

Echtzeitprognose des Schmiedemaßes an Freiformschmiedepressen

Universität Siegen

Institut für Meßtechnik

Ralf Nötzel

noetzel@mt.et-inf.uni-siegen.de



DSHplus User Meeting 2005

07. November 2005 in Aachen / Herzogenrath

1/21

Echtzeitprognose des Schmiedemaßes an Freiformschmiedepressen

1. Übersicht
2. Freiformschmiedeanlagen
3. Der Schmiedeprozess
4. Das Problem beim Freiformschmieden
5. Virtuelle Schmiedemaßprognose
6. Ergebnisse der Pressensimulation
7. Die Versuchsanlage und aktuelle Ergebnisse
8. Zusammenfassung und Ausblick

2/21

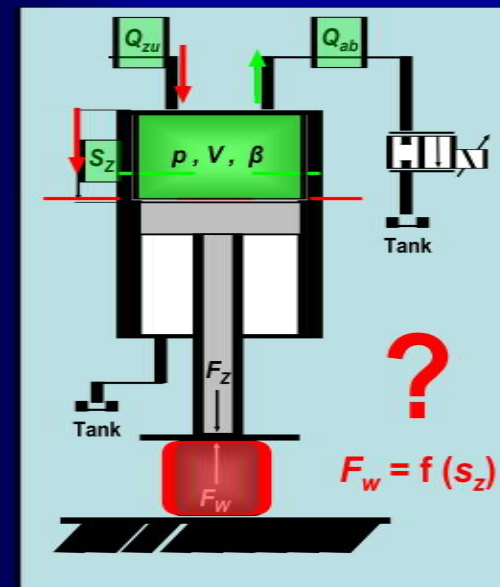
Der Schmiedeprozess



1500 t – Presse KISCO
Changwon / Korea

3/21

Der Schmiedeprozess



Bewegung stoppen:

$$Q_{zu} = Q_{ab}$$

Bekannt:

- Ölströme
- Positionen
- Zylindergeometrie
- Ölkennwerte

Unbekannt:

F_w = notwendige Umformkraft

$F_w = f(\text{Material, Breite, Höhe, Tiefe})$

4/21

Die Preßkraftberechnung – „klassisch“

Werkstück

$$\sigma_F = k \cdot e^{-M1 \cdot T} \cdot \varphi_p^{M2} \cdot \varphi^{M3} \cdot e^{\varphi \cdot M4}$$

$$F_w = \frac{l \cdot b \cdot H \cdot \sigma_F}{(H-h) \cdot K_w}$$

$$K_w = 11 \cdot b \cdot \left(1 + \mu \cdot \frac{l}{(H-h)} + \frac{H-h}{4 \cdot l} \right)$$

