4a engineering GmbH
Industriepark 1
8772 Traboch

Technologietag 2010 – testing & simulating
Abbildung von Sonderverfahren

T. Wimmer, P. Reihofer (4a engineering GmbH)

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Einleitung

- Sonderverfahren teilweise nicht durchgängig virtuell abbildbar.
- Entwicklung eigener Methoden/Schnittstellen um Vorhersagequalität verbessern zu können.
- Fallbeispiele:
  - Textile Einbauteile (Hinterpressen, Hinterspritzen)
  - Exjection-Verfahren
  - Spritzgusssandwich
  - Folienhinterspritzen

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile
Einleitung

- typische Anwendungen im Automobilinnenraum
  - Himmel, Säulen, Hutablagen und Türseitenverkleidung
- Verwendete Materialien
  - 2-3 Schicht Textillaminate (bestehend aus Gestricke, Gewirke, Gewebe, Vlies, Kleber, Schaum, Thermoplast)
    ➡ breites Anwendungsfeld erschließen
  - PP, PC+ABS typische Kunststoffe für Hinterspritzen bzw. Hinterpressen
- Entwicklung geprägt von Trial&Error Vorgehensweise

Ziel:
Die Schaffung von Werkzeugen zur Vorhersage kritischer Parameter durch eine frühzeitige physikalisch realitätsnahe Visualisierung des Endproduktes – von der Fertigung bis zum designgerechten Endprodukt

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile
Herstellverfahren

Hinterpress/-prägeprozess

Erwärmen → Temperaturverteilung

Prozessverständnis
Prozesssicherheit
Durchgängigkeit

Tiefziehen → Thermoumf.+Abkühlen

Hinterspritzprozess

Tiefziehen → verändertes Textil

Prozessverständnis
Prozesssicherheit
Durchgängigkeit

Spritzguss → Füllen

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile
Simulationsmethodik - Stand der Technik

- **Tiefziehen bzw. Umformen**
  - Anwendungen im Bereich der Metallformgebung
  - bzw. Kunststofffolien/-halbzeuge
  - Textilien sind unüblich
- **Strömungssimulation**
  - Für Kunststoffbauteile gibt es Simulationspakete, die es ermöglichen Spritzgusssimulationen durchzuführen.
  - Eine Wechselwirkung mit einem zu hinterspritzenden Gegenpart ist momentan nicht möglich.

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile
Simulationsmethodik - Möglichkeiten erweiterte Betrachtung

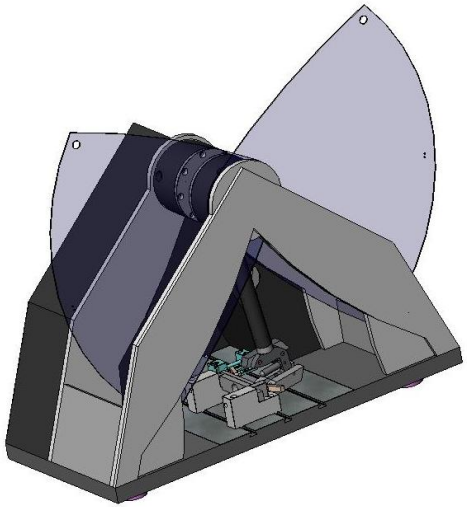
- **Strömungssimulation**
  - Das Textil kann in der Wärmebilanz berücksichtigt werden.
- **Tiefziehsimulation**
  - Das Verformungsverhalten des Textils aufgrund des Schließen der Werkzeughälften unter Berücksichtigung der Einspannung kann untersucht werden.
  - Um die Qualität der Simulationsergebnisse zu erhöhen, muss eine geeignete textile Materialcharakterisierung erfolgen.
- **Wechselwirkung**
  - Um die wesentlichen physikalischen Wechselwirkungen zu berücksichtigen, muss eine Interaktion zwischen beiden Simulationsmethoden erfolgen.

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile
Erweiterte Betrachtungen Materialverhalten

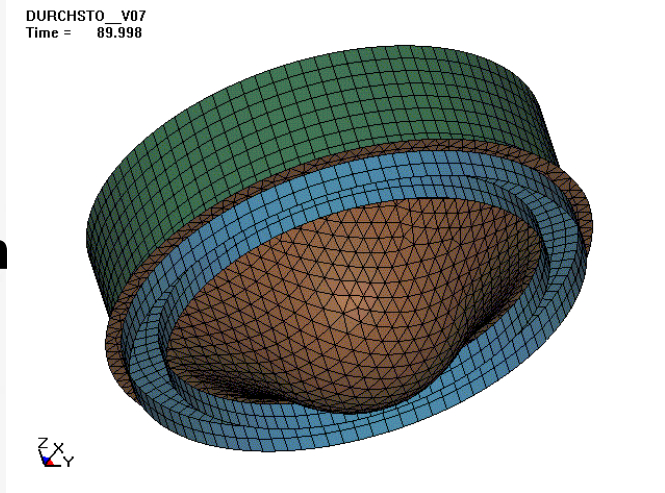
Ermittlung anhand von

- **Durchstoßversuchen**
  - axiale Belastung
  - biaxiale Belastung
- **Reibwertermittlung**
  - Haftreibung
  - Gleitreibung



Dadurch ergeben sich

- **Eingangsdaten für die Simulation**
- **neue Beurteilungskriterien**

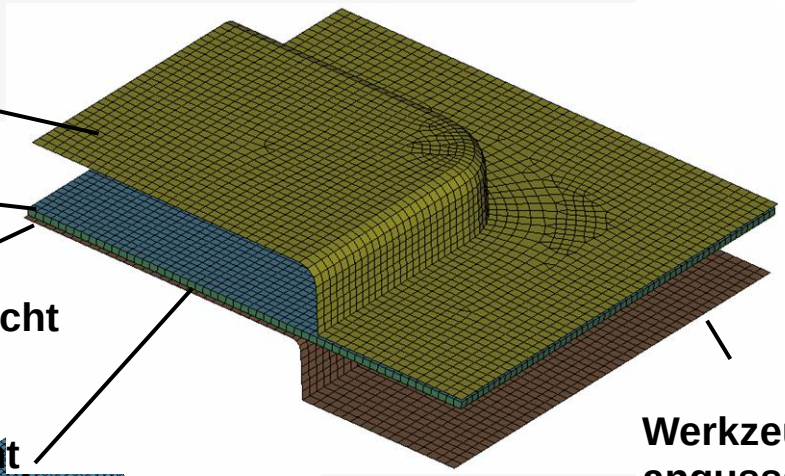


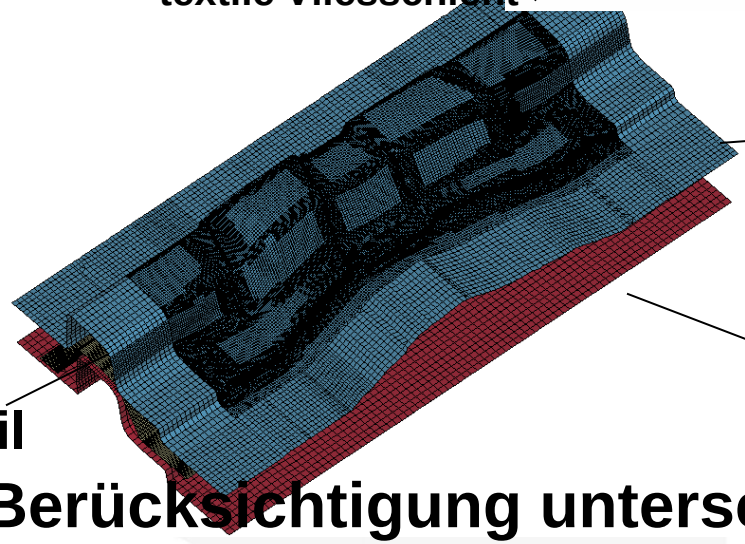
belastungsadäquate Textilcharakterisierung

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile

Simulationsmethodik - Modellbildung für die Tiefziehsimulation





Berücksichtigung unterschiedlichster Textilien (Steifigkeit, mit Schaum, kaschiert, …)

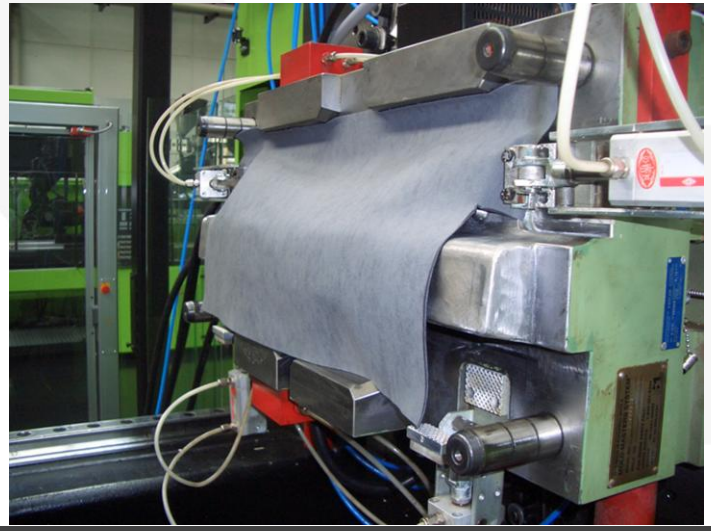
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

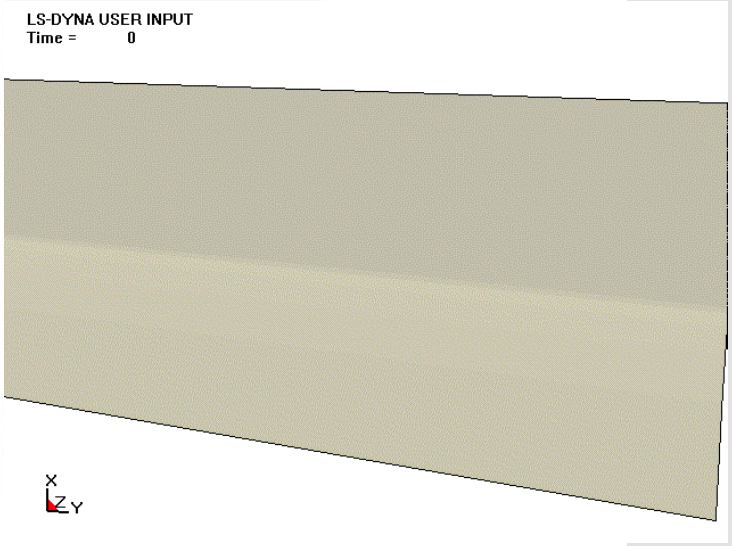
Textile Einbauteile
Simulationsmethodik - Textil-Tiefziehsimulation

berücksichtigt werden

- Werkzeugschliesswege bzw. -geschwindigkeiten
- Einspannpositionen
- Einspannmechanismen
- Textilvorformung ….

