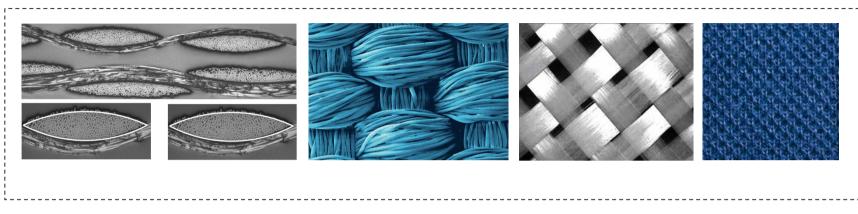


Prozesskette FVK: Producibility2Servicability

Problem: In beiden Simulationswelten existieren unterschiedliche Strukturmodelle, Konstitutivmodelle, Standards und Validierungsmethoden!



Motivation

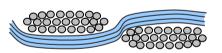


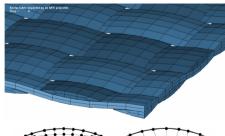


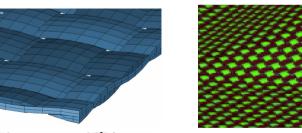


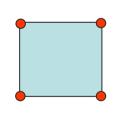


Längenskala

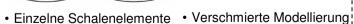








- Gebündelte Balkenelemente
- Automatischer Modellaufbau
- Div. Detailuntersuchungen
- Mehrere Solid- oder Schalenelemente
- Automatischer Modellaufbau
- Impact / Drapiersimulationen



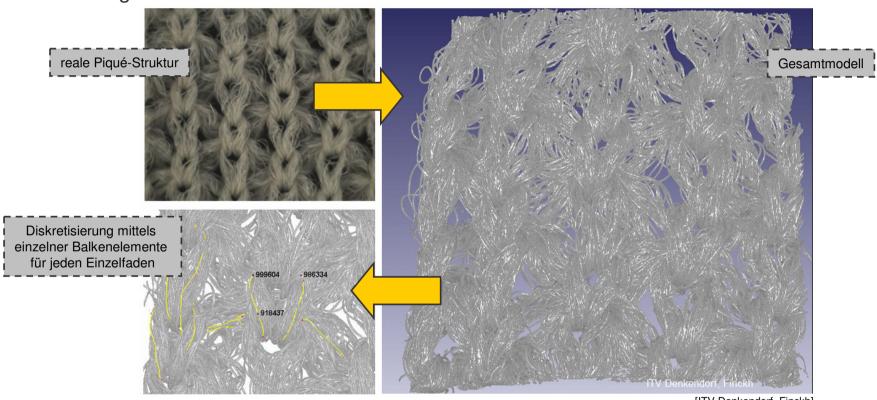
- · Autom. Modellaufbau
- Drapiersimulation
- Produktions-/Prozesssim.
- Drapieren/Bezug/Falten



Simulation auf der µm-Skala

FE-Berechnungsbeispiele

Generierung eines FE-Simulationsmodells auf Basis von CT-Aufnahmen



[ITV Denkendorf, Finckh]

Ergebnis der aufwendigen Extraktion eines FE-Simulationsmodells aus einer hochaufgelösten Computertomographie (CT)

Hier: Aufnahme einer dichten, komplexen Maschenware (Pique-Fangmuster)

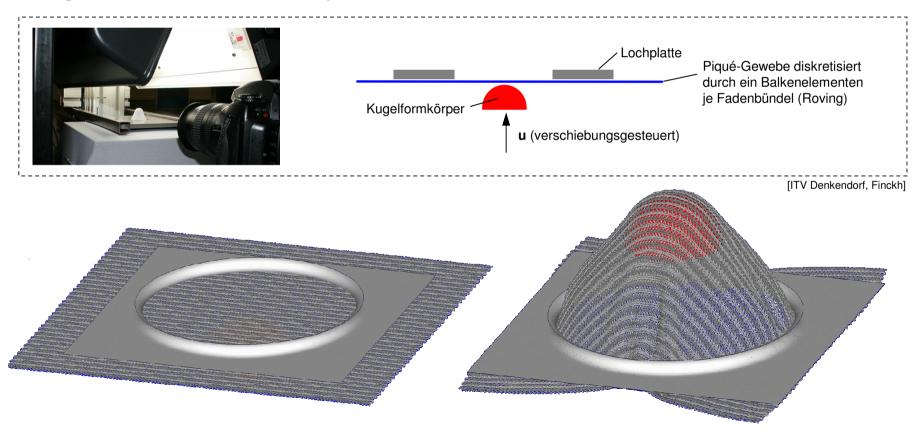




Simulation auf der mm-Skala

FE-Berechnungsbeispiel:

