

LET

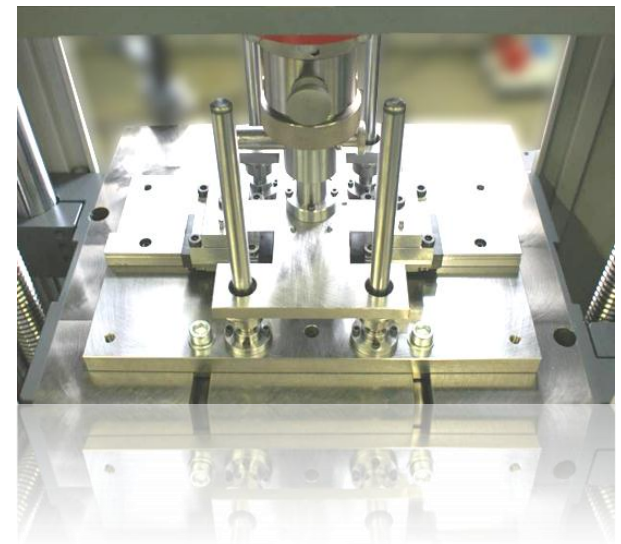


FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Inverse Parameteridentifikation mittels Wechselbiegeversuch zur Ermittlung der nicht isotropen Verfestigung von Blechwerkstoffen

M. Wieland, M. Biasutti, M. Kaupper, M. Merklein

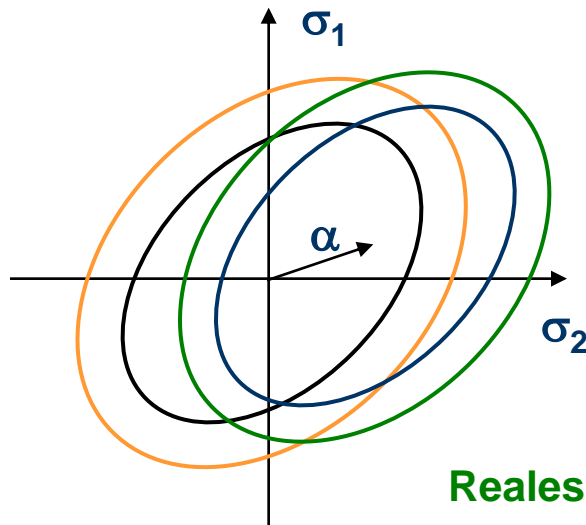
- Motivation
- Versuchsmethodik
- Parameteridentifikation
- Berechneter Bauschinger-Effekt
- Zusammenfassung und Ausblick



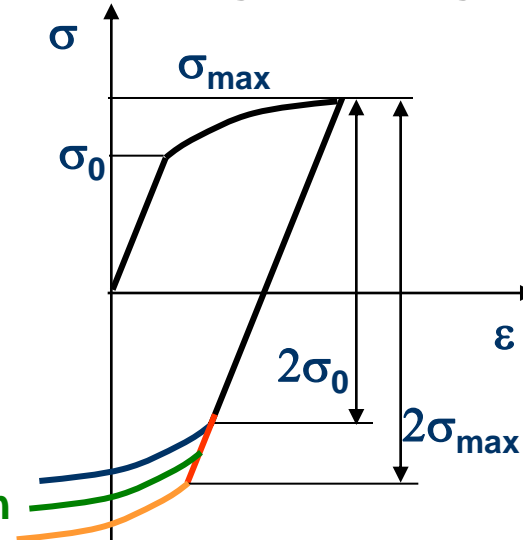
Bauschinger-Effekt bei Belastungswechsel

- Wechselbelastung beim Tiefziehen von Blechwerkstoffen
- Änderung der Fließspannung und der Verfestigung

Fließfläche



Spannungs-Dehnungs-Diagramm



Reales Verhalten

Isotrope Verfestigung + **Kinematische Verfestigung** = **Kombinierte Verfestigung**

