









Analyse der zu einer verzögerten Rissbildung führenden umformtechnischen Randbedingungen

Matti Teschner, Matthias Schneider, Dr. Manuel Otto

Bamberg, 10. Oktober 2016

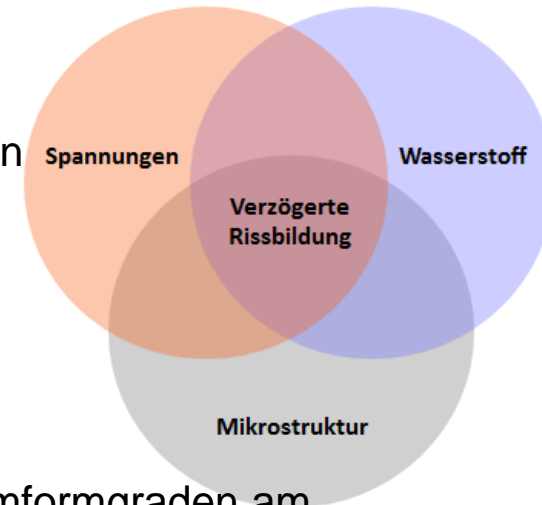
Agenda

-  **Motivation**
-  Versuchsdaten
-  Simulationsmodell und Versuchsmatrix
-  Kriterium zur Vorhersage verzögerter Rissbildung
-  Untersuchung eines Sitz-Lehnen-Seitenteils
-  Fazit und Ausblick

Motivation

Problemstellung

- ▶ Kritische Umformgrade bei Tiefziehteilen ▶ verzögerte Rissbildung möglich
- ▶ Besonders hochfeste Stähle betroffen ▶ schränkt Einsatzbereich ein
- ▶ Ursache: kritische Kombination aus Umformgrad, anliegender Zugspannung und diffusiblen Wasserstoffanteil



Ziel

- ▶ Kriterium zur Vorhersage von verzögerter Rissbildung bei hohen Umformgraden am Beispiel eines hochfesten Stahls

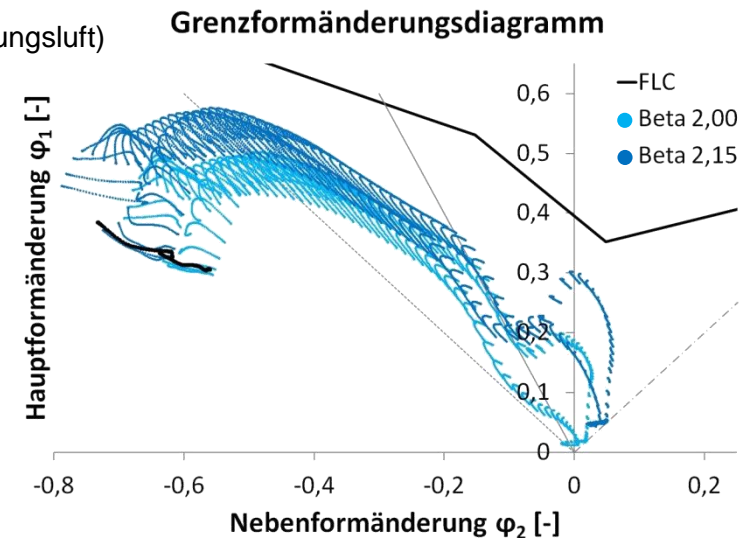
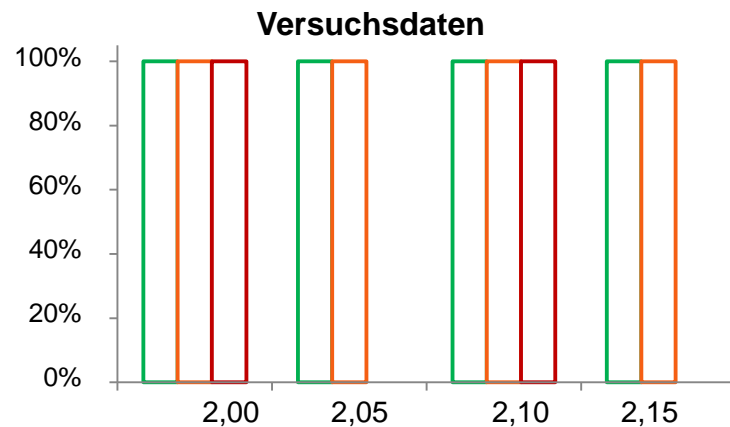
Vorgehensweise

- ▶ Experimentelle und numerische Versuchsreihen
- ▶ Ableiten von Zusammenhängen ▶ Entwicklung eines Kriteriums zur Vorhersage

Versuchsdaten

Übersicht der experimentellen Versuchsreihen

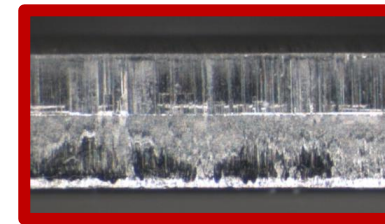
- ▶ Tiefziehen von Rundnäpfen: hochfester Stahl, \varnothing 50 mm und 1,0 mm Blechdicke
- ▶ Untersuchung von 3 Schnittkantenqualitäten: gute und schlechte Laserkante sowie gestanzt
- ▶ Ziehverhältnisse: von 2,00 bis 2,15 (Auslagerung bei Umgebungsluft)



gute Laserkante



schlechte Laserkante

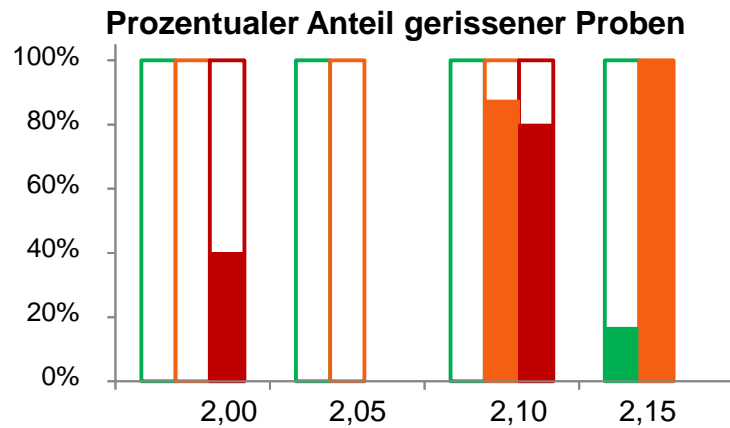


gestanzte Kante

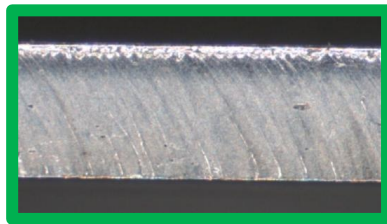
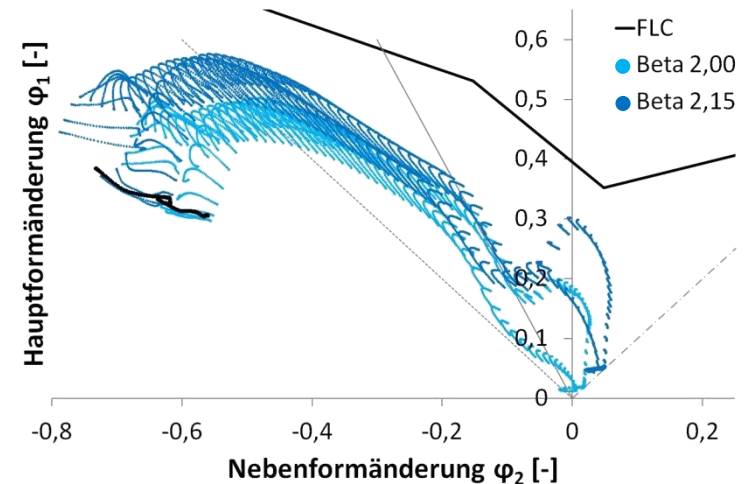
Versuchsdaten

