



## **Numerische Simulation von Sandwichblechen in Umformprozessen**

LS-DYNA Forum, 9. - 10. Oktober 2012, Ulm

S. P. Li, Prof. Dr.-Ing. A. E. Tekkaya, Dr. H. Verhoeven



# Inhalt

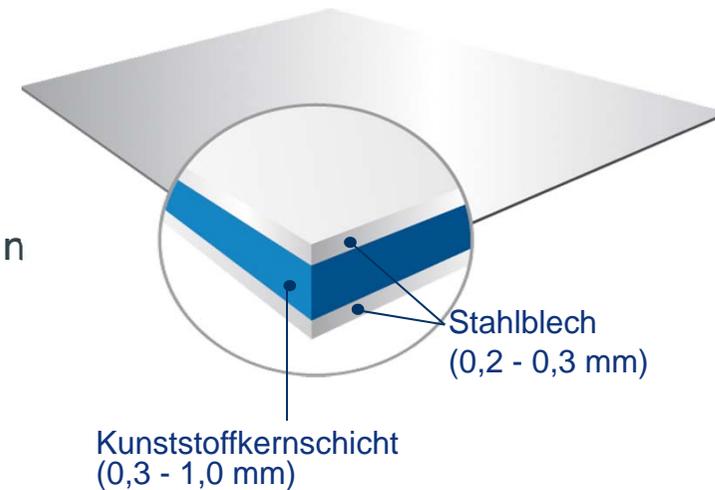
- 1 Sandwichblech aus Stahl/Kunststoff
- 2 Herausforderungen in der Umformsimulation
- 3 Element- und Materialmodellierung
- 4 Experimentelle Validierung
- 5 Ausblick



# 1 Sandwich-Leichtblech

## Eigenschaften:

- Schubsteif verklebte Schichten
- Dünne Deckbleche bis DP-Stahl
- Symmetrisch und asymmetrische Aufbauten



## Vorteile\*:

- Hohe spezifische Biegesteifigkeit
- Ca. 30 % günstiger bei nur 10% Mehrgewicht gegenüber Alu
- Geeignet für kathodische Tauchlackierung bis 210° C

\*Laut Pressemitteilung von ThyssenKrupp Steel Europe vom 23.04.2012

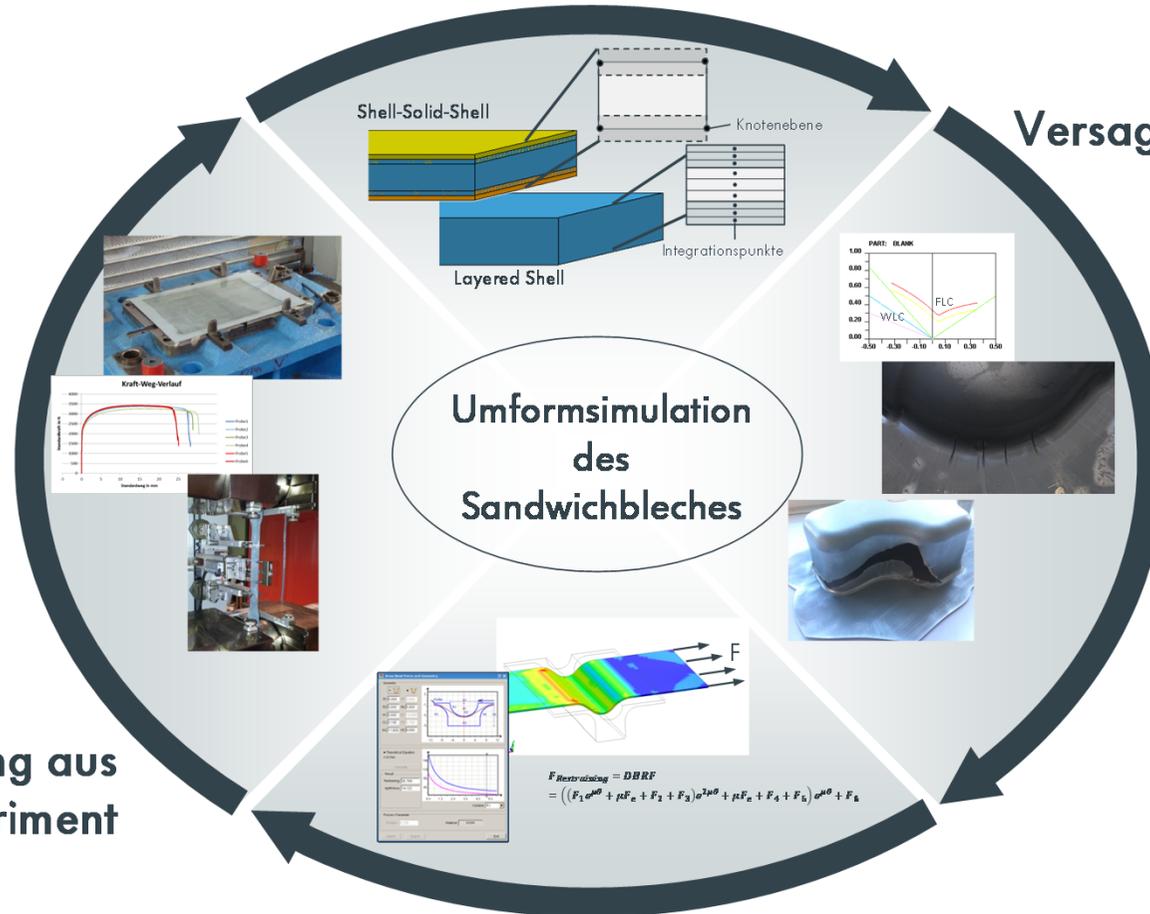
# 2 Herausforderungen in der Umformsimulation

