Integrative Simulation am Beispiel CIMERA® ein tiefziehfähiges Sandwichmaterial

B. Jilka, C.Wüster, T. Wimmer (4a engineering GmbH),

Leichtbau

WM 2013

27.- 28. Februar

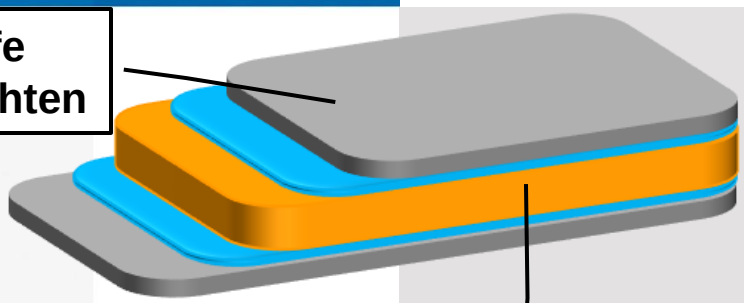
Leichtbau
WM 2013
27.- 28. Februar

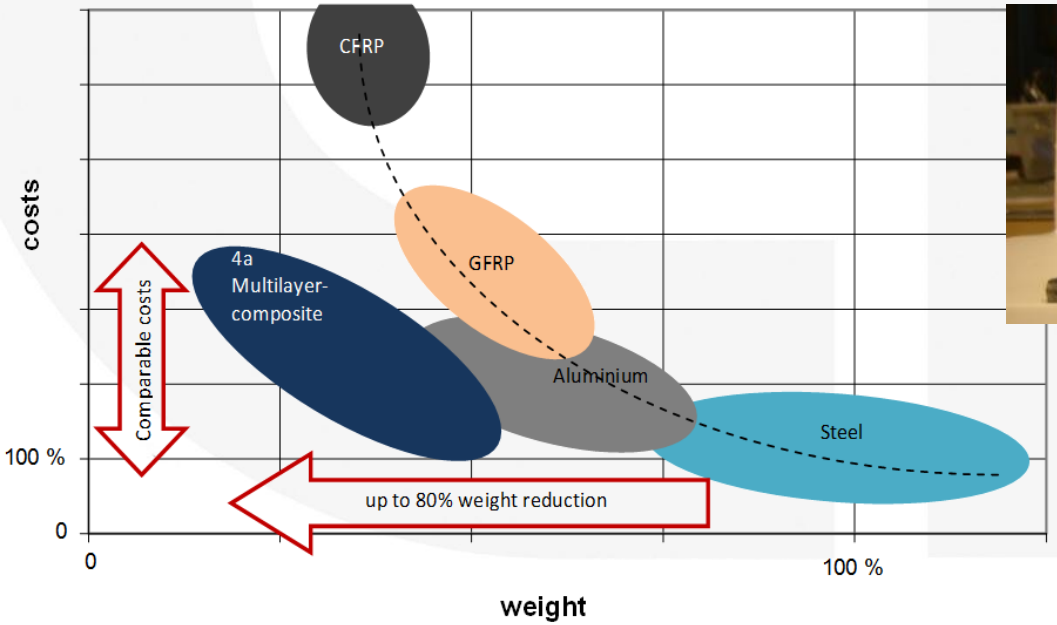
Inhalt

- **CIMERA® Zusammenfassung Materialeigenschaften**
- **Umformen**
  - Effekte und Auswirkungen
- **Tiefziehsimulation am Beispiel Stirnwand**
  - Simulationsergebnisse
  - Validierungsmodelle
    - Tiefziehsimulation – Napf
    - Validierungsmodell
    - Ergebnisse
- **Umformsimulation**
  - Modellierung
  - Ergebnisse
    - Direkt
    - Indirekt
- **Struktursimulationen**
  - Dickenmapping
  - Festigkeitsuntersuchung Kuppel
- **Conclusio und Ausblick**

CIMERA®
Produkteigenschaften

- Hohe Steifigkeit bei niedrigem Gewicht
- (ab 0.3 mm Dicke)
- Sehr gutes Umformverhalten (kalt)
- Tiefziehen/Streckziehen im Verbund
- Sehr gute Dämpfungseigenschaften bzw. Isolation oder Dämmung
- Dehnungen bis 40%
- Einstellbare Materialeigenschaften bzw. Dickenverläufe





CIMERA® Leichtbau

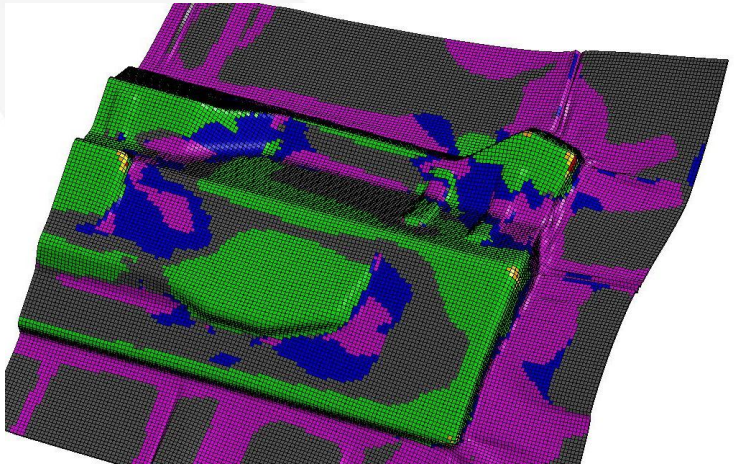
WM 2013
27.- 28. Februar

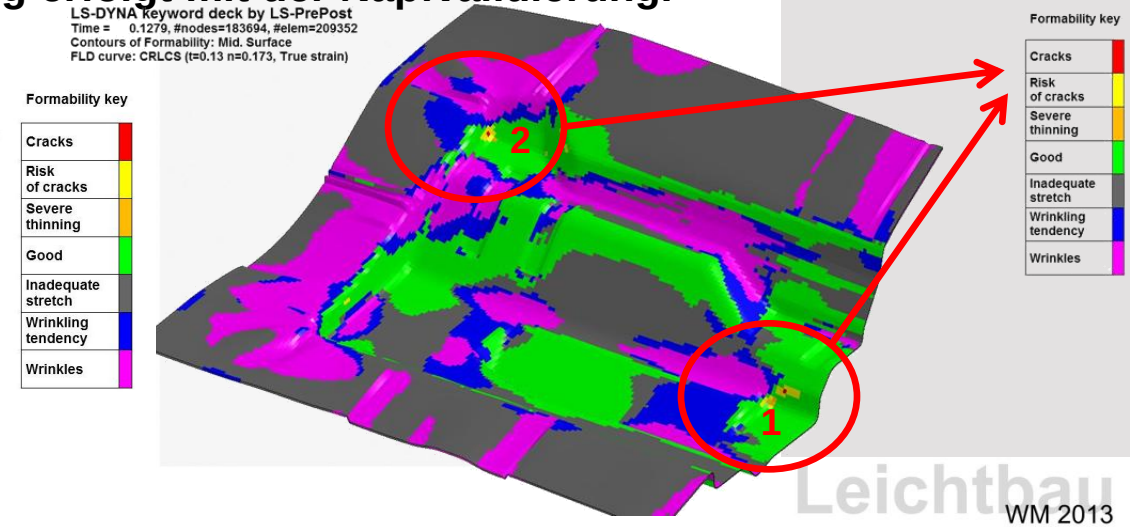
Umformen
Effekte und Auswirkungen

- **Gesamtdickenverteilung**
- **Deckschichtdickenverteilung**
- **Steifigkeitsänderung**
- **Versagen der Verbindung**
- **Decklagenversagen**
- **Faltenbildung**
- **Versagen des Kernmaterials**