Übersicht der experimentellen Versuchsreihen

- ▶ Tiefziehen von Rundnäpfen: hochfester Stahl, \varnothing 50 mm und 1,0 mm Blechdicke
- ▶ Untersuchung von 3 Schnittkantenqualitäten: gute und schlechte Laserkante sowie gestanzt
- ▶ Ziehverhältnisse: von 2,00 bis 2,15 (Auslagerung bei Umgebungsluft)



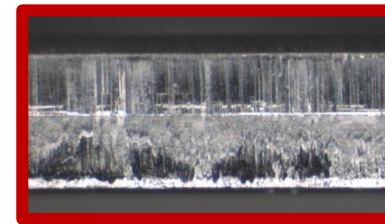
Grenzformänderungsdiagramm



gute Laserkante



schlechte Laserkante

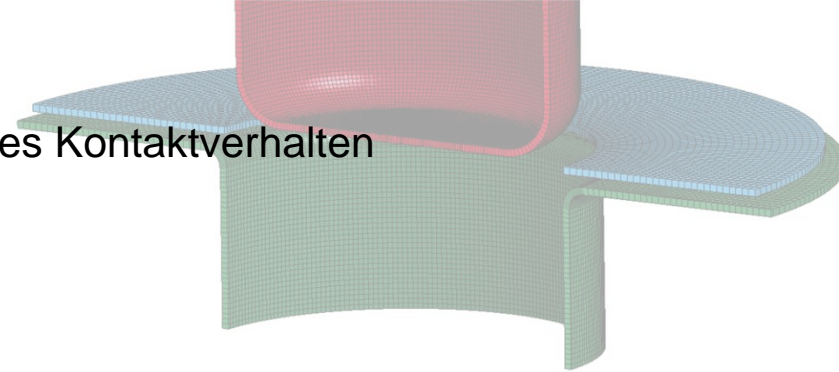
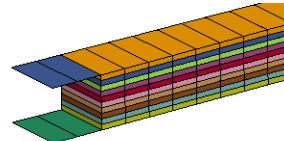


gestanzte Kante

Simulationsmodell

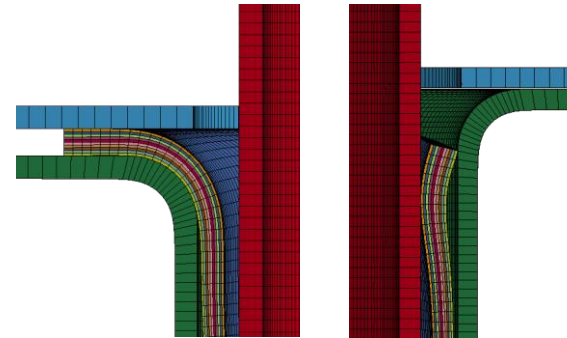
Aufbau des Simulationsmodells

- ▶ Volumenelemente statt Schalenelemente für besseres Kontaktverhalten
- ▶ Spezieller Platinenaufbau
- ▶ Zusätzliche Schalenelemente für ARGUS-Abgleich



Vorteil

- ▶ Gutes Kontaktverhalten erzielt ✓



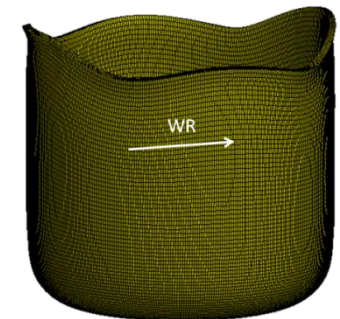
Nachteil

- ▶ 3-Parameter-Modell nach Barlat nur für Shells
 - 6-Parameter-Modell nach Barlat für Solids
- ▶ Vorgegebene Parameterermittlung ➤ falsches Fließverhalten

$$r_0 = \frac{2c^2 + ac + bc - ab}{2b^2 + bc + ab - ac}$$
$$r_{45} = \frac{18h^2 - a^2 - b^2 - ab}{2a^2 + 2b^2 + 2ab}$$
$$r_{90} = \frac{2c^2 + ac + bc - ab}{2a^2 + ab + ac - bc}$$

(J. Wang und J. Sun)¹

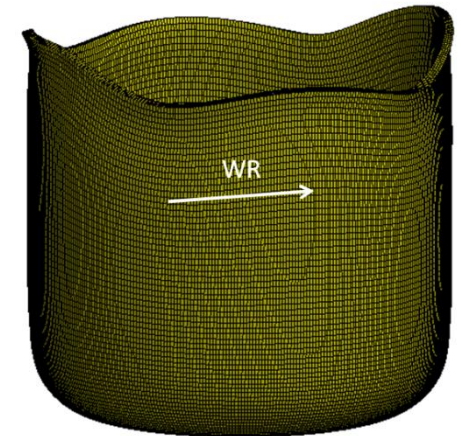
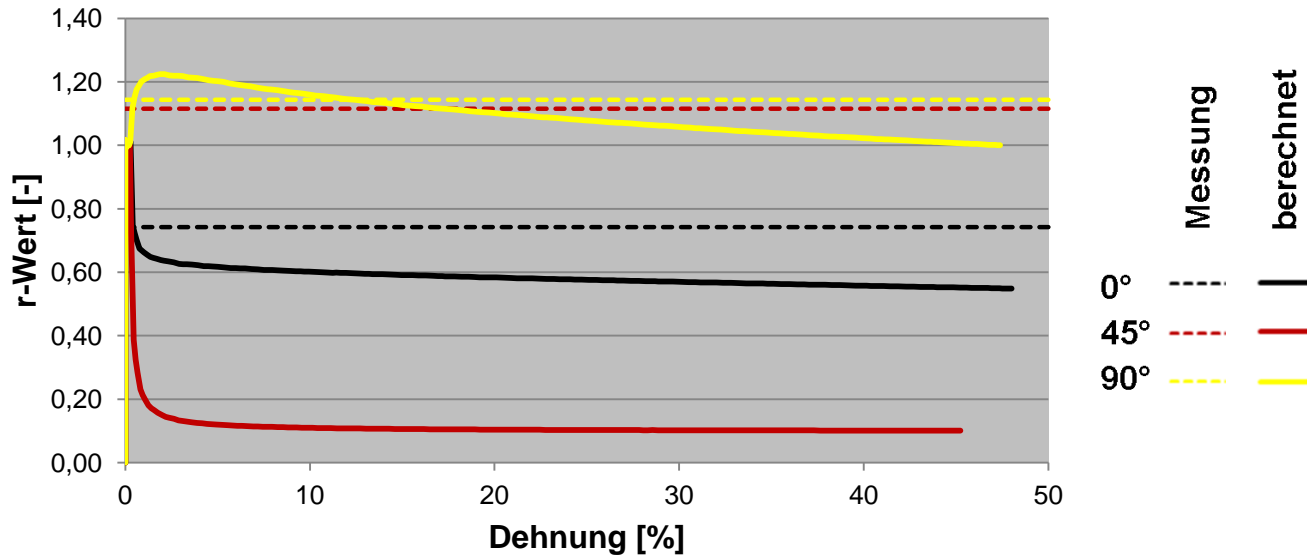
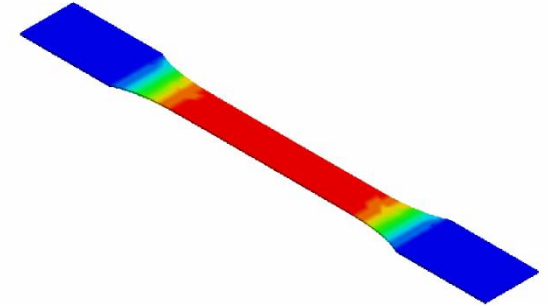
➤ Simulationsgestützte Parameterermittlung



