

Erfahrungen beim Abgleich von Werkstoffmodellen für die Umformsimulation mit Stahlwerkstoffen

T. Beier, Dr. L. Kessler, Dr. J. Gerlach – Filderstadt, 13.10.2011



ThyssenKrupp Steel Europe



ThyssenKrupp

Der Materialabgleich für die Umformsimulation

Gliederung

- Einleitung

- Materialmodelle und Daten

- Ganzheitliche Betrachtung

- Schlussfolgerungen



Vom Material zum Modell und Bauteil

Die Anwendung von Material Modellierungen im Zusammenhang



→ Die Vorteile eines optimalen Materialmodells müssen im Zusammenhang mit der Anwendung evaluiert werden. Viele weitere Parameter beeinflussen zusätzlich das endgültige Ergebnis.

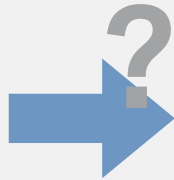
Vom Material zum Modell und Bauteil

Aspekte bei der Bestimmung von Materialkarten

Eigentlich eine einfache Aufgabe:



Material



Testen:

- Zugv.
- Schubv.
- hydr. Tief.
- ...

Labor



Modellierung:

- Fließkurve
- Fließort
- Versagen
- ...

Institut



Operation:

- Teil 01
- Teil 02
- Teil 03
- ...

Werkzeugbau

? Werkstofftests werden für spezielle Anforderungen entwickelt, können diese auch auf alle Werkstoffe übertragen werden?

? Ist ein Testergebnis austauschbar?

? Ist das identifizierte Materialmodell eindeutig?

Steigende Komplexität zur Werkstoffbeschreibung

Eine Auswahl zur Verfügung stehender Modelle

Verfestigung	Versagen	Fließkurve	Fließort
Isotrop	FLC	Swift	v. Mises
v. Mises	Non-linear FLC	Hocket-Sherby	Tresca
Isotrop-kinematisch	FLSC	Gosh	Hill-Familie
Prager	Duktil. Scherbruch	Mischfunktion	Hill '48
Chaboche	Trennbruch		Hill '90
Backhaus	Poren (Gurson)		Barlat-Familie
Yoshida	CrachFEM		Barlat '89
Distorsion			Barlat '91
ICT-Theorie			Barlat 2000
			Banabic 2005

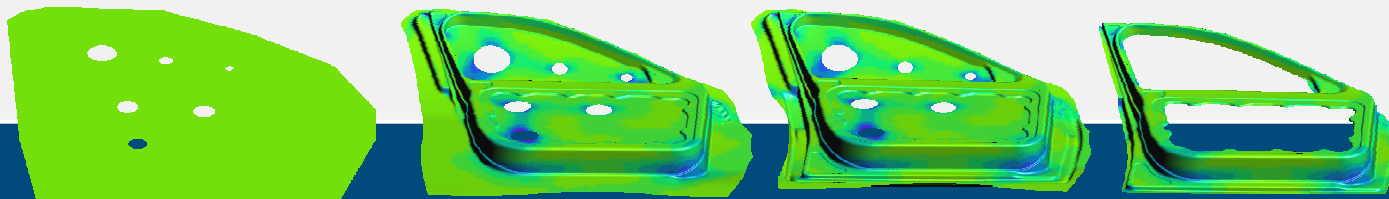
- Ebene 01 = Standard
- Ebene 02 = Fortgeschritten
- Ebene 03 = Komplex



Materialmodelle in Umformsimulationsprogrammen

Eingangsgrößen für den Modellabgleich

Model	σ_0	σ_{45}	σ_{90}	r_0	r_{45}	r_{90}	σ_b	r_b	Parameter	frei
Hill '48	X	-	-	X	X	X	-	-	4	0
Hill '90	X	-	-	X	X	X	X	-	5	0
Barlat '89	X	-	-	X	X	X	X	-	5	0
Banabic 2005	X	X	X	X	X	X	X	X	8	1
Barlat 2000	X	X	X	X	X	X	X	X	8	1



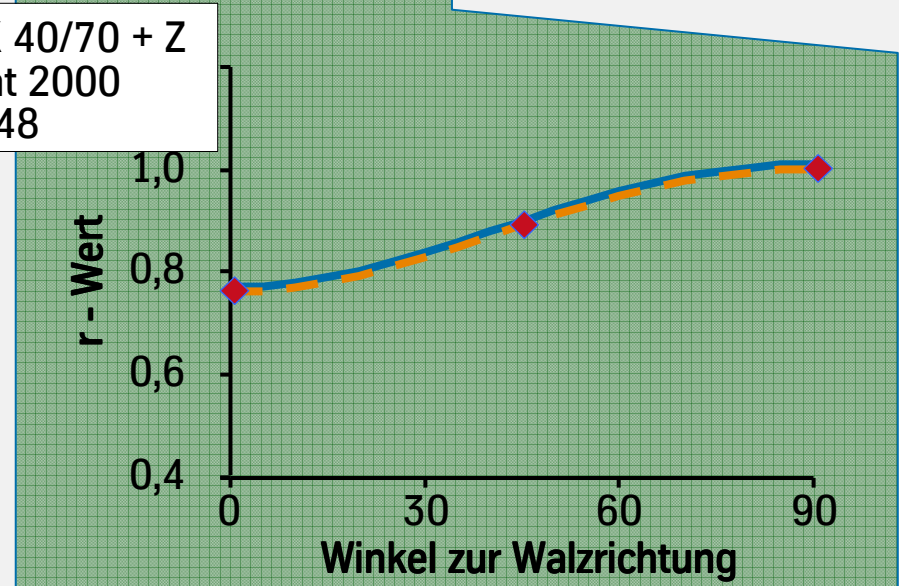
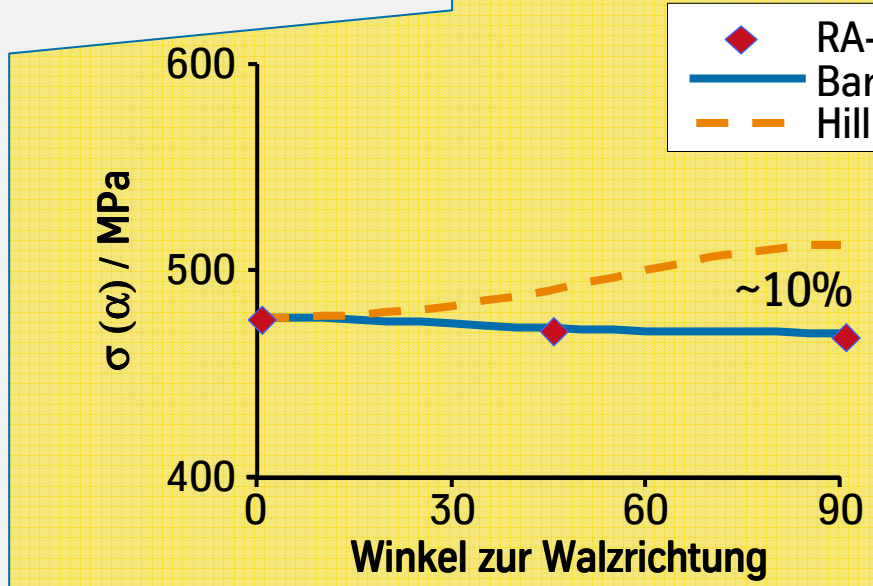
Umformstufen

→ Für den gesamten Prozess ist eine realistische Lösung zu identifizieren!