Tiefziehsimulation am Bsp. Stirnwand
Simulationsergebnisse

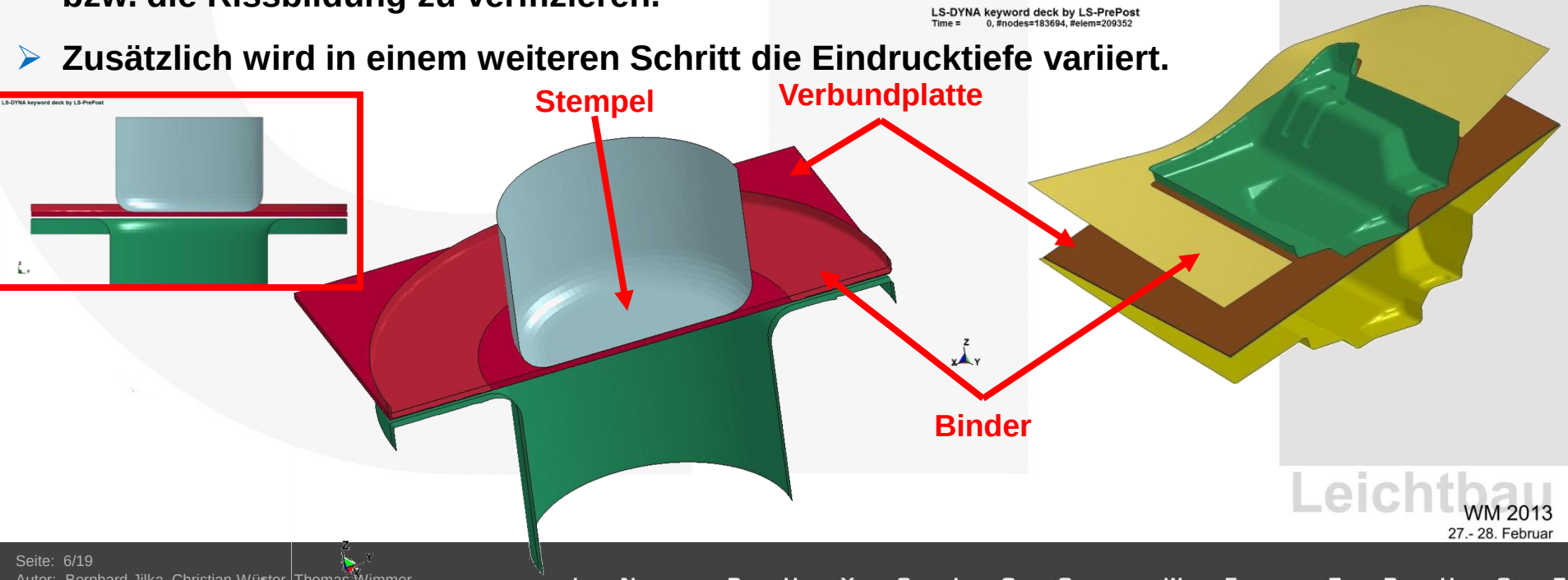
- **Aus den Simulationen geht hervor, dass in einigen Bereichen die Möglichkeit der Faltenbildung besteht.**
- **Einige dieser Bereiche können durch variieren der Haltekraft verändert werden, bleiben jedoch großflächig konstant.**
- **Es ergeben sich auch lokale Bereiche in denen die Gefahr der Rissbildung, bzw. Risse entstehen. Speziell im Bereich 1 besteht aufgrund der Tiefe eine hohe Wahrscheinlichkeit für Risse. Der Bereich 2 kann mit Änderungen im Simulationsaufbau weiter verbessert werden, da diese Stellen größtenteils im Beschnitt sind.**
- **Eine Verifizierung der Faltenbildung erfolgt mit der Napfvalidierung.**





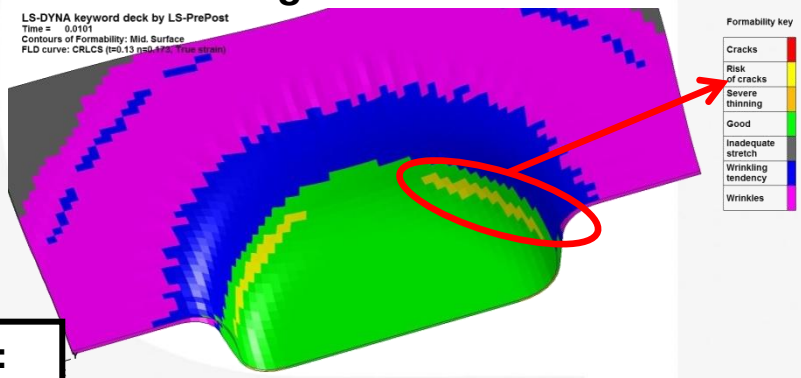
Tiefziehsimulation Validierung
Modellaufbau, Randbedingungen

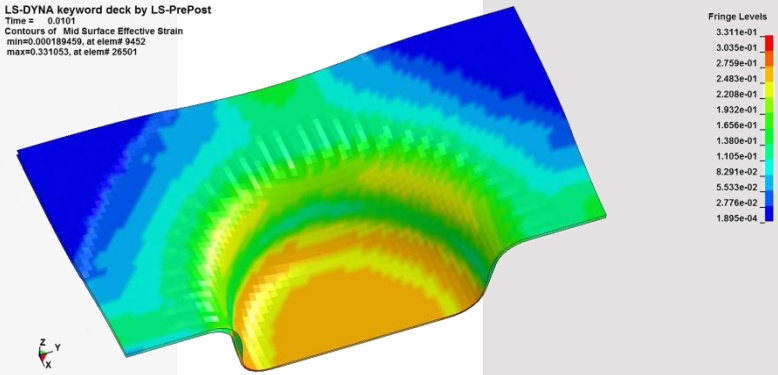
- **Aus Simulationsgründen wird das Modell ebenfalls als Halbmodell aufgebaut.**
- **Der Simulationsablauf:**
  - **Binder drückt mit Kraft F auf Platte und in Folge auch auf negativ Form**
  - **Stempel drückt auf Platte → Umformung**
- **Die Haltekraft wird in den Simulationen variiert um die Faltenbildung bzw. die Rissbildung zu verifizieren.**
- **Zusätzlich wird in einem weiteren Schritt die Eindrucktiefe variiert.**



