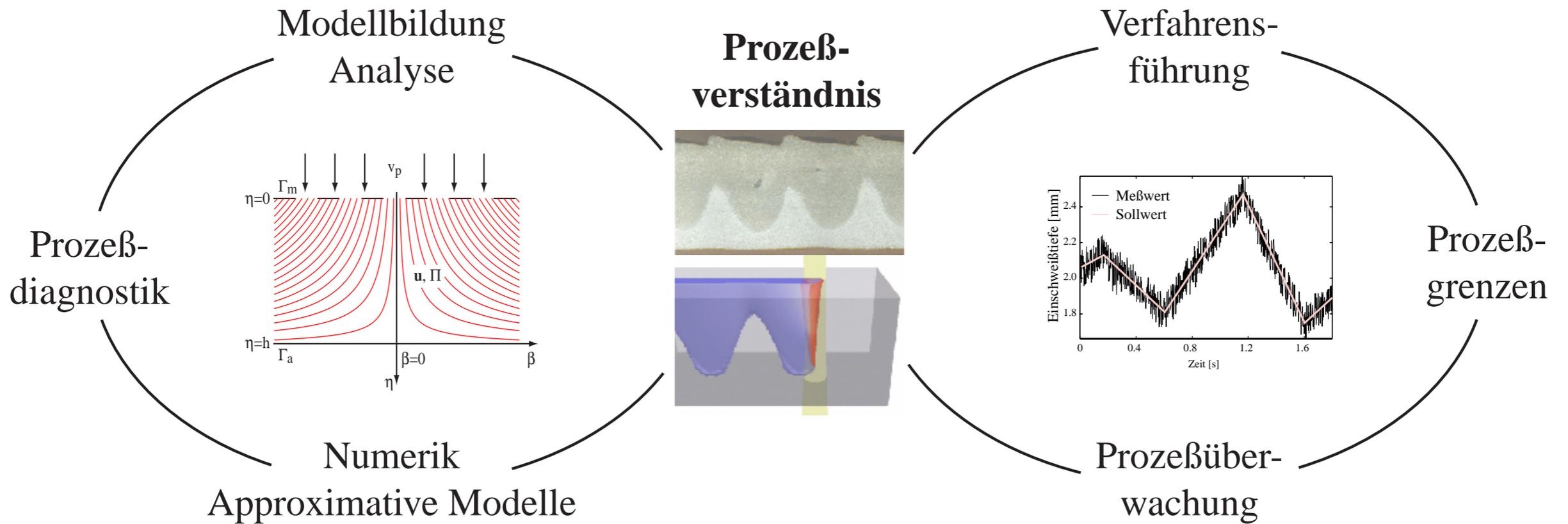


Methodik: Ganzheitliche Verfahrensentwicklung



Kernkompetenzen

- Approximative Modellierung
- Koaxiale Prozeßüberwachung
- Modellbasierte prädiktive Regelung

Modellierung und Simulation: Schweißmodell

Integrale Bewegungsgleichungen

$$\dot{A} = \frac{1}{1 + h_m - b_1} \left(q_m - \frac{b_1}{Q} \right),$$

$$\dot{Q} = q_m - (1 + h_m)\dot{A},$$

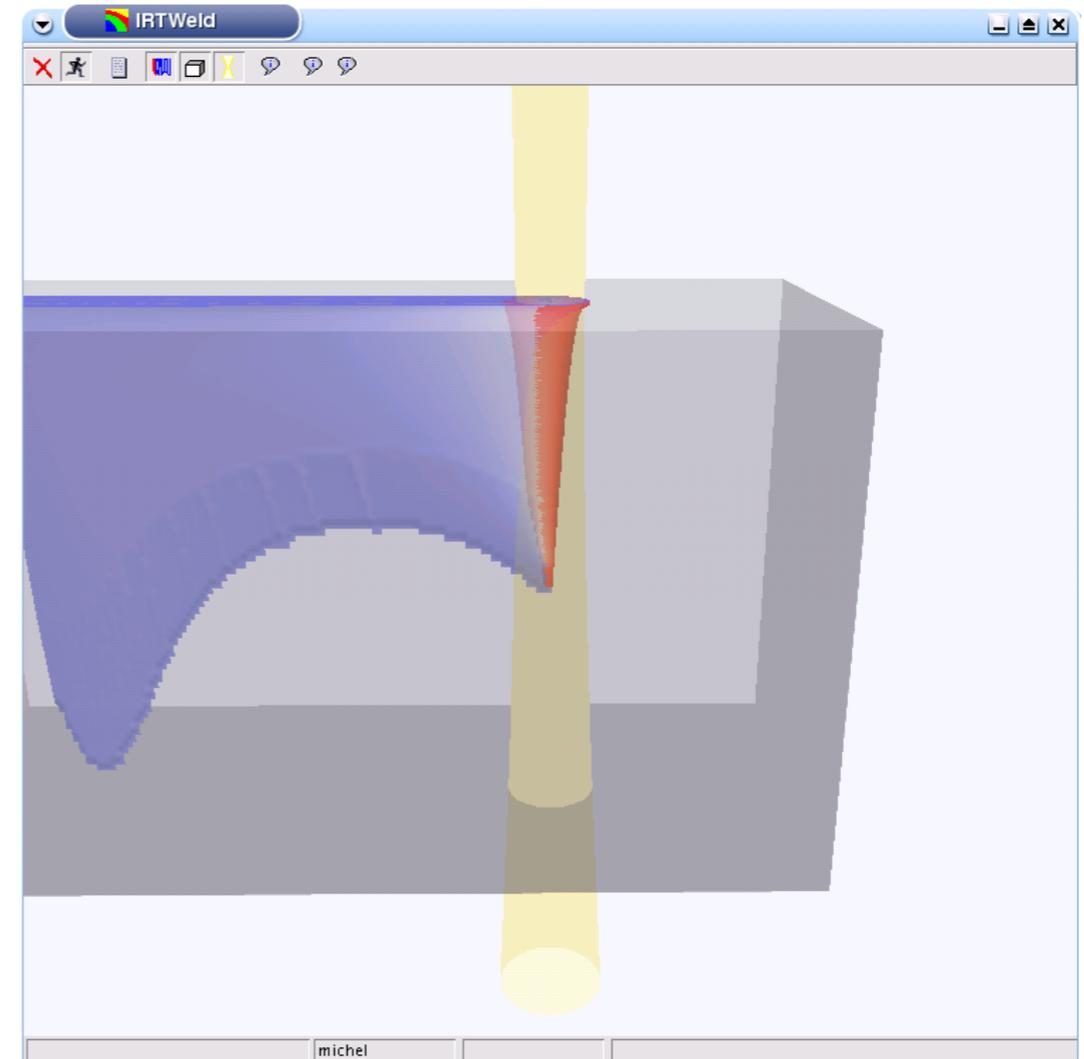
$$\dot{\alpha} = \frac{1}{l_1 l_4 + l_2 l_3} (l_1 \gamma_{21} + l_3 \gamma_{01}),$$