Element- und Materialmodell

Versagensvorhersage

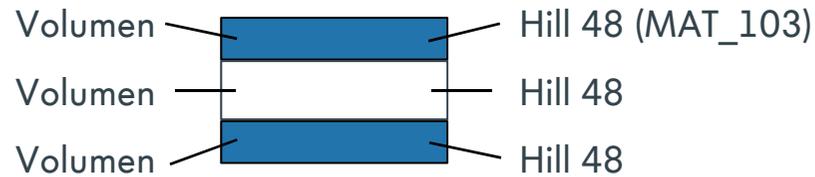
Validierung aus Experiment

Ziehleistenersatzmodell

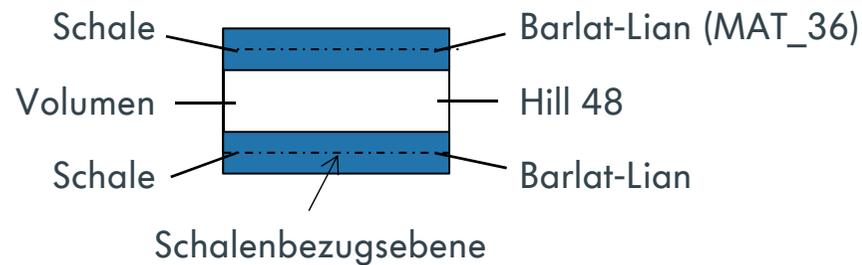


# 3 Element- und Materialmodellierung

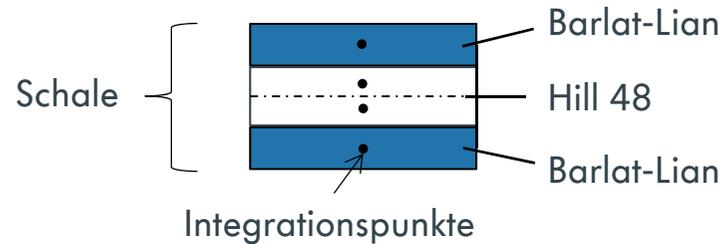
## Volumen-Volumen-Volumen (VVV)



## Schale-Volumen-Schale (SVS)

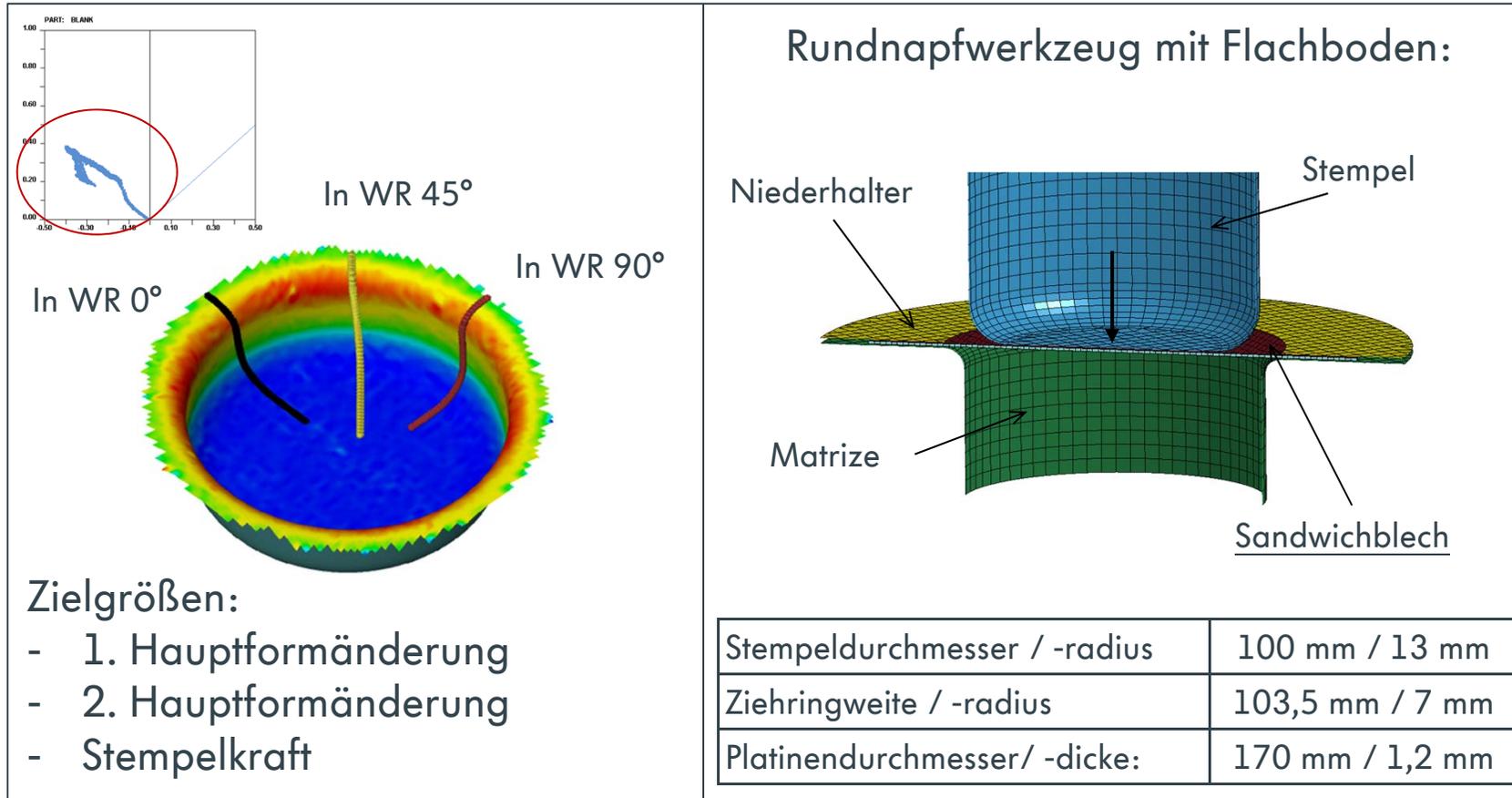


## Layered Shell (LS)



# 4 Experimentelle Validierung

## Versuch und Simulation des Rundnapfs mit Sandwichblech



# 4 Experimentelle Validierung

## Variation der Modellparameter

Parametervariation	Referenz	Varianten
E-Modul Kunststoff	1 GPa	5 Gpa / 10 GPa
Elementformulierung	ELFORM=16 (Shell) bzw. 2 (Solid)	ELFORM=2 (Shell) bzw. 1 (Solid)
MAT-Modell Kunststoff	MAT_103	MAT_089 / MAT_169
MAT-Modell Deckblech	MAT_36 (Shell) bzw. MAT_103 (Solid)	MAT_24 / MAT_122
Reibwerte	0,05	0,10 / 0,15 / 0,20
Elementkantenlänge	2 mm	1 mm / 4 mm