Tiefziehsimulation Napf
Ergebnisse

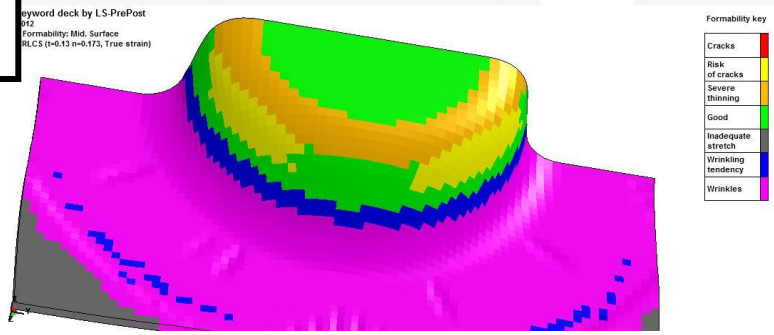
- **Aus den Simulationen ergaben sich folgende Erkenntnisse:**
  - **Großer Einfluss durch Reibwerte, je höher desto höher auch die Risswarscheinlichkeit**
  - **Verformung bei geringer Haltekraft am besten, allerdings erhöhte Faltenbildung**
  - **Maximale Dehnung von 33%**

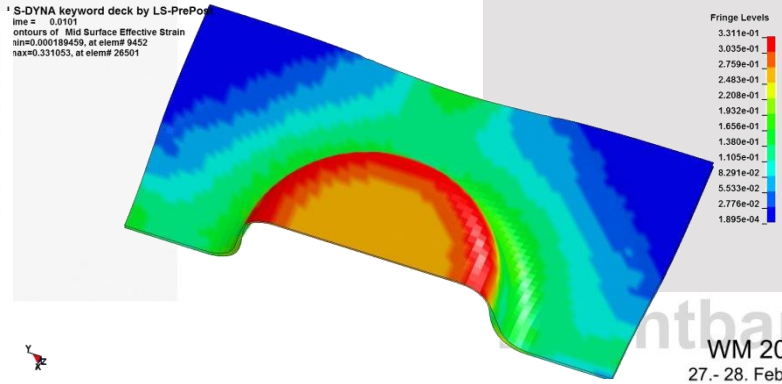




Simulation: Haltekraft 30kN Tiefe 40mm

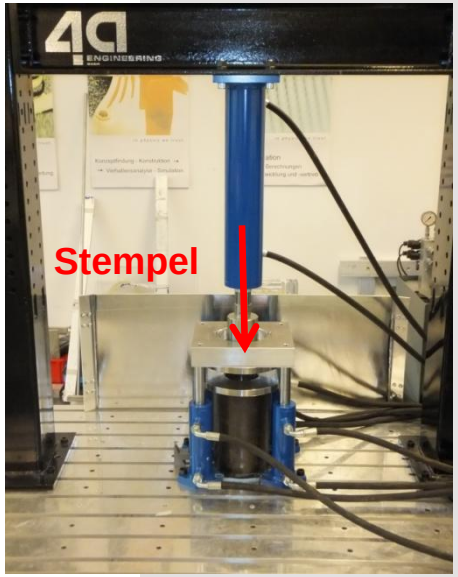
Dehnung aus Simulation

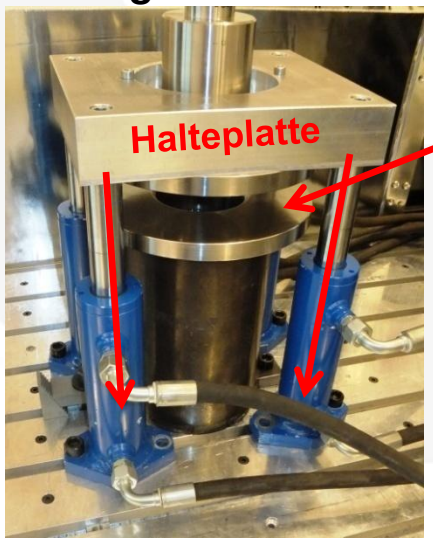




Validierungsmodell Napf
Prüfaufbau, Randbedingungen

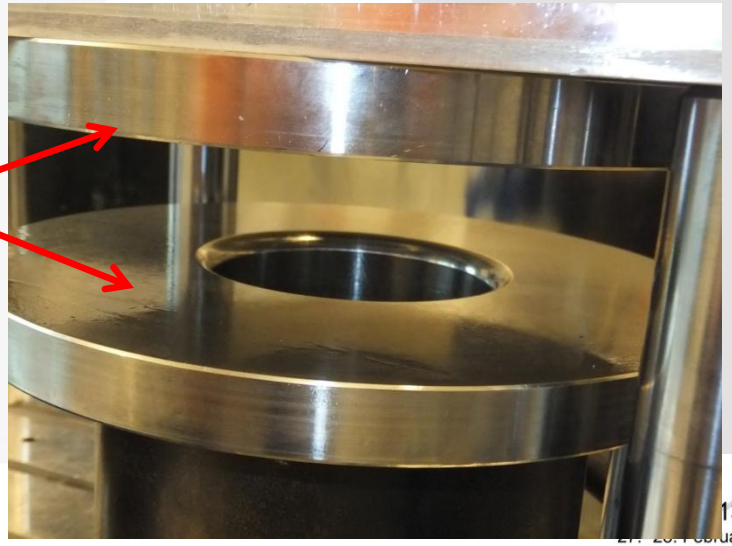
- Der Tiefziehversuch wird mittels 5 Hydraulikzylindern realisiert. Wovon vier der Haltekraft dienen und einer der Umformung.
- Die untere formgebende Platte ist direkt mit der Grundplatte verschraubt.
- Die Haltekraft wird mittels der oberen Platte übertragen.
- Der maximale Hydraulikdruck für die Haltekraft beträgt 140bar, der maximale Stempeldruck 180bar.
- Aus den Simulationen, sowie den Vorabversuchen geht hervor, dass die Auflageflächen geschmiert werden müssen um den Umformweg zu erhöhen und die Risswarscheinlichkeit zu senken.