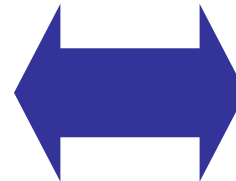
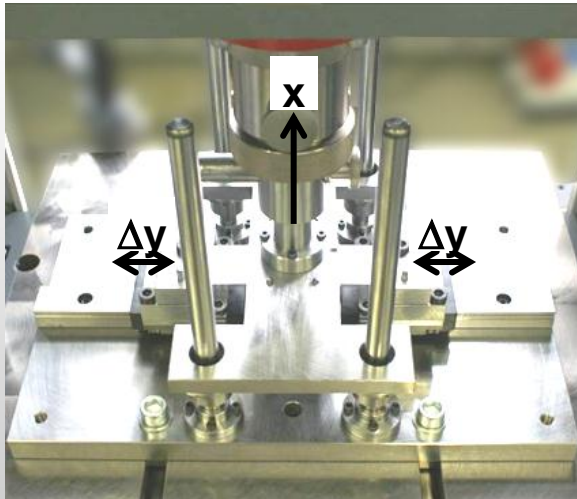
Eingangsdaten für Werkstoffmodelle mit kombinierter isotrop-kinematischer Verfestigung in der Umformsimulation erforderlich

Zielsetzung

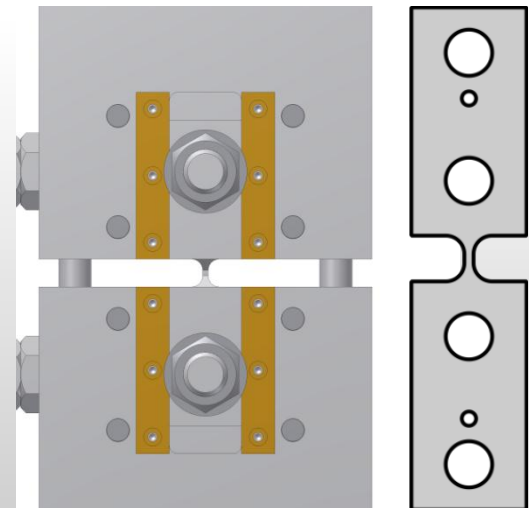
- Evaluierung eines Biegeversuchs mit wechselnder Belastung zur effizienten, inversen Parameteridentifikation
- Abgleich und Bewertung mit Zug-Druck-Resultaten

Lösungsmethodik

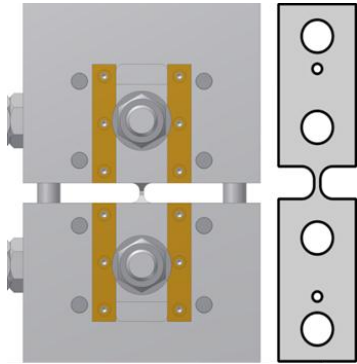
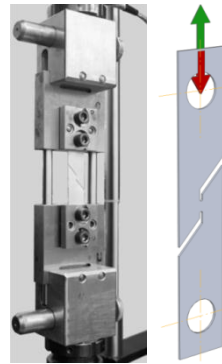
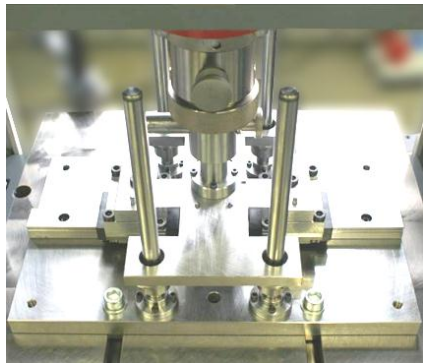
- Biegeversuch:
Inverse FE-basierte
Parameterermittlung (F-s)