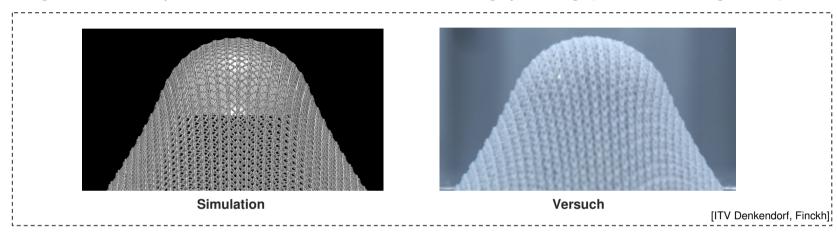
- Bezugssimulation eines Formkörpers (Kugel) mit Maschenware (Piqué)
- Bezugsprüfung mit Formkörper und mit Lochplatte 30 mm Durchmesser
- Abgleich der Simulation mit Experiment

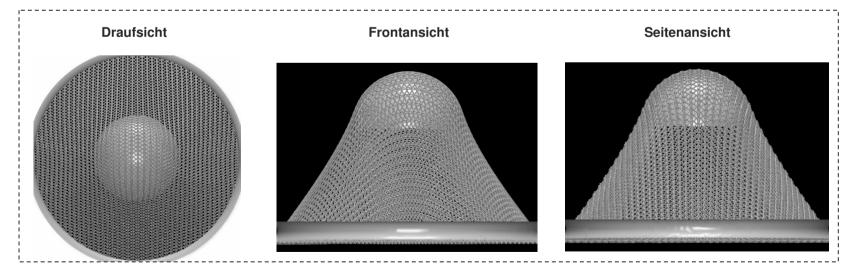




Simulation auf der mm-Skala

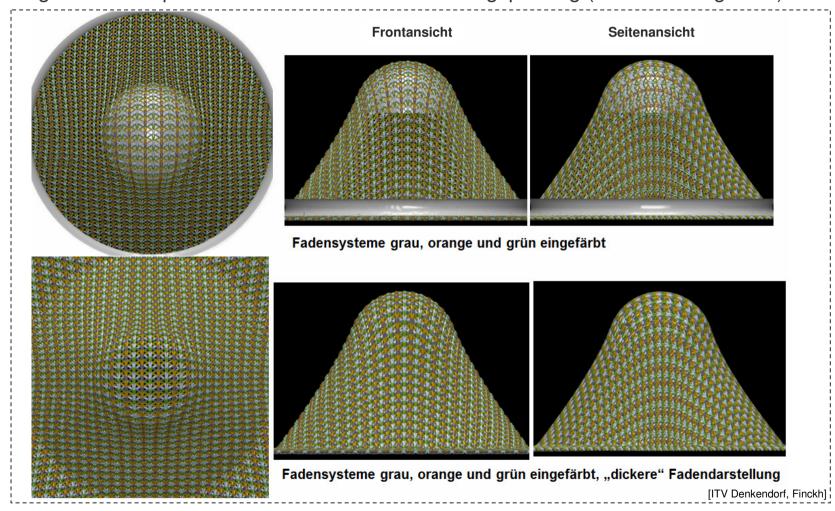
Vergleich von experimenteller und simulierter Bezugsprüfung (30 mm Bezugstiefe)





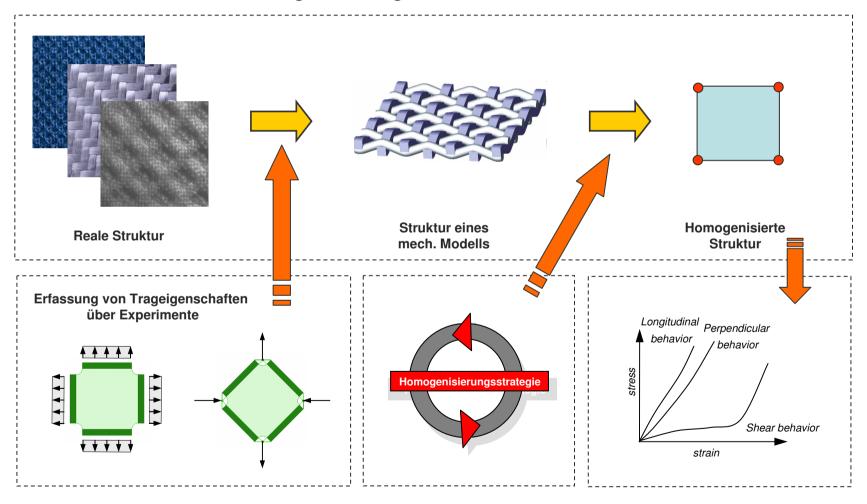
Simulation auf der mm-Skala

Vergleich von experimenteller und simulierter Bezugsprüfung (30 mm Bezugstiefe)