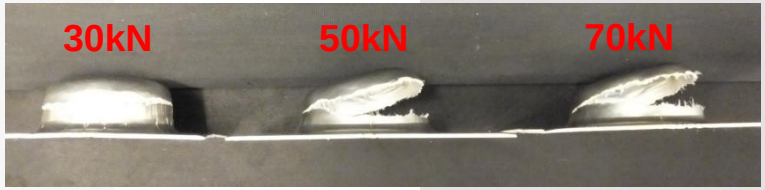
Formplatte

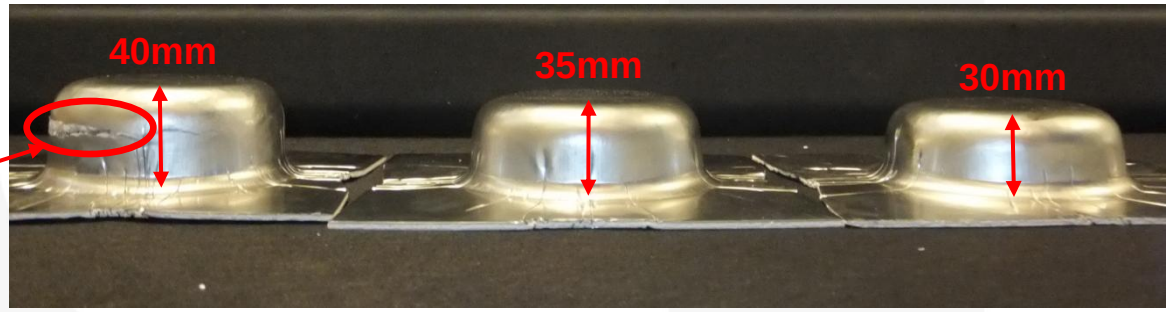
Schmierfilm



Validierungsmodell Napf
Ergebnisse

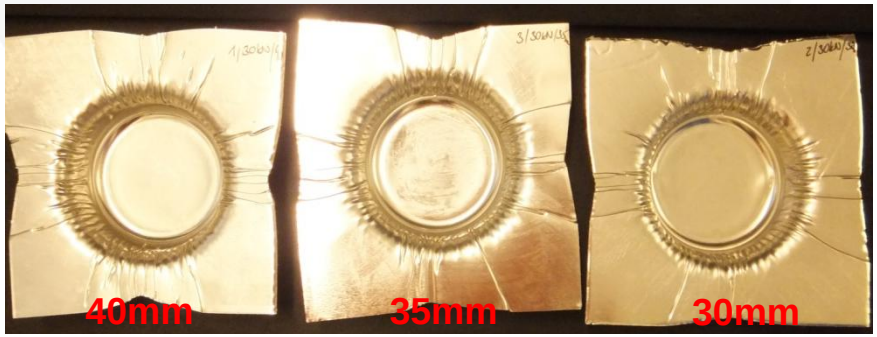
- **Aus den Versuchen ergaben sich folgende Erkenntnisse:**
  - **Schmierung für tiefere Umformung benötigt**
  - **Maximal erreichbare Tiefe 35mm**
  - **Umformung > 35mm → Beginn Rissbildung**
  - **Verformung bei geringer Haltekraft am besten (30kN)**

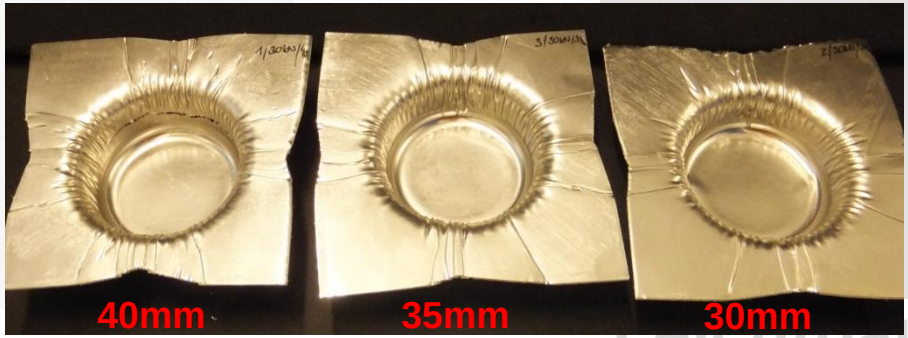




Rissbildung

Faltenbildung bei den unterschiedlichen Umformtiefen:

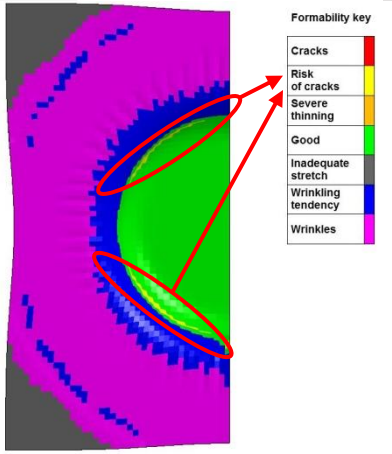




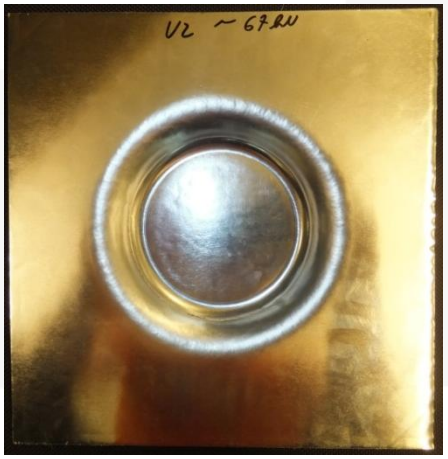
Simulationsvalidierung
Vergleich Ergebnisse Napf

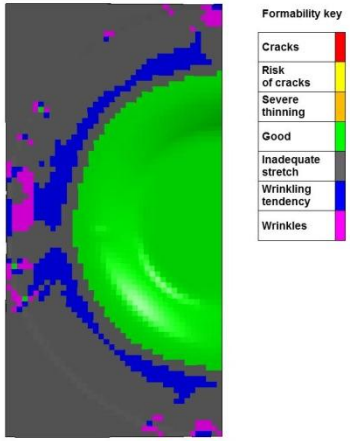
- **Beim Vergleich der Simulationen mit den Versuchen, zeigen sich recht gute Übereinstimmungen.**
- **Es zeigt sich, dass die Haltekraft direkt mit der Faltenbildung und die Reibung mit der Umformtiefe zusammenhängen.**