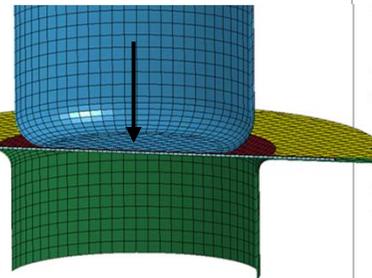
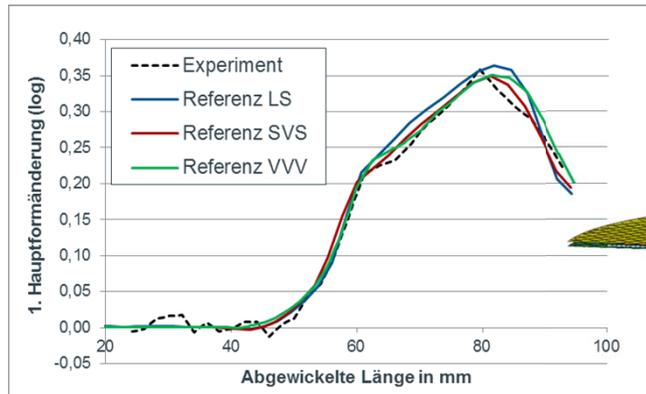
- \*MAT\_24 (\_PIECEWISE\_LINEAR\_PLASTICITY)
- \*MAT\_36 (\_3\_PARAMETER\_BARLAT)
- \*MAT\_89 (\_PLASTICITY\_POLYMER)
- \*MAT\_103 (\_ANISOTROPIC\_VISCOPLASTIC)
- \*MAT\_122 (\_HILL\_3R)
- \*MAT\_169 (\_ARUP\_ADHESIVE)



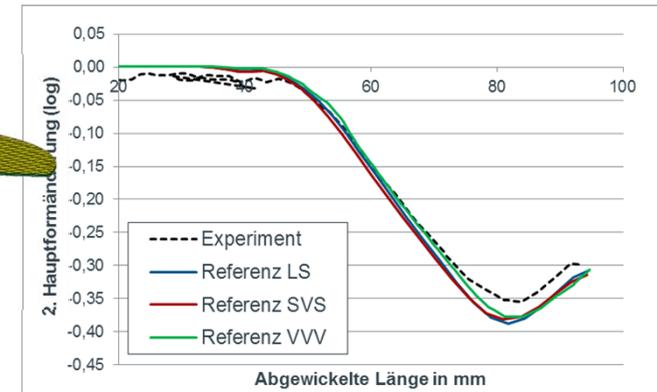
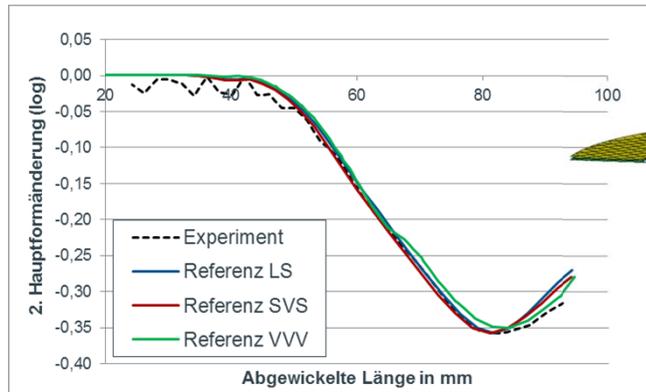
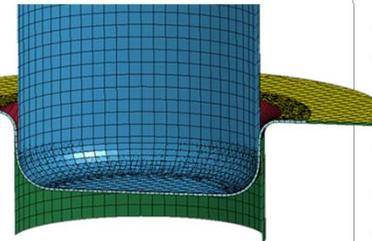
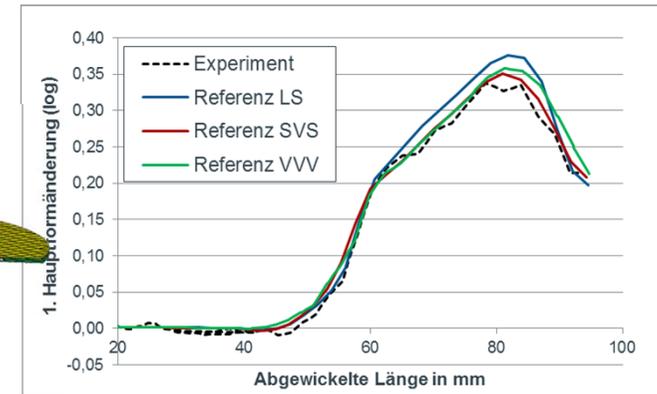
# 4 Experimentelle Validierung

## Ergebnisse mit Referenzmodellen

Ergebnisse in Walzrichtung:



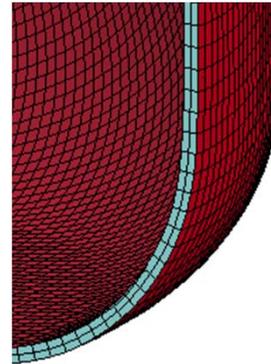
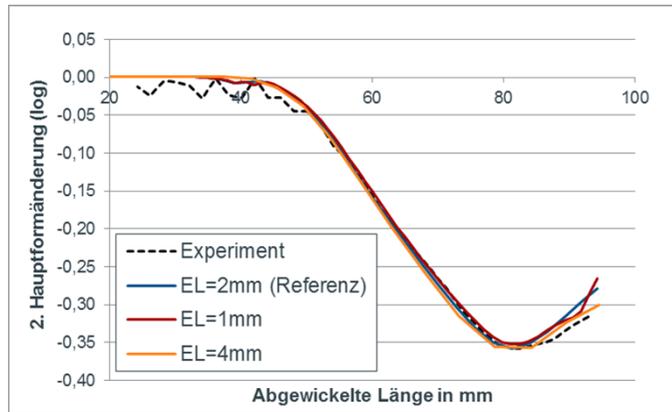
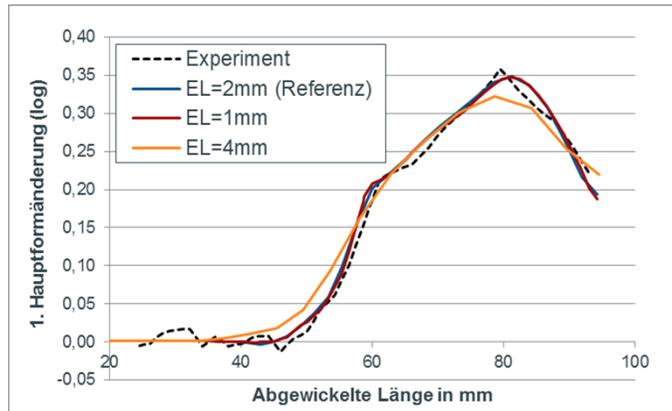
Ergebnisse gegen Walzrichtung:



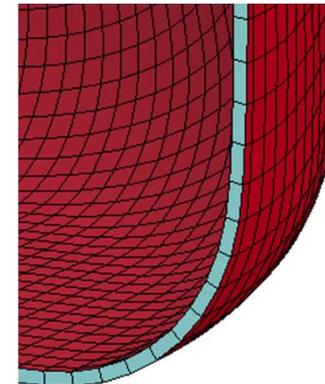
# 4 Wesentliche Ergebnisse des Rundnapfs

## Vernetzung SVS

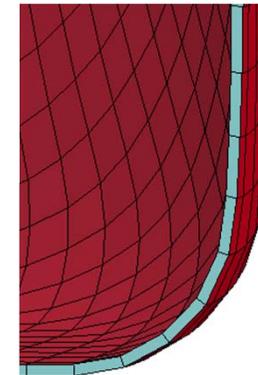
Ergebnisse in Walzrichtung:



Elementkantenlänge  
= 1 mm



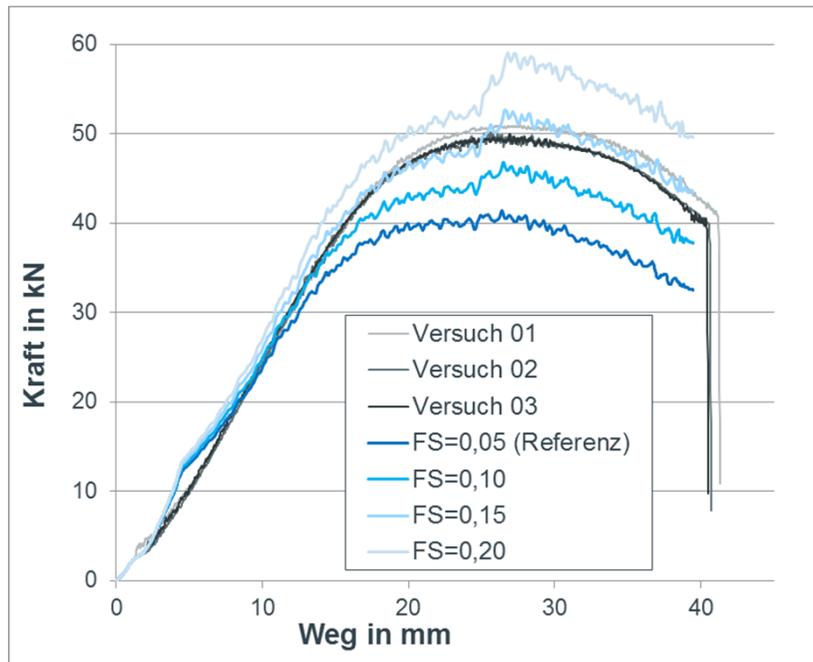
Elementkantenlänge  
= 2 mm (Referenz SVS)



Elementkantenlänge  
= 4 mm

# 4 Wesentliche Ergebnisse des Rundnapfs Stempelkraft und Rechenzeiten

Stempelkraft-Weg-Verlauf mit LS:

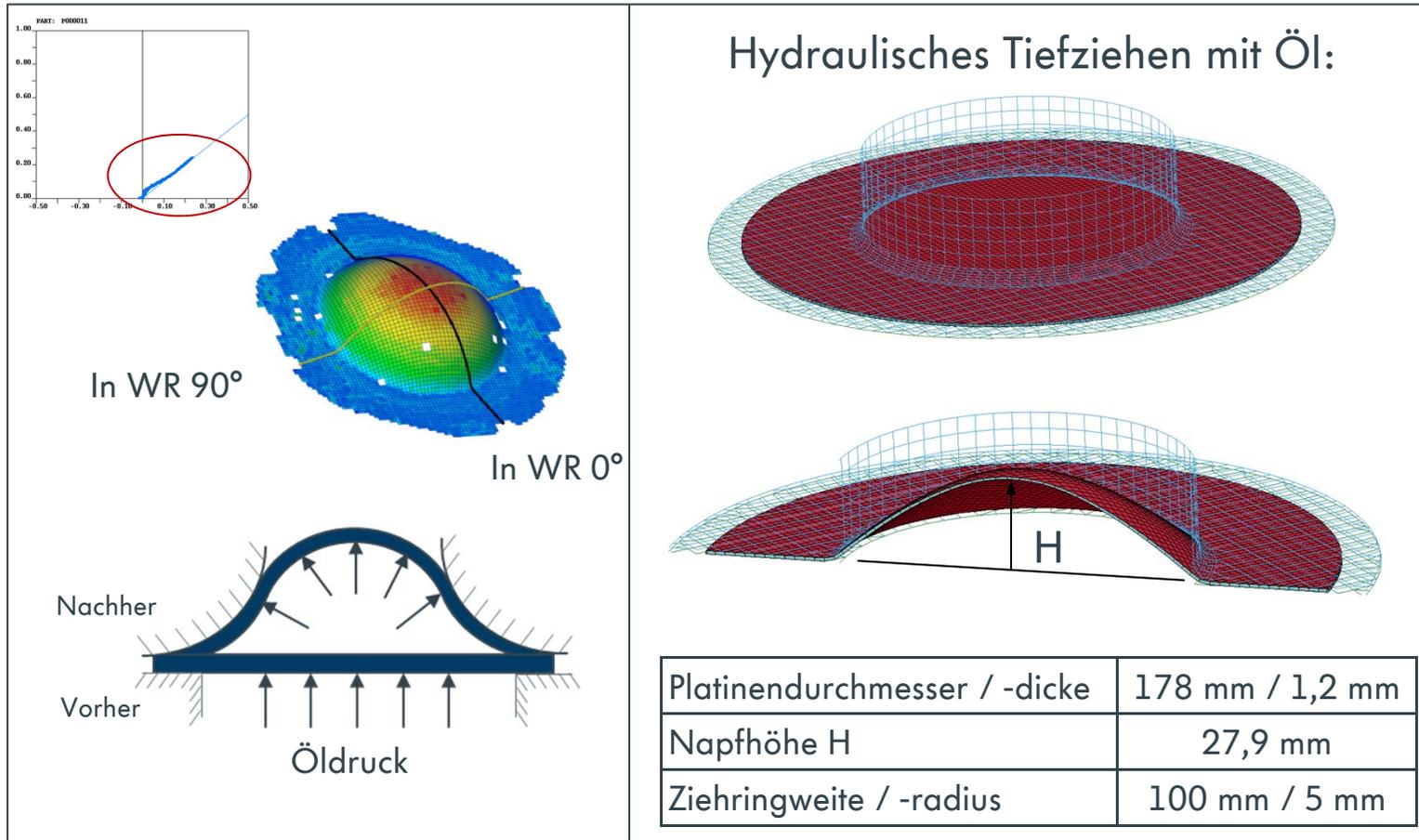


Vergleich der CPU-Stunden:

Modell	CPU-Time (normalisiert)
LS - Referenz	21,47 h
SVS - Referenz	21,03 h
VVV - Referenz	98,05 h
LS - Reduzierte Integration	6,28 h
SVS - Reduzierte Integration	6,65 h
VVV - Reduzierte Integration	45,92 h
LS - Feine Diskretisierung	78,28 h
SVS - Feine Diskretisierung	123,83 h

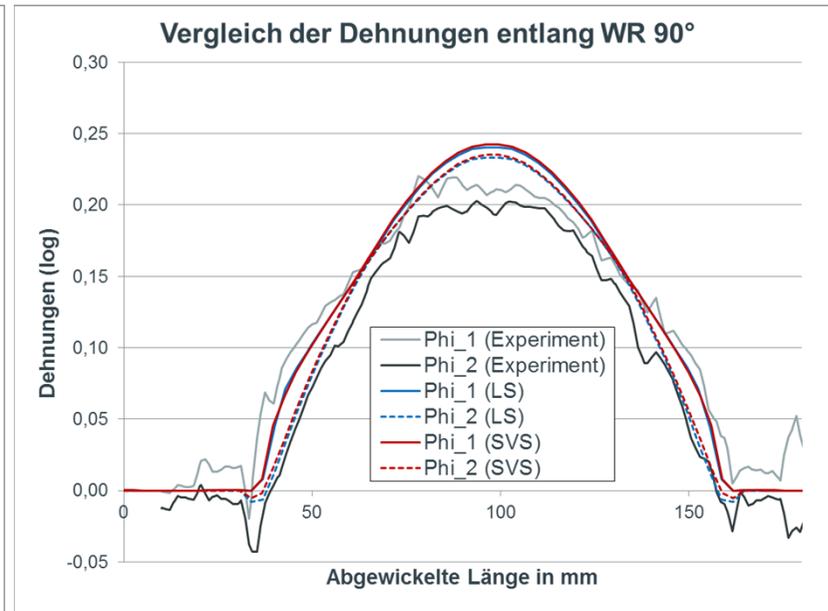
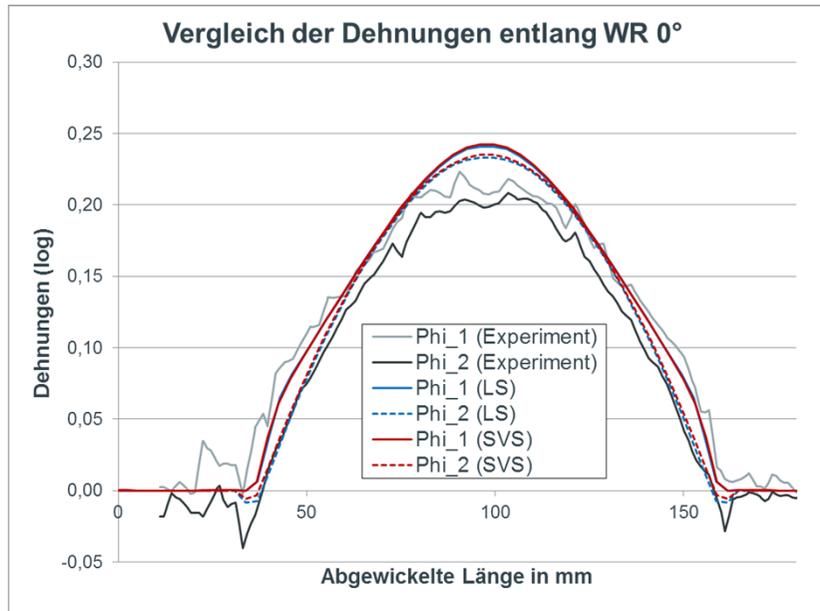
# 4 Experimentelle Validierung

## Bulge Test und Simulation



# 4 Ergebnisse vom Bulge-Forming

## Vergleich der Hauptformänderungen



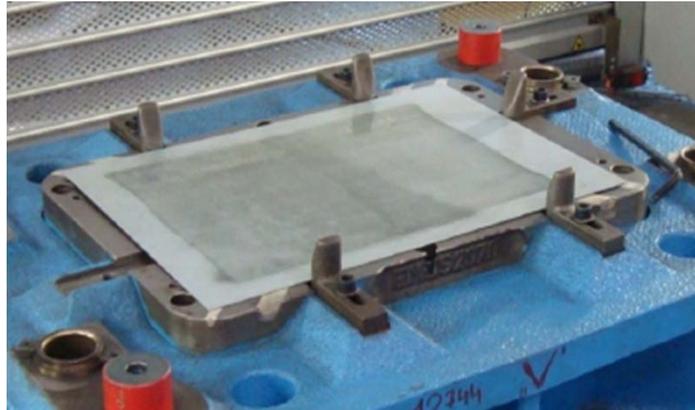
## 4 Fazit

- Aufwand zur Ermittlung des E-Moduls vom Kunststoff kann in Grenzen gehalten werden
- Rechenzeit mit SVS-Modell bei hinreichendem Diskretisierungsgrad vergleichbar mit äquivalentem LS-Modell
- Eine Volumenelementschicht ist für das SVS-Modell in den meisten Fällen ausreichend
- Aus globaler Sicht ist für die meisten Anwendungen Layered Shell ausreichend
- Detailuntersuchung bei scharfen Radien und Biegung stellt das SVS-Modell die bessere Alternative dar