Stahltyp: „SC 6-5-2“

M1 = -0,0037

M2 = 0,109

M3 = 0,1853

M4 = -0,7833

K = 14018,59

T = 1100 °C

μ = 0,35

Umformgrad

$$\varphi_p = \ln [H/(H-h)]$$

Geschwindigkeit des Umformgrades

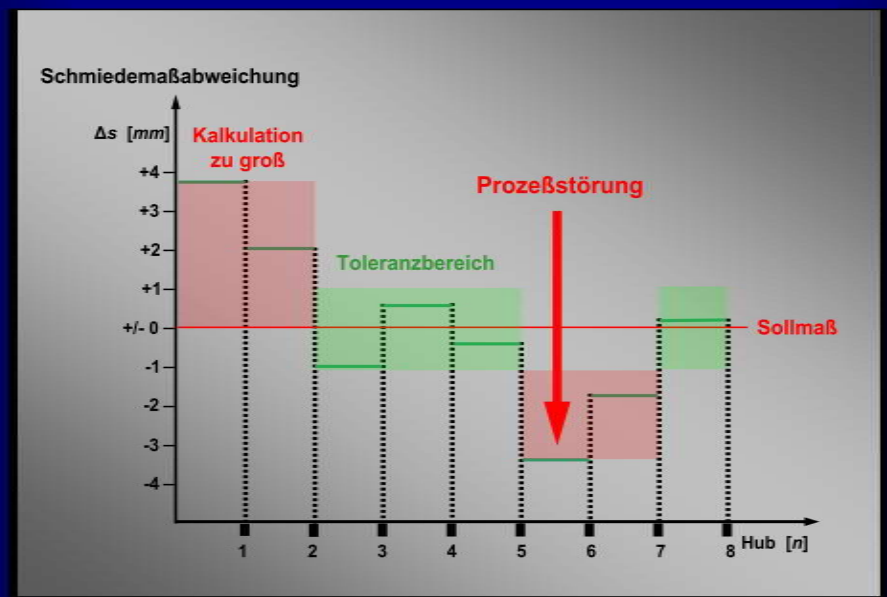
$$\varphi = v \cdot l \cdot (H-h)$$

Das Problem beim Freiformschmieden

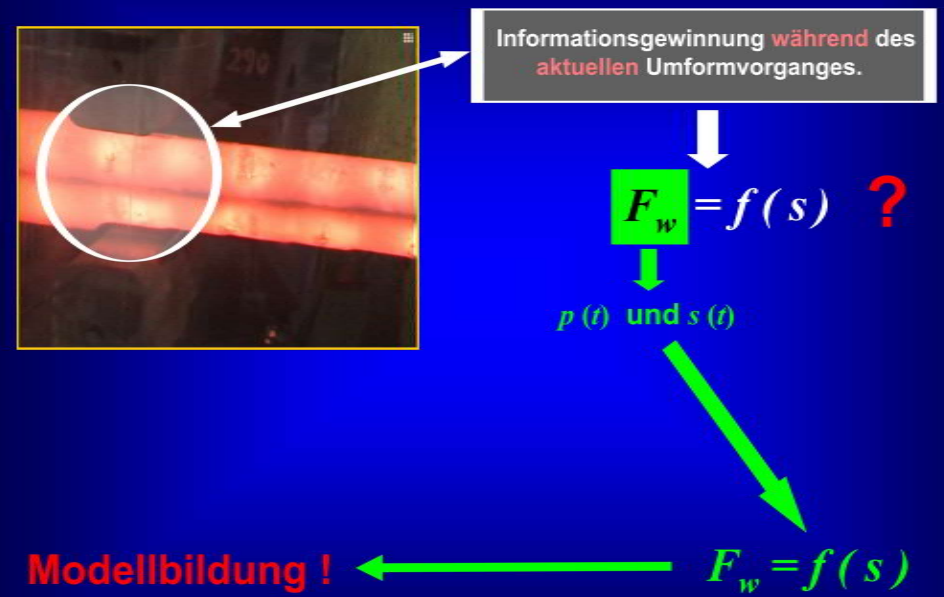


1500 t – Presse
KISCO
Changwon /
Korea

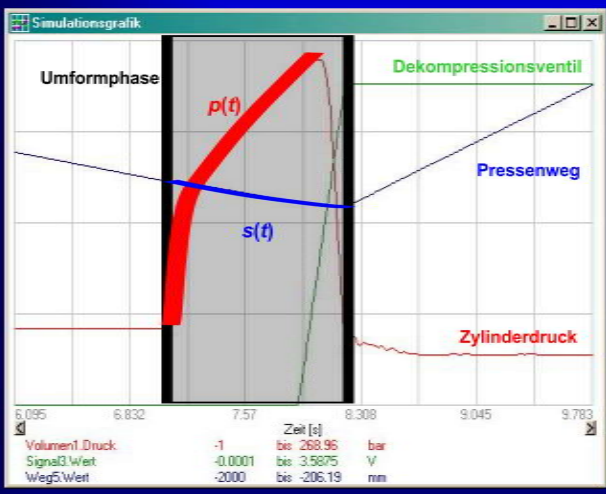
Das Problem beim Freiformschmieden



Was tun ?