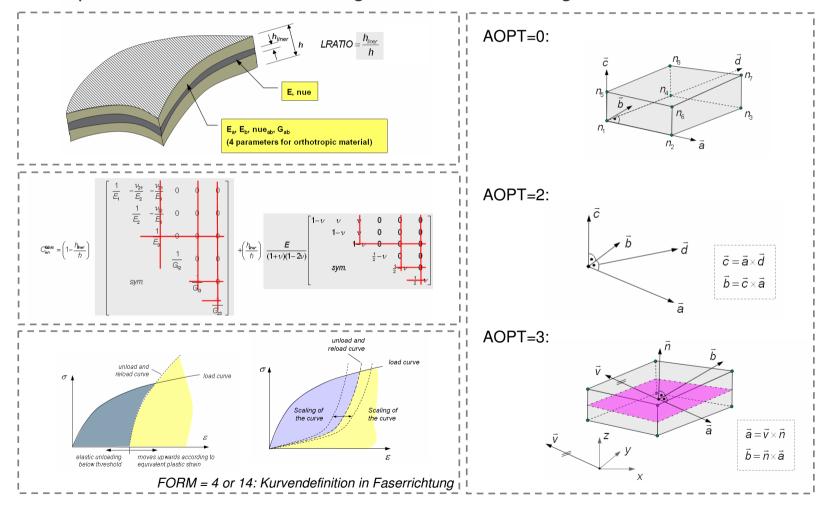
Simulation auf der cm-Skala

Verschmierter Ansatz / Homogenisierung



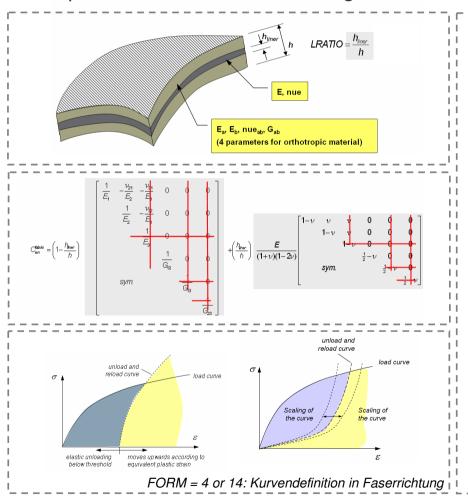
Simulation auf der cm-Skala: MAT_FABRIC (#34)

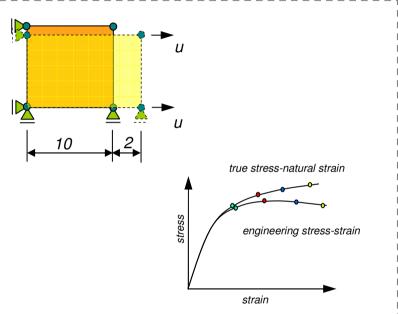
Eine spezielle Membranformulierung wird automatisch angeschaltet!



Simulation auf der cm-Skala: MAT_FABRIC (#34)

Eine spezielle Membranformulierung wird automatisch gewählt.





Umrechnung in intern verwendetes Spannungsund Dehnungsmaß

$$arepsilon_{GL} = rac{1}{2} rac{I^2 - I_0^2}{I_0^2}$$
 $arepsilon_{true} = \ln \left(rac{I}{I_0}
ight)$ $arepsilon_{eng} = rac{I - I_0}{I_0}$ σ_{eng}

Spannungs-Dehnungsbeziehungen

Green-Lagrange Dehnungen
$$\mathbf{E} = \frac{1}{2}(\mathbf{F}^T\mathbf{F} - \mathbf{I})$$
 $\mathbf{S} = j\mathbf{F}^{-1}\boldsymbol{\sigma}\mathbf{F}^{-T}$ Piola-Kirchhoff-2 Spannungen

Ingenieur-Dehnungen
$$oldsymbol{arepsilon}_{eng}=rac{1}{2}(\mathbf{F}^{T}+\mathbf{F}-2\mathbf{I})$$
 $oldsymbol{\sigma}_{eng}=j\mathbf{F}^{-1}oldsymbol{\sigma}$ Ingenieur-Spannungen

$$\mathbf{S} = j\mathbf{F}^{\scriptscriptstyle{-1}}\mathbf{\sigma}\mathbf{F}^{\scriptscriptstyle{-T}}$$
 Piola-Kirchhoff-2 Spannungen