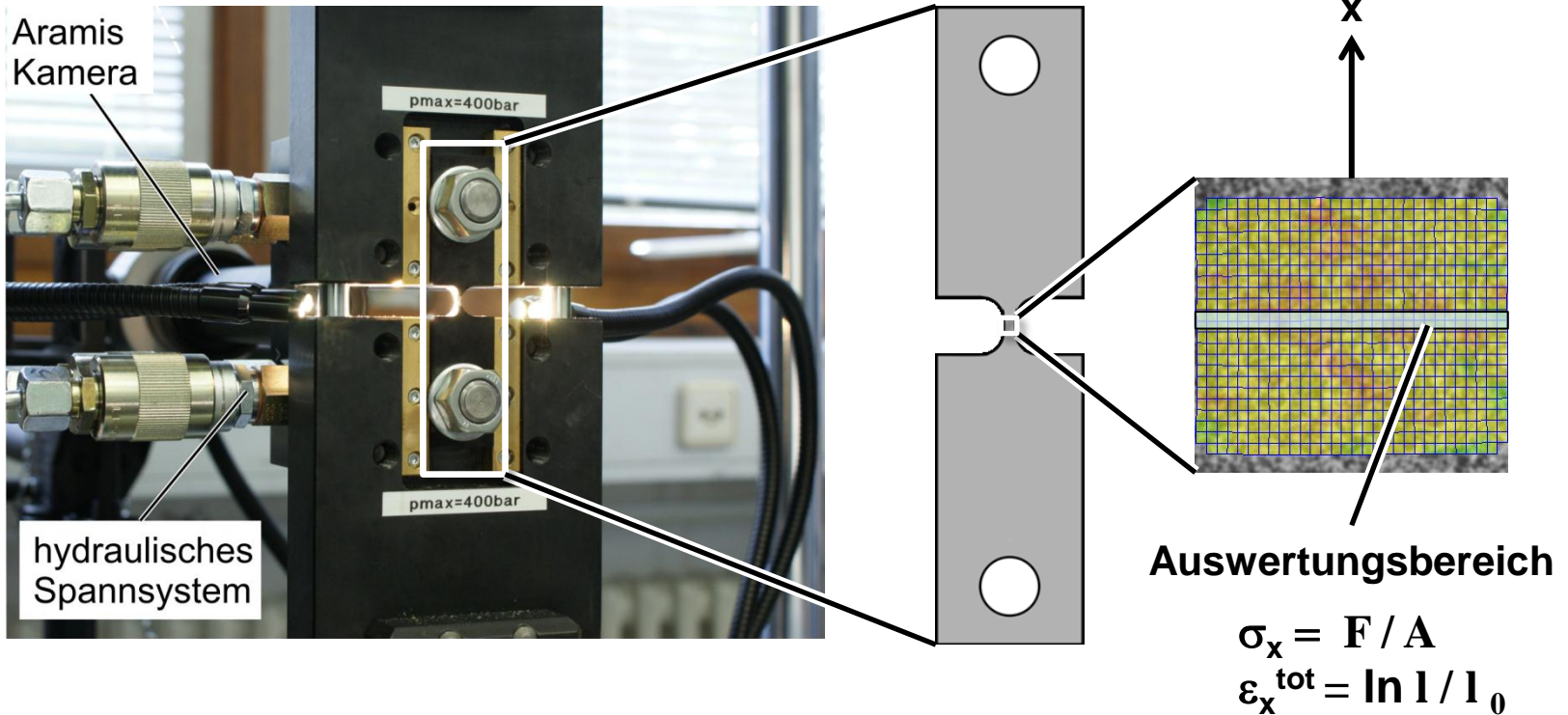
- Zug-Druck-Versuch:
Direkte Identifikation (σ - ϵ)



Versuchsmethodik zur Abbildung des Bauschinger-Effekts

	Zug-Druck-Versuch	Zykl. Scherversuch	Wechselbiegeversuch
Experimente			
Durchführung Versuch	aufwendig	aufwendig	einfach
Anforderung Versuchsaufbau	anspruchsvoll	anspruchsvoll	moderat
Integration Materialmodelle	direkt	direkt/invers	nur invers
	Anwendung	Forschung	Forschung