Vergleich 1:
Haltekraft 30kN
Tiefe 35mm



Vergleich 2:
Haltekraft 67kN
Tiefe 18mm

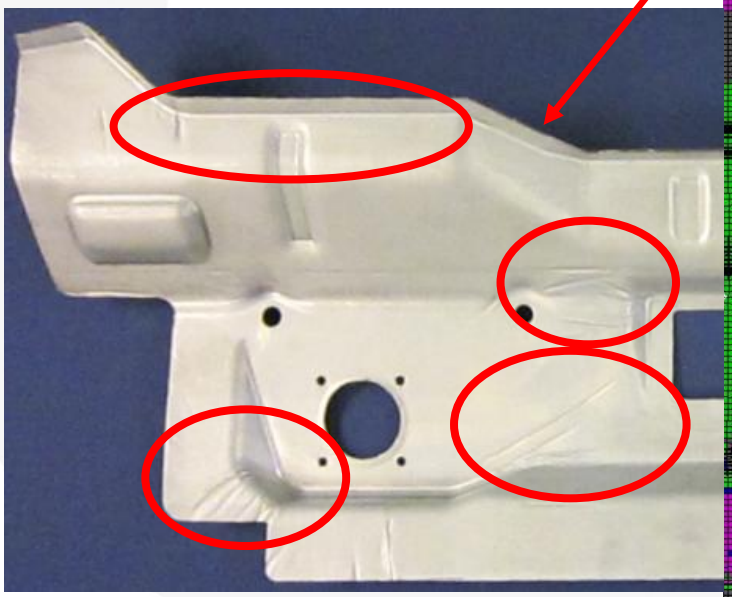


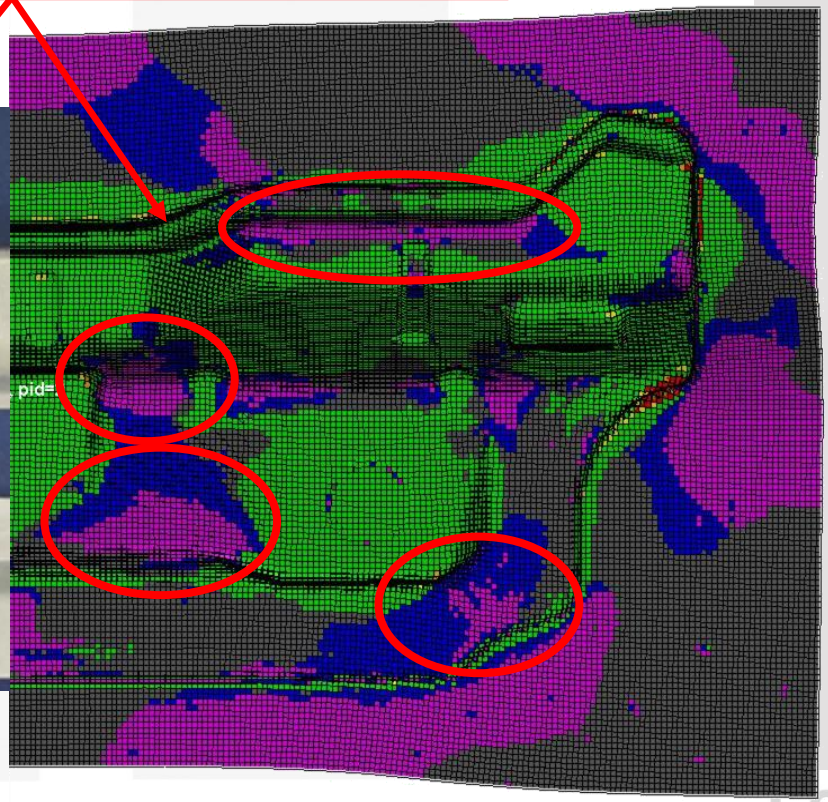


Simulationsvalidierung
Vergleich Ergebnisse Bauteil

- **Mit den Erkenntnissen der Tiefziehsimulation wurden Platinen mit guter Übereinstimmung zur Simulation hergestellt.**

Gute Übereinstimmung des umgeformten Bauteils mit dem Ergebnis der Umformsimulation





Formability key

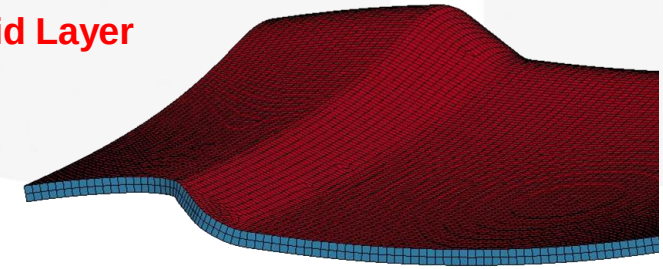
Cracks
Risk of cracks
Severe thinning
Good
Inadequate stretch
Wrinkling tendency
Wrinkles

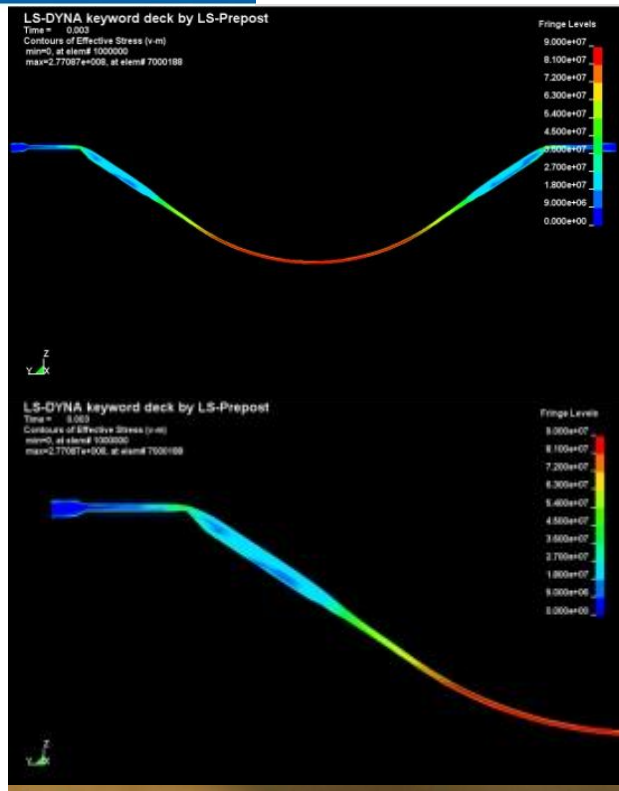
Umformsimulation
Modellierung

- **Aktueller Stand der Simulationsmethodik**
  - Dünne Decklagen
    - Materialmodell DC04 (*MAT_24)
    - Schalenansatz
  - Dicke Schaumschicht
    - Materialmodell (*MAT_FU_CHANG)
    - Solidelemente
  - Kleberschicht
    - Aktuell nicht berücksichtigt

Deckschichten:

Verbund:
Deckschichten & Solid Layer





Umformsimulation
Ergebnisse

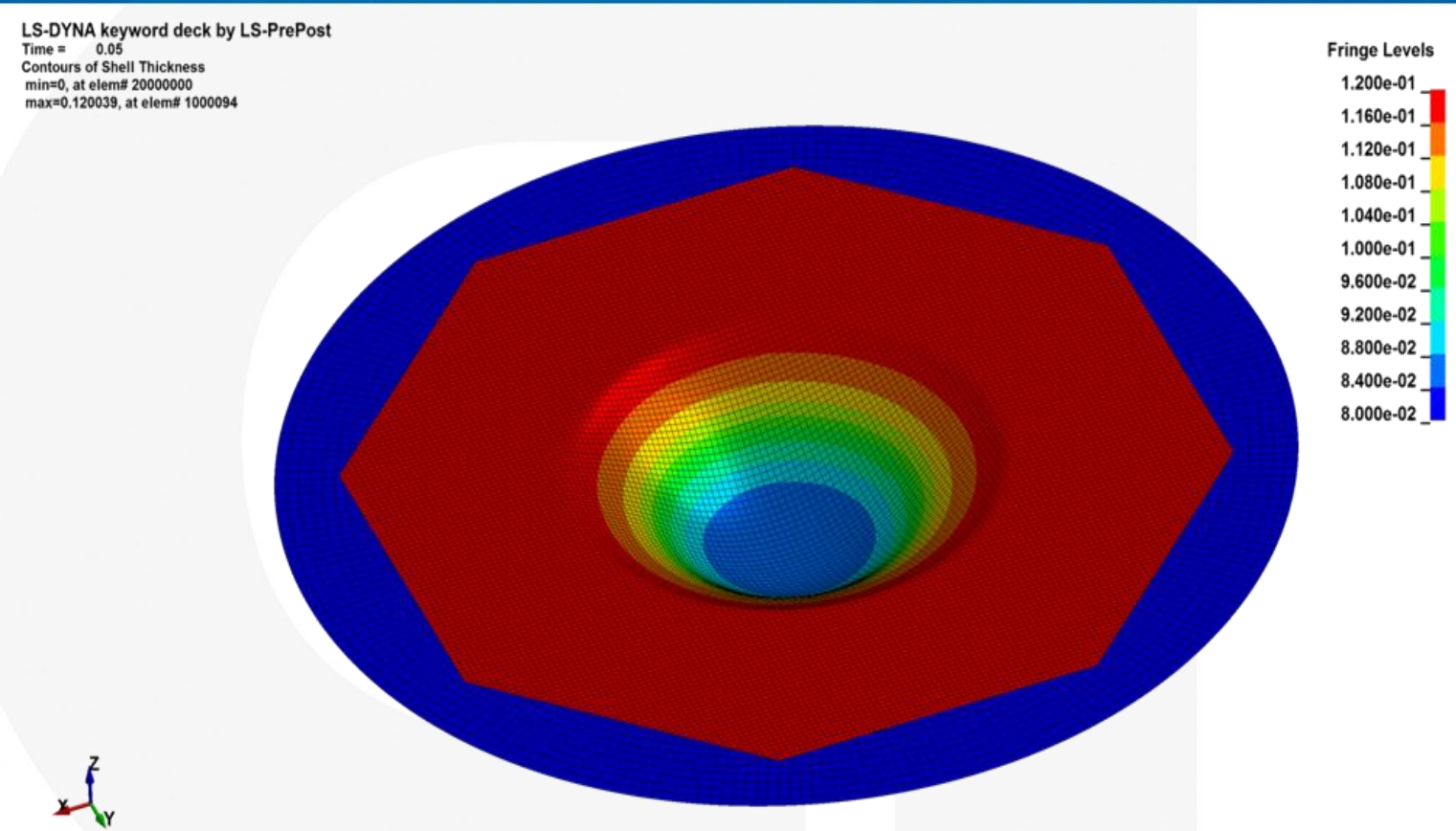
- **Direkt zugängliche Ergebnisse**
  - Faltenbildung
  - Rissbildung
  - Ausdünnen der Decklagen