Werkstoffmodellierung für die Umformsimulation

Materialeingangsgrößen für die Materialkarten

	σ_0	σ_{45}	σ_{90}	r_0	r_{45}	r_{90}	σ_b	r_b
Experiment	477	472	470	0.77	0.90	1.01		
Hill '48	X	-	-	X	X	X	-	-
Barlat 2000	X	X	X	X	X	X	X	X



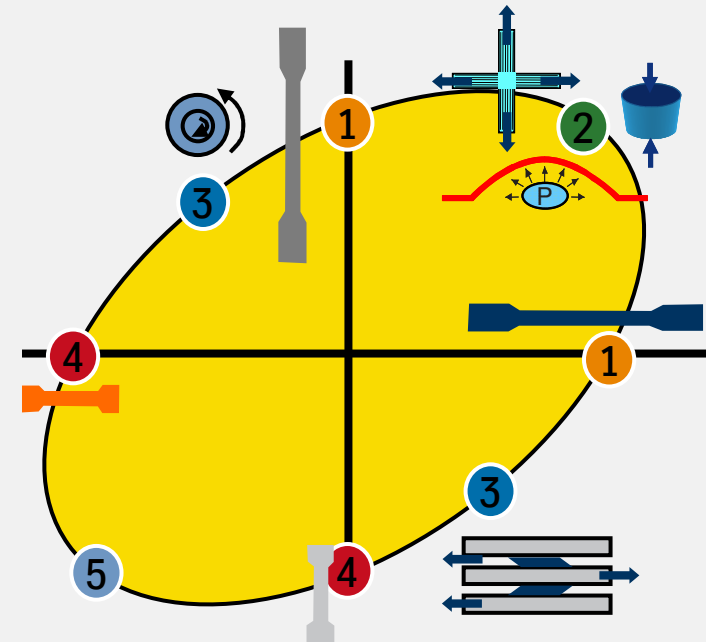
→ Zusätzliche Parameter erlauben die gute Abbildung experimenteller Daten

Materialdaten für die Umformsimulation

Experimentelle Eingangsdaten für den Modellabgleich

Experimente für den Fließortabgleich	Standard existiert	Dehnungsbereich
1 Zugversuch (0°, 45°, 90° ...)	ja	0% → 25%
2 Hydr. Tiefungsversuch	nein*	10% → 70%
Stapelstauchversuch	nein	5% → 40%
Kreuzzugversuch	nein	0% → 10%
3 Shear test (Miyachi)	nein	5% → 30%
In-plane Torsionstest	nein	5% → 35%
4 Kompression (in-plane)	nein	0% → 10%
5 Begrenzt verfügbar	nein	0% → 1-5%

* in Vorbereitung



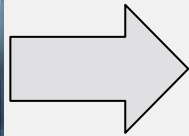
Unsere Betrachtungen basieren auf dem Zugversuch und der hydr. Tiefung

Strategien für die Materialkartenaufbereitung

Standardprozess für die Materialkartenaufbereitung



Material



Experimente:

- Zugversuch
- Bulgeversuch
- Schubversuch
- ...

Labor



Modellierung:

- Verfestigung
- Fließort
- Versagen
- ...

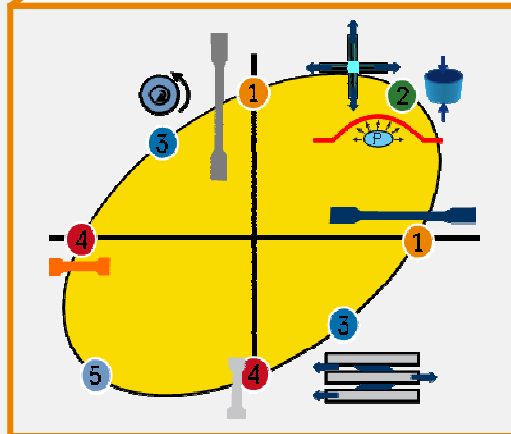
Institut



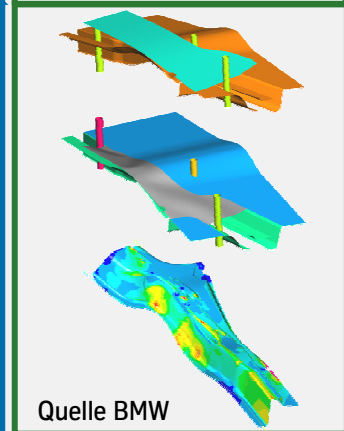
Anwendung:

- Teil 01
- Teil 02
- Teil 03
- ...

Werkzeugbau



Verfestigung	Versagen	Fließkurve	Fließort
Isotrop	FLC	Swift	v. Mises
v. Mises	Non-linear FLC	Hockett-Sherby	Tresca
Isotrop-kinematisch	FLSC	Gosh	Hill-Familie
Prager	Duktil. Scherbruch	Mischfunktion	Hill '48
Chaboche	Trennbruch		Hill '90
Backhaus	Poren (Gurson)		Barlat-Familie
Yoshida	CrackFEM		Barlat '89
Distorsion			Barlat '96
ICT-Theorie			Barlat 2000
			Banabic 2005

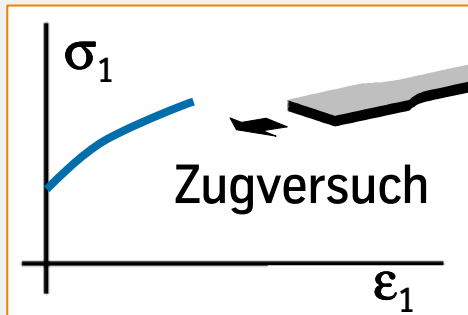


Quelle BMW

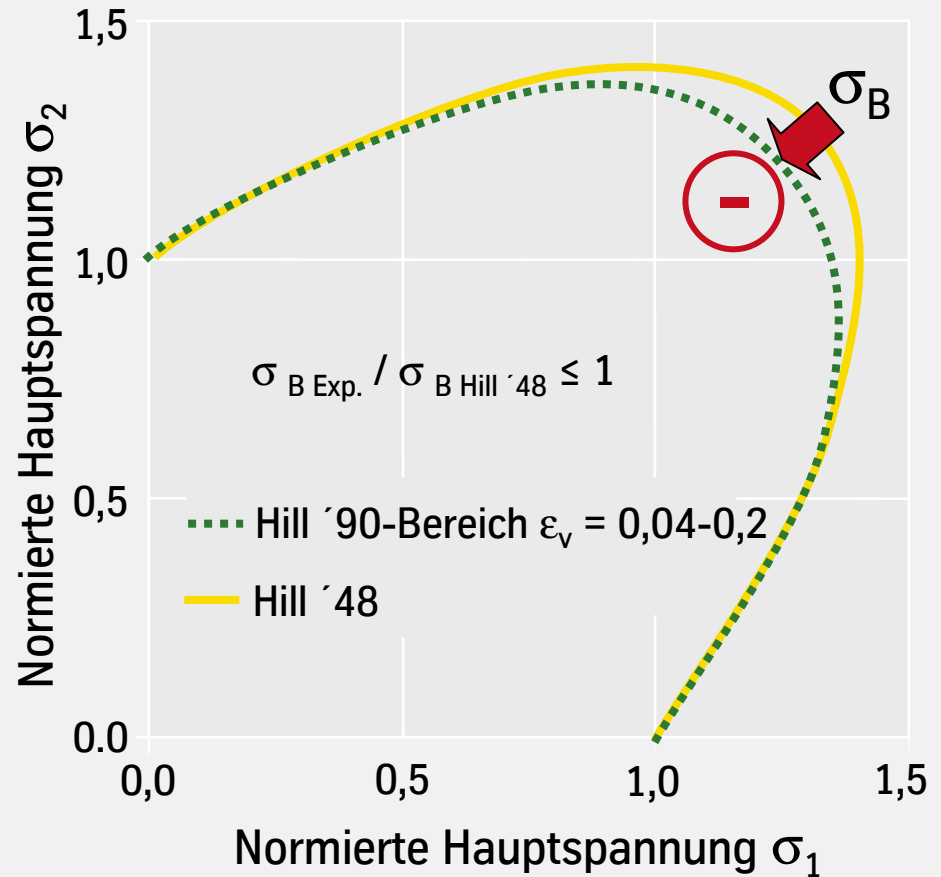
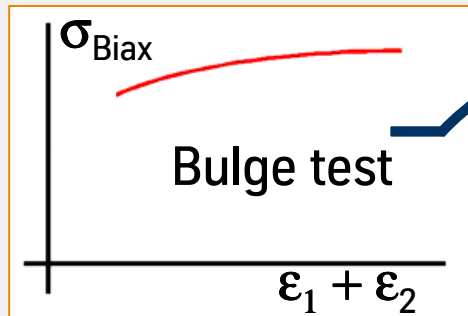