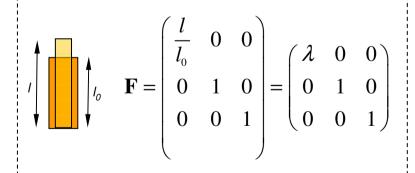
$$\mathbf{\sigma}_{_{eng}}=j\mathbf{F}^{_{-1}}\mathbf{\sigma}$$
 Ingenieur-Spannunge



$$\mathbf{S} = \mathbf{\sigma}_{eng} \mathbf{F}^{-T}$$

Deformationsgradient zweier Grundzustände::

Uni-axialer Zug:



Reiner Schub

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} \frac{l}{l_0} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{d}{h_0} & 0 \\ \frac{d}{h_0} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \gamma & 0 \\ \gamma & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Spannungs-Dehnungsbeziehungen

Uniaxial tension:

$$\begin{cases}
\mathbf{E} = \frac{1}{2} (\mathbf{F}^{\mathsf{T}} \mathbf{F} - \mathbf{I}) = \begin{pmatrix} \frac{l^{2} - l_{0}^{2}}{2l_{0}^{2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\
\mathbf{E}_{eng} = \frac{1}{2} (\mathbf{F}^{\mathsf{T}} \mathbf{F} - \mathbf{I}) = \begin{pmatrix} \frac{l}{l_{0}} - 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\
\mathbf{E}_{eng} = \frac{1}{2} (\mathbf{F}^{\mathsf{T}} \mathbf{F} - \mathbf{I}) = \begin{pmatrix} \frac{\gamma^{2}}{2} & \gamma & 0 \\ \gamma & \frac{\gamma^{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\
\mathbf{E}_{eng} = \frac{1}{2} (\mathbf{F}^{\mathsf{T}} + \mathbf{F} - 2\mathbf{I}) = \begin{pmatrix} 0 & \gamma & 0 \\ \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Pure shear:

$$\begin{cases} \mathbf{E} = \frac{1}{2} (\mathbf{F}^{\mathsf{T}} \mathbf{F} - \mathbf{I}) = \begin{pmatrix} \frac{\gamma^2}{2} & \gamma & 0 \\ \gamma & \frac{\gamma^2}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ \mathbf{\epsilon}_{eng} = \frac{1}{2} (\mathbf{F}^{\mathsf{T}} + \mathbf{F} - 2\mathbf{I}) = \begin{pmatrix} 0 & \gamma & 0 \\ \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{l}{l_0} \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{\varepsilon}_{eng} = \lambda - 1 \\ E = \frac{\lambda^2 - 1}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} E = \mathbf{\varepsilon}_{eng} + \frac{\mathbf{\varepsilon}_{eng}^2}{2} \end{bmatrix}$$

$$\gamma_{_{eng}}=\gamma_{_{GL}}$$

Spannungs-Dehnungsbeziehungen

Uniaxial tension:

$$\sigma_{_{xx,eng}} = rac{A\sigma_{_{xx}}}{A_{_{0}}}$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx,eng} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{l}{l_0} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-T}$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_{xy,eng} & 0 \\ \sigma_{xy,eng} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \gamma & 0 \\ \gamma & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-T}$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_{xy,eng} & 0 \\ \sigma_{xy,eng} & 0 & 0 \\ \sigma_{xy,eng} & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \gamma & 0 \\ \gamma & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-T}$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_{xy,eng} & 0 \\ \sigma_{xy,eng} & 0 & 0 \\ \sigma_{xy,eng} & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \gamma & 0 \\ \gamma & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-T}$$

Pure shear:

$$\sigma_{xy,eng} = \frac{A\sigma_{xy}}{A_0} = \sigma_{xy}$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_{xy,eng} & 0 \\ \sigma_{xy,eng} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \gamma & 0 \\ \gamma & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-1}$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_{xy,eng} & 0 \\ \sigma_{xy,eng} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \frac{1}{1 - \gamma^2} \begin{pmatrix} 1 & -\gamma & 0 \\ -\gamma & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - \gamma^2 \end{pmatrix}$$

$$S_{xx} = \sigma_{xx,eng} \frac{l_0}{l} = \frac{\sigma_{xx,eng}}{1+e}$$

$$S_{xy} = \frac{\sigma_{xy,eng}}{1 - \gamma^2}$$

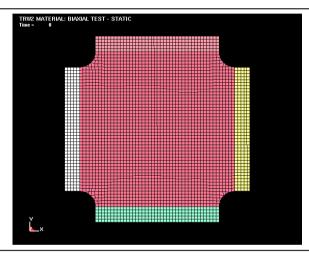
$$S_{xy} = \frac{\sigma_{xy,eng}}{1 - \gamma^2}$$
 \triangleq $\tau_{PK2} = \frac{\tau_{eng}}{1 - \gamma^2}$