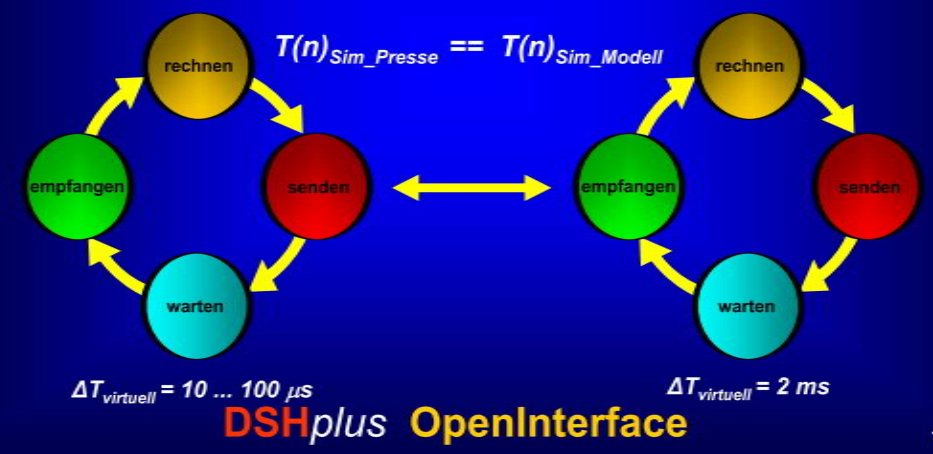


Pressen- und Kraftmodell $\Rightarrow s(t)$ und $p(t)$



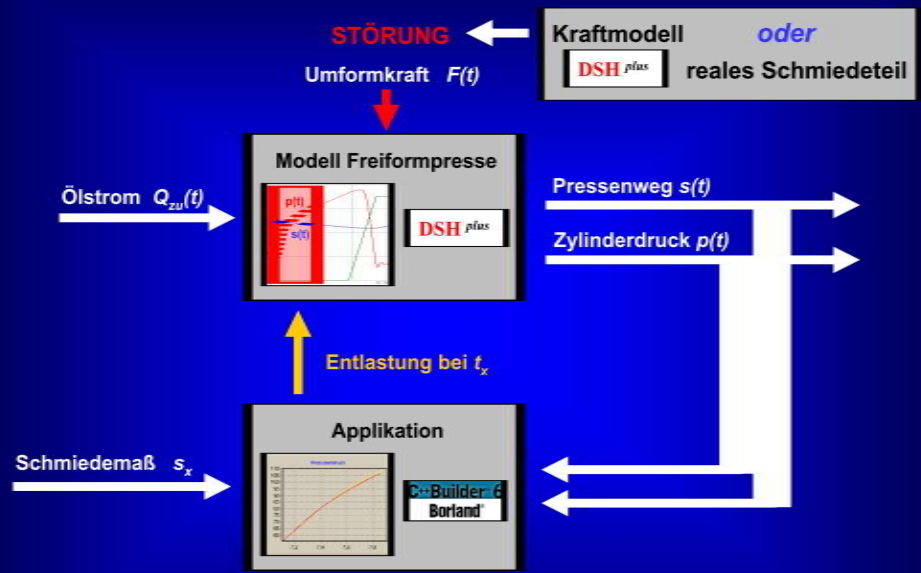
9/21

Datensynchronisation der Simulationen



10/21

Funktionsprinzip des Prognoseprogrammes

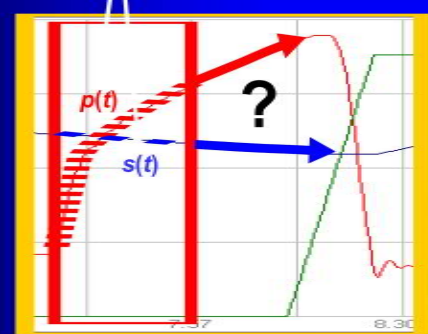


- Erster Schritt:** Aus Datensätzen Weg und Druck Funktionen $s(t)$, $p(t)$, $p(s)$ berechnen.
- Zweiter Schritt:** Berechnung der Öffnungsfunktion $A_v(t)$ des Schmiedeventiles.
- Dritter Schritt:** Zyklisch mit Modell Prognose des Schmiedemaßes und Start der Entlastung für die Presse bei Prognose = Sollschmiedemaß.
- Vierter Schritt:** Ausgabe der kompensierten Ansteuerung an das Schmiedeventil.

11/21

Die Funktionsberechnung $s(t)$ und $p(t)$

Polynomentwicklung
 $Y(x) = A + Bx + Cx^2 + \dots + Nx^n$



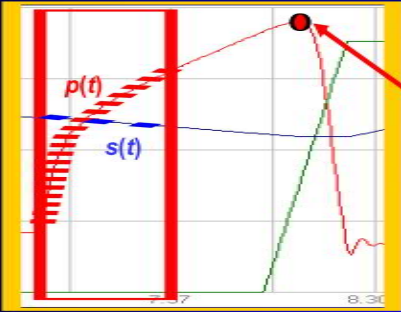
... im ersten Schritt

1. Zyklisches Lösen der Gleichungssysteme $p(t)$ und $s(t)$.
2. Adaptive Anpassung an die Anzahl der Meßwerte.
3. Berechnung und Ausgabe der prognostizierten Verläufe.