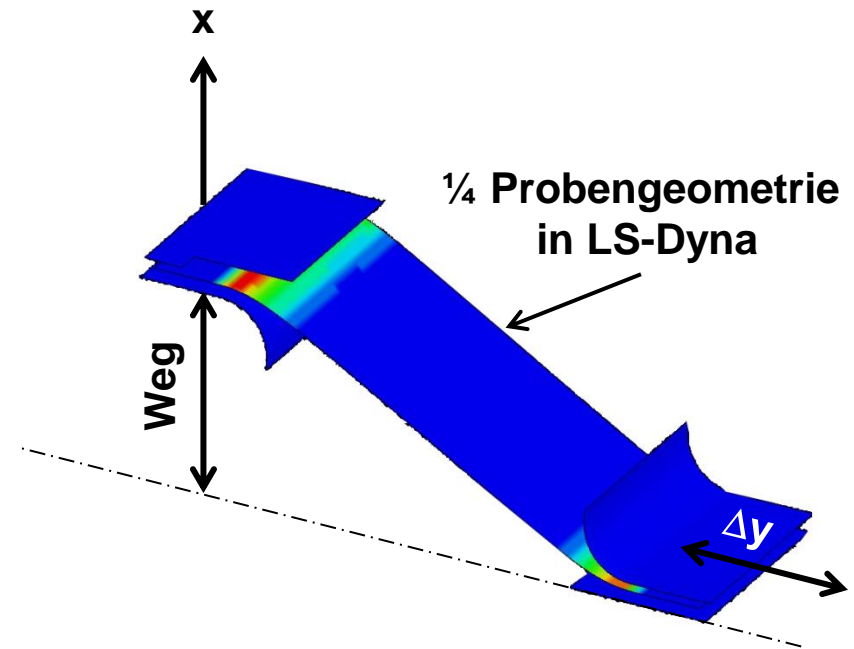
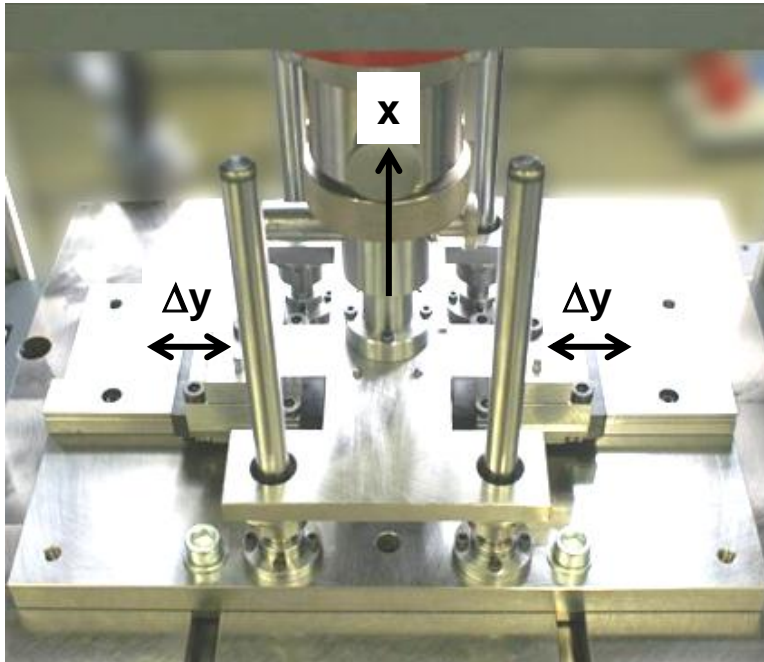
Parameteridentifikation mittels Zug-Druck-Versuch



Ausgleichskurve für den Ein-Element-Test mit LS-Opt $\rightarrow \sigma_x - \varepsilon_x^{\text{tot}}$

- Einfluss der miniaturisierten Probe auf die Ergebnisse
- Allgemeine Ausknickgefahr bei Zug-Druck-Versuchen

Parameteridentifikation mittels Wechselbiegeversuch

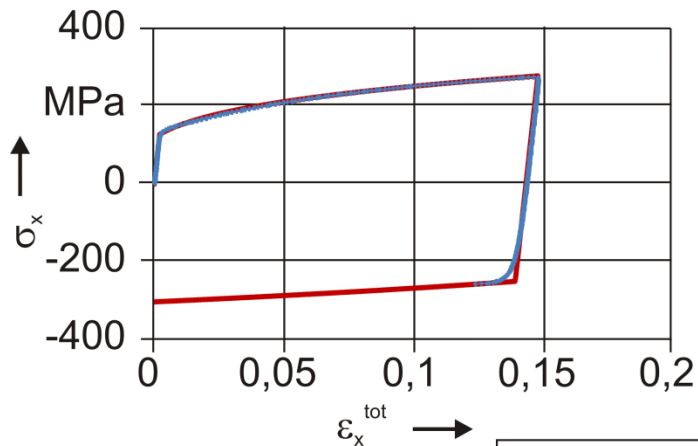


- Ausgleichskurve für das Modell mit LS-OPT \rightarrow ¼ Kraft(x) – Weg(x)
- Hohe Steifigkeit des Aufbaus und präzise Führung
- Flexible Prüfbedingungen realisierbar
(z.B. Variation der Probenbreite, des Backenabstands und –radius)
- Einfache und robuste Versuchsdurchführung

