

Verfahren zur Extrapolation der Fließkurve aus den Daten des Zugversuches jenseits der Gleichmaßdehnung

Mustafa-Seçkin Aydın*, Dr. Jörg Gerlach, Dr. Lutz Keßler
Filderstadt, 12.11.09

ThyssenKrupp Steel Europe



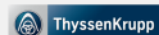
Verfahren zur Extrapolation der Fließkurve Agenda

- Einführung
- Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurve
 - Nutzung des Zugversuches, ARAMIS-Strategie
 - Nutzung des hydraulischen Tiefungsversuches
- Einfluss der Dehnraten unter der Zugbelastung
- Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve durch den Zugversuch
- Zusammenfassung

2

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Notwendige Aspekte der Umformsimulation Modellspektrum für die Simulation

	Verfestigung	Fließkurve	Fließort
Level 01 = Standard	Isotrop	Swift	v. Mises
	v. Mises	Hocket-Sherby	Tresca
	Isotrop-kinematisch	Voce	Hill-Familie
Level 02 = Fortgeschritten	Prager	Kombination	Hill '48
	Chaboche		Hill '90
Level 03 = Komplex	Backhaus		Barlat-Familie
	Yoshida		Barlat '89
	Distortion		Barlat '96
	ICT-Theory		Barlat 2000
			Banabic 2005

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



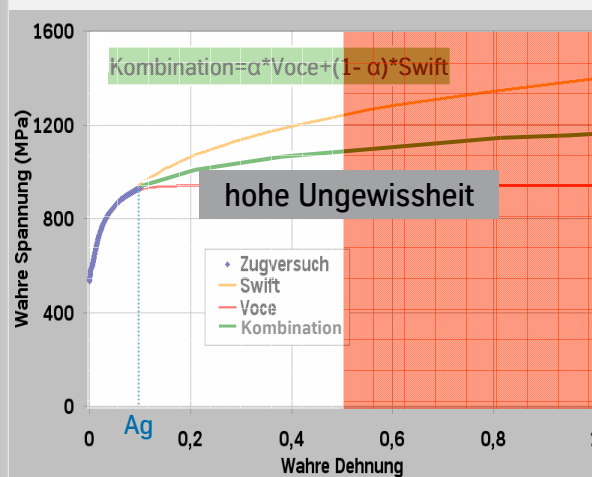
8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



3

Notwendige Aspekte der Umformsimulation Extrapolation der Fließkurve



Fließkurve
Swift
Voce
Kombination

$\alpha = ?$



- Level 01 = Standard
- Level 02 = Fortgeschritten

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



4

Ermittlungsverfahren für den Faktor „ α “ Extrapolation der Fließkurve

$$\text{Kombination} = \alpha \cdot \text{Voce} + (1 - \alpha) \cdot \text{Swift}$$

o ARAMIS-Strategie



+ ARAMIS = α

o Bulge-Strategie



+  = α

o Inverse Methode



+ ARAMIS + FEM = α

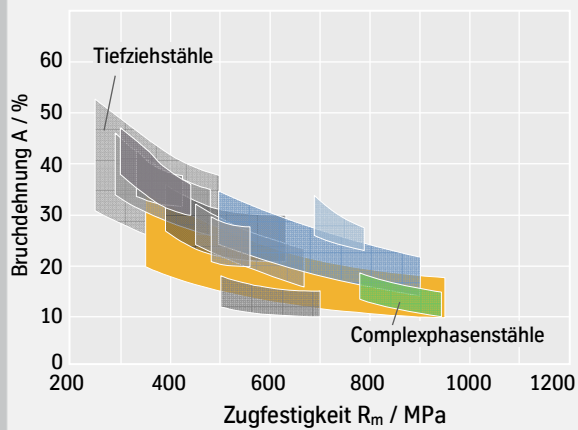
5

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Werkstoffauswahl



6

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Verfahren zur Extrapolation der Fließkurve

Agenda

- Einführung
- Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurve
 - Nutzung des Zugversuches, ARAMIS-Strategie
 - Nutzung des hydraulischen Tiefungsversuches
- Einfluss der Dehnraten unter der Zugbelastung
- Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve durch den Zugversuch
- Zusammenfassung