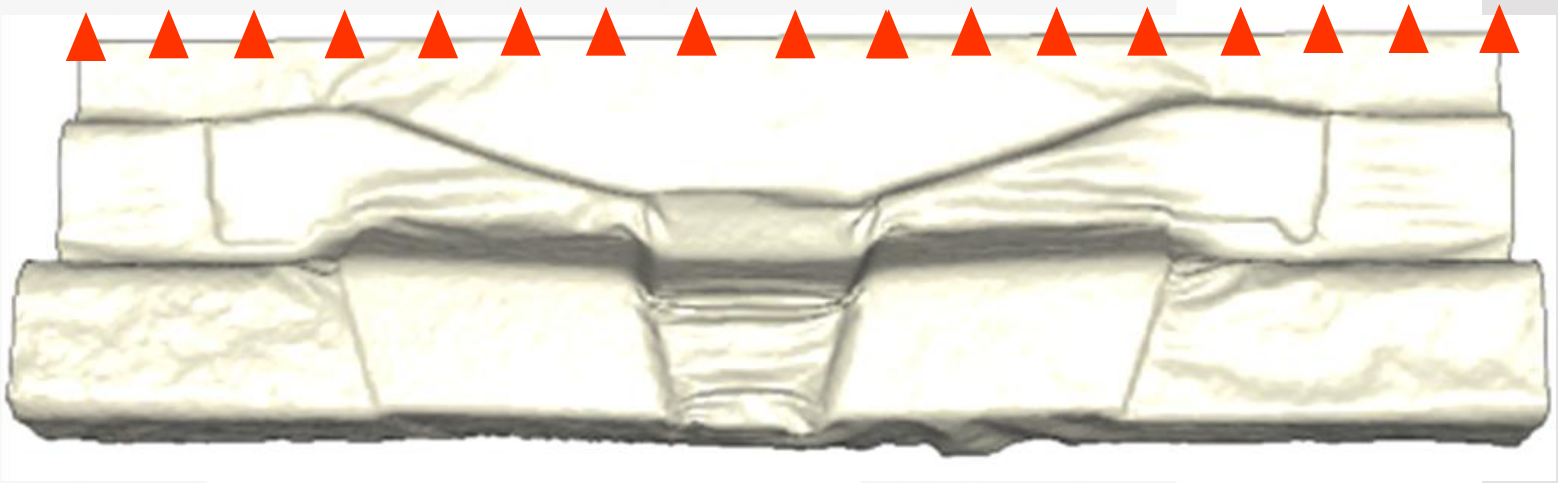
- Beurteilung von Einlegen und Verformen des Textils
- Verstreckungsgrade und Spannungen können dargestellt werden
- Beurteilung der textilen Einspannsituation
- Faltenbildung





© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile
Einfluss der Einspannsituation auf das Vorformen



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Hinterspritzen von Textilien

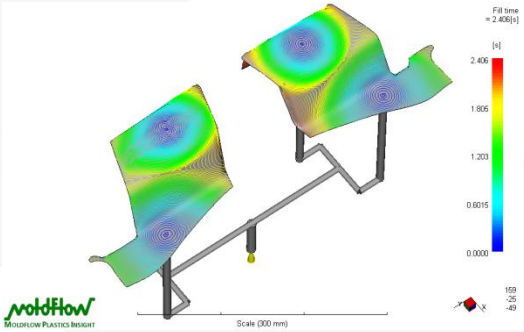
Spritzguss-simulation

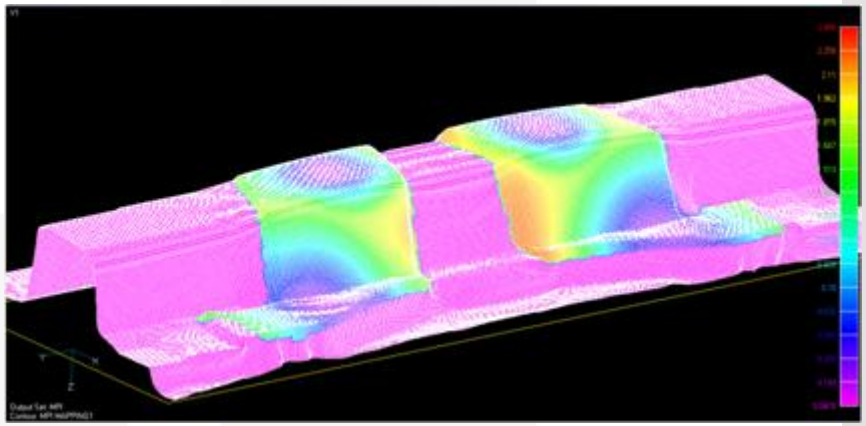
Tiefziehen (Form schließen)

Mapping

Füllbild

Veränderte geometrische Position des Textils

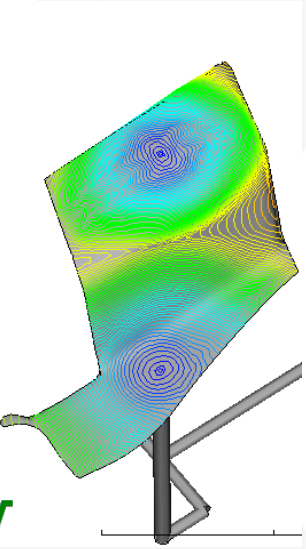


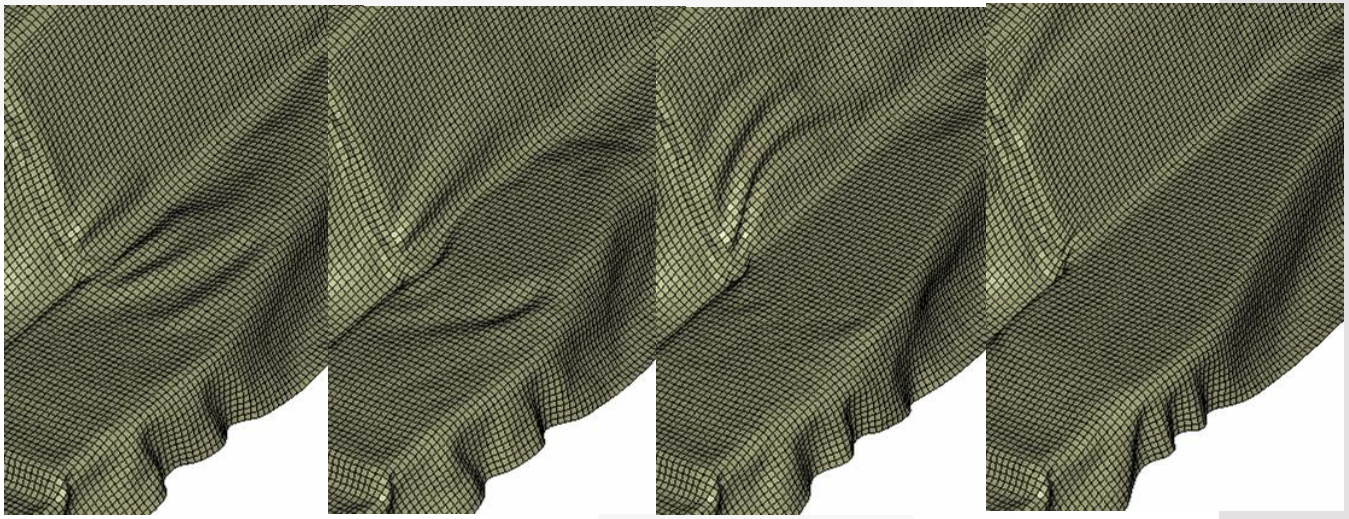


Umsetzung erfolgte durch dafür entwickelte Softwareroutinen

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Fülleinfluss auf Faltenbildung im Zeitraffer