Simulationsmodell

Parameterermittlung

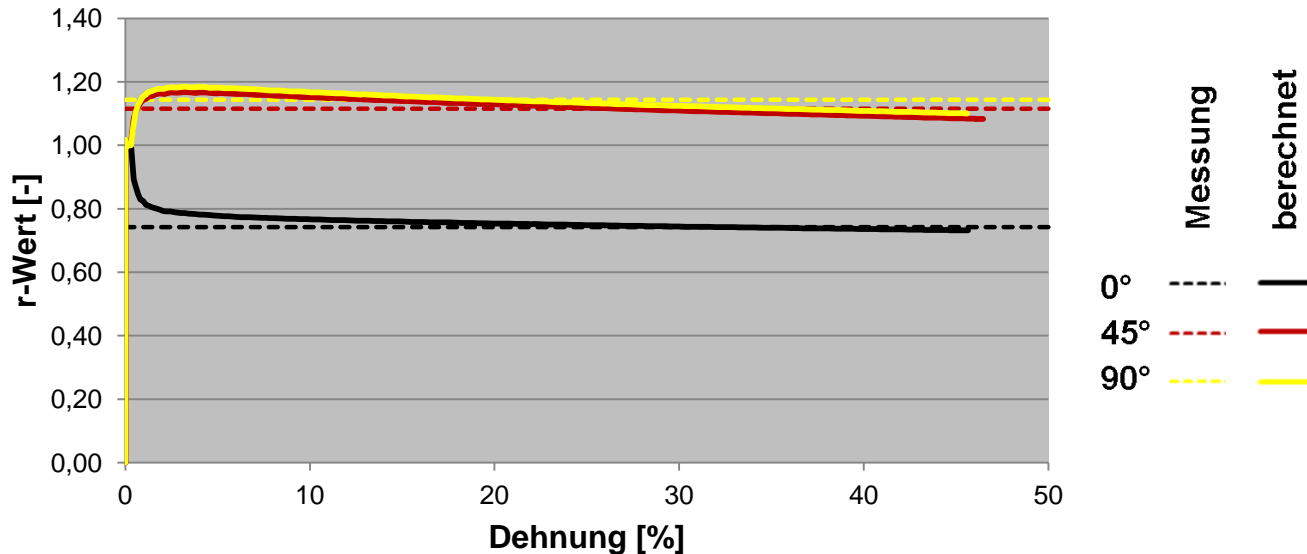
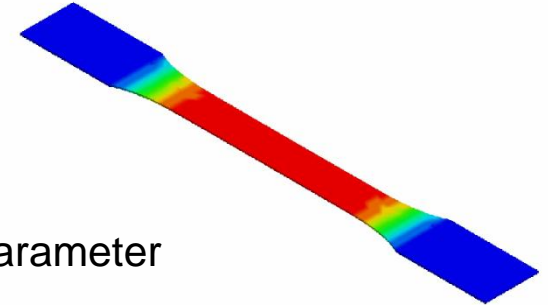
- Schritt 1: Überprüfung der Parameter durch virtuelle Zugversuche
 - keine Übereinstimmung