- **Indirekt zugängliche Ergebnisse**
  - Dickenverteilung Kern → skalare Größe
  - Dickenverteilung Gesamtverbund → skalare Größe

→ Mapping Algorithmus erforderlich um aus Simulation mit einem Solid-Netz ein Shell-Netz zu erhalten

Umformsimulation

Direkt zugängliche Ergebnisse



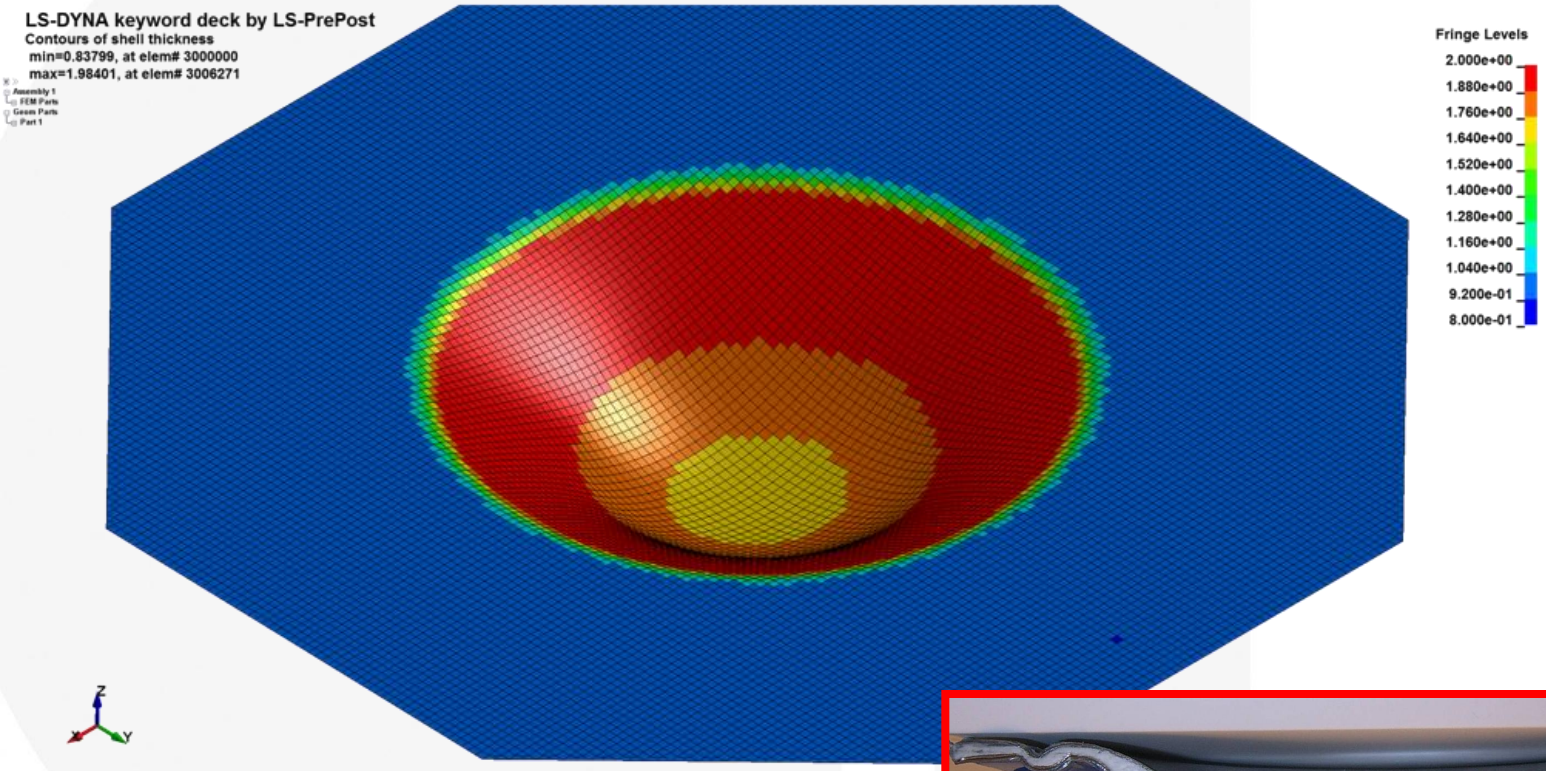
Decklagendicke nach Umformung:

Ausgangsdicke Decklage: 0.12mm

Min. Dicke nach Umformen: 0.08mm

Umformsimulation

Indirekt zugängliche Ergebnisse



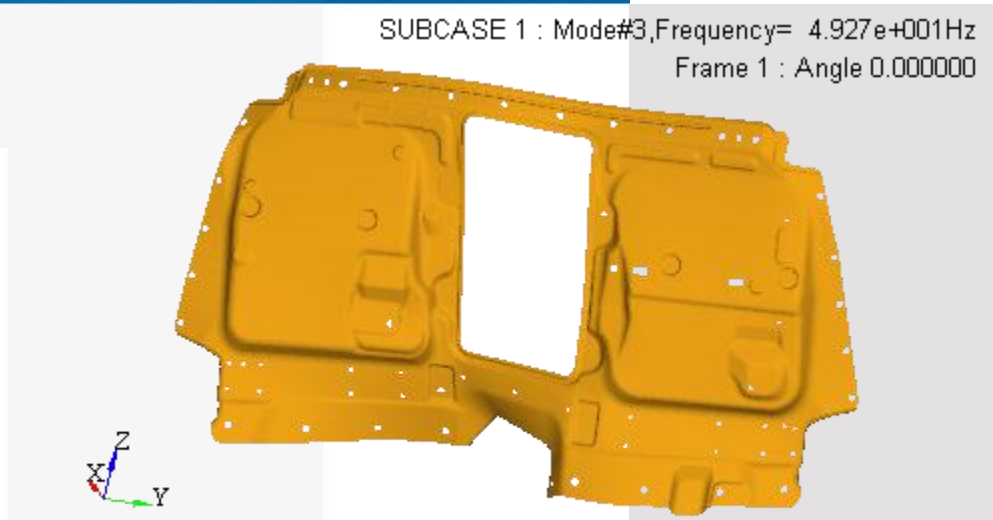
Gesamtdicke nach Umformung:

Ausgangsdicke Verbund: 2mm

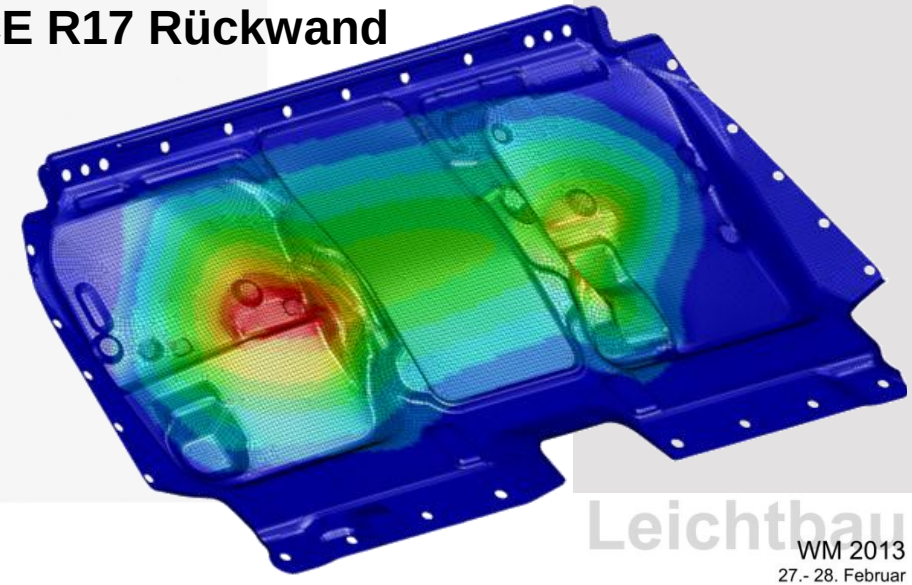
Min. Dicke nach Umformen: 0.8mm

Struktursimulation
Anforderungen

- **Steifigkeitsanforderungen**
  - Statische Lasten
  - Eigenfrequenzen
  - NVH
- **Festigkeitsanforderung**
  - Versagen
  - Ausknicken / Beulen
  - Crash