Die Bestimmung von Materialkarten

Klassische Vorgehensweise mit Zusatzversuchen

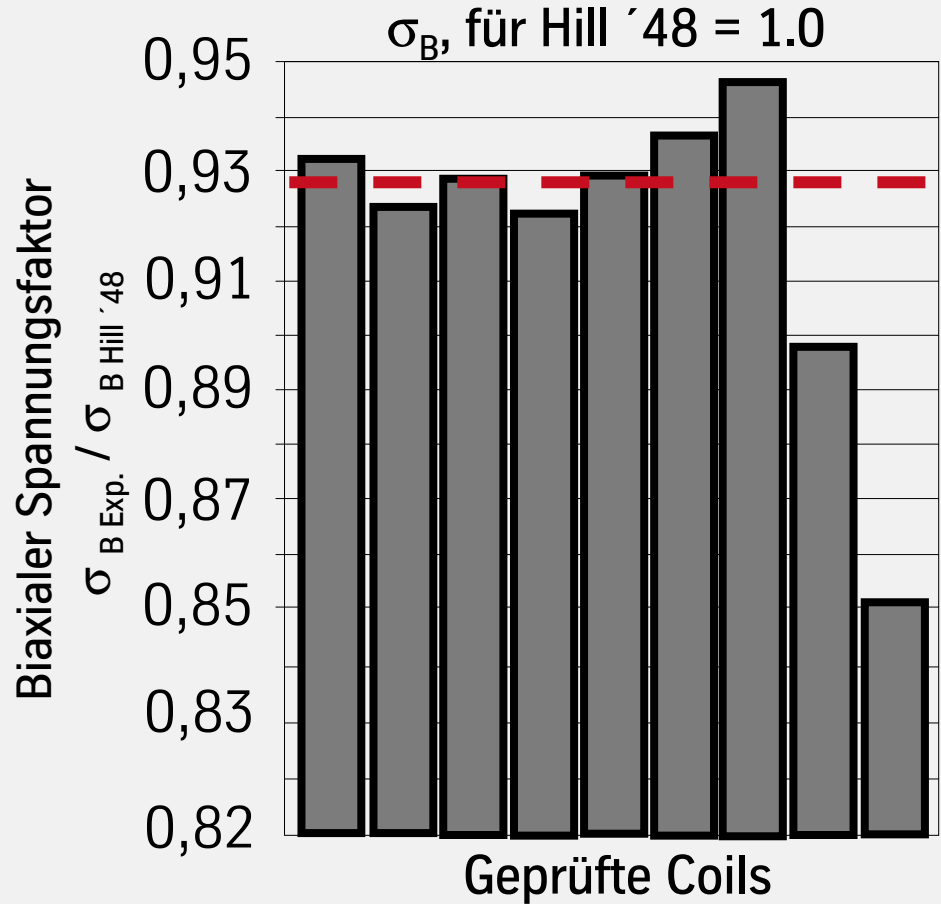
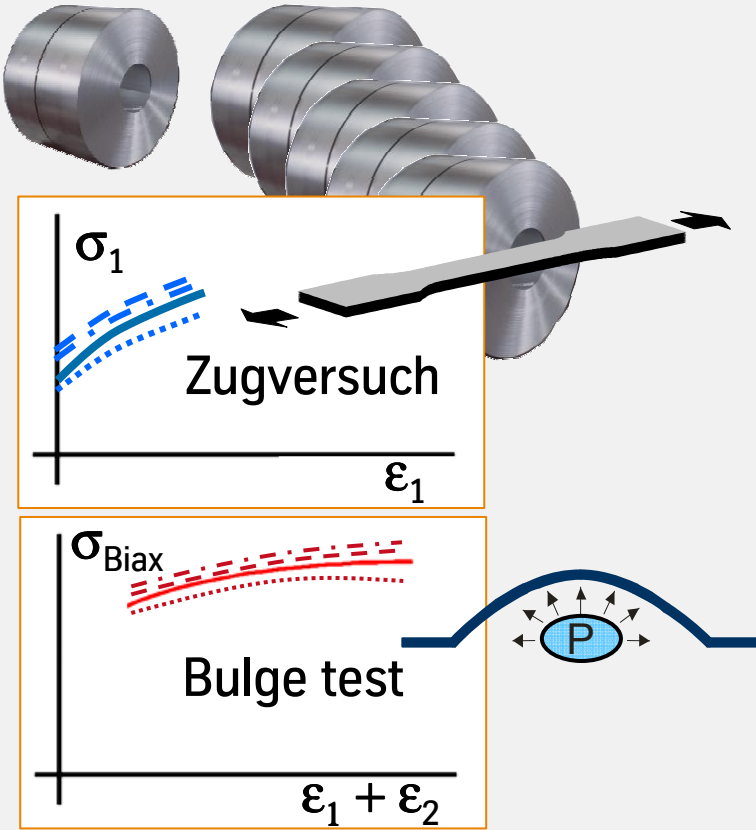