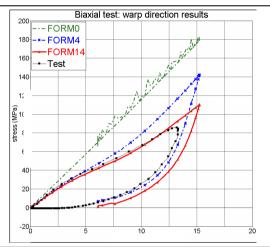
Simulation auf der cm-Skala: MAT_FABRIC

In LS-DYNA bestehen diverse Optionen für MAT_FARBIC (FORM=0-4 und 10-14)

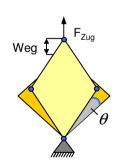
Biaxialer Zugversuch

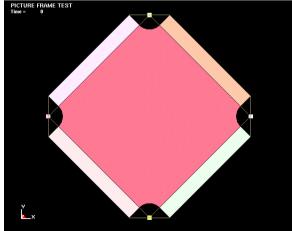


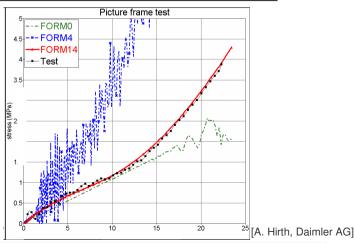




Picture Frame Test





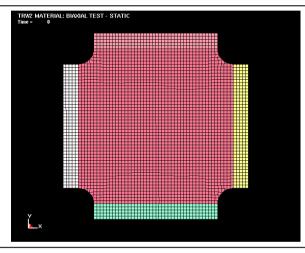


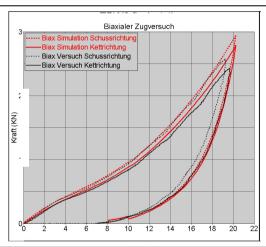
Simulation auf der cm-Skala: MAT_FABRIC

Quasi-statische Versuche:

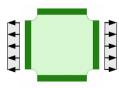
Biaxialer Zugversuch

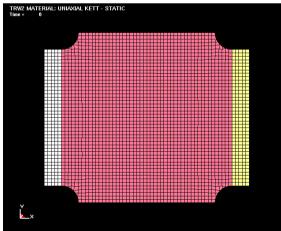


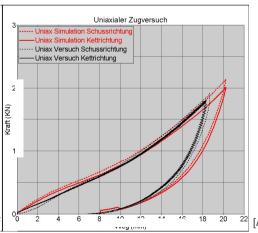




Uniaxialer Zugversuch







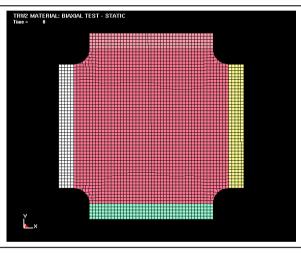
[A. Hirth, Daimler AG]

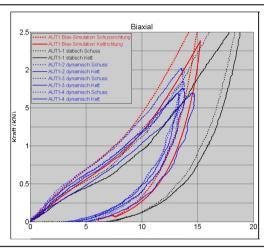
Simulation auf der cm-Skala: MAT_FABRIC

Dynamische Versuche:

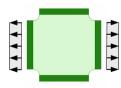
Biaxialer Zugversuch

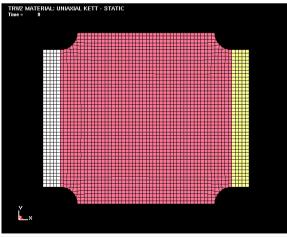


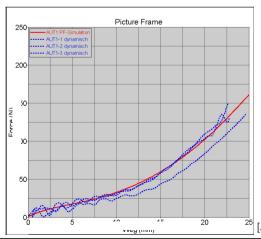




Uniaxialer Zugversuch





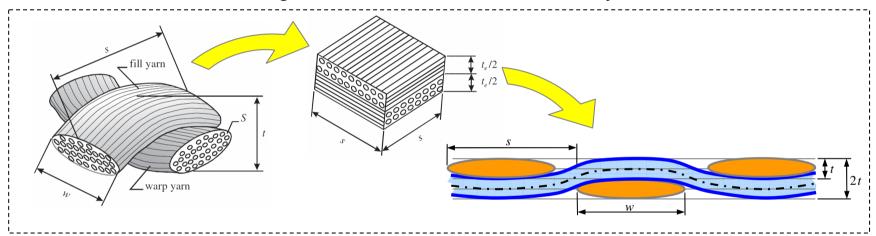


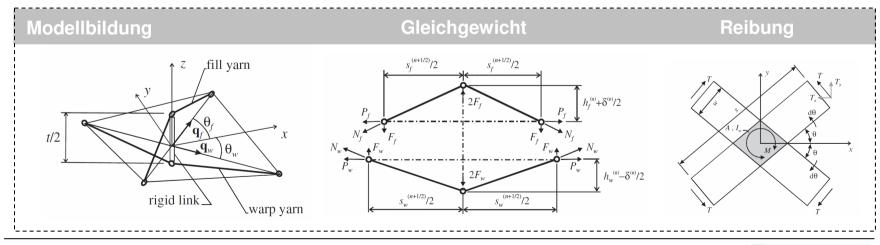
[A. Hirth, Daimler AG]

Simulation auf der cm-Skala: MAT_VISCOELASTIC_LOOSE_FABRIC (#234)

Micro-mechanischer Ansatz:

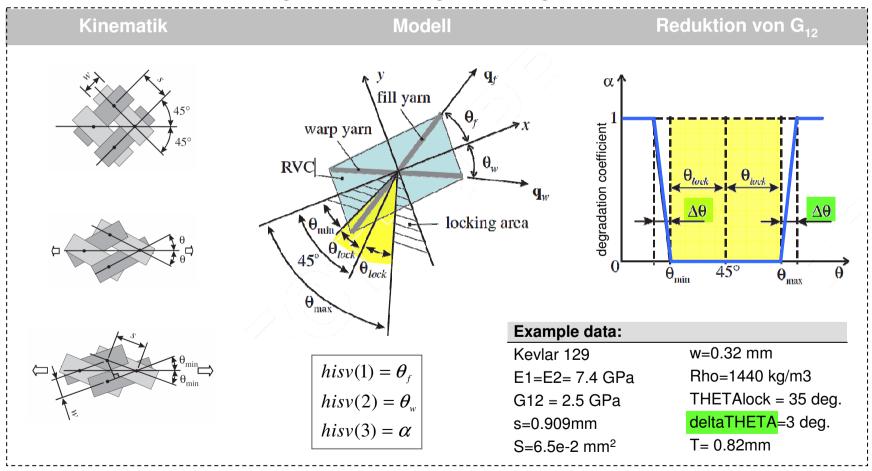
Mathematische Beschreibung der Geometrie/Kinematik eines symmetrischen Gewebes





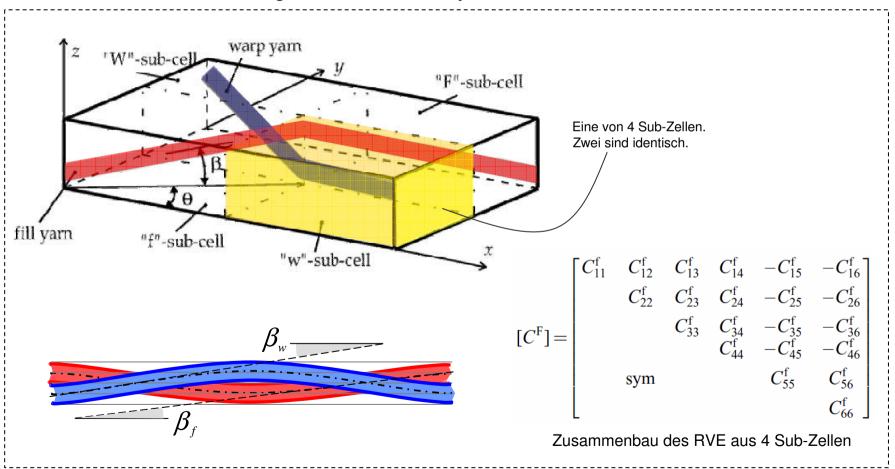
Simulation auf der cm-Skala: MAT_VISCOELASTIC_LOOSE_FABRIC (#234)

- Berücksichtigung eines Locking-Winkels über Abminderungsfaktor für G₁₂
- Visko-elastische Erweiterung für hohe Dehngeschwindigkeiten