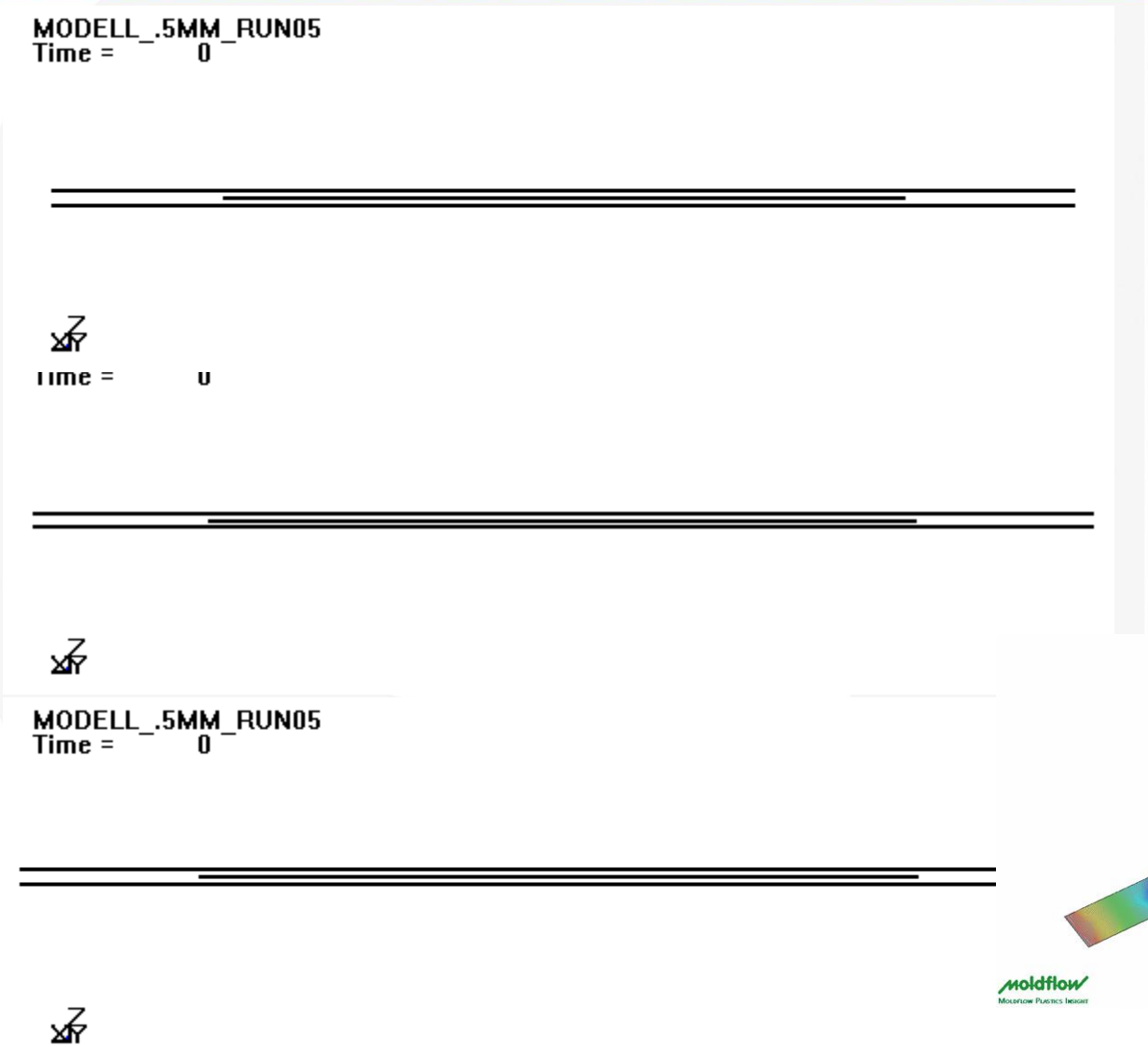


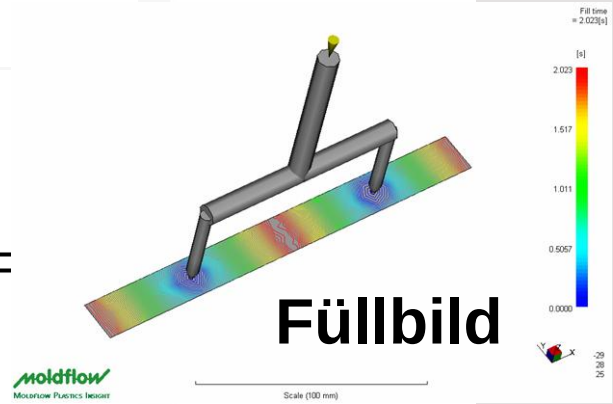
- **bessere Beurteilung der Faltenbildung**
- **besseres Abbilden des Verformungsverhaltens**

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Textile Einbauteile

Textilhinterspritzen - Simple-Mind Modell

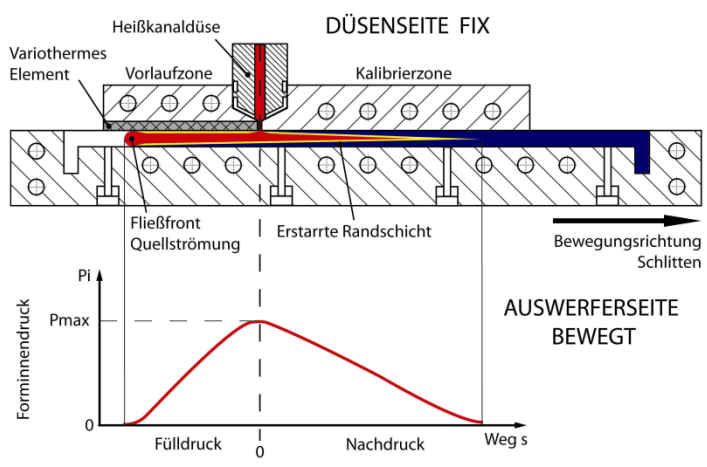




© 4a engineering GmbH, all rights reserved

EXJECTION® - Verfahren
Einleitung

- **EXJECTION®-Verfahren verbindet die Vorteile der üblichen Technologien Extrusion und Spritzgießen und vermeidet ihre Nachteile**
- **EXJECTION® ermöglicht die wirtschaftliche Herstellung von langen, dünnwandigen Kunststoffprofilen**



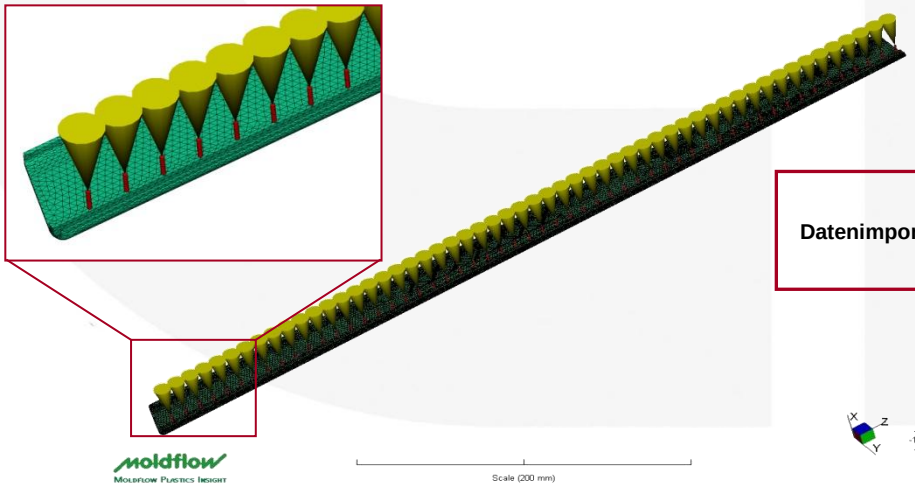
- **Druckaufbau von der Anbindung bis zur Schmelzefront**
- **Überlagerung durch entgegengesetzte Bewegung der Kavität**
- **Entstehendes Bauteil wird von der Anbindung weg transportiert**
- **„Leere Kavität“ wird zur Anbindung transportiert**

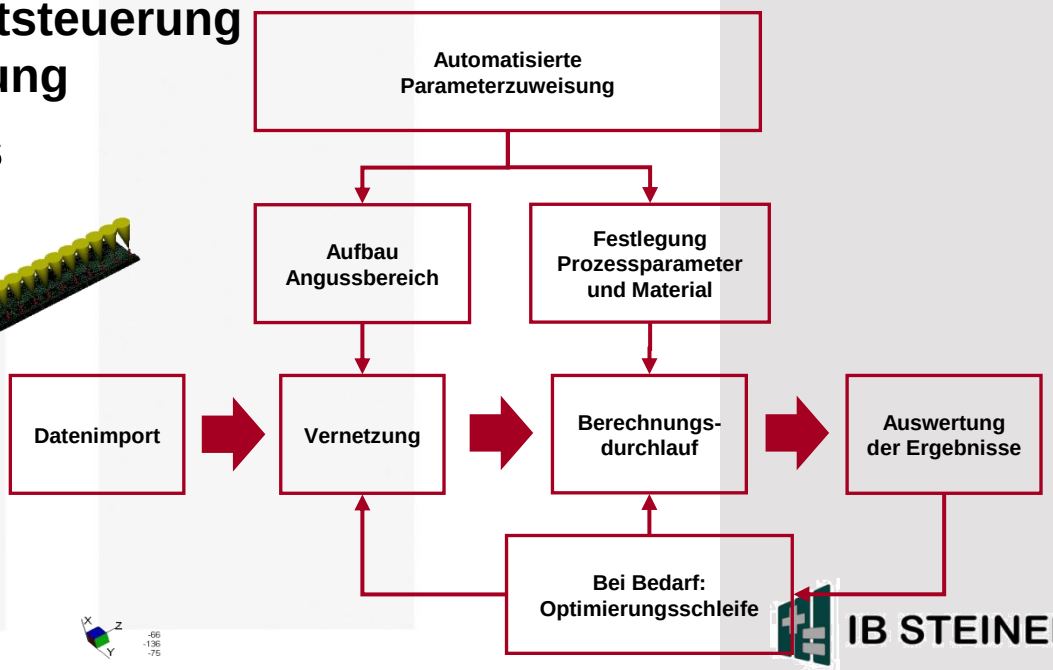
IB STEINER

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

EXJECTION® - Verfahren
Simulationsmethodik

- **Adaptierung von AUTODESK MOLDFLOW MPI für EXJECTION®**
- **Ergänzungen zur Standardsoftware**
  - **Zuweisung der Schlittengeschwindigkeit über Öffnungs- und Schließzeiten der Düsen**
  - **Vorgabe der Gesamtfüllzeit als Inputparameter**
  - **Zuweisung der Zeitschrittsteuerung für die Ergebnisgenerierung**
- **Ansteuerung über Makros**