Simulationsmodell

Parameterermittlung

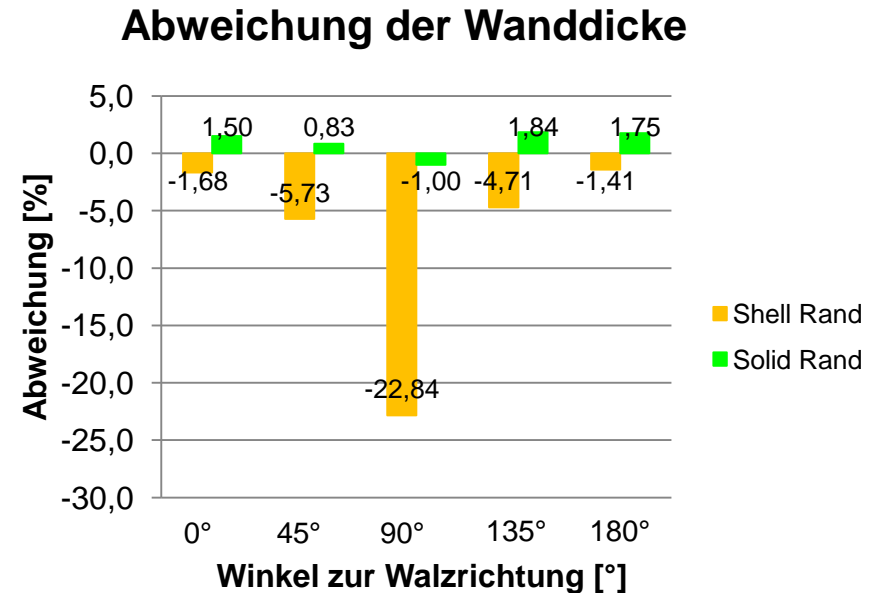
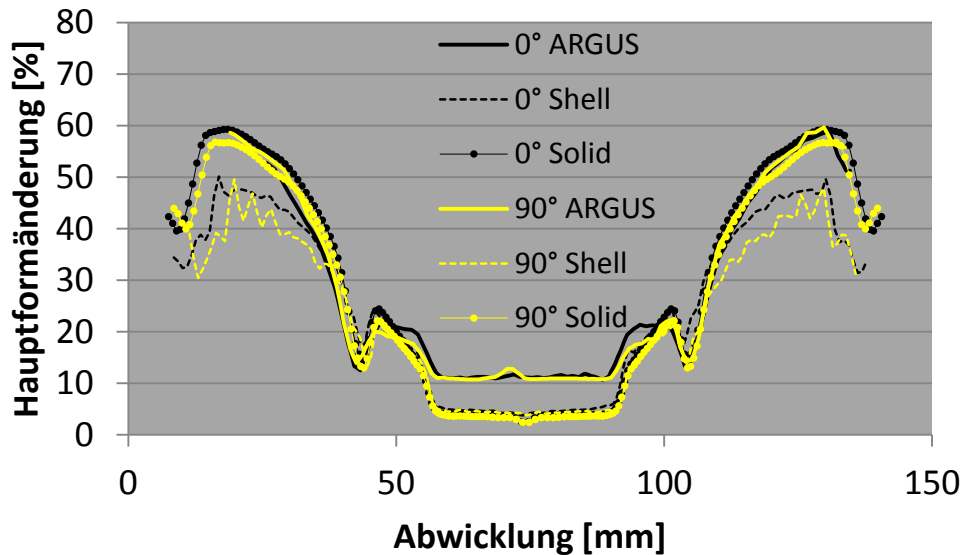
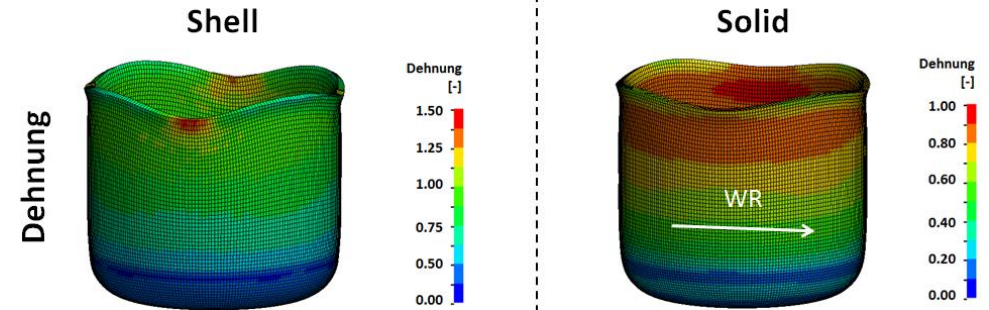
- ▶ Schritt 1: Überprüfung der Parameter durch virtuelle Zugversuche
 - keine Übereinstimmung
- ▶ Schritt 2: Inverse Parametrisierung durch gezielte Variation der Parameter
 - 8 Iterationen bis ausreichende Übereinstimmung



Simulationsmodell

Bewertung der Simulationsergebnisse

- Abgleich der globalen Dehnungsverteilung mit ARGUS
- Zusätzlicher Abgleich durch Messung mit Bügelmessschraube im Randbereich



Versuchsmatrix

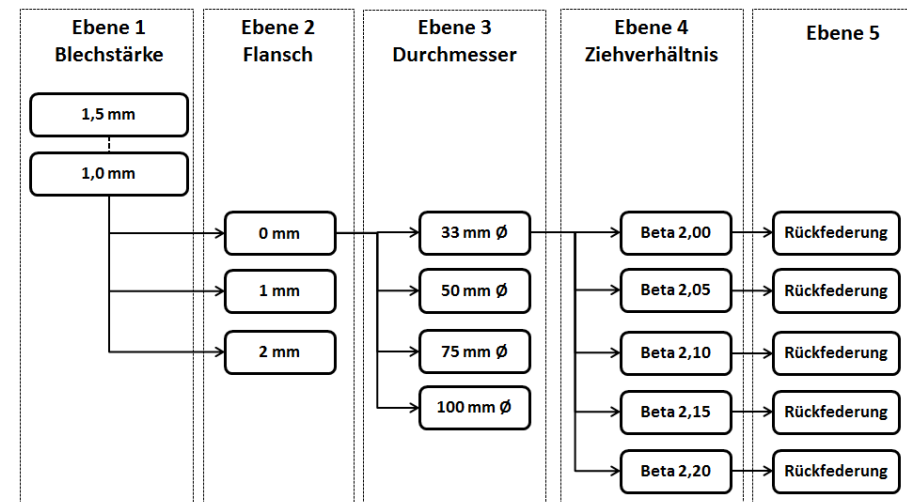
Erstellung einer virtuellen Versuchsmatrix unter Berücksichtigung von

- 2 Blechdicke 1,0 und 1,5 mm
- 3 Flanschbreiten 0, 1 und 2 mm
- 4 Napfdurchmesser 33, 50, 75 und 100 mm
- 5 Ziehverhältnisse 2,00, 2,05, 2,10, 2,15 und 2,20

= 120 Umformsimulationen

Automatisierung

- Aufbau einer Ordnerstruktur entsprechend der Versuchsmatrix
- Automatischer Start und Überwachung der Simulationen durch Batch-Programme



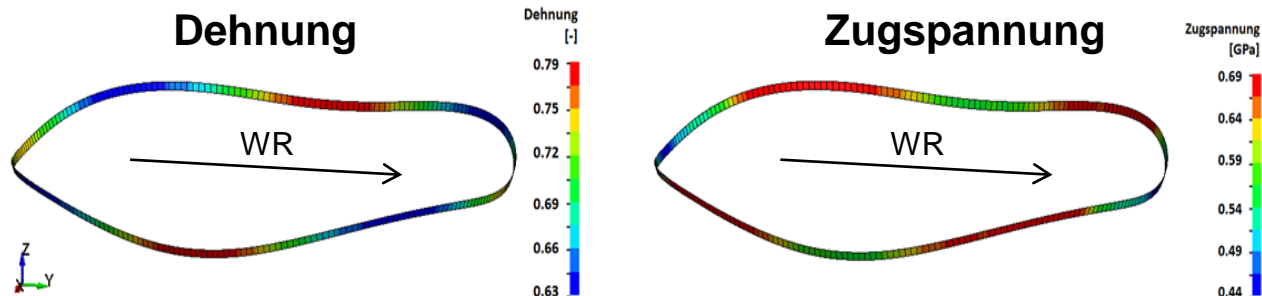
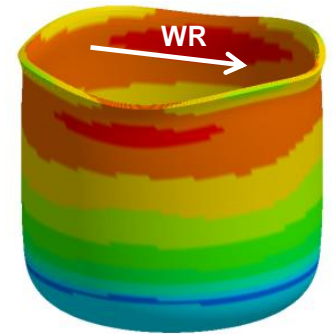
➤ 1 Doppelklick = 120 Napfsimulationen

Kriterium zur Vorhersage verzögerter Rissbildung

Vergleich der experimentellen u. numerischen Versuche

- Risse treten hauptsächlich quer zur WR auf ➤ kritischer Bereich
- In dem Bereich des Randes treten die größten Umformgrade auf
- Zugspannungen nicht maximal in dem Bereich ➤ kritische Zugspannungs-Dehnungskombinationen am Rand führen zur Rissbildung