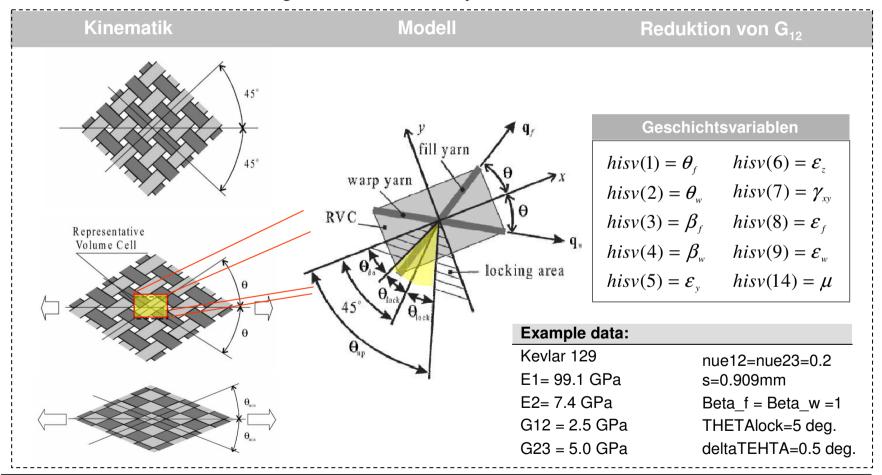
Simulation auf der cm-Skala: MAT_MICROMECHANICS_DRY_FABRIC (#235)

Micro-mechanischer Ansatz mit klassischer Homogenisierung über RVE: Mathematische Beschreibung über RVE eines symmetrischen Gewebes



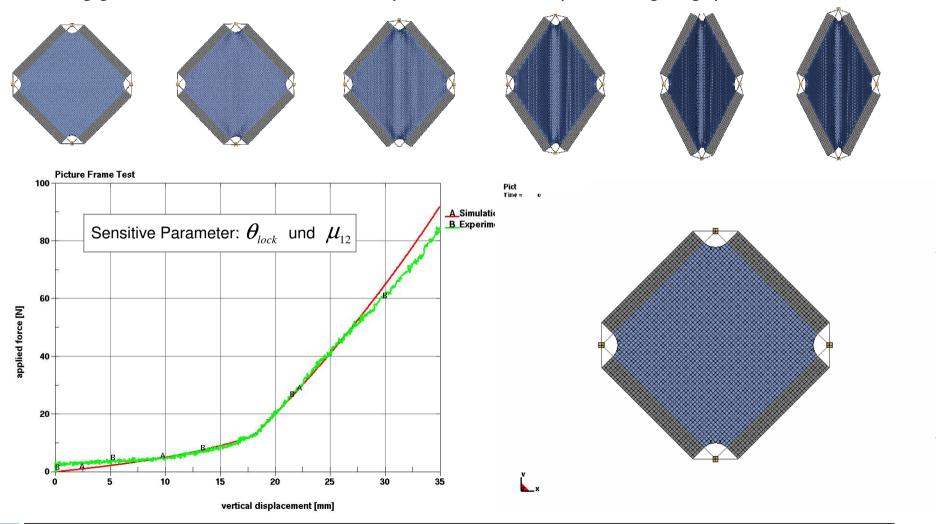
Simulation auf der cm-Skala: MAT_MICROMECHANICS_DRY_FABRIC (#235)

Micro-mechanischer Ansatz mit klassischer Homogenisierung über RVE: Mathematische Beschreibung über RVE eines symmetrischen Gewebes



Picture Frame Test: MAT_MICROMECHANICS_DRY_FABRIC

Einlagiges Membranelement; Materialparameter über Optimierung angepasst.