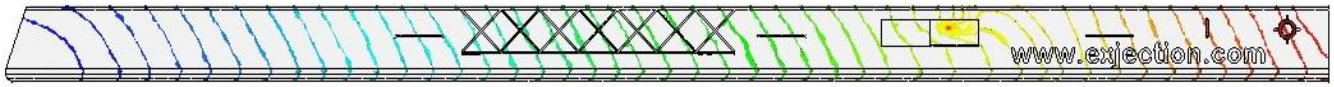


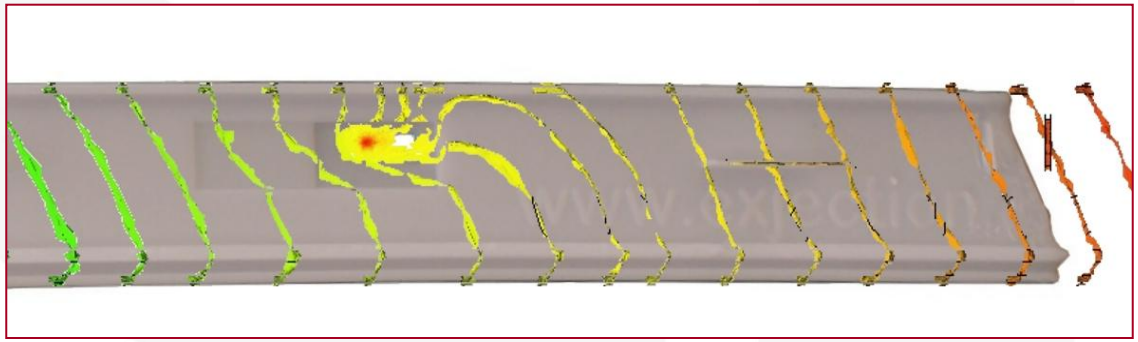
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Bauteilfüllung

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

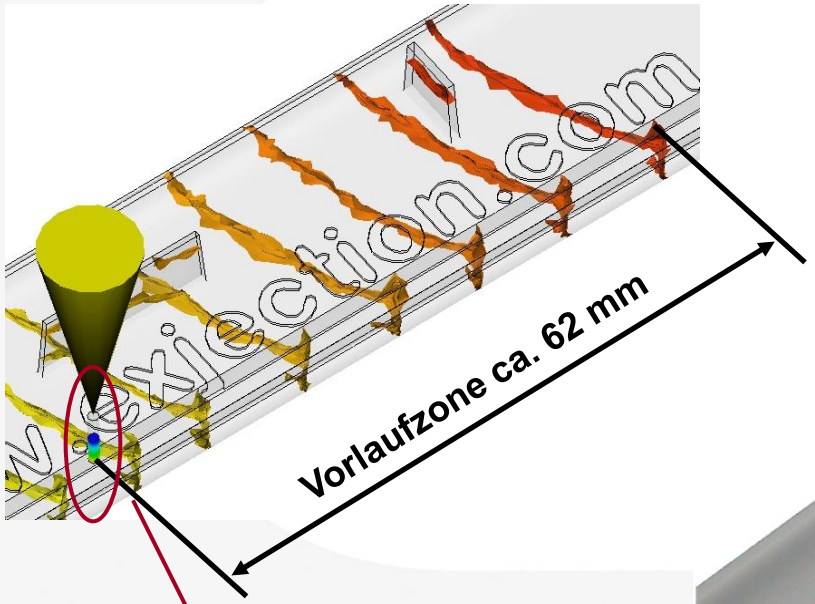
Virtuell vs. Real
Vergleich der Bauteilfüllung

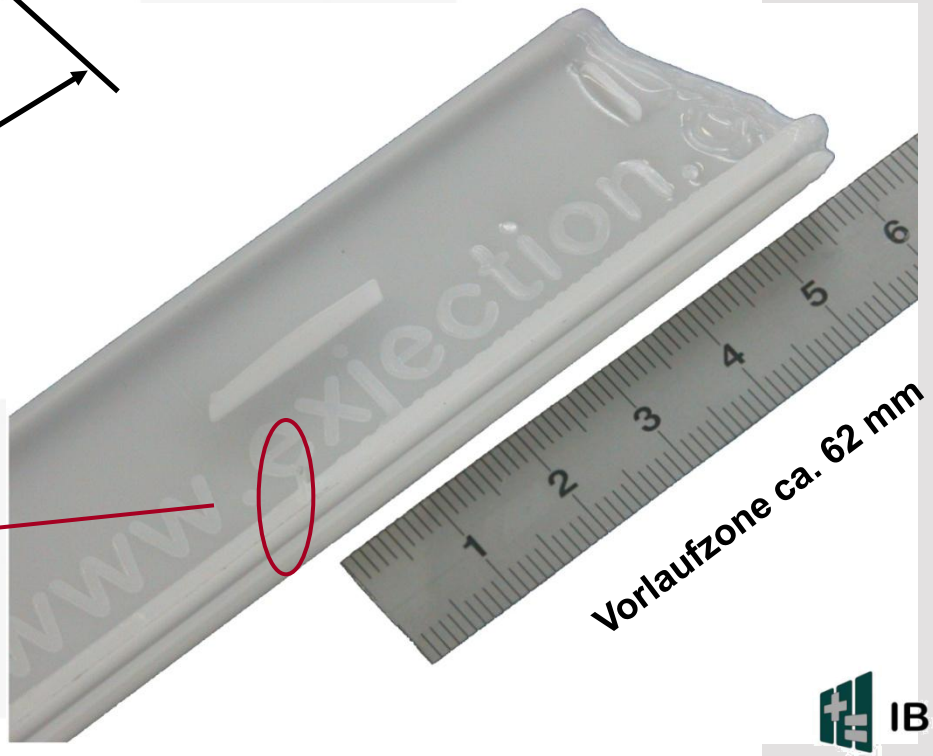




© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Virtuell vs. Real
Vergleich Vorlaufzone

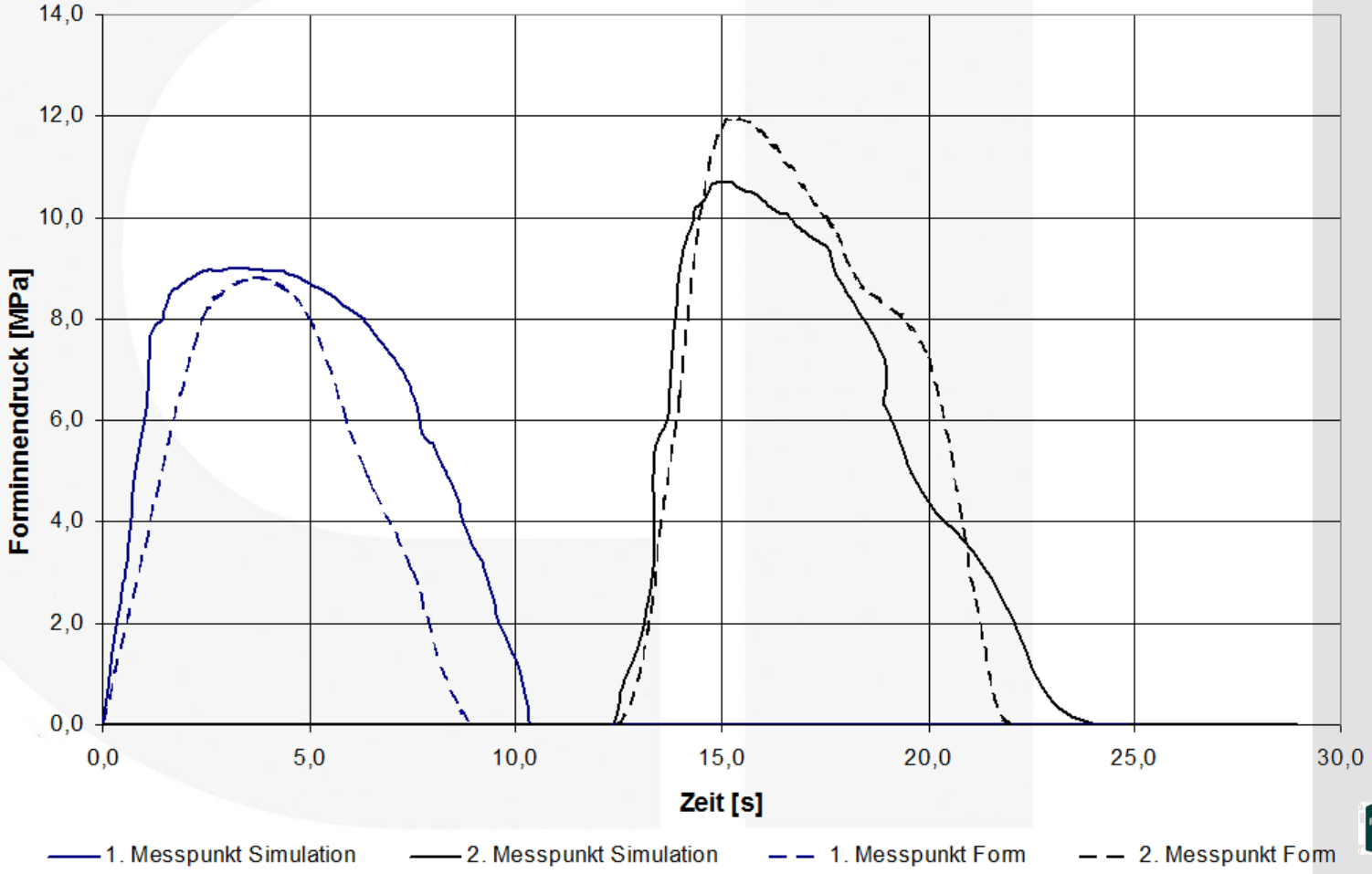




Anspritzpunkt

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Virtuell vs. Real
Vergleich Forminnendruck

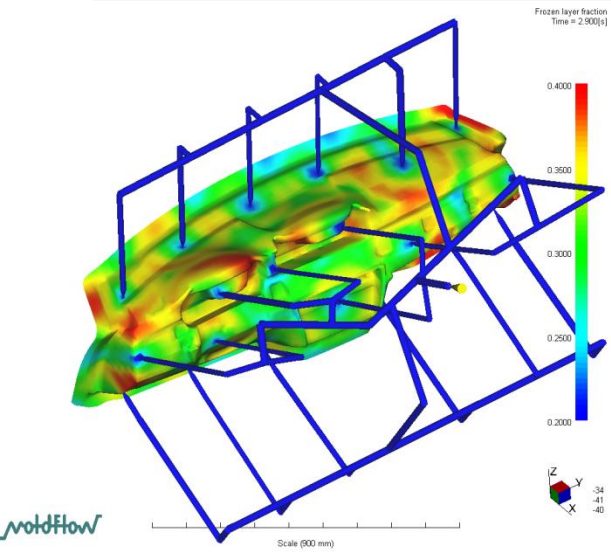


© 4a engineering GmbH, all rights reserved

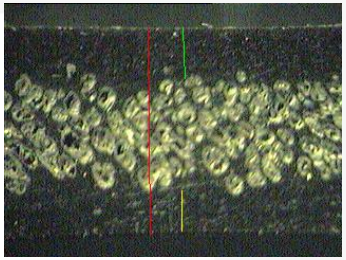
- **EXJECTION® Füllsimulation**
  - Gute Korrelation der Füllergebnisse mit realen Messwerten
  - Realistische Prozessparameter als Input erforderlich
  - Rheologische Auslegung von EXJECTION® mittels Simulation gegeben
  - Risikominimierung durch frühzeitigen Einsatz von virtuellen Entwicklungsmethoden