Dehnung

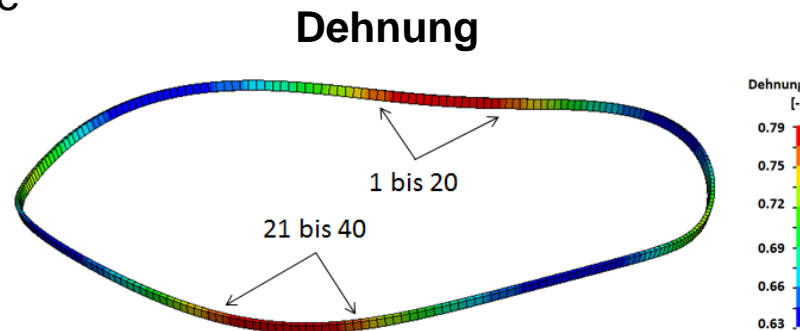
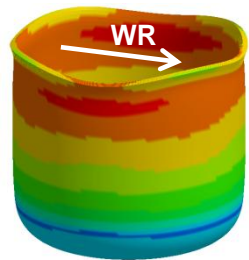


- Vergleich mit den experimentellen Versuchsdaten ➤ Aufzeigen von kritischen Spannungs-Dehnungskombinationen am Rand

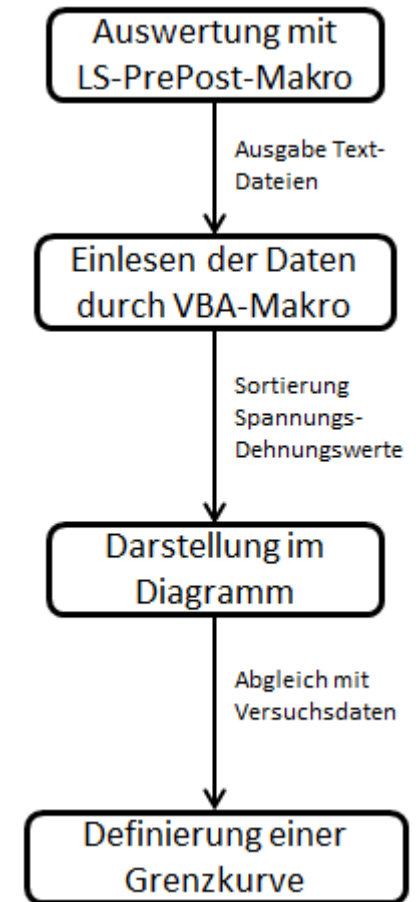
Kriterium zur Vorhersage verzögerter Rissbildung

Automatisierung der Auswertung

- ▶ LS-PrePost Makros zur Ausgabe der Zugspannungs- und Dehnungswerte der 12 Elementringe über die Dicke am Rand
- ▶ Datenimport durch VBA-Makro ▶ Sortierung der Daten
- ▶ Mittelwertbildung der 40 größten Dehnungswerte und der zugehörigen Zugspannungswerte



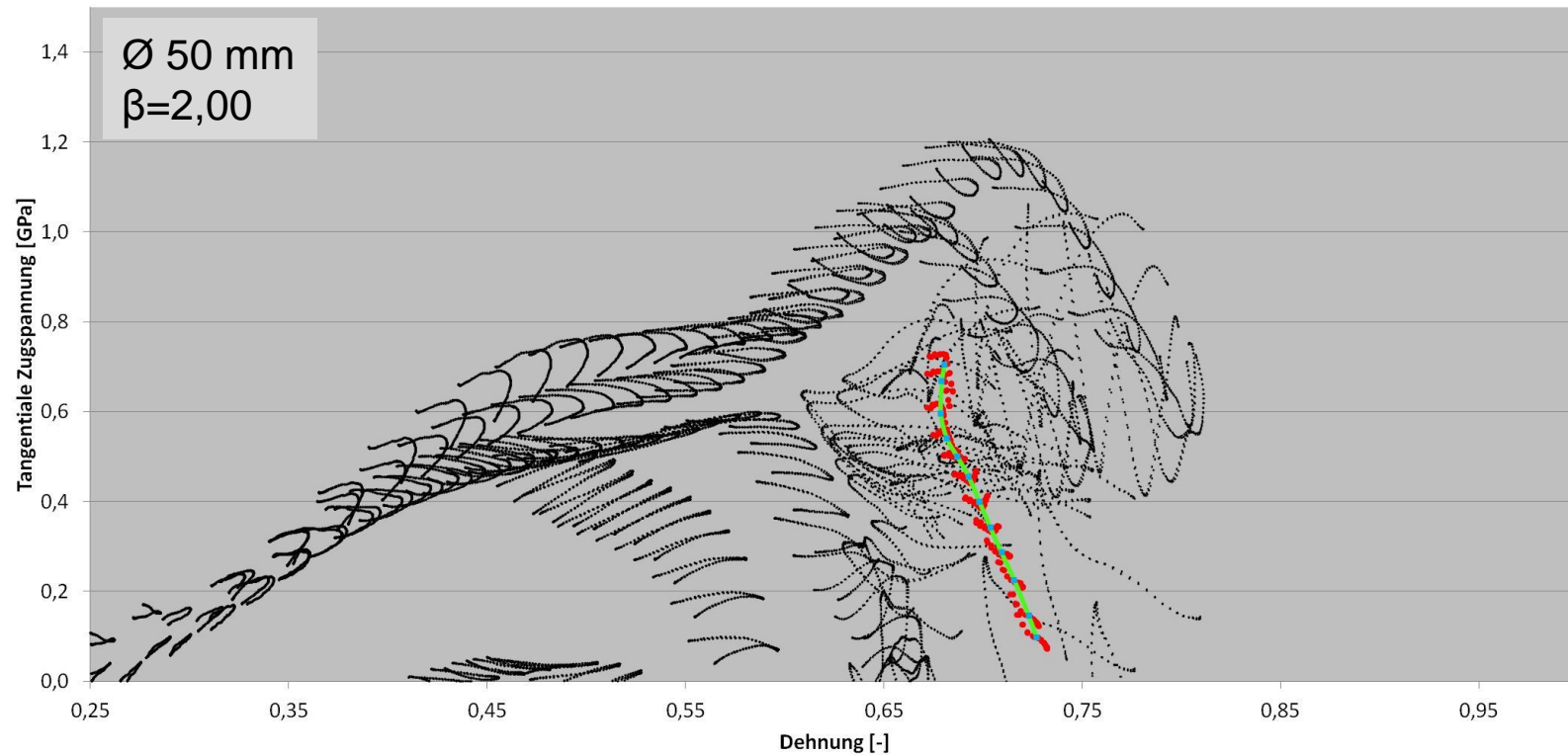
- ▶ Kurvenverlauf der Zugspannungs-Dehnungskombinationen durch 12 Elementringe über den Rand ▶ Darstellung im Diagramm