12/21

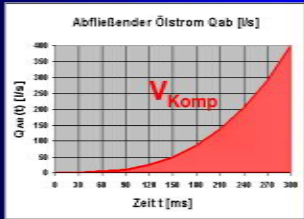
Die Öffnungsfunktion des Schmieventils $A_V(t)$

... im zweiten Schritt

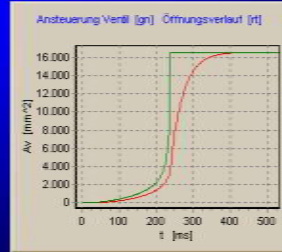


Bekannt ist somit: p_{MAX} und V_{Komp} .

Funktionen der Verläufe $s(t)$ und $p(t)$



$$Q_{ab} = A_V \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$

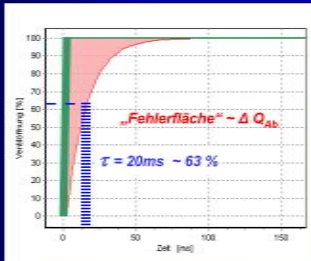


1. Entlastungszeit T mit V_{Komp} .

2. Ventilöffnungsfunktion $A_V(t)$

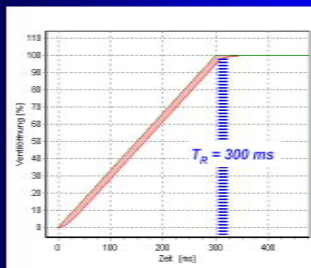
Berechnung der kompensierten Öffnungsfunktion $A_V(t)$ des Schmieventiles „Wirkprinzip“

... im vierten Schritt



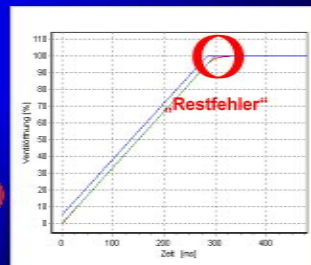
Physikalisch bedingte zeitverzögerte Reaktion des Schmieventils auf sprungförmige Eingangsgrößen.

Ziel: *minimaler Fehler*



KOMPENSATION

$$d/dt [x_a(t)] + 1/\tau \cdot x_a(t) = x_o(t)$$

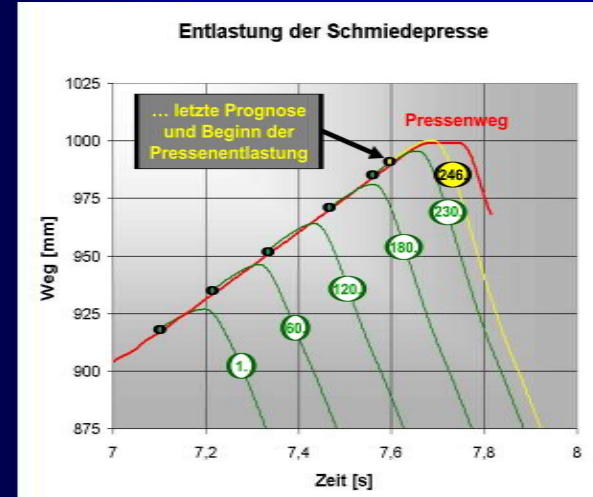


Fehler bei $T_{ent} = 300ms$ ohne Kompensation

Fehler bei $T_{ent} = 300ms$ mit Kompensation

Prädiktionsmodell der Presse

... im dritten Schritt

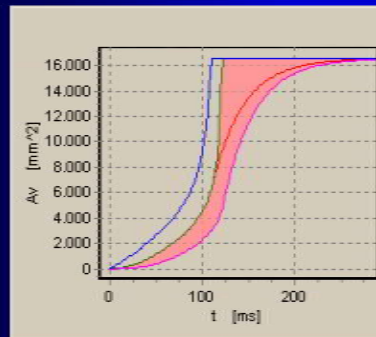


EXCEL – Auswertung des Simulationsdatensatzes

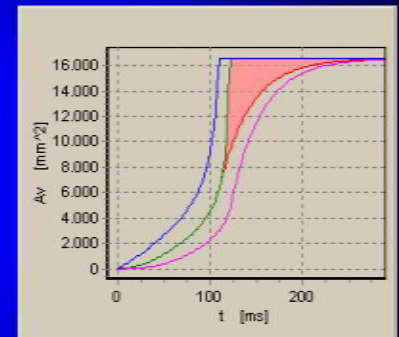
1. Zyklische Berechnung der Entlastung der Presse mit echtzeitfähigem Modell durch Prädiktion.
2. Vergleich der Prognose mit realen Prozeß.
3. Start der Entlastung der Presse bei Prognosemaß \geq Schmiemaß.