r_0, r_{45}, r_{90}



Die Bestimmung von robusten Materialkarten

Auswertung von Werkstoffgruppen zur Modellierungsabsicherung



Der Materialabgleich für die Umformsimulation

Gliederung

- Einleitung

- Materialmodelle und Daten

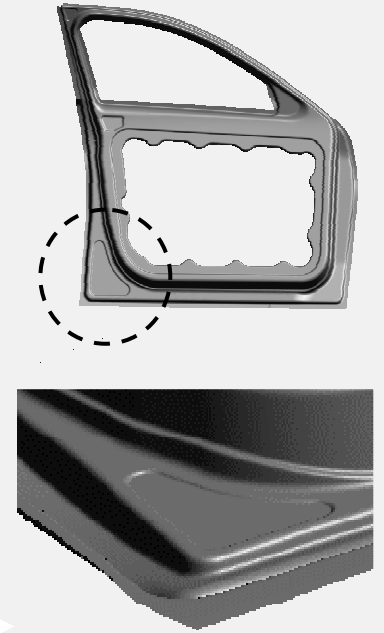
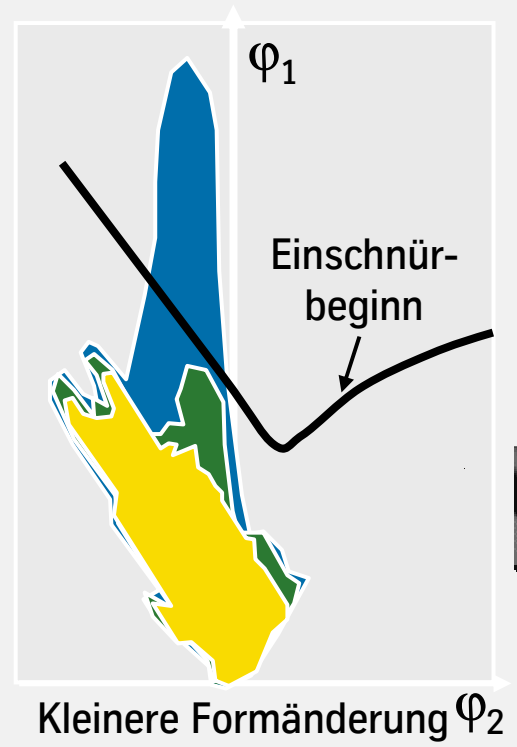
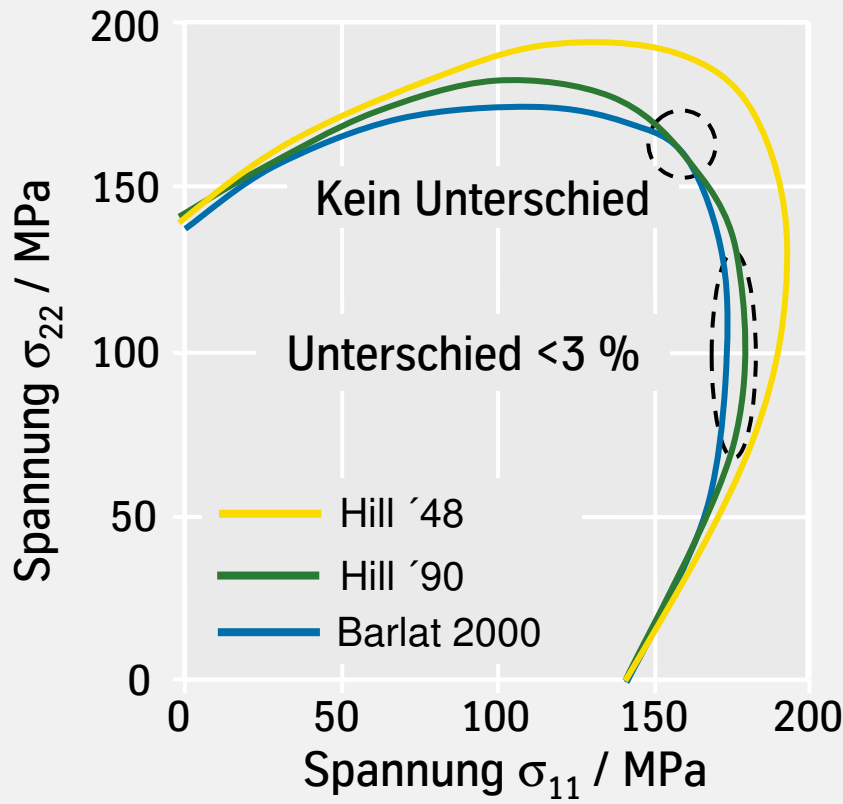
- **Ganzheitliche Betrachtung**

- Schlussfolgerungen



Anwendung neuer Fließortmodelle für die Umformsimulation

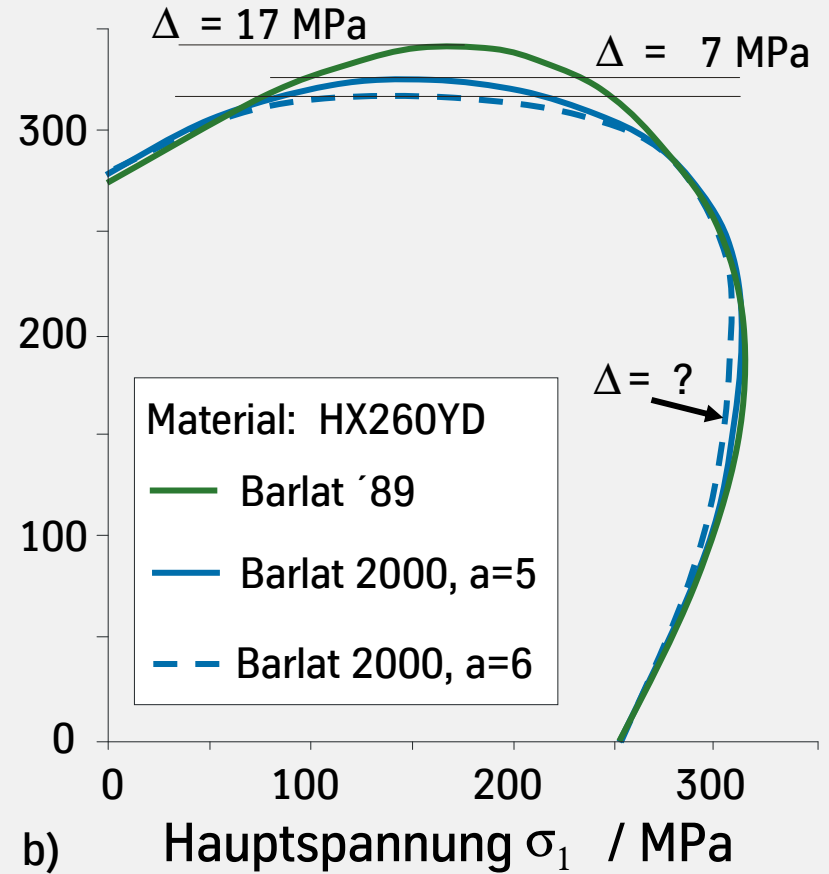
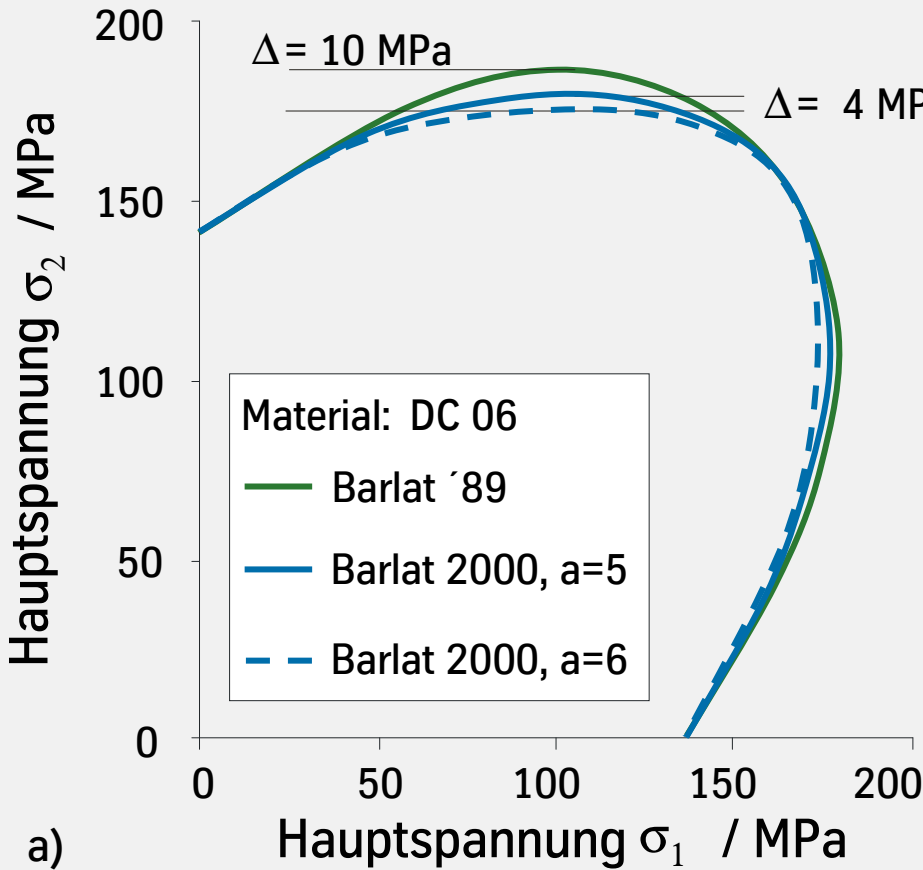
Einfluss der Fließortbeschreibung auf die Verarbeitungsprognose