7

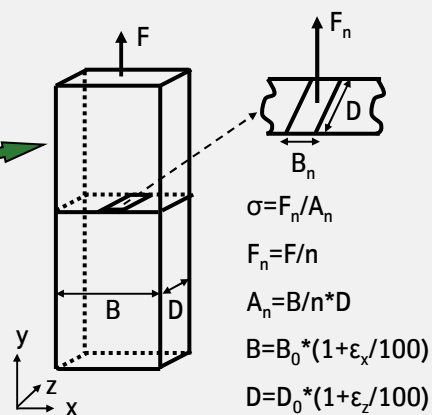
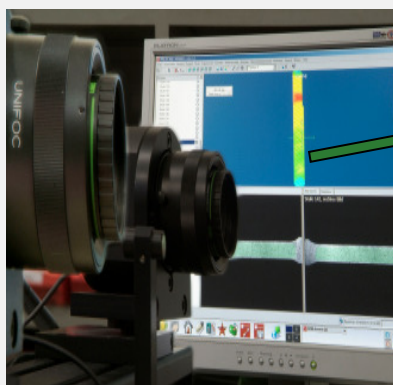
8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurven

Extrapolation durch den Zugversuch, ARAMIS-Strategie



- Der Index n kennzeichnet das n-te Flächenelement in einer beliebigen verformten Laststufe!

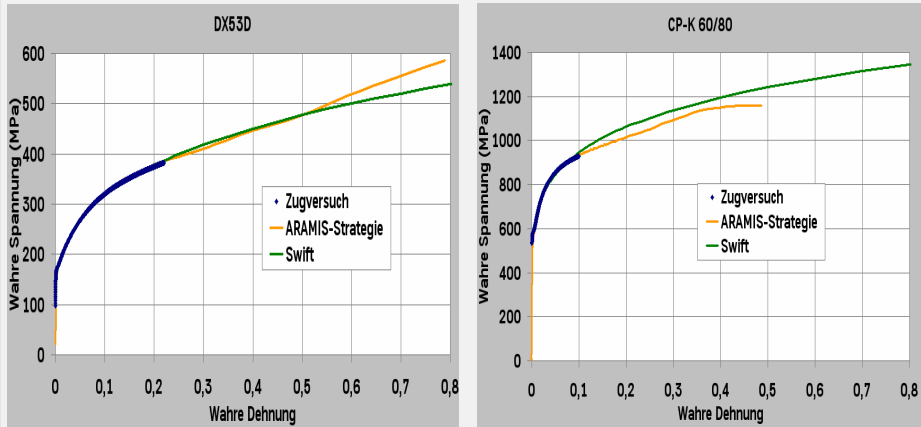
8

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurven Extrapolation durch den Zugversuch, ARAMIS-Strategie



► Ist die Anwendung dieser Strategie immer physikalisch richtig?

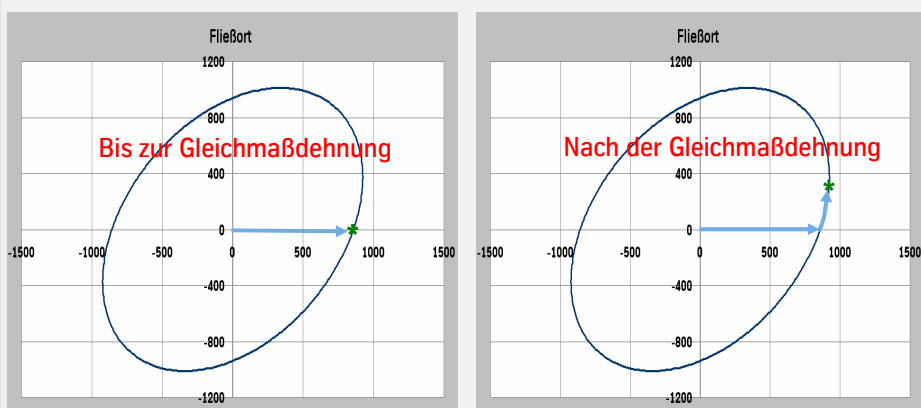
9

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurven Extrapolation durch den Zugversuch, ARAMIS-Strategie



► Da nach der homogenen Einschnürung der Spannungszustand mehrachsrig wird, ist die Längsspannung keine Vergleichsspannung mehr!