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Spritzgusssandwich
Prozessbedingte Eigenschaften

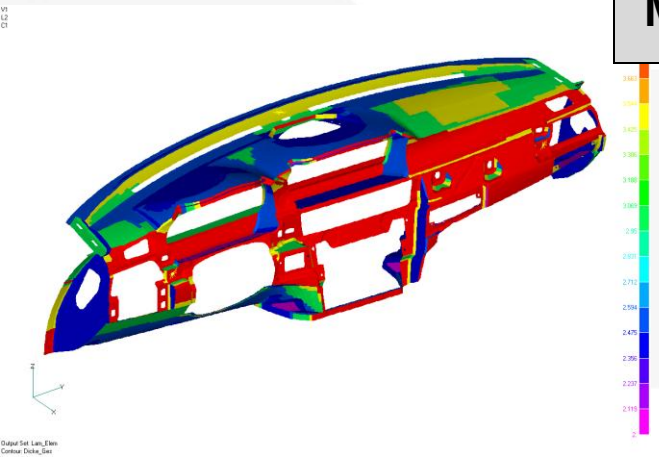


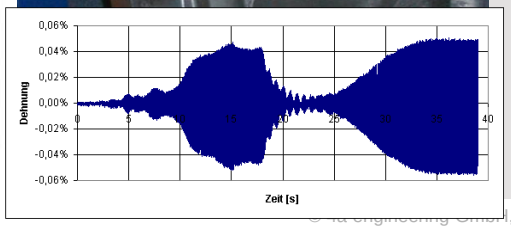
Vorgehensweise



Berechnung der Eigenschaften des Mehrschichtaufbaues

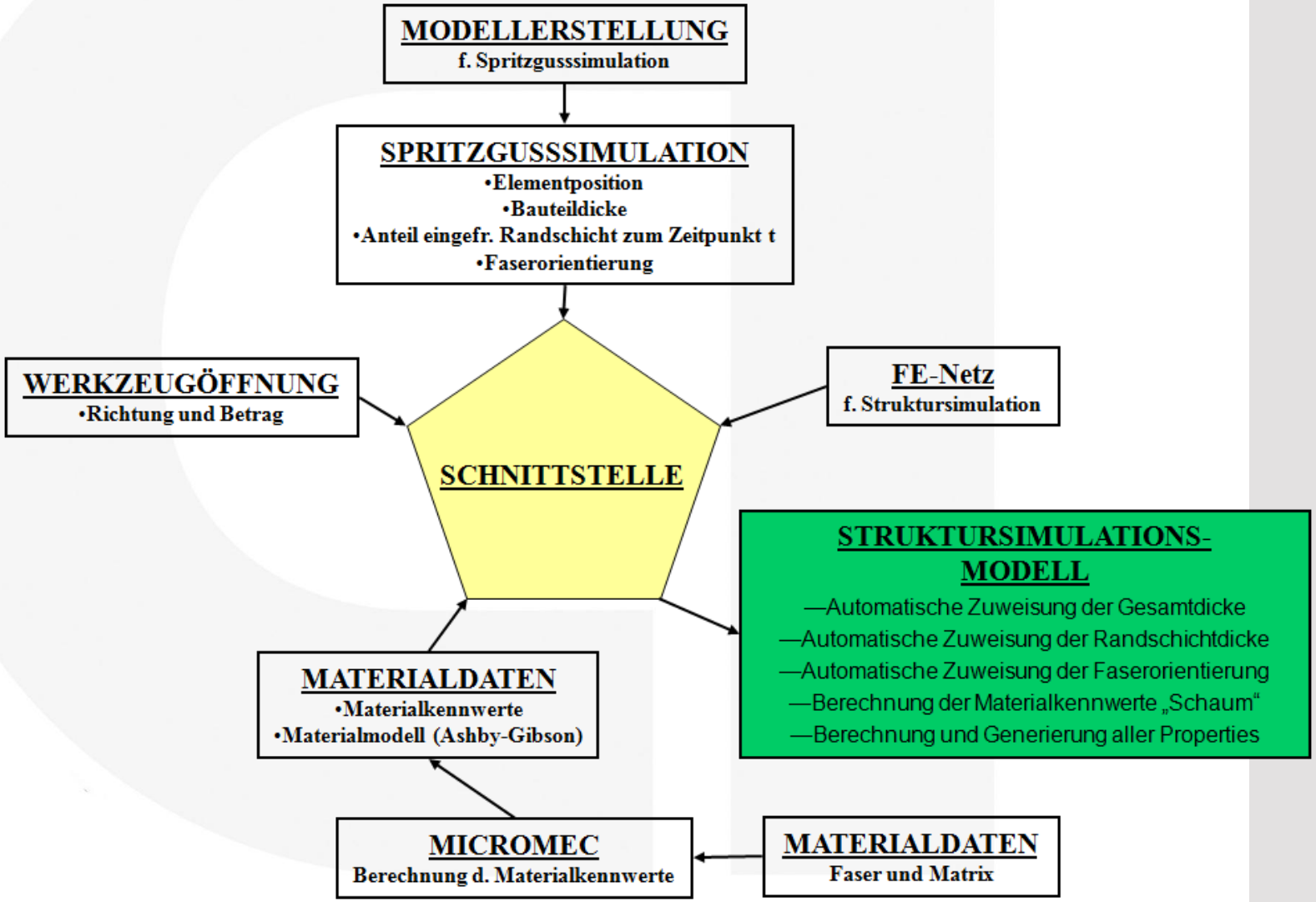
Parameter:
Öffnungsrichtung
Öffnungshub
Materialdaten





© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Spritzgusssandwich
Simulationsmethodik

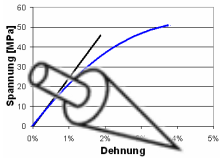


© 4a engineering GmbH, all rights reserved

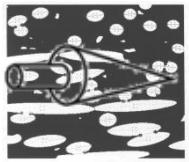
Spritzgusssandwich
Mikromechanik – 3D Werkstoffdaten

Input

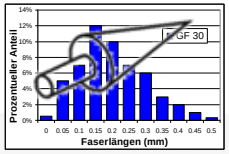
Kennwerte der Komponenten (E, α, λ)
Isotrop
Matrix
Orthotrop
Verstärkungsstoffe
Anisotrop
Datenbank