→ Extreme Sensibilität der Prognose bei Veränderung des Fließortes

Materialkarten für die Umformsimulation

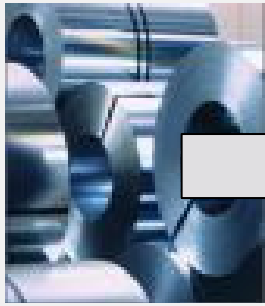
Herausforderungen bei der Bestimmung von Fließortexponenten



→ Unabhängige Fließortparameter sind aus Experimenten schwer abzuleiten!

Eine neue Strategie für den Werkstoffabgleich

Eine neue Strategie zur Identifikation von Materialparametern



Material

Experimente:

- Zugversuch
- Bulgevers.
- (Schubvers.)
- ...

Labor

Modellierung:

- Verfestigung
- Fließort
- (Versagen)
- ...

Validation:

- Exaktheit
- Robustheit
- ...

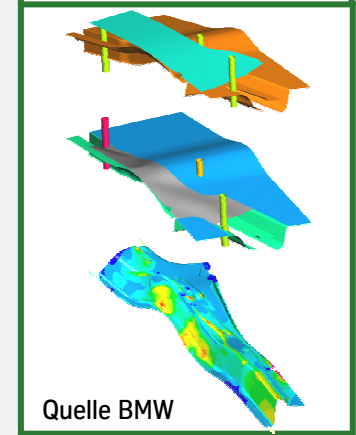
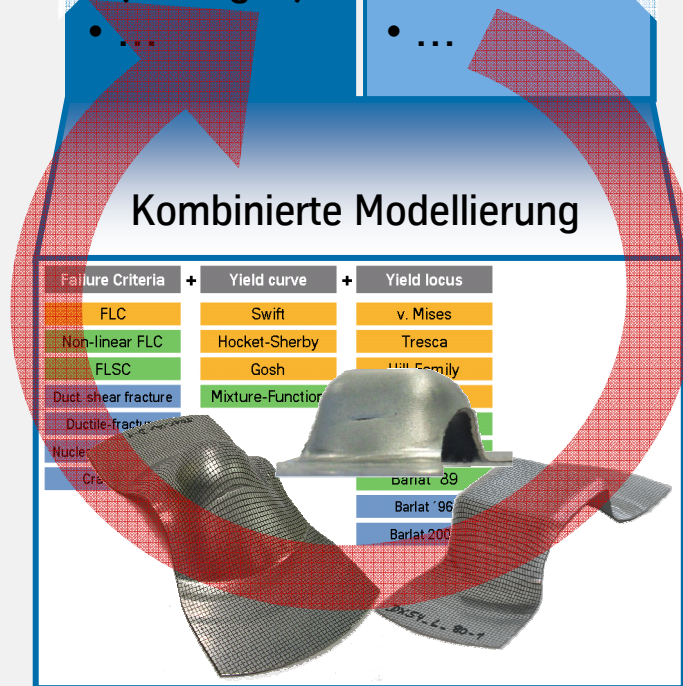
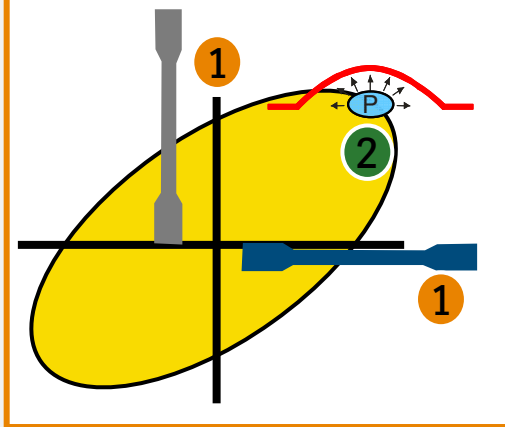
Anwendung:

- Teil 01
- Teil 02
- Teil 03
- ...

Werkzeugbau

Kombinierte Modellierung

Failure Criteria	+	Yield curve	+	Yield locus
FLC		Swift		v. Mises
Non-linear FLC		Hockett-Sherby		Tresca
FLSC		Gosh		11th Family
Duct. shear fracture		Mixture-Function		
Ductile-fracture				
Nucleation				
Creep				

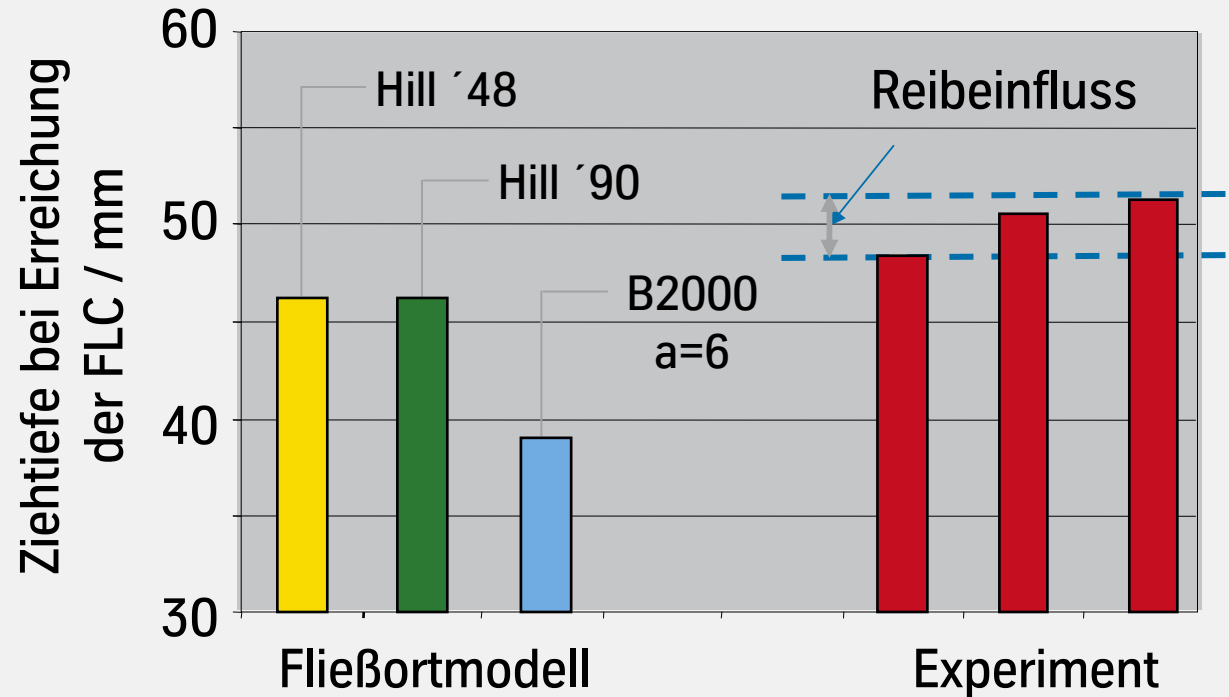
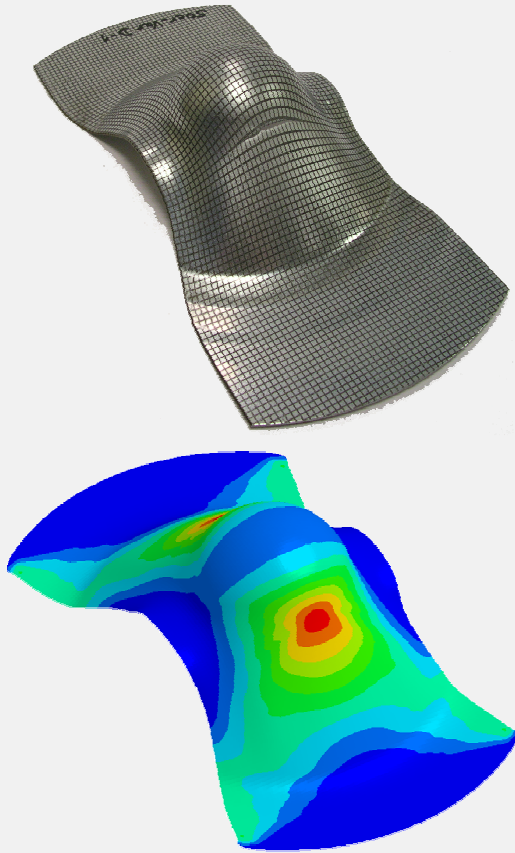