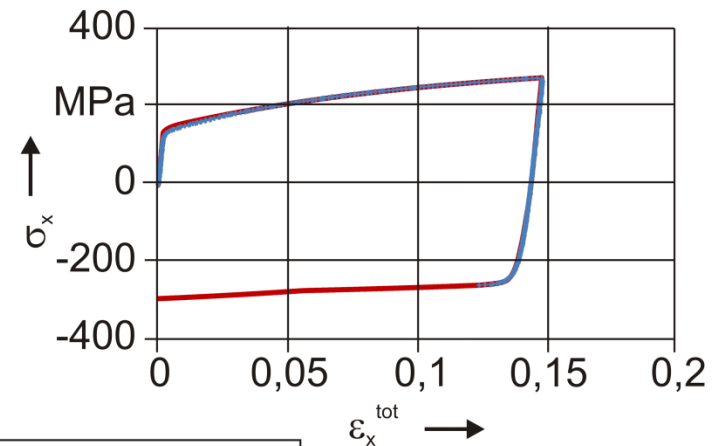
Bauschinger-Koeffizienten für AC 170 PX

Zug-Druck-Versuch: AC 170 PX; $s_0 = 1 \text{ mm}$

MAT_133: $\alpha = 0,9064$; $CM = 1,40E-04$



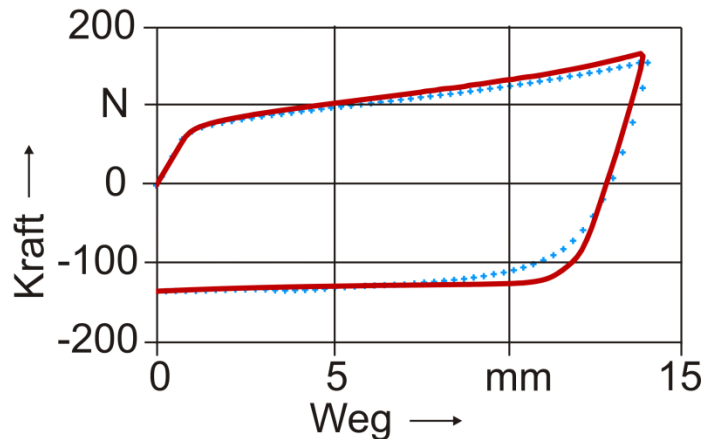
MAT_226: Yoshida; $CM = 4,07E-05$



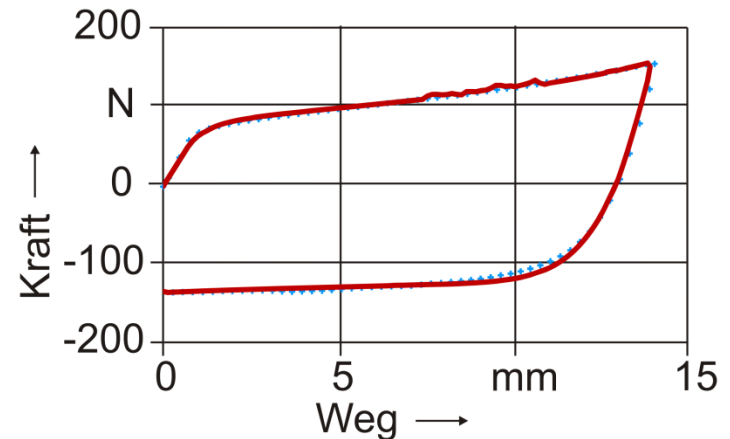
— Experiment — Simulation

Wechselbiegeversuch: AC 170 PX; $s_0 = 1 \text{ mm}$; $r = 3 \text{ mm}$; $d = 20 \text{ mm}$