# 5 Abpressversuch mit Versuchswerkzeug

## Test von 2 Varianten



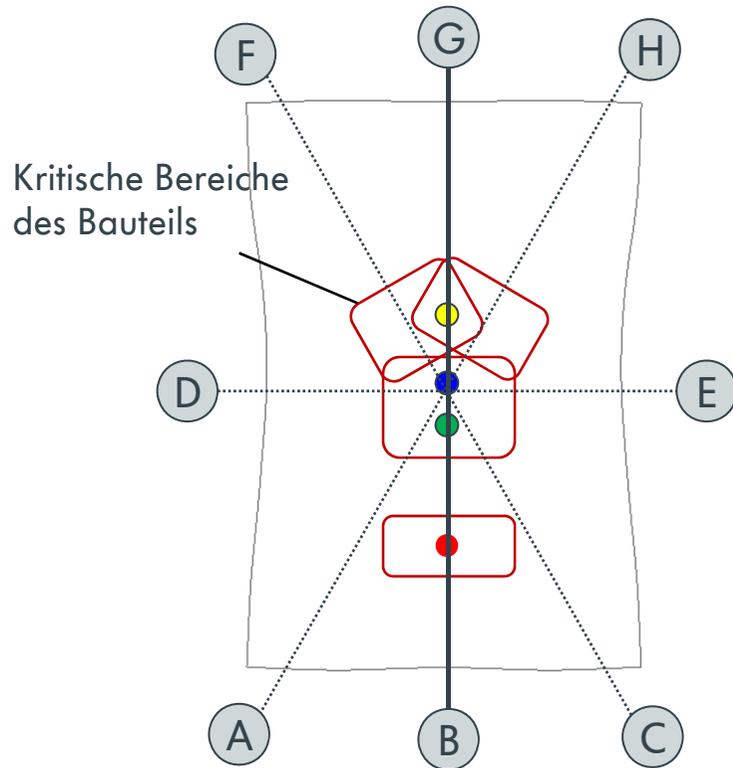
Berasterte Platine (ARGUS)  
auf Blechhalter

- 1. Variante: Niedrige Niederhalterkraft, Beölung beidseitig, rissfrei
- 2. Variante: Hohe Niederhalterkraft, trocken gezogen, Riss
- Platinengröße: 540mm x 370mm
- Aufbau: Deckbleche aus IF-Stahl (0,25mm-0,60mm-0,25mm)

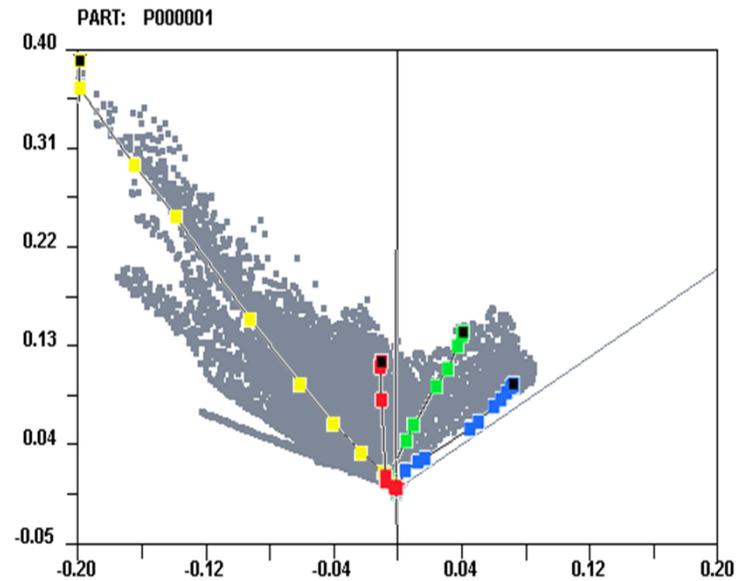
# 5 Abpressversuch mit Versuchswerkzeug

## Verschiedene Dehnungspfade

Bauteilkontur mit Schnitten für Auswertung:

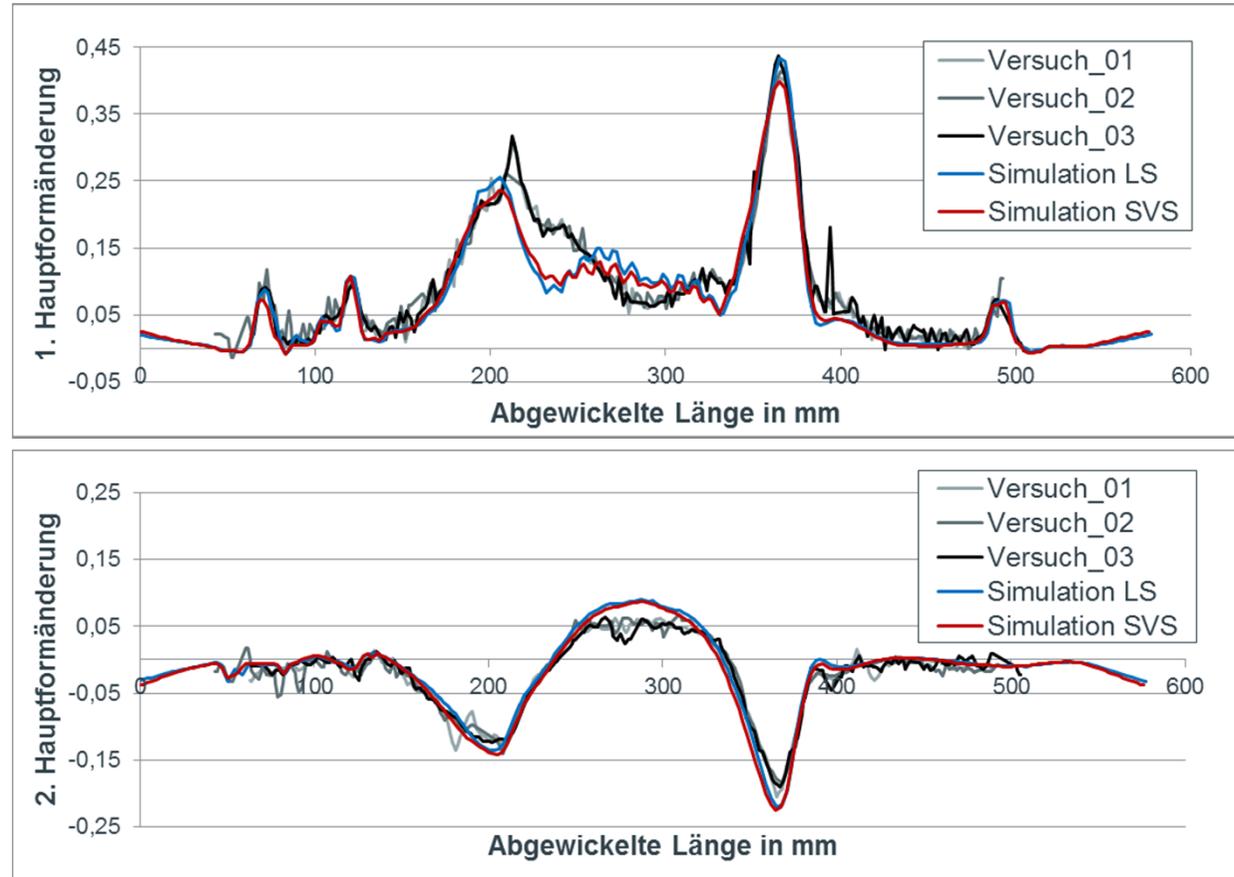


Dehnungspfade auf Schnitt BG:



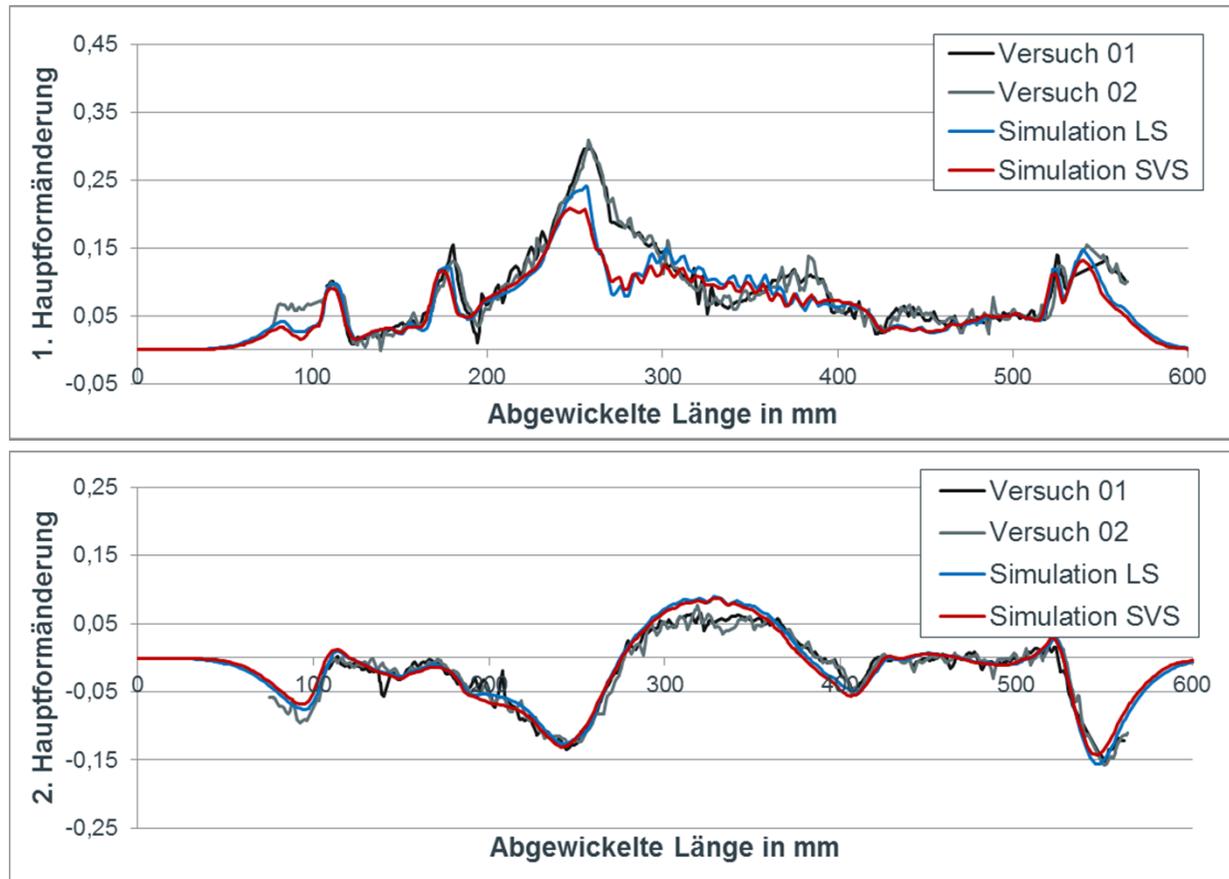
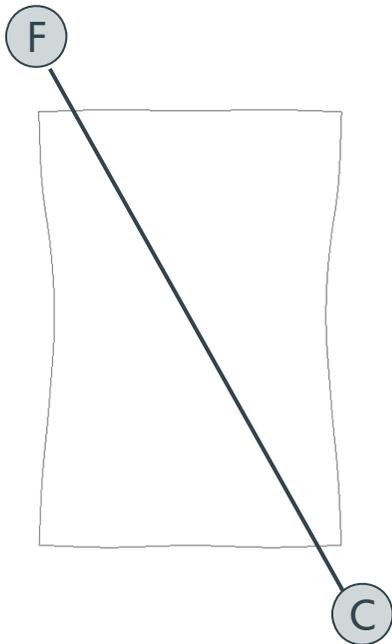
# 5 Auswertung der 1. Variante