Quelle BMW

Quelle Numisheet 2011: Kessler et al.: Possibilities, Challenges and Risks in Creating Material Cards for Forming Simulations

Prinzipielle Analyse des Validierungsexperimentes

Globale Wirkung der Fließortbeschreibung



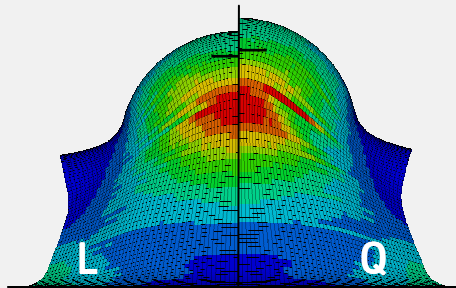
Beispiel: weiche feuerverzinkte Güte

→ Starker Einfluss durch Fließortbeschreibung vorhanden

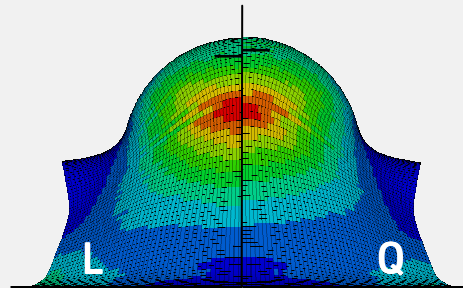
Validierungsexperiment SE-AG No 1 Halbrundstempel - DC06

Analyse der Ziehtiefen für unterschiedliche Modellierungen

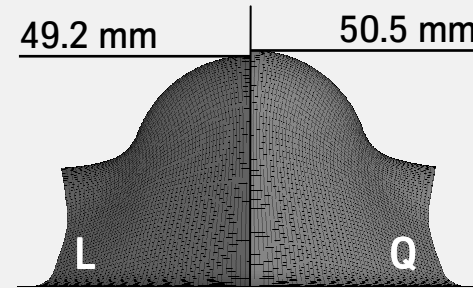
Hill '90



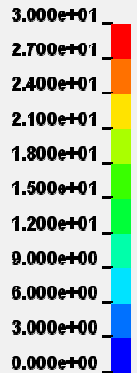
Barlat '89



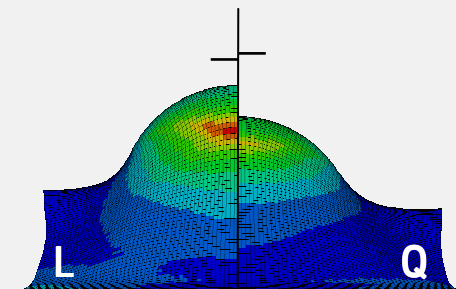
Experiment



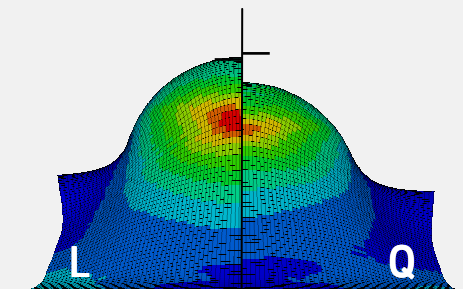
Ausdünnung [%]



Barlat 2000 a=6



Barlat 2000 a=5



FEM-Input:

- ✓ r-Werte (0°, 45°, 90°)
- ✓ $\sigma_{0.2}$ (0°, 45°, 90°)
- ✓ σ_B (Bulge) → Barlat 2000
- ✓ Extrapolation mit Bulge-Test
- ⚡ Dehnrage (SR=off)

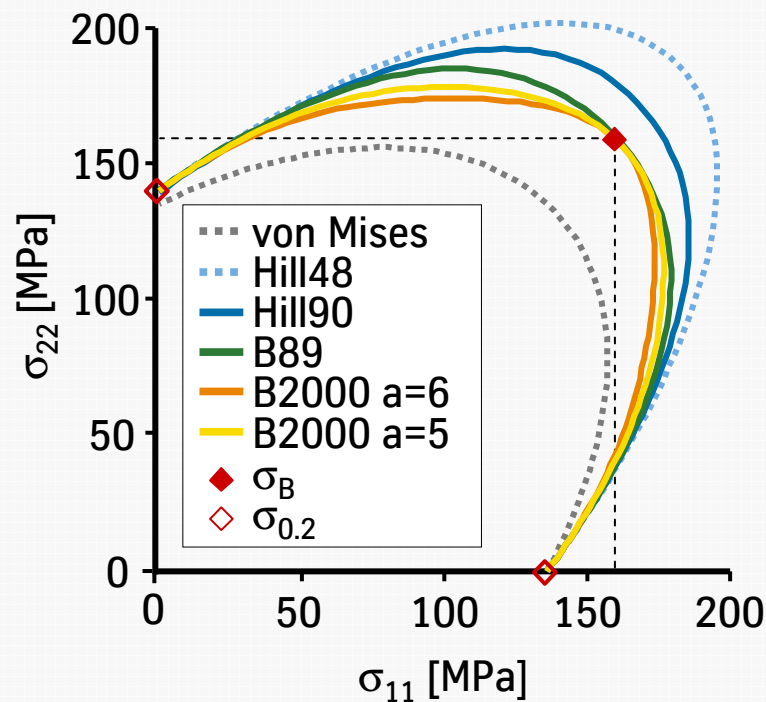
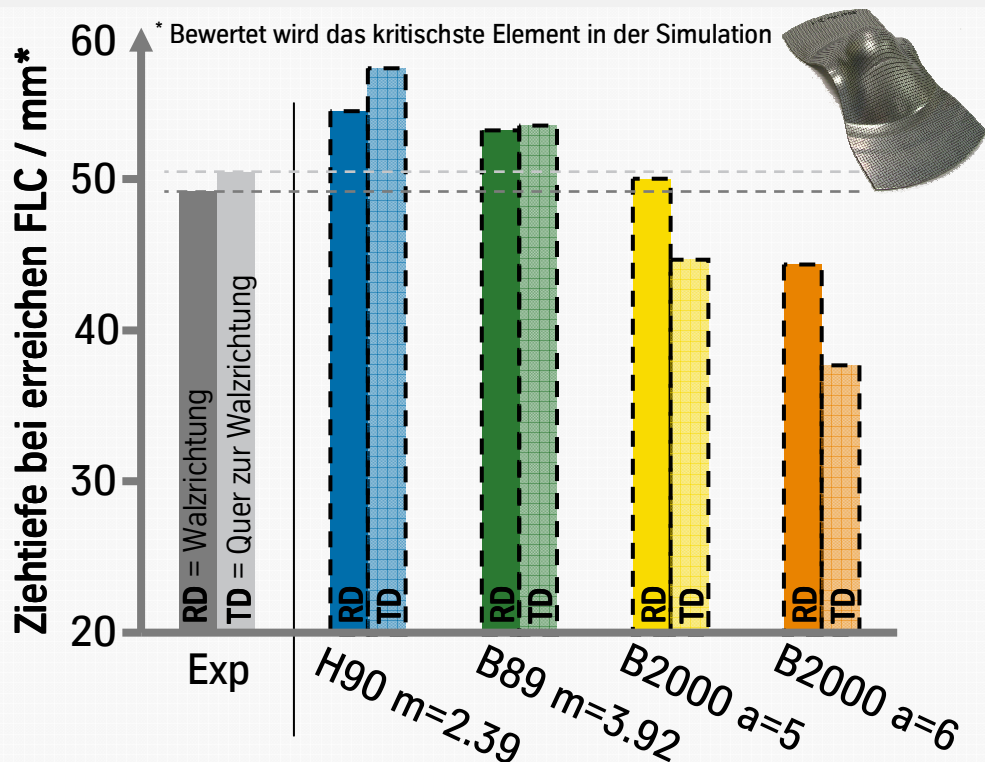
Validierungsexperiment SE-AG No 1 Halbrundstempel - DC06