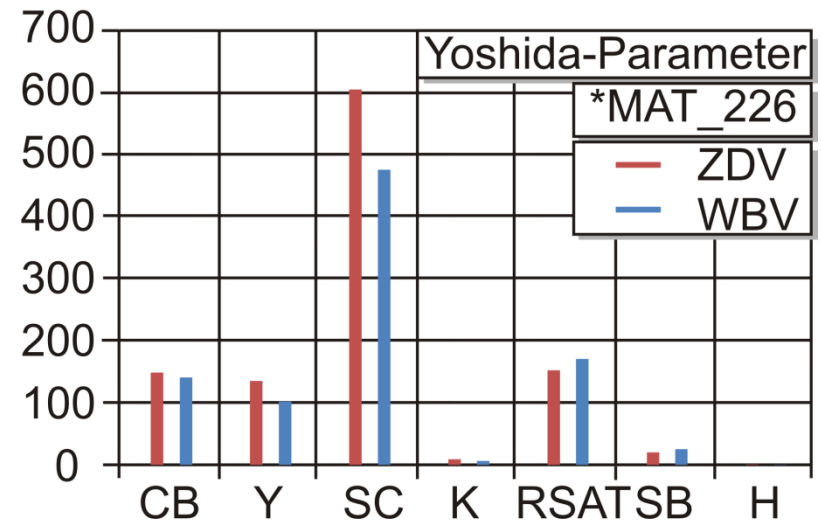
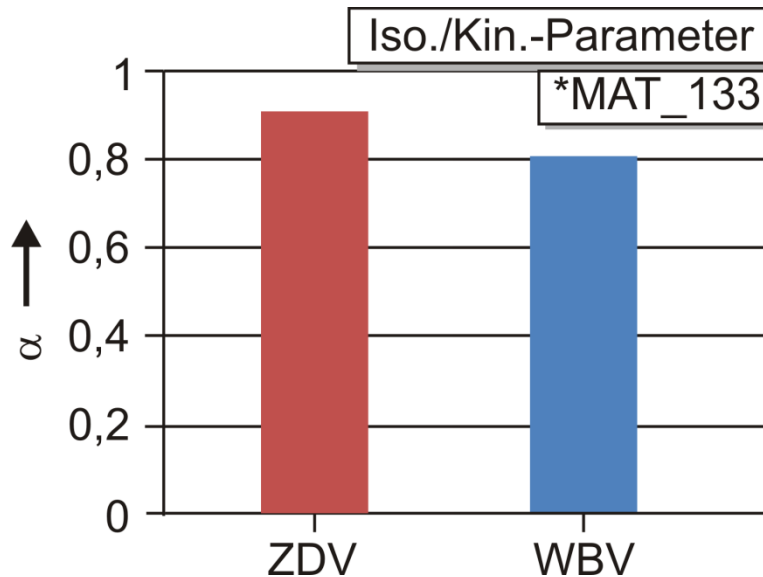
MAT_133: $\alpha = 0,8097$; $CM = 2,43E-03$



MAT_226: Yoshida; $CM = 5,94E-04$



Bauschinger-Koeffizienten für AC 170 PX



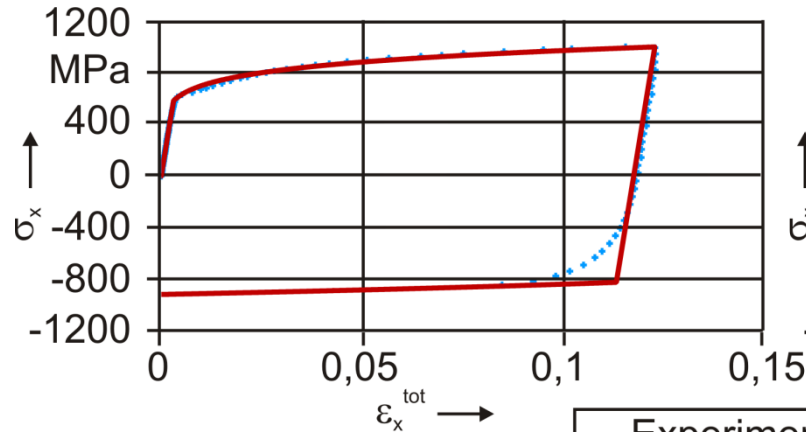
		Iso./Kin	Yoshida						
		α	CB	Y	SC	K	RSAT	SB	H
ZDV	*MAT_133	0,91							
WBV	*MAT_133	0,81							
ZDV	*MAT_226		149,16	135,62	606,59	9,15	152,94	20,12	0,69
WBV	*MAT_226		140,08	101,48	473,51	6,27	169,97	24,98	0,1