Faser- und Partikel Orientierung
Datenbank



Faser- und Partikel Gestalt
Datenbank



MicroMec

MeanField-Theory
3D-Lam-Theory
spezielle Funktionen

Output

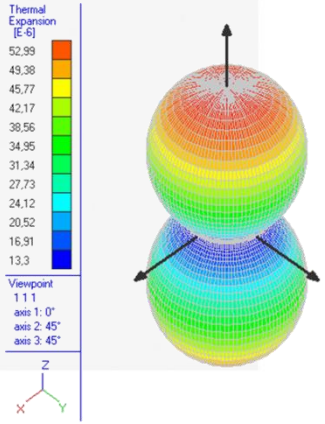
3-D Verbundkennwerte

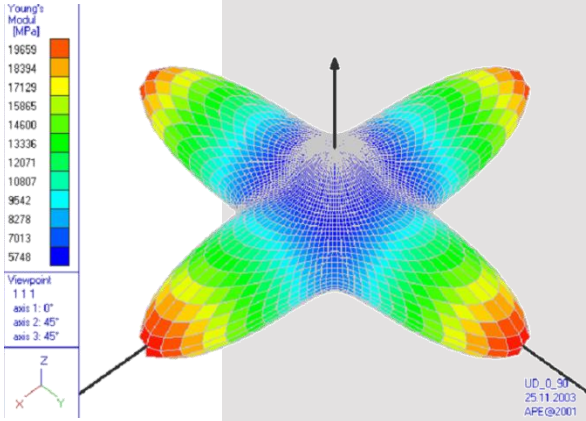
elastischer Tensor

thermischer Ausdehnungstensor

Wärmeleitfähigkeitstensor

Schnittstelle zu **FE-Codes**



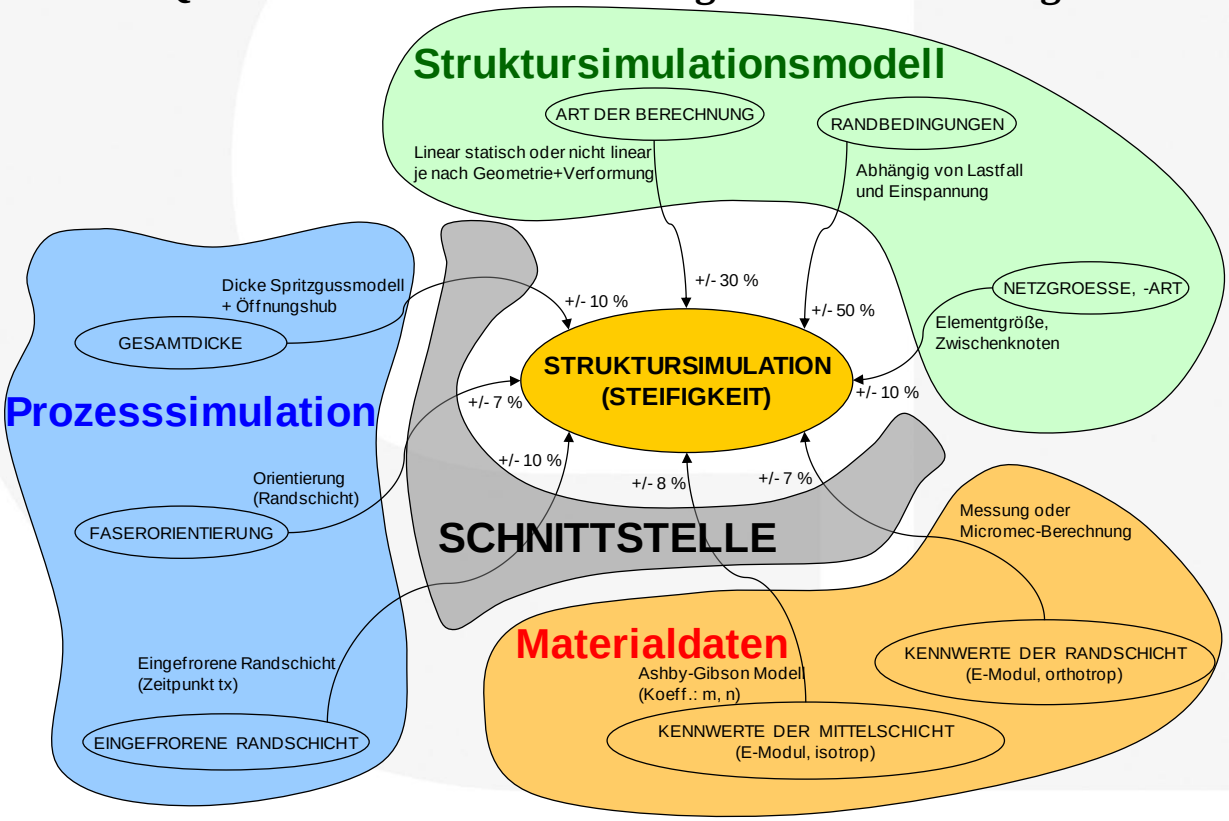


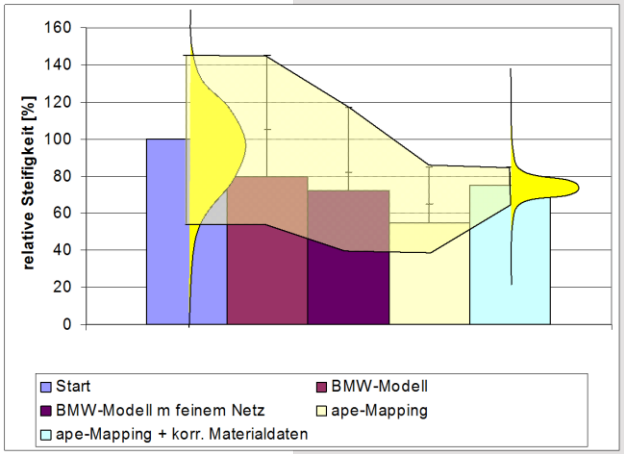
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Spritzgusssandwich
Einflussgrößen

- **Gute Übereinstimmung mit Eigenfrequenzmessung (Gesamtsteifigkeit)**
- **Verringerung der möglichen Fehlereinflüsse auf das FE-Ergebnis**

Qualitative Fehlereinschätzung aus der Erfahrung

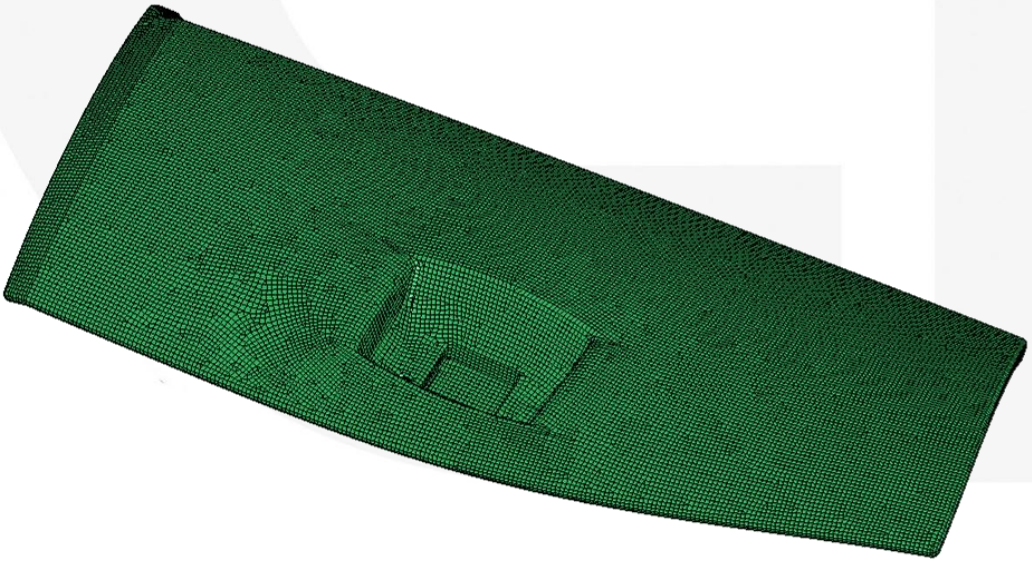




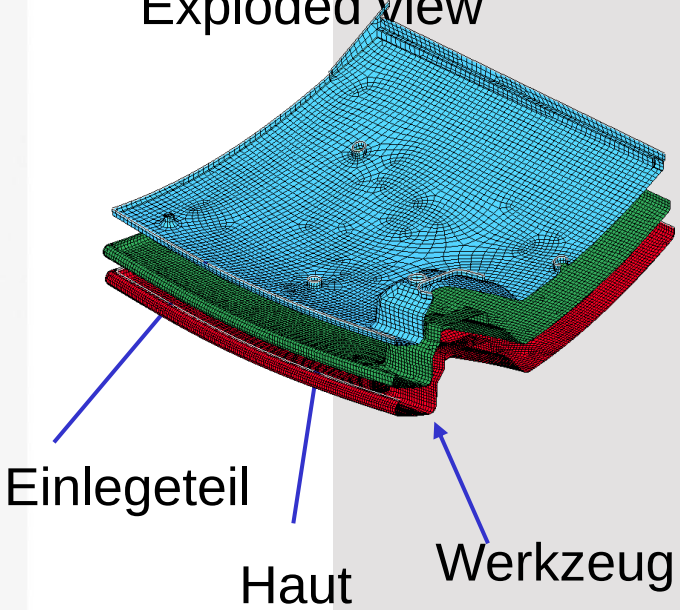
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Aufgabenstellung

- Ein Mehrkomponenten SGS Teil wird hinsichtlich Herstellverfahren näher untersucht. Dabei wird das Hinterspritzen einer elastomeren Folie mit Hilfe der der Methode der FEM hinsichtlich Verformungsverhalten betrachtet.