Analyse der Ziehtiefen für unterschiedliche Modellierungen

FEM-Input:

- ✓ r-Werte (0°, 45°, 90°)
- ✓ $\sigma_{0.2}$ (0°, 45°, 90°)
- ✓ σ_B (Bulge)
- ✓ Extrapolation mit Bulge-Test
- ⚡ Dehnrate (SR=off)

Barlat 2000
B89 & H90



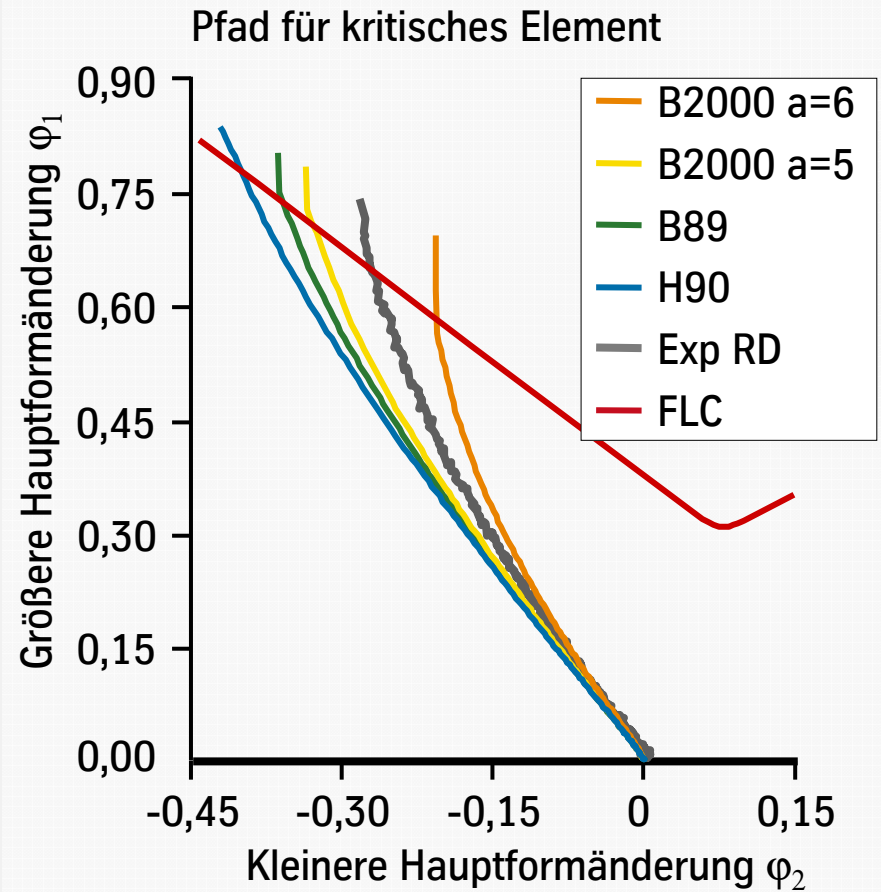
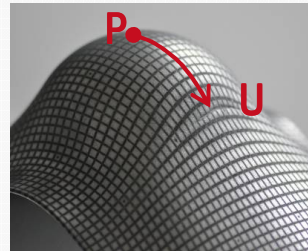
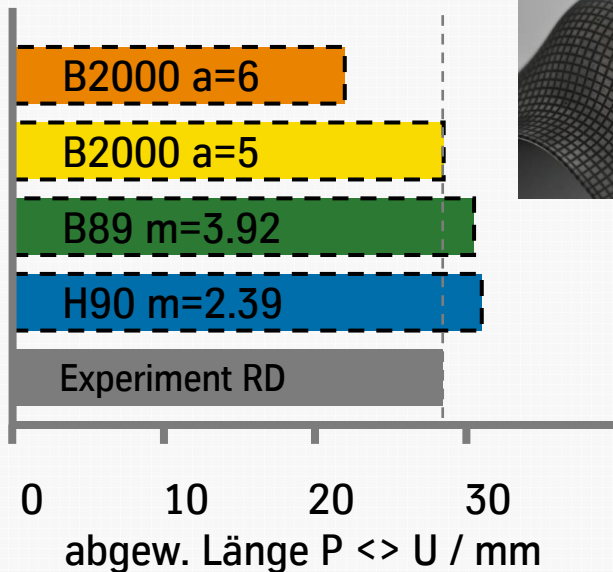
Validierungsexperiment SE-AG No 1 Halbrundstempel - DC06

Analyse des Polabstandes für die Rissinitiierungsstelle – RD (=WR)

FEM-Input:

- ✓ r-Werte (0°, 45°, 90°)
- ✓ $\sigma_{0.2}$ (0°, 45°, 90°)
- ✓ σ_B (Bulge)
- ✓ Extrapolation mit Bulge-Test
- ⚡ Dehnrage (SR=off)