Kriterium zur Vorhersage verzögerter Rissbildung

Zugspannungs-Dehnungsverlauf am Rand für 50 mm Napfdurchmesser

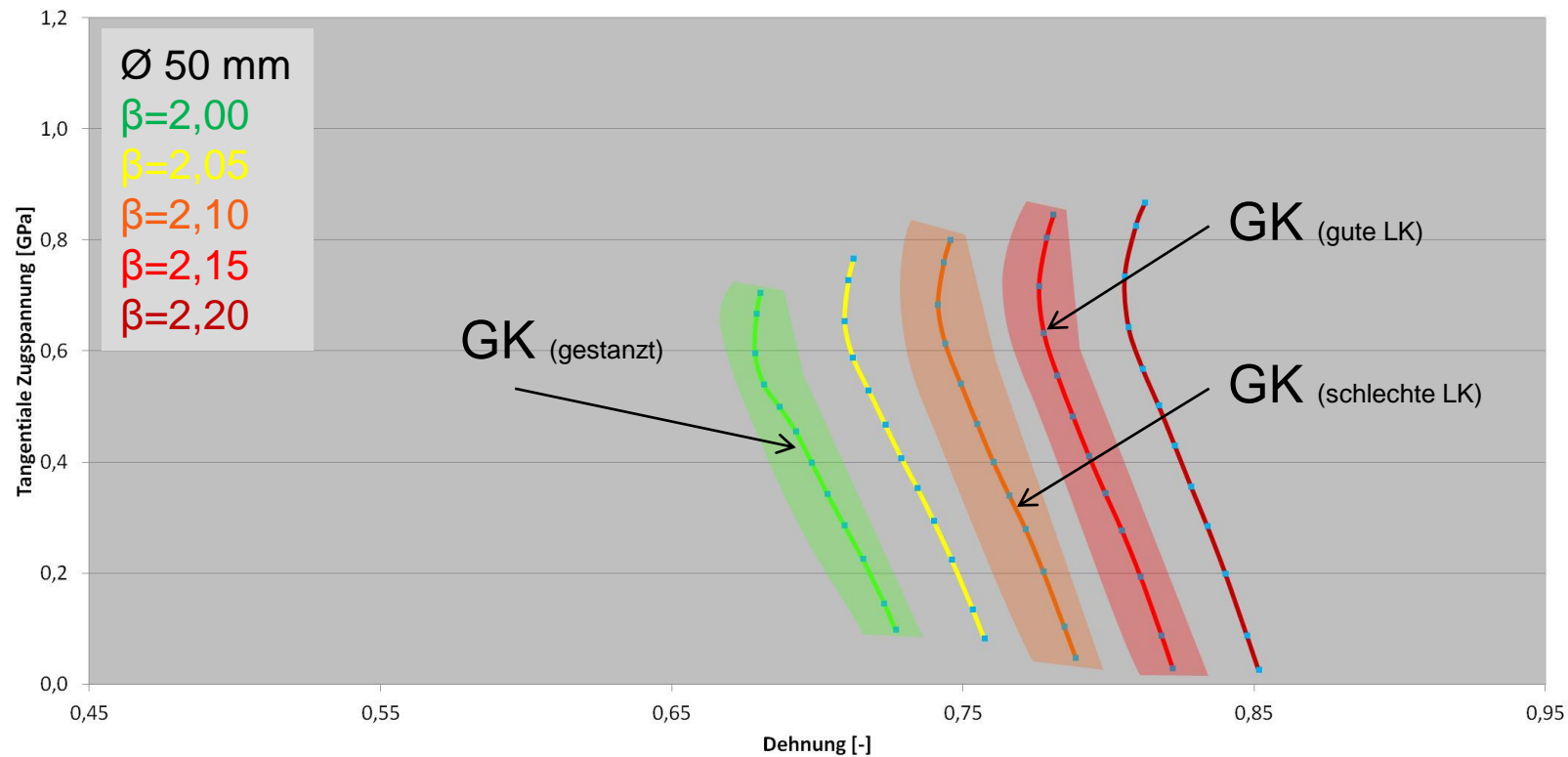
- Dehnungen und Zugspannungen nehmen mit Ziehverhältnis zu



Kriterium zur Vorhersage verzögerter Rissbildung

Zugspannungs-Dehnungsverläufe am Rand für 50 mm Napfdurchmesser

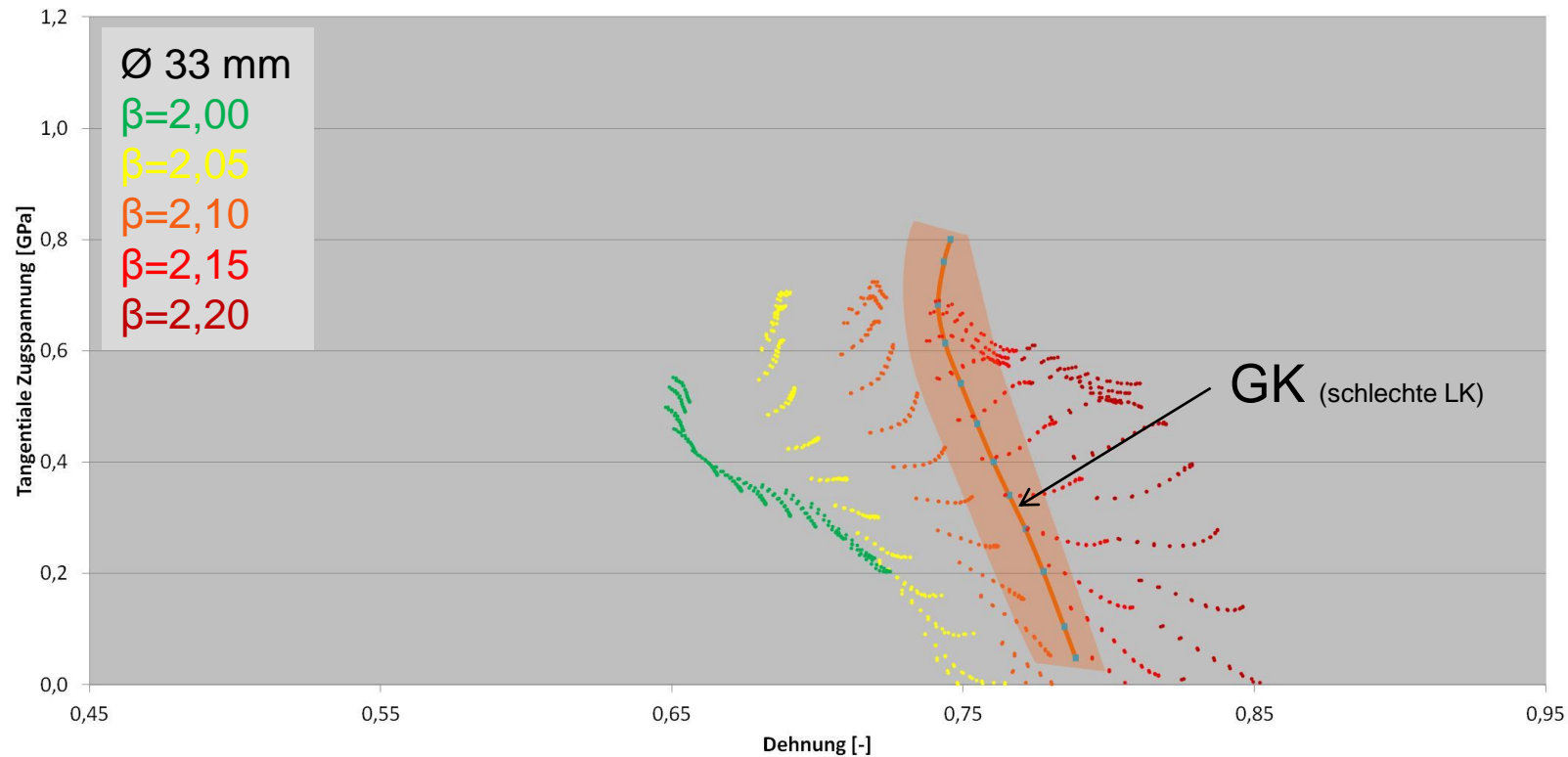
- Dehnungen und Zugspannungen nehmen mit Ziehverhältnis zu