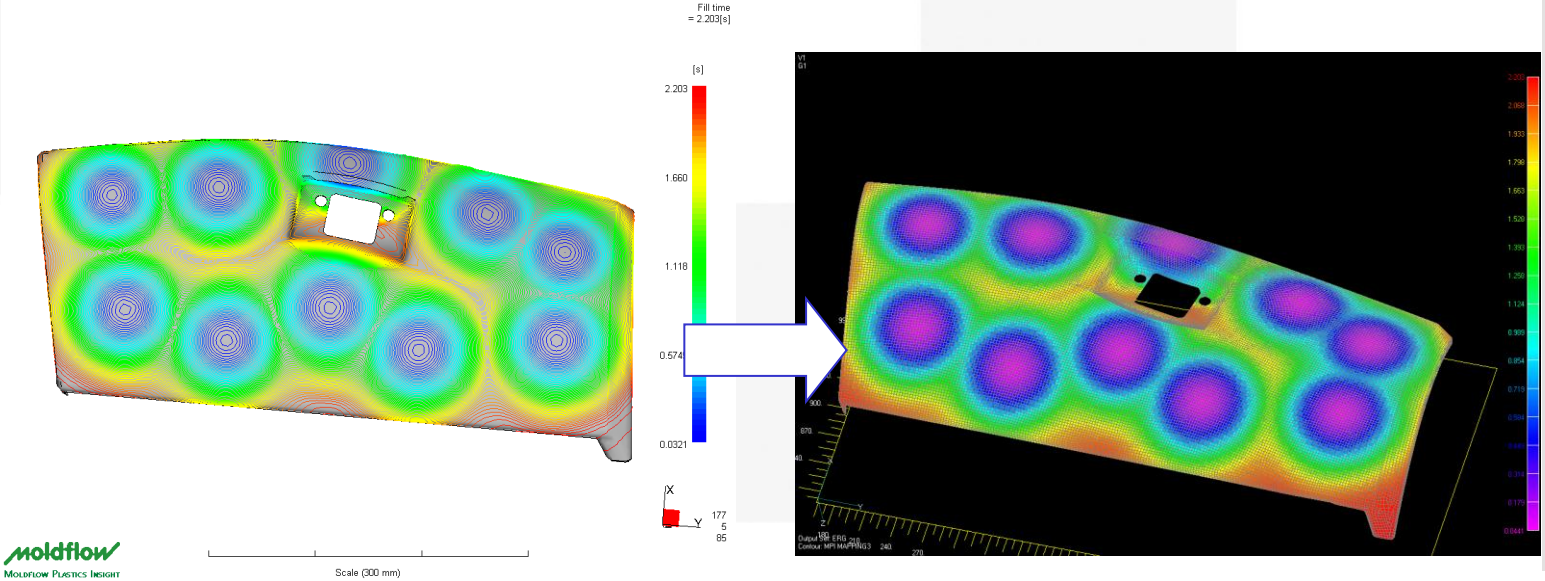
Exploded view



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Aufgabenstellung

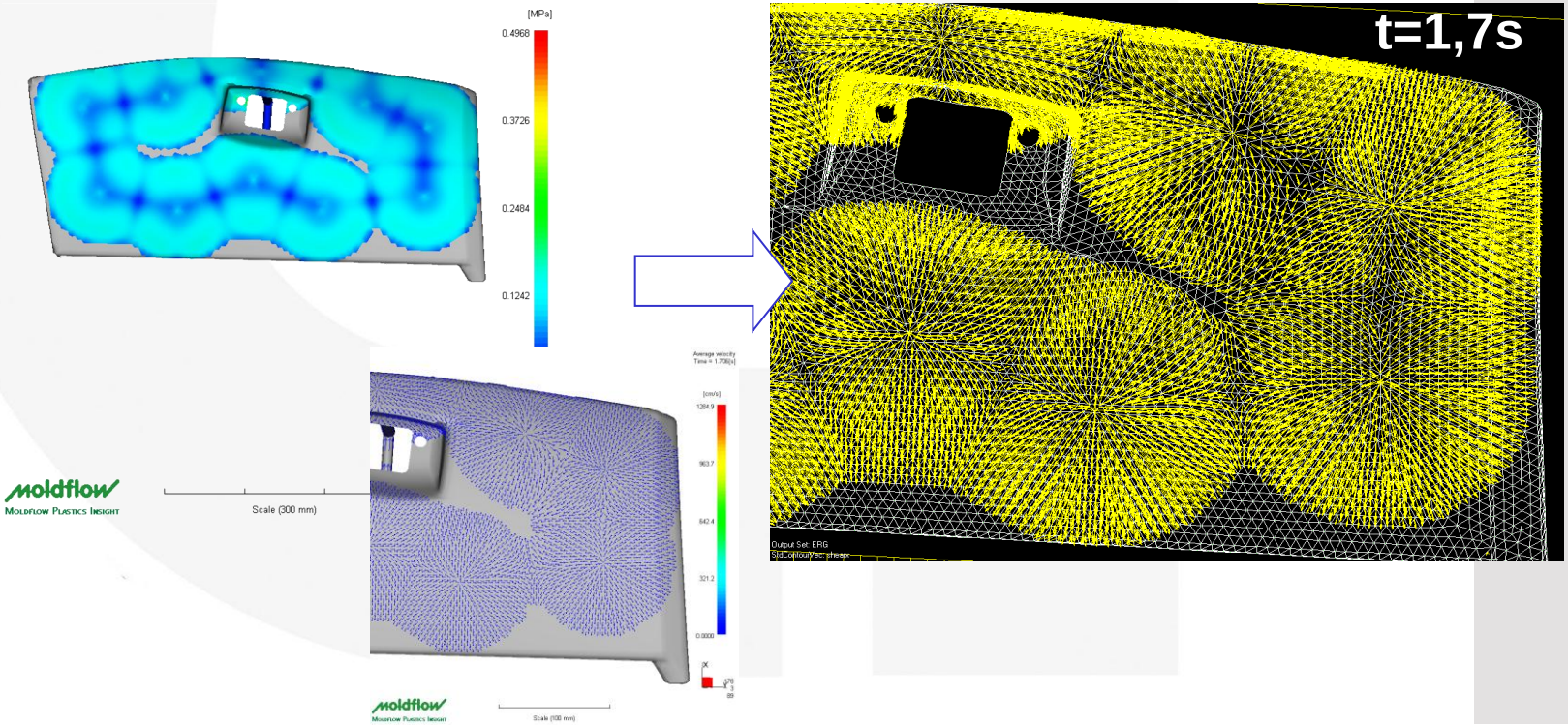
- Basis für die virtuelle Betrachtung ist eine Spritzgusssimulation mit Moldflow. Die daraus erhaltenen Drücke und Wandschubspannungen für die elastomere Folie werden als zeitliche Belastung auf die Haut aufgebracht. Mittels eigenen Softwareroutinen werden die Belastung und Belastungsrichtungen vom MPI-Modell auf ein LS-DYNA Modell übertragen. Die Übertragung erfolgt über eine Elementweise Zuordnung zwischen den unterschiedlichen FEM-Modellen.



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Aufgabenstellung

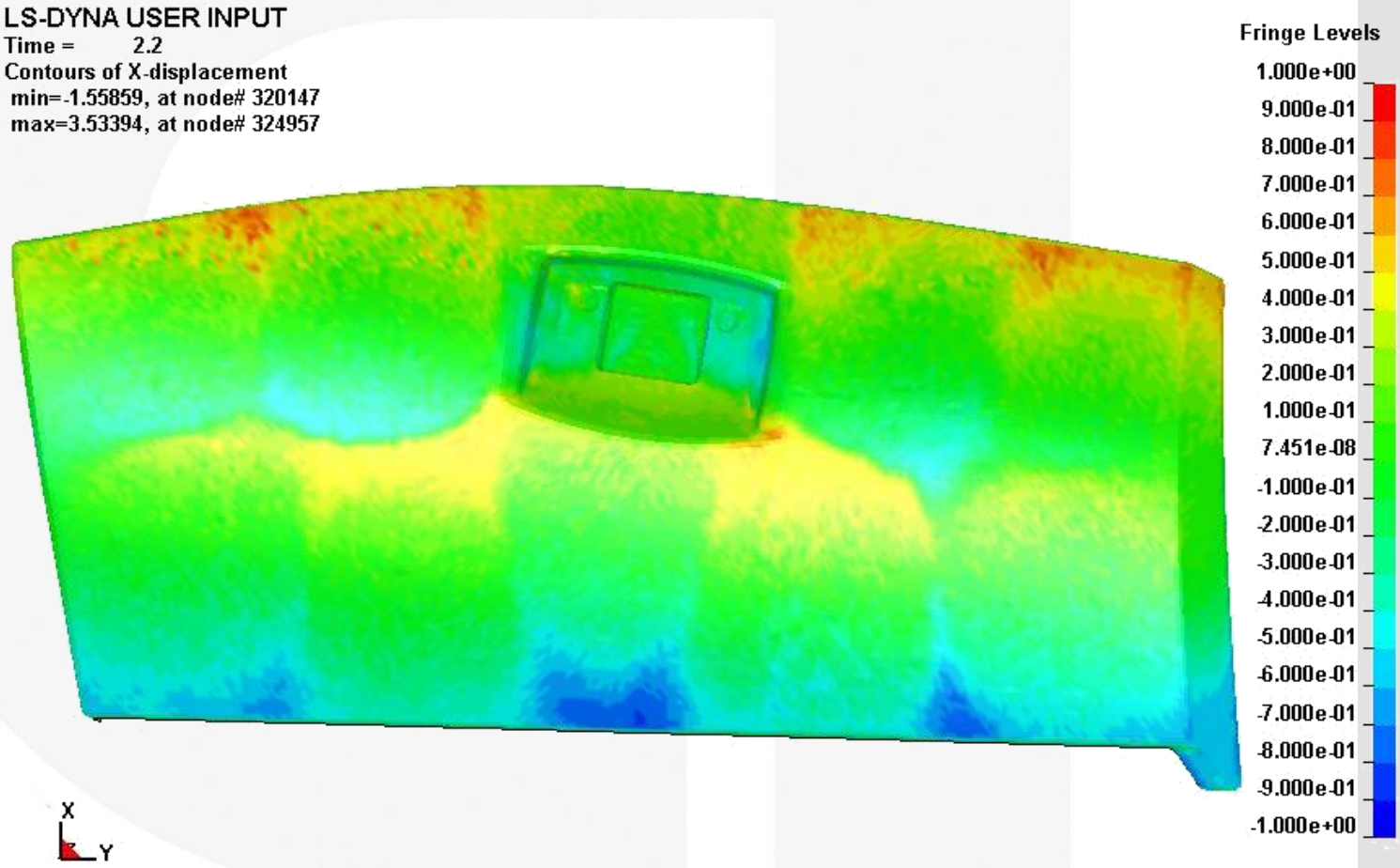
- Der vorliegende Druck wird auf Basis der elementweisen Zuordnung aufgebracht. Die Wandschubspannungen wird mit Hilfe adäquater Knotenkräfte aufgebracht. Die Kraftrichtungen werden aus den Geschwindigkeitsvektoren der Strömungssimulation errechnet.



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Ergebnisse

- Verschiebung in X-Richtung



© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Ergebnisse

- Die in der Strömungssimulation ermittelten Wandschubspannungen und Drücke können in die Strukturmechanik übertragen werden.
  Die Abbildungen für die Verschiebungen zeigen weniger und stärker belastete Bereiche. Dabei zeigt sich, dass in der rechten Hauthälfte stärkere Verformungen auftreten.

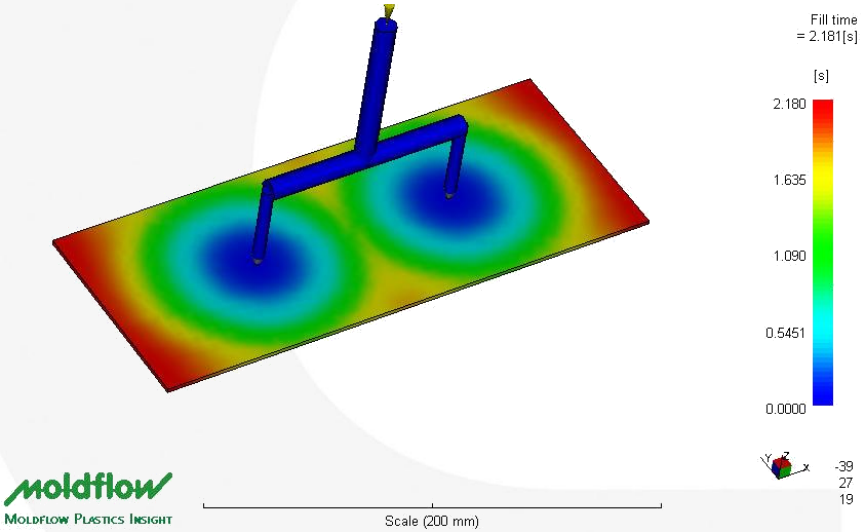
Aktuelle Einschränkungen

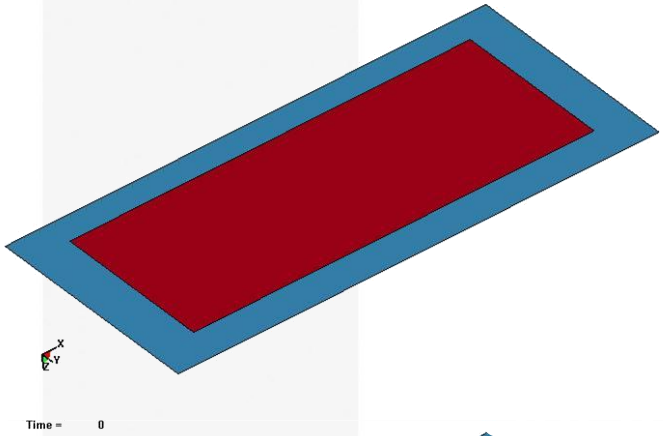
- In der aktuellen Betrachtung wird der Dickeneinfluss nicht berücksichtigt. Eine Vergrößerung auf Basis des anliegenden Drucks ist aufgrund des Schalenansatzes nicht möglich.