B2000
B89 & H90



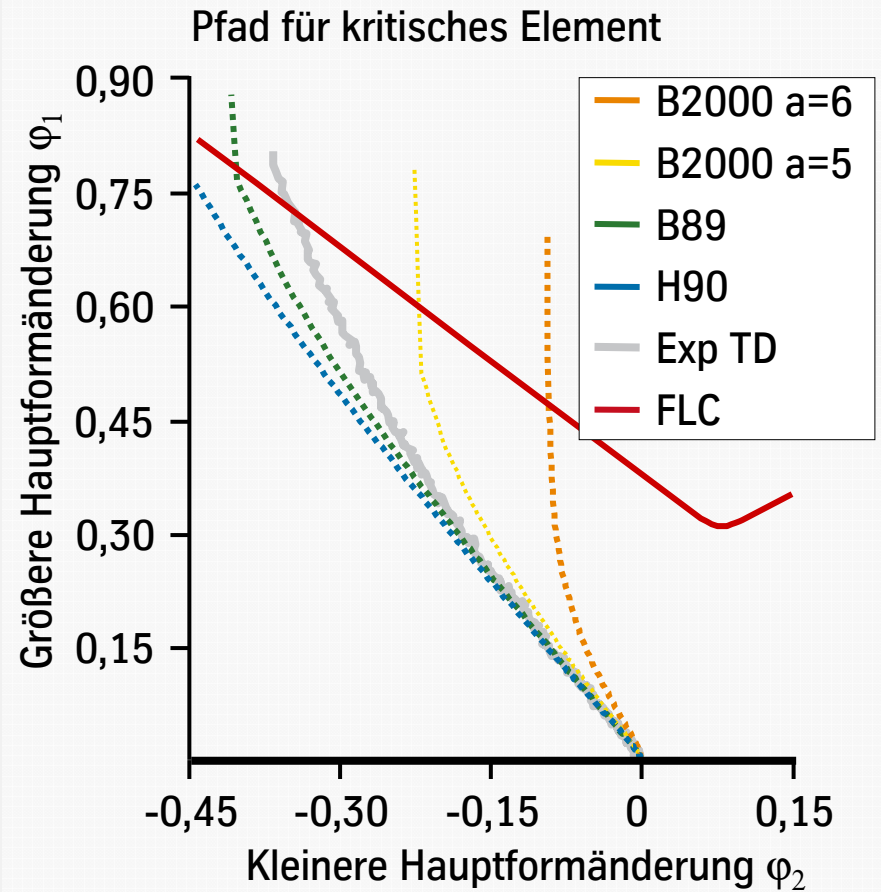
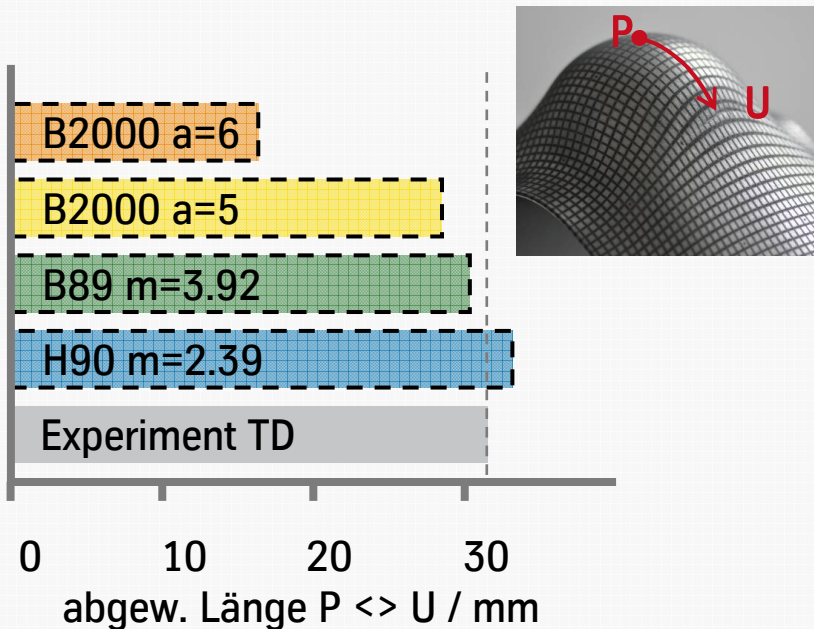
Validierungsexperiment SE-AG No 1 Halbrundstempel - DC06

Analyse des Polabstandes für die Rissinitiierungsstelle – TD (=QWR)

FEM-Input:

- ✓ r-Werte (0°, 45°, 90°)
- ✓ $\sigma_{0.2}$ (0°, 45°, 90°)
- ✓ σ_B (Bulge)
- ✓ Extrapolation mit Bulge-Test
- ⚡ Dehnrage (SR=off)

B2000
B89 & H90



Der Materialabgleich für die Umformsimulation

Gliederung

- Einleitung

- Materialmodelle und Daten

- Ganzheitliche Betrachtung

- **Schlussfolgerungen**



Materialabgleiche für die Umformsimulation

Schlussfolgerungen

- Komplexe Fließortmodelle erlauben eine sehr gute Abbildung der Messdaten, verlangen parallel jedoch auch weitere Experimente für den Initialabgleich.
- Die Anwendung der Modelle (Barlat 2000, Banabic 2005) mit Literaturdaten ($n=6$ oder $M=6$ für kubisch raumzentrierte Materialien) kann riskant sein, die Identifikation der Parameter über klassische Experimente ist nicht immer zuverlässig.
- Unter Nutzung von speziellen Validierungsexperimenten können Modellalternativen mit wenigen Simulationen schnell im Hinblick auf die Abbildungsgenauigkeit analysiert werden.
 - Dabei ist die Überprüfung von nur einer Belastungsrichtung zur Walzrichtung für die bisher betrachteten Werkstoffe mitunter nicht ausreichend!
 - Eine sichere Auswahl einer optimalen Werkstoffmodellierung bedarf der parallelen Erfüllung mehrerer Validierungsexperimente mit einer Modellierung.
 - Für unterschiedliche Stahlwerkstoffe ergab der Exponent von 6 nie das beste Ergebnis in den Validierungsexperimenten.



Materialabgleiche für die Umformsimulation

Fazit

- Aus Sicht der TKSE AG ist die Validierung einer Materialmodellierung anhand eines Zusatzexperimentes zur Absicherung der Ergebnisgüte unabdingbar.
- Mithilfe des vorgestellten Validierungsexperimentes ist schnell und robust eine Abschätzung der Güte einer Materialmodellierung möglich.
- Aus einem Validierungsversuch lässt sich ohne weiteres ableiten, ob sich der Einsatz einer höherwertigen Modelgüte auch lohnt, welcher immer mit zusätzlichem Aufwand und Kosten verbunden ist.



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Thorsten Beier

ThyssenKrupp Steel Europe AG

Forschung und Entwicklung - FuE-A Umformtechnik

Telefon / Phone: +49 231 844 5796

E-Mail: thorsten.beier@thyssenkrupp.com



Materialabgleiche für die Umformsimulation

Literaturhinweise

2010

Beier T. , Gerlach J., Kessler L., Linnepe, M.: *A discussion of benefits and challenges by using multiparameter yield locus models in FEM-simulation*, Proc. Iddrg 2010, Graz, 2010

Gerlach J., Kessler L., Koehler A.: *The forming limit curve as a measure of formability –Is an increase of testing necessary for robustness simulations?* Proc. Iddrg 2010, Graz, 2010

Beier T. , Gerlach J., Kessler L., Linnepe M.: *The Impact of Advanced Material Simulation Parameters in Press Shop Operations Using Mild Steel Grades*, Proc. SAE 2010, Detroit, 2010

Gerlach J., Kessler L., Koehler A., Paul U.: *Methode zur näherungsweisen Berechnung von Grenzformänderungskurven aus den Kennwerten des Zugversuches*, *Stahl und Eisen* 130 (2010), Nr. 10

2011

Kessler L., Gerlach J., Beier T., Grass H., Heinle I., Lipp A.: *Possibilities, Challenges and Risks in Creating Material Cards for Forming Simulations*, Proc. Numisheet 2011, Seoul, 2011

Gerlach J., Beier T. Kessler L., Grass H., Heinle I., Lipp A.: *Identification and validation of yield locus parameters with respect to industrial forming simulation needs*, Proc. ICTP 2011, Aachen, 2011