- *MAT_133: ungenügende Abbildung des Ellenbogenbereichs
- *MAT_226: Gute Übereinstimmung mit Experiment

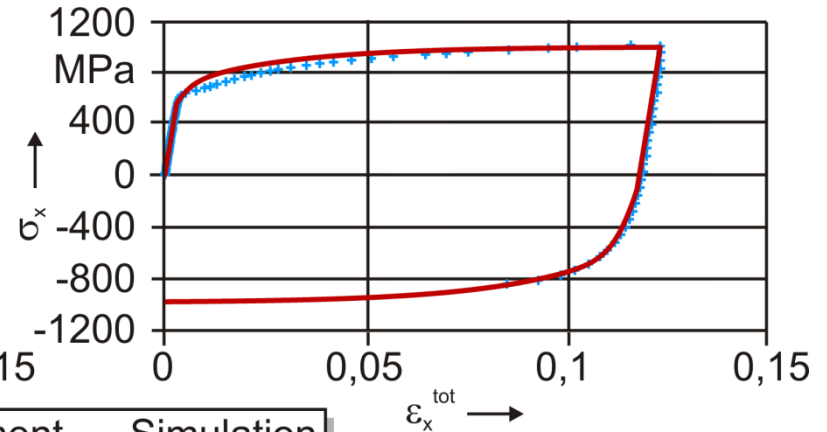
Bauschinger-Koeffizienten für CPK-60/80

Zug-Druck-Versuch: CPK-60/80; $s_0 = 1 \text{ mm}$

MAT_133: $\alpha = 0,7874$; $CM = 9,21E-04$



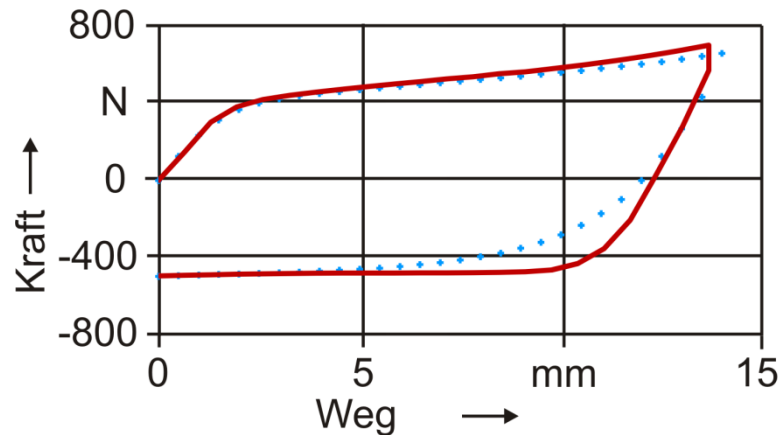
MAT_226: Yoshida; $CM = 2,41E-04$



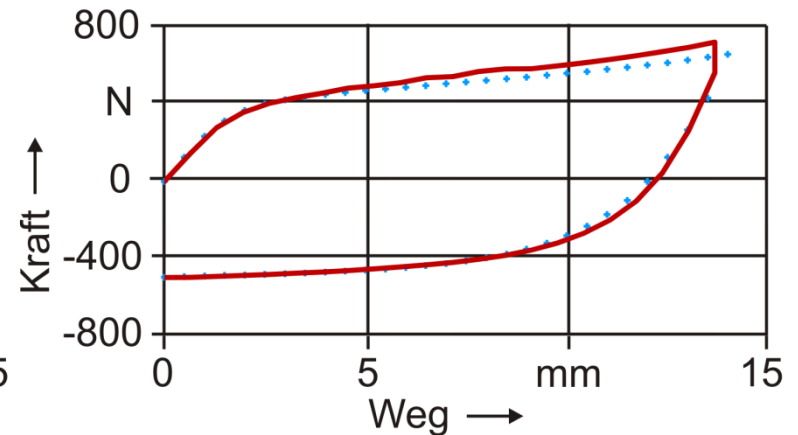
— Experiment — Simulation

Wechselbiegeversuch: CP-K60/80; $s_0 = 1 \text{ mm}$; $r = 3 \text{ mm}$; $d = 20 \text{ mm}$