## Dehnungen entlang Schnitt BG



# 5 Auswertung der 1. Variante

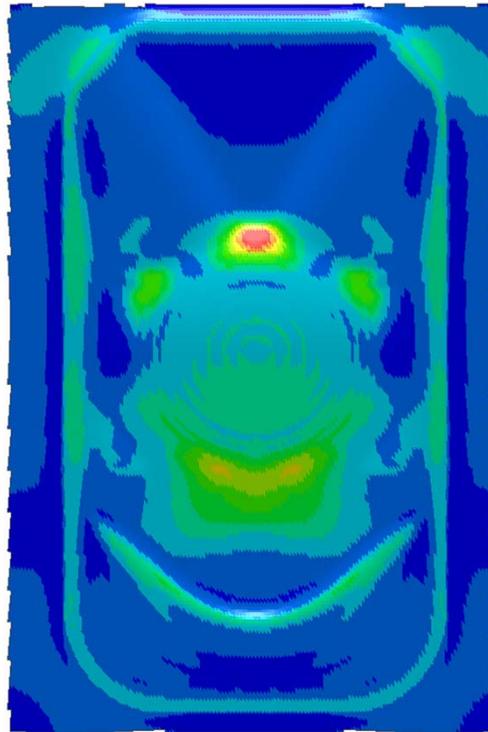
## Dehnungen entlang Schnitt CF



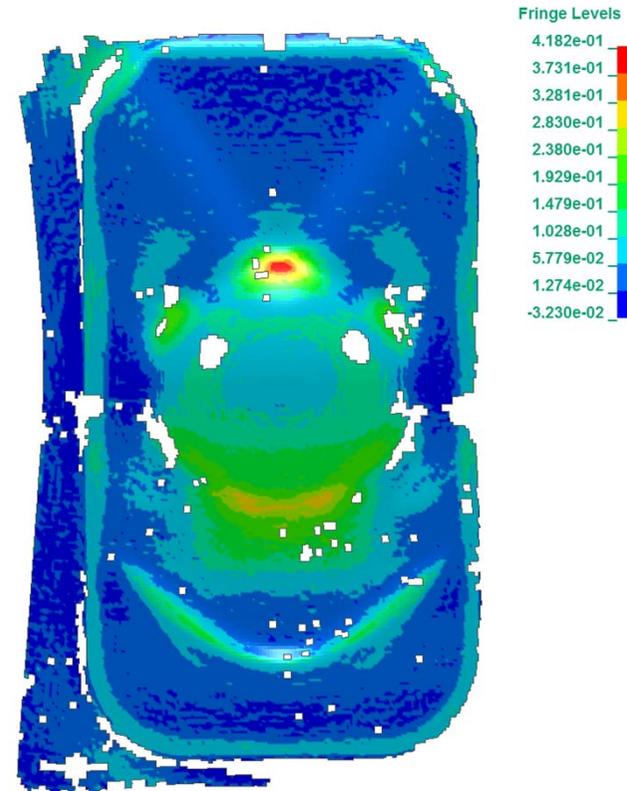
# 5 Auswertung der 1. Variante

## Fringe-Vergleich der 1. Hauptformänderung

Simulation mit SVS:



Versuchsauswertung mit GOM:



## 5 Fazit

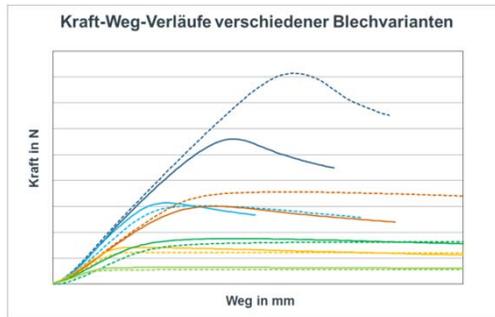
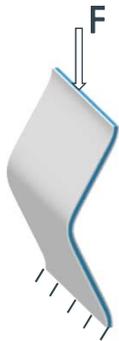
- LS und SVS beschreiben die Deformation in hinreichender Qualität, sowohl die 1. Variante (Rissfrei) als auch die 2. Variante (Riss)
- LS und SVS ergeben ähnliche Dehnungsverläufe
- Bei komplexeren Versuchswerkzeugen erschwert die Suche nach den passenden Reibungswertpaaren die Validierung
- Weitere Stellgrößen: Niederhalterkraft, Position der Platine, Prozessdefinition, Diskretisierungsgrad, usw.



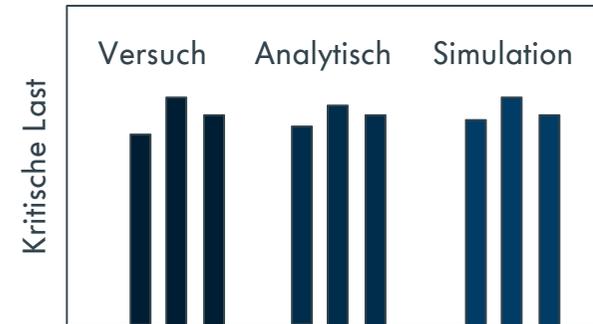
# 6 Ausblick

## Plastische Stabilität und Faltenbildung

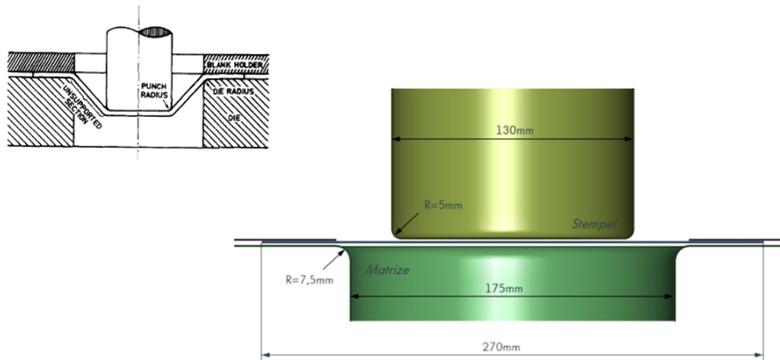
Plastische Stabilität beim einachsigen Druck:



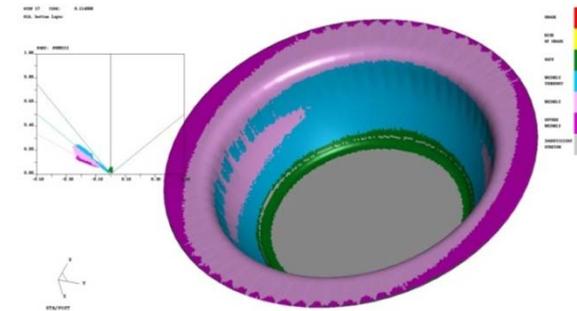
Vergleich der maximalen Traglasten:



Napfzug nach Havranek (1975):



Faltenvorhersage mittels Wrinkling Limit Curve im FLD:





**Vielen Dank!**