Ausgabe der kompensierten Öffnungsfunktion $A_V(t)$ an das Schmieventil

... im vierten Schritt



KOMPENSATION



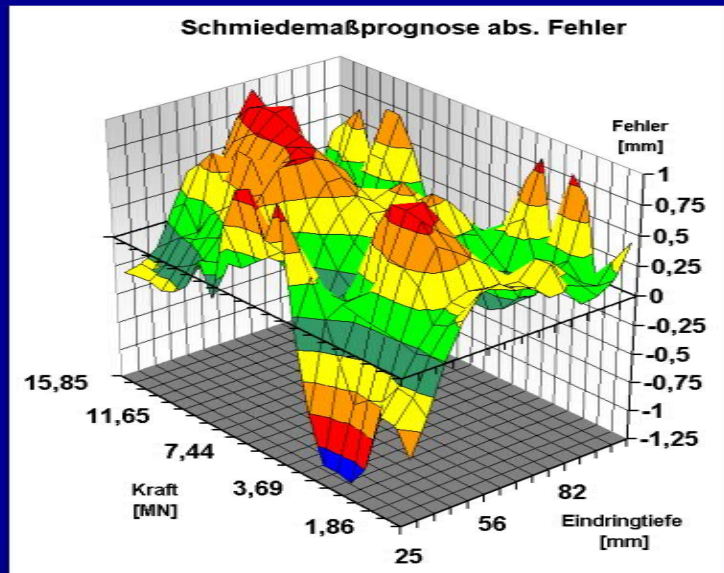
Öffnungsfunktion $A_V(t)$ des Schmieventiles

ohne Kompensation

Öffnungsfunktion $A_V(t)$ des Schmieventiles

mit Kompensation

Ergebnisse, erreichte Genauigkeiten

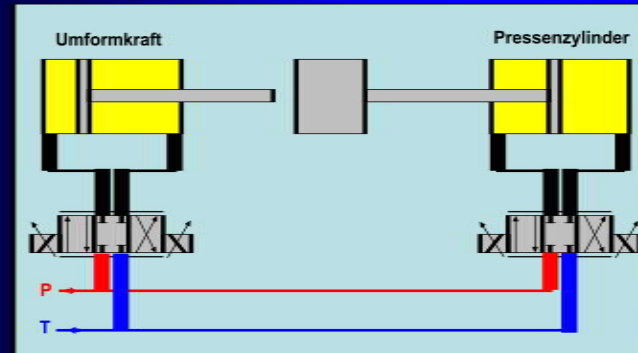


EXCEL – Auswertung eines Datenfeldes der Simulation

17/21

Praktische Untersuchungen

Pumpe : V/p-Regler, 26 l/min bei 160 bar
 Zylinder : 2x D/d = 40/28 mm , l = 500 mm
 Servo : 8x D1FP (Parker), Q=12l/min, T_v= 2,5 ms
 Masse : 500 kg
 Sensorik : 5x Druck , 0...250 bar / 1%
 2x Weg , 0...500 mm / 2 µm
 Steuerung : Siemens RTX



18/21

Steuerung der Versuchsmaschine



Hardware: Siemens RTX + PC (Pentium 4)

Software : Step 7, SCL

Leistung : ca. 80 MFLOPS

Zykluszeit : T < 2 ms



19/21

Zusammenfassung und Ausblick

- Projektierungswerkzeuge wie DSH^{plus} sind geeignet realitätsnahe Datensätze zu generieren.
- Durch Funktionsentwicklung aus diesen Datensätzen ist die Prognose des Kraft-Wegverlaufes der Presse möglich.
- Mit einem Echtzeitprädiktionsmodell wird der Entlastungszeitpunkt während eines Umformvorganges berechenbar.
- Das Echtzeitprädiktionsmodell wurde auf einer Industriesteuerung erprobt.
- Mit dem Modell wird die Schmiedemaßgenauigkeit vergrößert.
- Forschungsprojekt zwischen SMS Meer und Universität Siegen / IFM.
- Zwei Patente - Schmiedemaßprognose und Kompensation des Ventileinflusses.

20/21