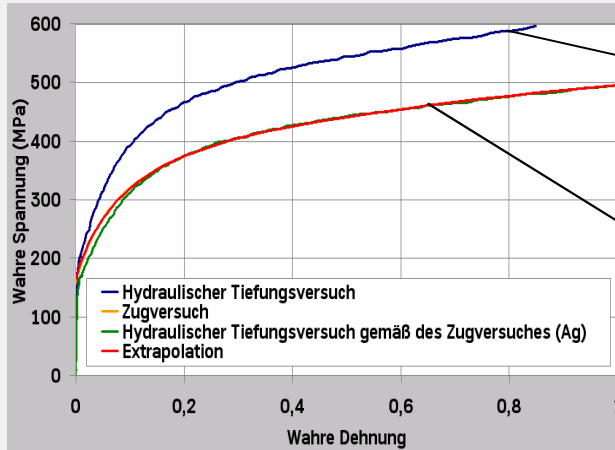
10

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurven Extrapolation durch den hydraulischen Tiefungsversuch



Hydraulische Tiefung

$$\sigma_b = \frac{p \cdot \rho}{2 \cdot t}$$

Berechnung $\sigma_v \epsilon_v$

$$\sigma_v \epsilon_v = \sigma_{ij} \cdot \epsilon_{ij}$$

$$Y_{Ag} = \frac{\sigma_{Biax}}{\sigma_{ZugAg}}$$

$$\sigma_v = \frac{\sigma_{Biax}}{Y_{Ag}}$$

$$\epsilon_v = Y_{Ag} (\epsilon_{Biax})$$

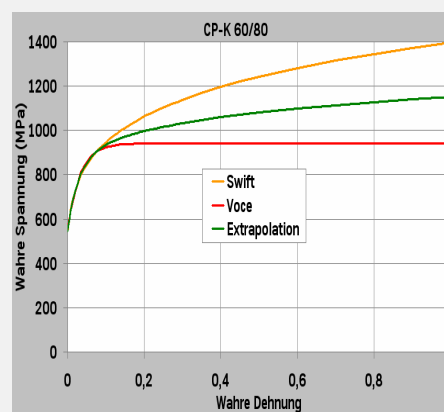
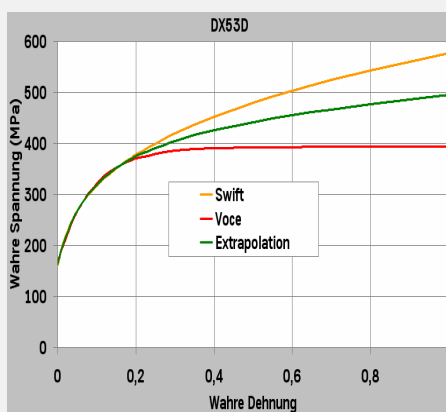
11

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurven Extrapolation durch den hydraulischen Tiefungsversuch



► Die Extrapolationen gemäß dieser Strategie liegen zwischen Swift und Voce!

12

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Verfahren zur Extrapolation der Fließkurve

Agenda

- Einführung
- Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurve
 - Nutzung des Zugversuches, ARAMIS-Strategie
 - Nutzung des hydraulischen Tiefungsversuches
- Einfluss der Dehnraten unter der Zugbelastung
- Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve durch den Zugversuch
- Zusammenfassung

13

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Einfluss der Dehnraten unter der Zugbelastung

Dehnungen & Dehnraten durch ARAMIS, quasistatischer Zugversuch



- ▶ Während des quasistatischen Zugversuches nehmen die Dehnraten nach der Gleichmaßdehnung zu!

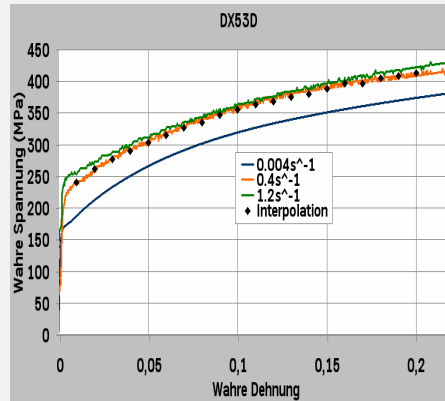
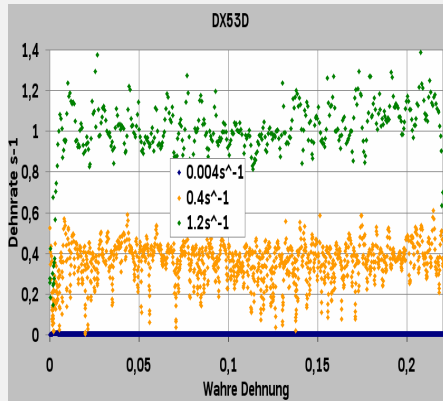
14

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Verhalten der Blechwerkstoffe bei verschiedenen Dehnraten Zugversuch, DX53D



► Gemäß der logarithmischen Dehnraten kann die Verfestigung linear interpoliert werden!