Kriterium zur Vorhersage verzögerter Rissbildung

↻ Anwendung auf andere Napfdurchmesser

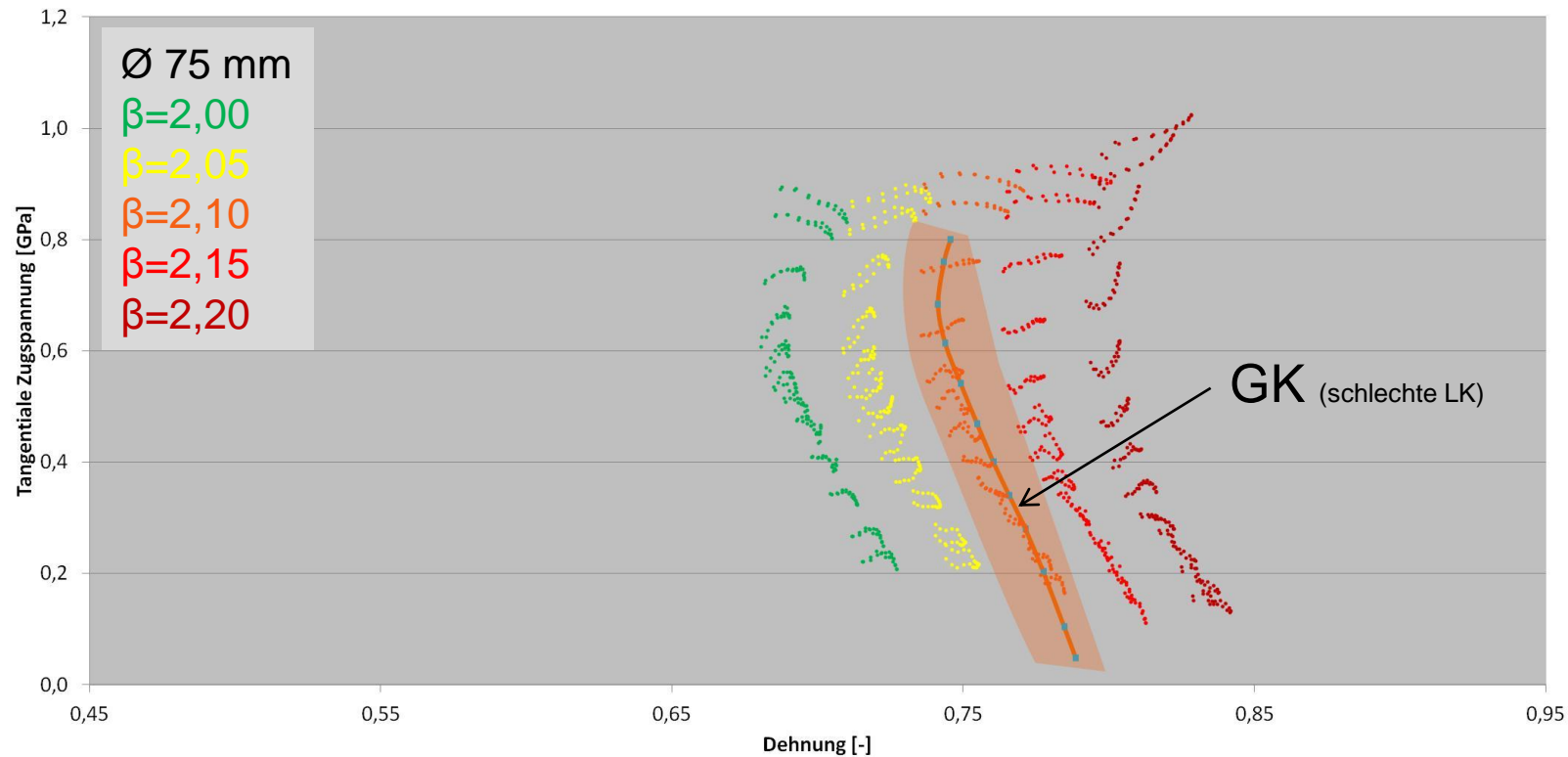
- ▶ Theoretisch auch auf kleinere und größere Napfdurchmesser anwendbar
- ▶ Weitere Napfversuche sinnvoll



Kriterium zur Vorhersage verzögerter Rissbildung

➤ Anwendung auf andere Napfdurchmesser

- Theoretisch auch auf kleinere und größere Napfdurchmesser anwendbar
- Weitere Napfversuche sinnvoll