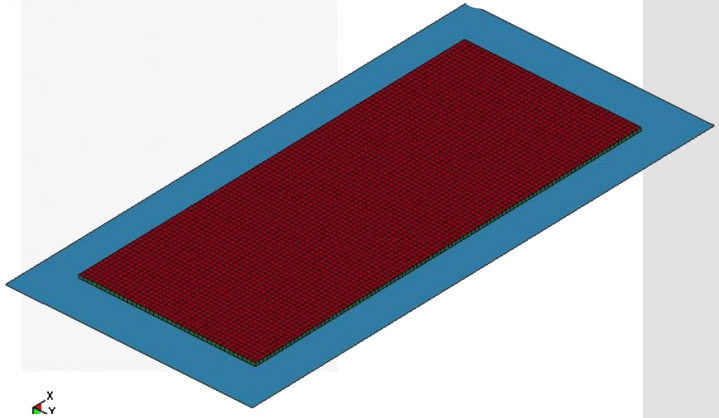
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Dickeneinfluss für Elastomere Folien

- Um den Dickeneinfluss abzubilden werden unterschiedlichen Modellierungsvarianten (Shell vs Solid) an einem Simplemindmodell untersucht.



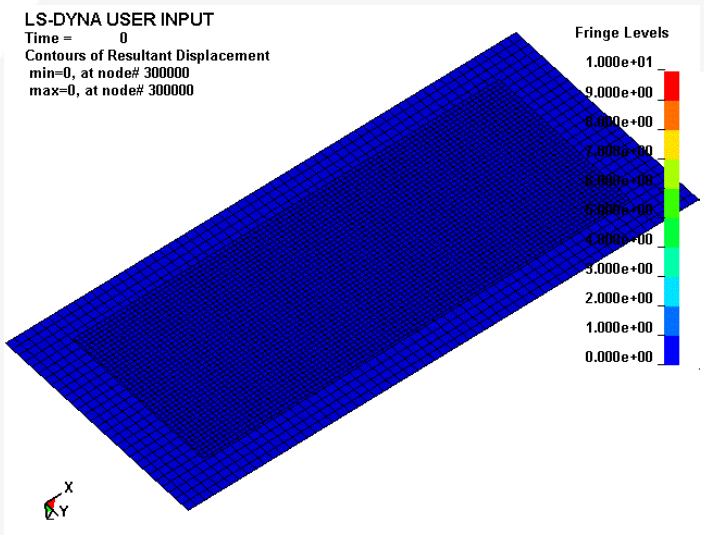




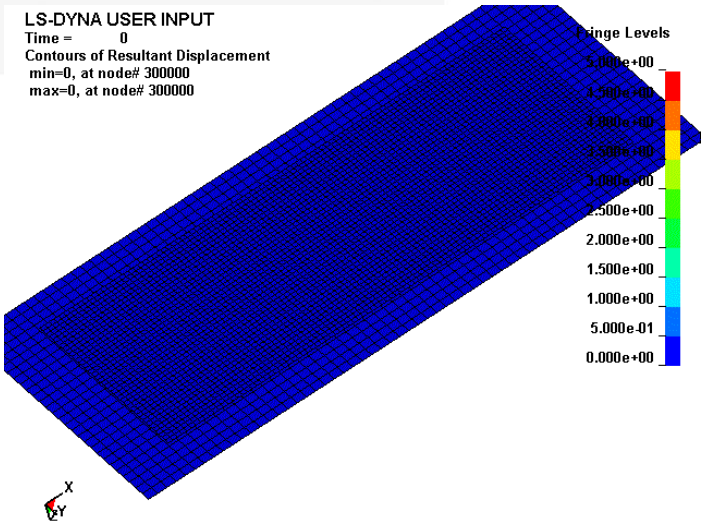
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Dickeneinfluss für Elastomere Folien

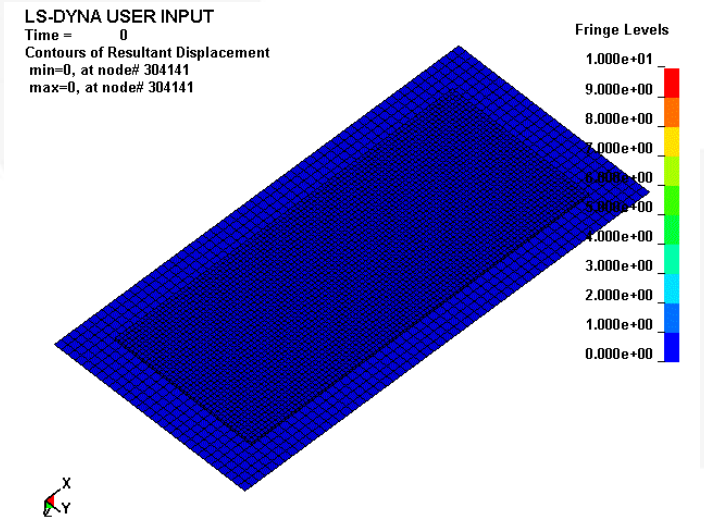
E=11MPa ν=0.45 μ=0.1

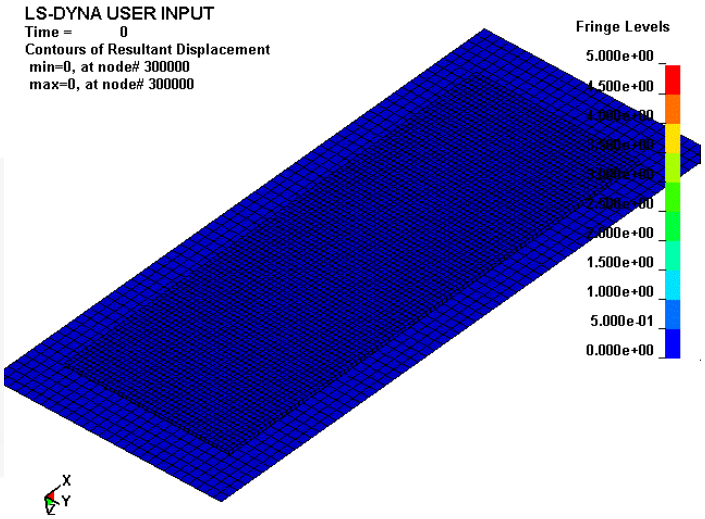


E=11MPa ν=0.45 μ=1.5



Schalen



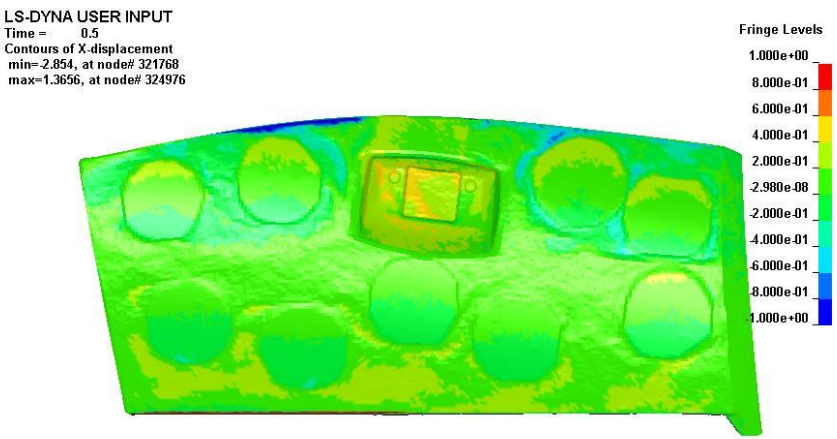


Solid

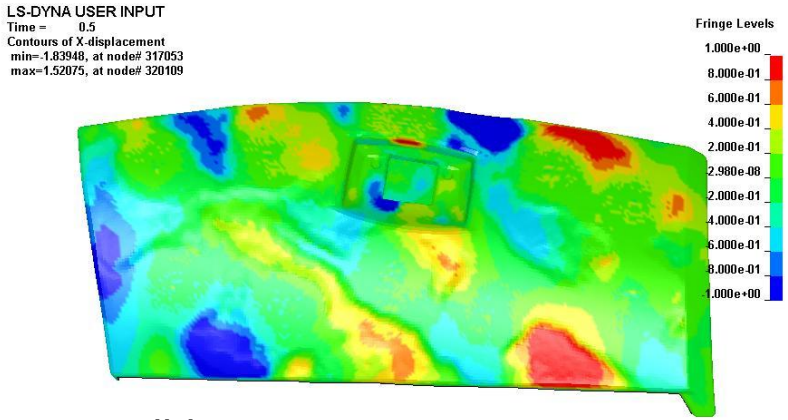
© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Folienhinterspritzen
Dickeneinfluss für Elastomere Folien

➢ X-Verschiebung in mm zum Zeitpunkt 0,5s



Shell E=8MPa ν=0.45



Solid E=8MPa ν=0.45

© 4a engineering GmbH, all rights reserved

Zusammenfassung

- **Interdisziplinäre Simulationen können dazu beitragen Vorhersagen zu schärfen. bzw. ermöglichen erst komplexe physikalische Prozesse zu erfassen und damit zu beurteilen**
- **Abbildung von Sonderverfahren über Anpassung verfügbarer Simulationsprogramme oder über Entwicklung von entsprechenden Schnittstellen.**
- **Die virtuelle Prozessabbildung ermöglicht eine gezielte Bauteilentwicklung. Je mehr Informationen und signifikante Prozessdaten bekannt sind, umso besser ist die Qualität und Aussagekraft der Ergebnisse.**

© 4a engineering GmbH, all rights reserved