15

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Verfahren zur Extrapolation der Fließkurve Agenda

- Einführung
- Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurve
 - Nutzung des Zugversuches, ARAMIS-Strategie
 - Nutzung des hydraulischen Tiefungsversuches
- Einfluss der Dehnraten unter der Zugbelastung
- Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve durch den Zugversuch
- Zusammenfassung

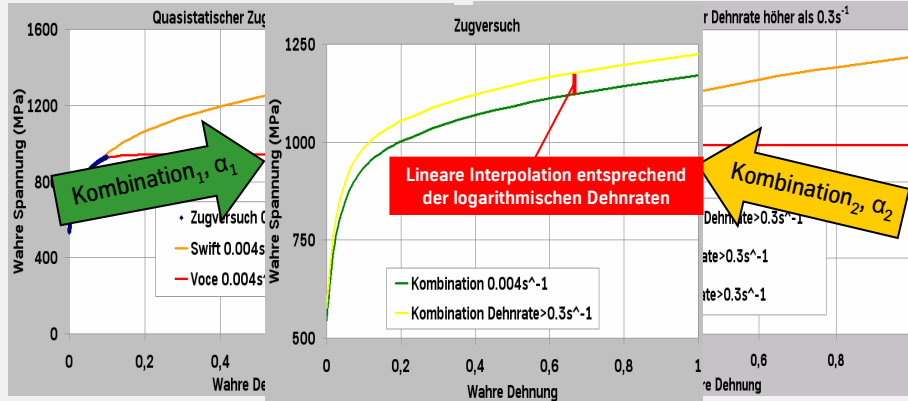
16

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve Grundlage der Methodik



$$\text{Kombination}_1 = \alpha_1 \cdot \text{Voce}_1 + (1 - \alpha_1) \cdot \text{Swift}_1$$

$$\text{Kombination}_2 = \alpha_2 \cdot \text{Voce}_2 + (1 - \alpha_2) \cdot \text{Swift}_2$$

17

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve User-Model implementiert in LS-DYNA

	Verfestigung	Fließkurve	Fließort
Level 01 = Standard	Isotrop	Swift	v. Mises
Level 02 = Fortgeschritten	Dehnratenabhängig	Hocket-Sherby	Tresca
Level 03 = Komplex	v. Mises	Voce	Hill-Familie
	Isotropisch-kinematisch	Kombination	Hill '48
	Prager		Hill '90
	Chaboche		Barlat-Familie
	Backhaus		Barlat '89
	Yoshida		Barlat '96
	Distortion		Barlat 2000
	ICT-Theorie		Banabic 2005