Untersuchung eines Sitz-Lehnen-Seitenteiles

Prüfung der Anwendbarkeit

Danke an

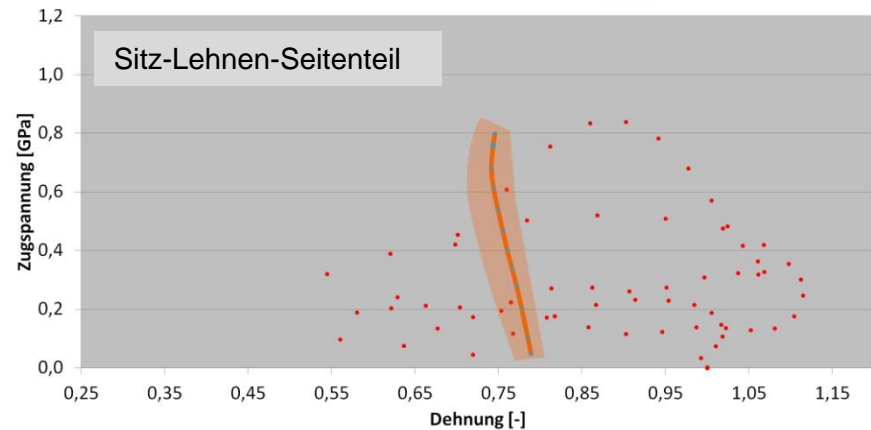
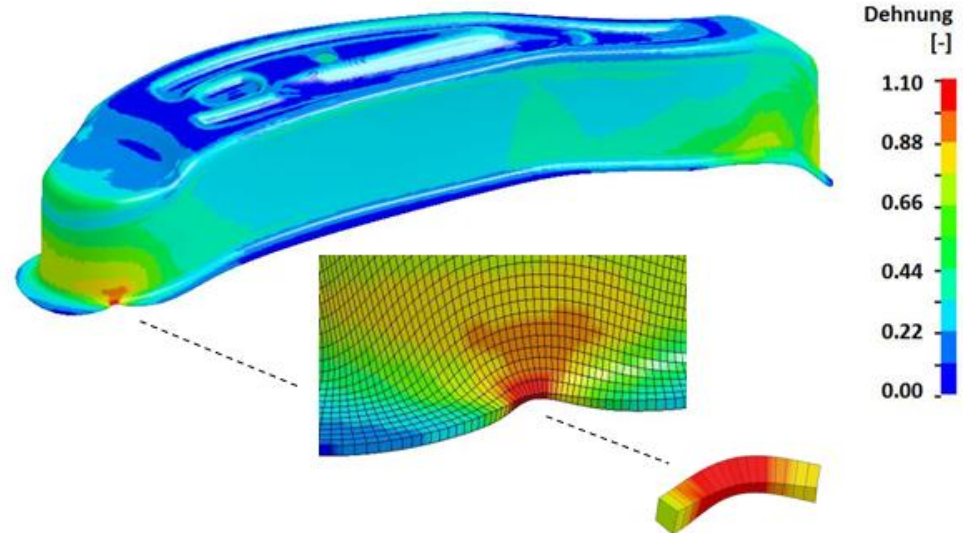


für die Werkzeugbereitstellung

Riss bei Sitz-Lehnen-Seitenteil



Plastische Dehnung



Untersuchung eines Sitz-Lehnen-Seitenteiles

Danke an

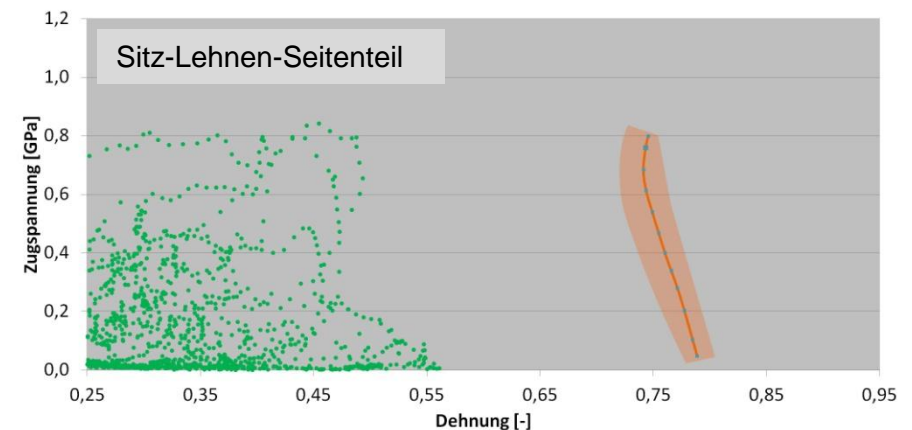
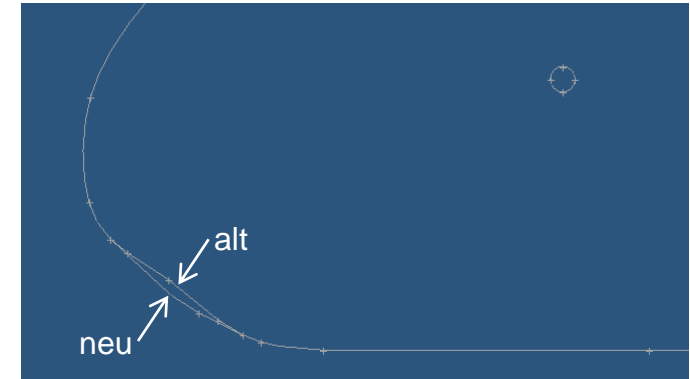
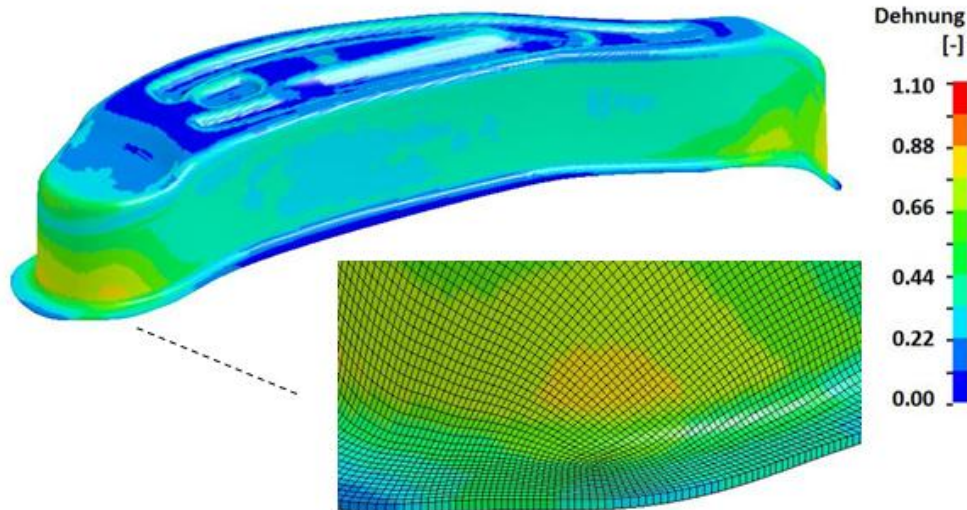


für die Werkzeugbereitstellung

↻ Anpassung der Platinen-Geometrie

- ↘ Geringe Anpassung im kritischen Bereich mit großer Auswirkung

Plastische Dehnung



↻ Zugspannungs-Dehnungskombinationen vom Rand deutlich im unkritischen Bereich

Fazit und Ausblick

Fazit

- Signifikanz des Schnittkanteneinflusses experimentell bestätigt
- Aufbau eines geeigneten Simulationsmodells ➤ Erarbeitung einer virtuellen Versuchsmatrix ➤ Automatisierung von Start und Auswertung
- Ableiten einer Grenzkurve ➤ Vorhersage von verzögerten Rissen bei kritischen Spannungs-Dehnungskombinationen

Ausblick

- Erweiterung der experimentellen Versuchsdaten um große und kleine Näpfe
- Validierung durch weitere Bauteile
- Messung der diffusiblen Wasserstoffmenge**





Danke für Ihre Aufmerksamkeit!