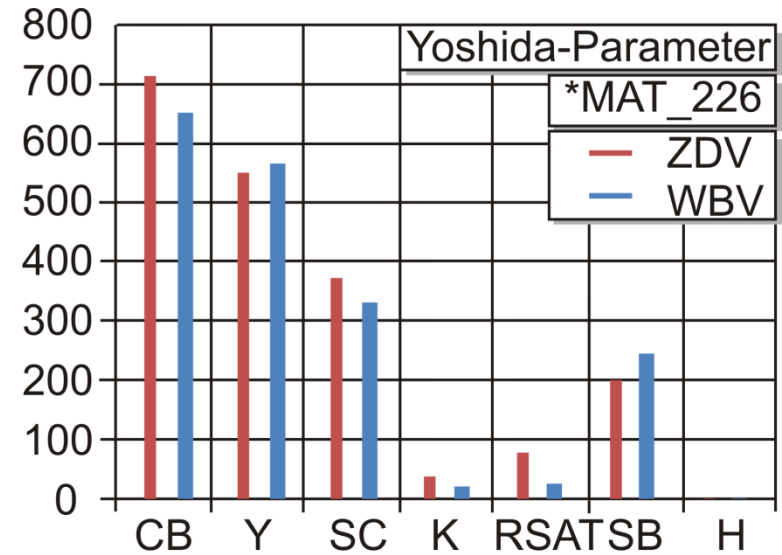
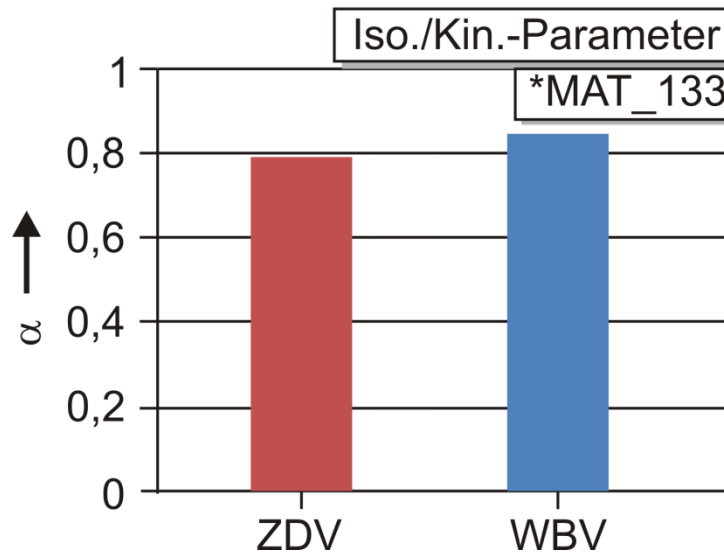
MAT_133: $\alpha = 0,8396$; $CM = 4,06E-03$



MAT_226: Yoshida; $CM = 3,54E-04$



Bauschinger-Koeffizienten für CPK-60/80



		Iso./Kin	Yoshida						
		α	CB	Y	SC	K	RSAT	SB	H
ZDV	*MAT_133	0,79							
WBV	*MAT_133	0,84							
ZDV	*MAT_226		711,97	548,93	371,82	37,62	77,77	200,0	0,10
WBV	*MAT_226		656,23	569,97	333,69	21,02	25,96	247,03	0,67

- *MAT_133: ungenügende Abbildung des Ellenbogenbereichs
- *MAT_226: Gute Übereinstimmung mit Experiment

Zusammenfassung

- Prinzipielle Eignung des WBV zur Abbildung des Bauschinger-Effekts
- Einfachere und robustere Versuchsdurchführung als ZDV
- Ermittlung von Bauschinger Koeffizienten lediglich invers möglich
- Verwendetes konstitutives Materialmodell hat größten Einfluss auf Abbildungsgenauigkeit
- Beste Abbildungsgenauigkeit mit *MAT_226

Ausblick

- Abgleich der Abbildungsgenauigkeit nach Rückfederungsberechnung mittels Demonstratorbauteil
- Verbesserung der Genauigkeit durch Verwendung mehrerer Rückfederungsterme



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**