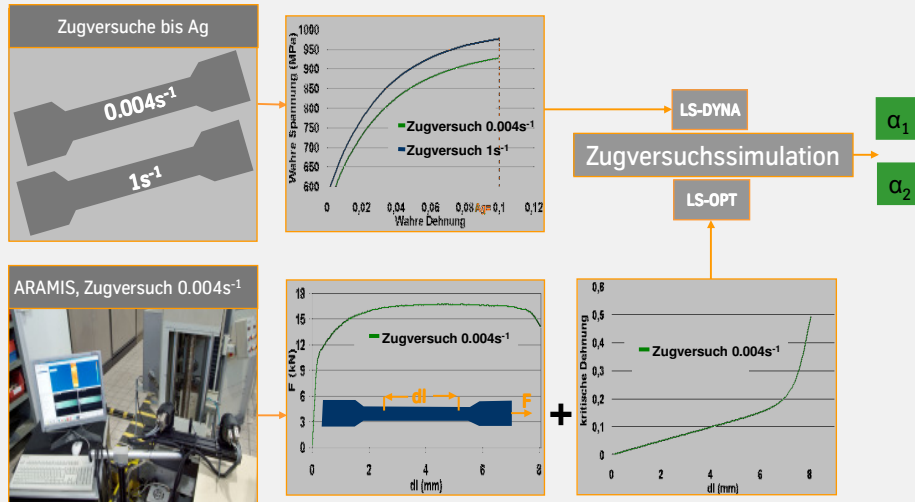
18

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve Prozess



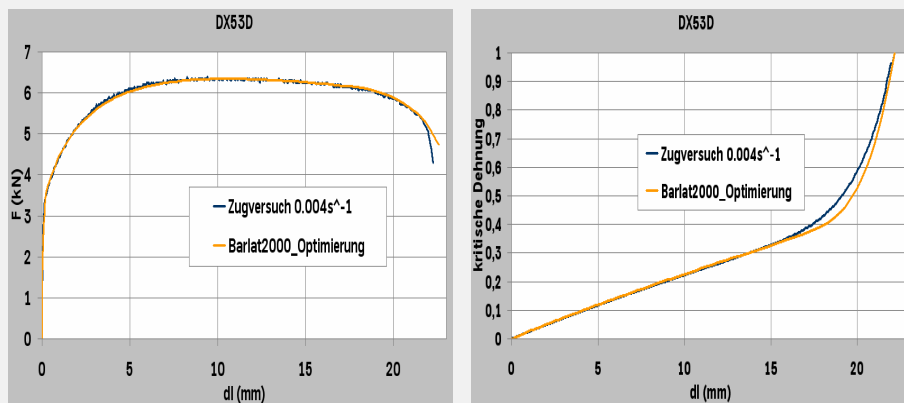
19

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve Optimierung, DX53D



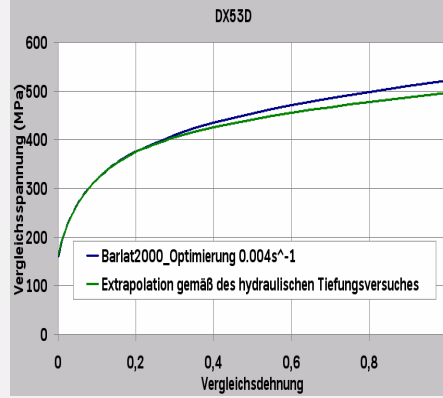
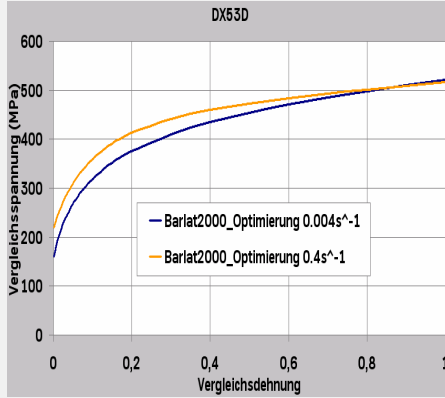
20

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve Optimierung, DX53D



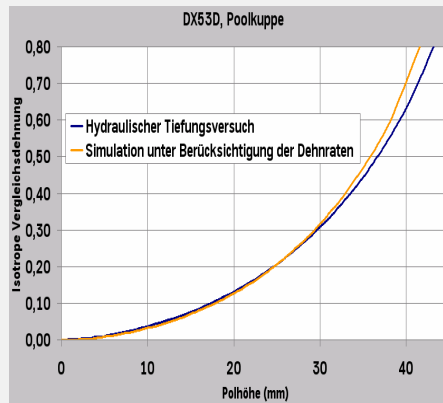
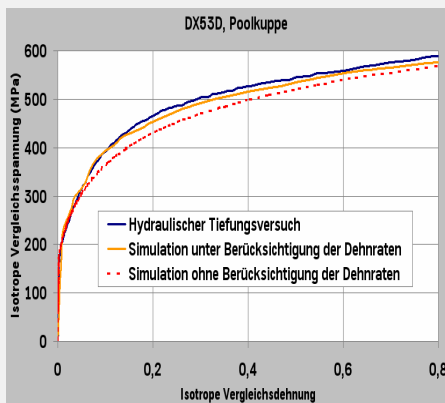
21

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve Validierung der Optimierung durch den hydraulischen Tiefungsversuch



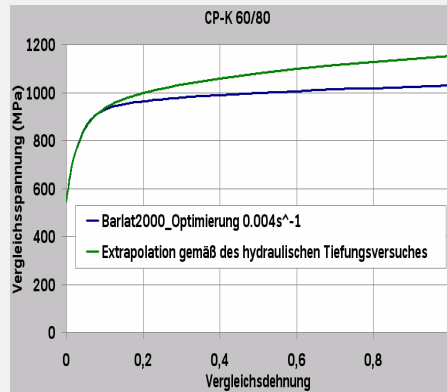
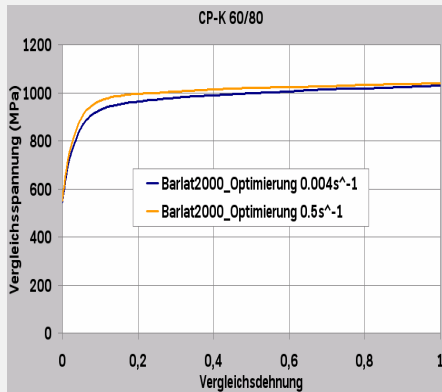
22