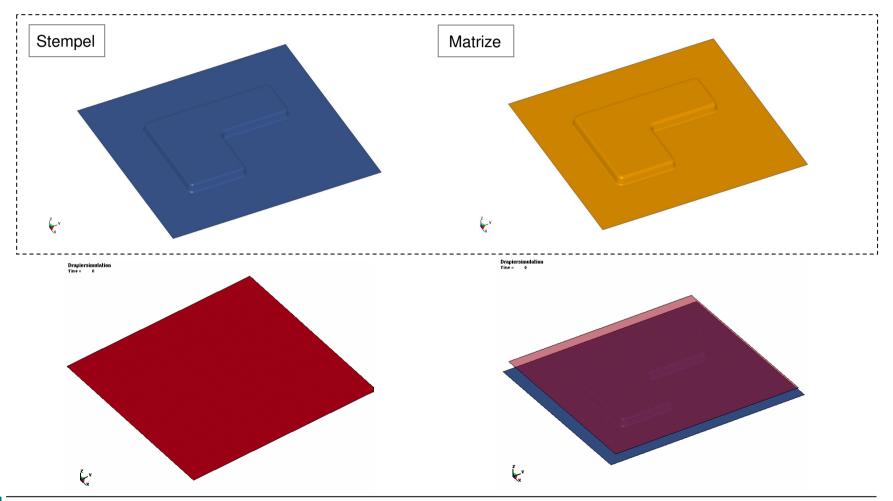


Drapieren: MAT_FABRIC / MAT_ELASTIC

- Membran (spez. Formulierung) mit koinzidentem, elastischen Schalenelement



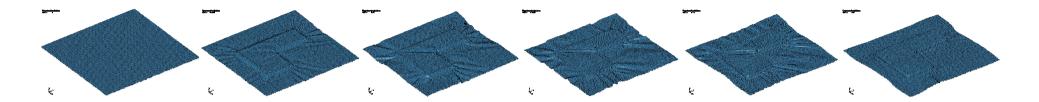
- Materialparameter über Optimierung angepasst.

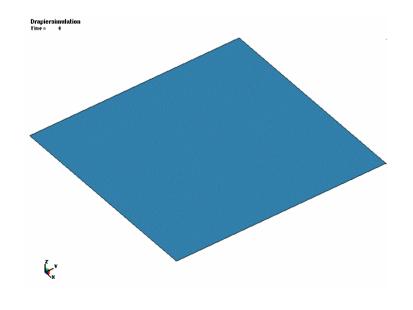


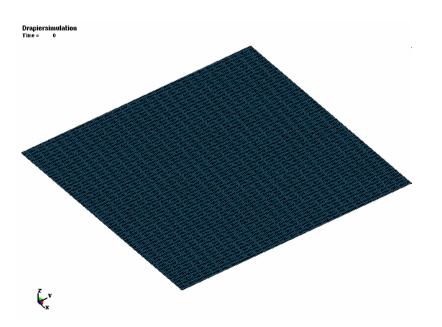
Drapieren: MAT_MICROMECHANICS_DRY_FABRIC / MAT_ELASTIC

- Membranelement mit koinzidentem, elastischen Schalenelement
- Materialparameter über Optimierung angepasst.



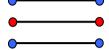




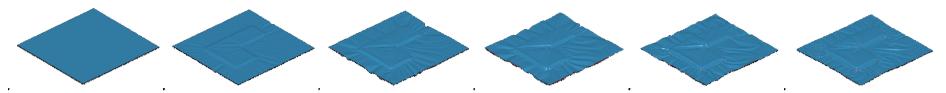


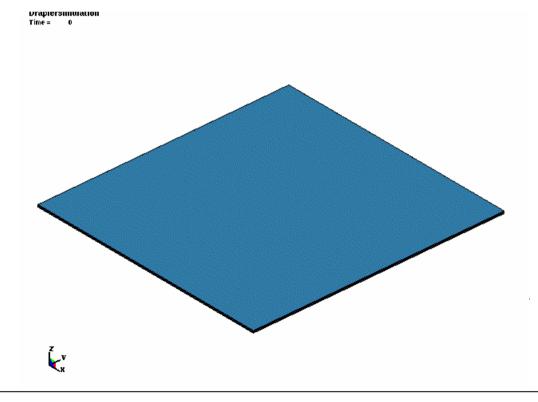
Drapieren: MAT_FABRIC / MAT_ELASTIC inkl. Schichtung

- Membran (spez. Formulierung) mit koinzidentem, elastischen Schalenelement



- Drei Elementschichten per Kontakt übereinander geschichtet





Zusammenfassung

- Eine Reihe von Konstitutivmodellen zur Simulation von anisotropen gewebeähnlichen Werkstoffen sind in LS-DYNA verfügbar. Im einzelnen sind Eigenschaften des Werkstoffes zu ermitteln und mit den verfügbaren Modellen abzugleichen. Weitere Implementierungen können notwendig sein.
- Eine gründliche Aufbereitung von Material-Eingabedaten ist unumgänglich!
- Exakte Versuchsdaten, abgestimmt auf die jeweilige Anwendung sind unabdingbar.
- Teilweise werden längst verfügbare, fortgeschrittene Features in den FE-Codes erst heute richtig angewendet (Mapping von anisotropen Eigenschaften etc.).
 Modifikationen auf Kundenwunsch und ggf. Korrekturen im Code sind mitunter notwendig.
- Die aktuelle Nachfrage nach rigorosem Leichtbau wird weitere Anforderungen an die Prozesssimulation von FVK stellen. Viele Phänomene können aber auch schon heute auf numerischer Basis untersucht werden.

FIN