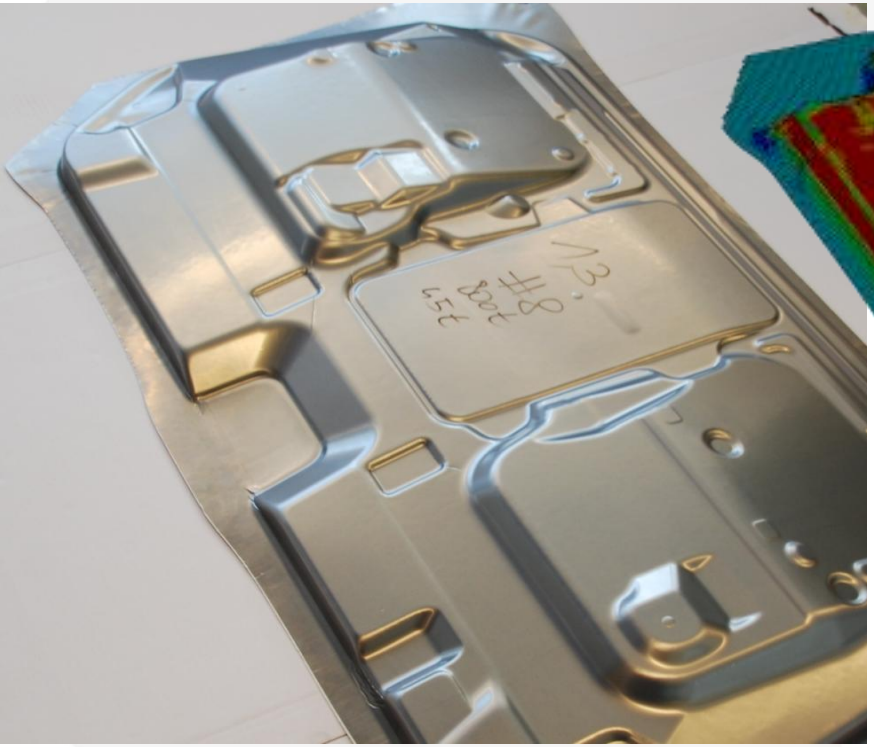


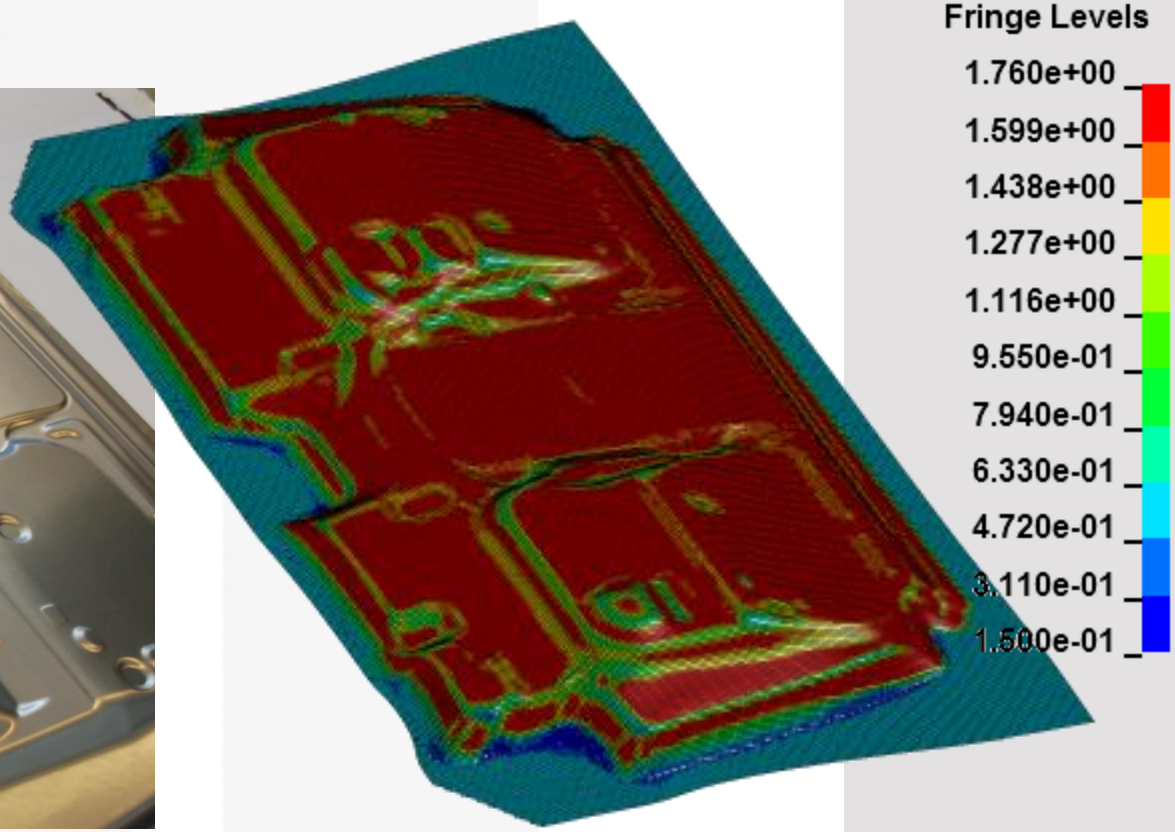
ECE R17 Rückwand



Struktursimulation

Mapping der Dicken → Integrative Simulation





Schaumdicke nach Umformung:

Ausgangsdicke Schaum: 1.76mm

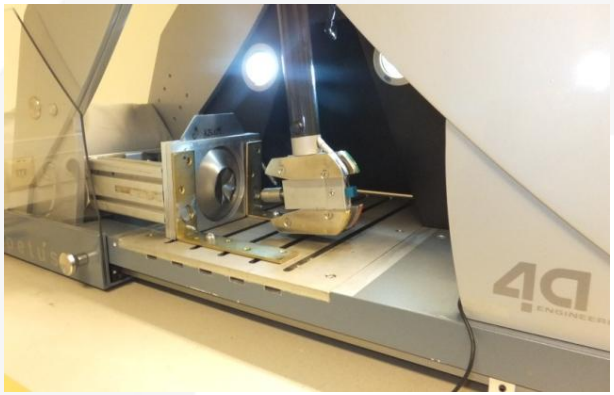
Min. Dicke nach Umformen: 0.15mm

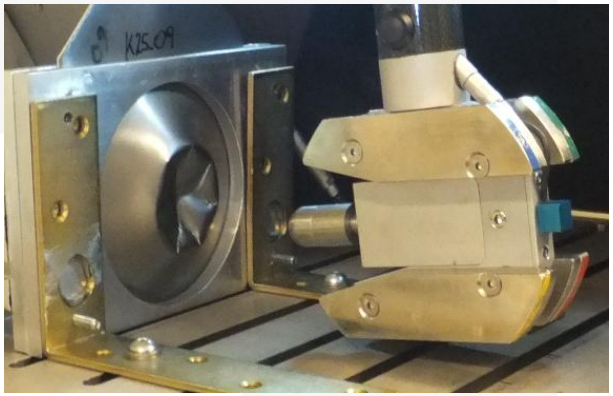
Aufbau mittels:

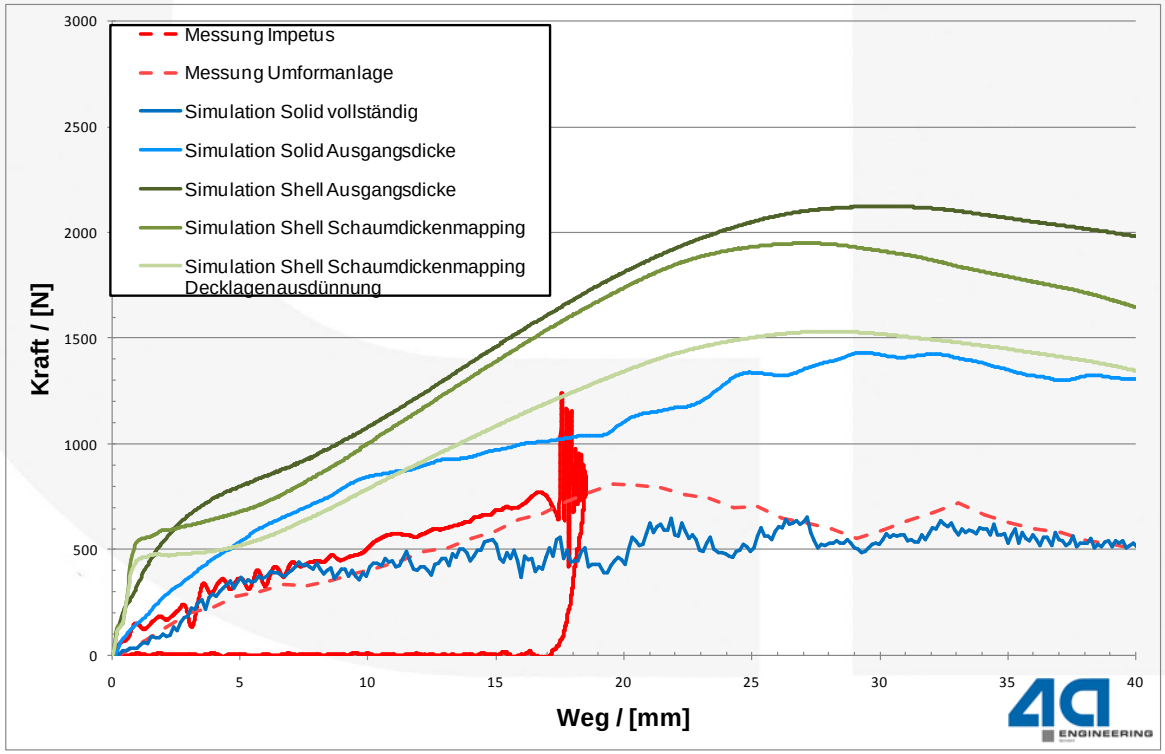
***Element_Shell_Composite**

Struktursimulation / Festigkeitsuntersuchungen

Messungen Kuppel







Conclusio und Ausblick

- Sehr gute Übereinstimmung bei der vollständig Integrativen Simulation
- Die Simulation mit Solids als Schaumkern und mit Ausgangsdicken liefert deutlich zu hohe Anfangssteifigkeiten (Faktor: 1.5-2.0)
- Der Schalenansatz mit Ausgangsdicken liefert um einen Faktor 3 zu hohe Anfangssteifigkeiten.
- Eine Simulation mit Schalenansatz und Schaumdickenmapping liefert etwas bessere Ergebnisse, ist allerdings noch immer deutlich zu steif.
- Wird beim Schalenansatz die Decklagenausdünnung sowie die Schaumdicke mit betrachtet liegt das Kraftniveau etwa bei der Solid-Simulation mit Ausgangsdicken.

- Vollständiges Mapping des Schaums und der Decklagendicken
- Erzeugung von Solid-Netzen mittels Mapping und Offsetfunktionen
- Verbesserte Schaum- und Decklagenmaterialmodelle
- Analyse des Einflusses der Elementgröße