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve Optimierung, CP-K 60/80



23

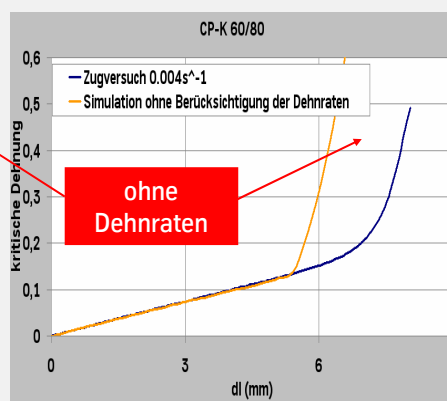
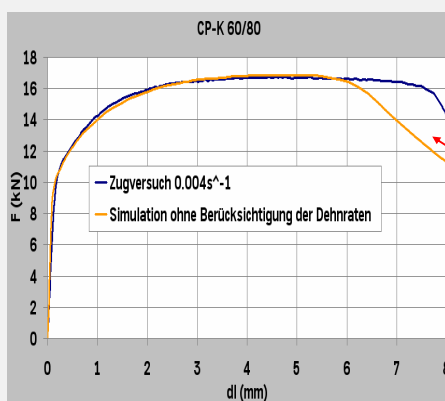
8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Zugversuchssimulation

Anwendung der Extrapolation der Bulge-Strategie auf den Zugversuch



- ▶ Ohne Berücksichtigung der Dehnraten können die experimentellen Zugversuchsergebnisse nicht mit der Simulation abgebildet werden!

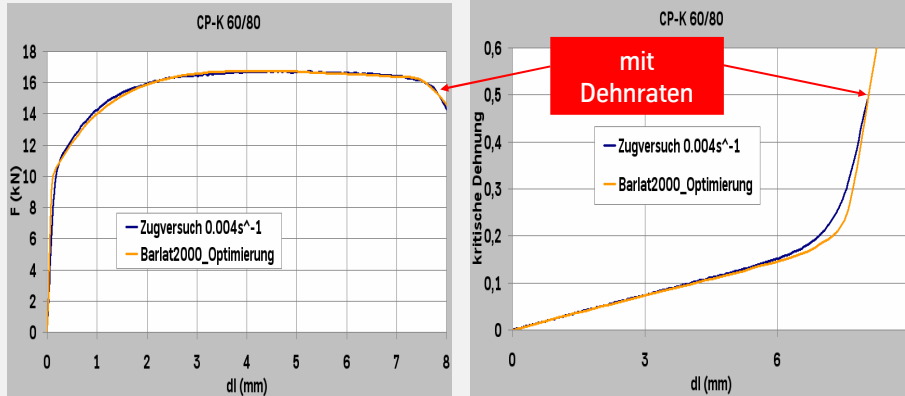
24

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Zugversuchssimulation Alternative Methode, CP-K 60/80



25

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Verfahren zur Extrapolation der Fließkurve Agenda

- Einführung
- Momentane Methoden zur Extrapolation der Fließkurve
 - Nutzung des Zugversuches, ARAMIS-Strategie
 - Nutzung des hydraulischen Tiefungsversuches
- Einfluss der Dehnraten unter der Zugbelastung
- Alternative inverse Methode zur Extrapolation der Fließkurve durch den Zugversuch
- Zusammenfassung

26

8. LS-DYNA FORUM 2009
12. November 2009, Filderstadt

ThyssenKrupp Steel Europe



Zusammenfassung

- Mittels optischer Systeme ist es möglich, den Zugversuch im Einschnürbereich hinsichtlich der Dehnungen auszuwerten
- Die unter einfachen Annahmen zu ermittelnde Längsspannung stellt nicht die für die Extrapolation der Fließkurve gesuchte Vergleichsspannung dar
- Unter Anwendung eines Fließortmodells kann aus den Ergebnissen des hydraulischen Tiefungsversuches auf die Extrapolation des Zugversuches geschlossen werden
- Mittels der vorgestellten inversen Methode ist unter Nutzung des einfachen und kostengünstigen Zugversuches möglich, die Fließkurve zu extrapolieren
- Der Einfluss der Dehnraten darf im Bereich der Extrapolation nicht vernachlässigt werden