$$\dot{m} = -\frac{6}{5} \frac{\partial}{\partial \beta} \left(\frac{m^2}{h} \right) - \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial \Pi_g}{\partial \beta} h - 3 \frac{m}{h^2} \right),$$

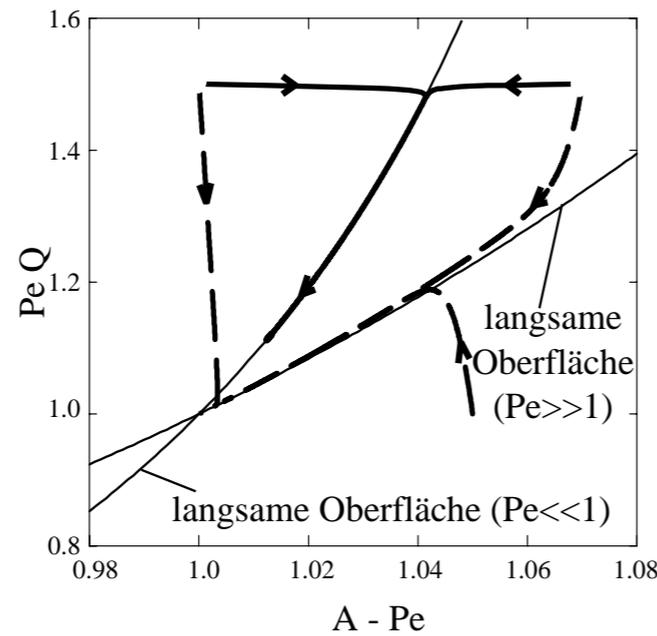
$$\dot{h} = -\frac{\partial m}{\partial \zeta} + v_p \cos(\beta/\alpha),$$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial \tau_l} (\theta_s h g_1) + \frac{5}{8} \frac{\partial}{\partial \beta} (\theta_s m g_2) = \frac{1}{Pe_l} \left(q_a - \frac{\theta_s}{h} g_3 \right).$$

Interaktive graphische Oberfläche



Notwendigkeit der dynamischen Steuerung



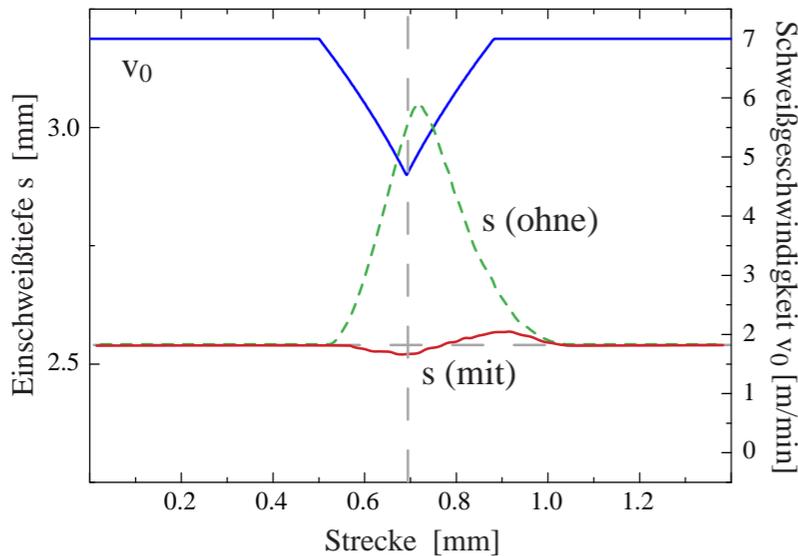
Steuerungsvorschrift für Nahttiefe

$$q_m = (1 + h_m) \dot{A} + \dot{Q}$$

Steuerungsvorschrift für Nahtbreite

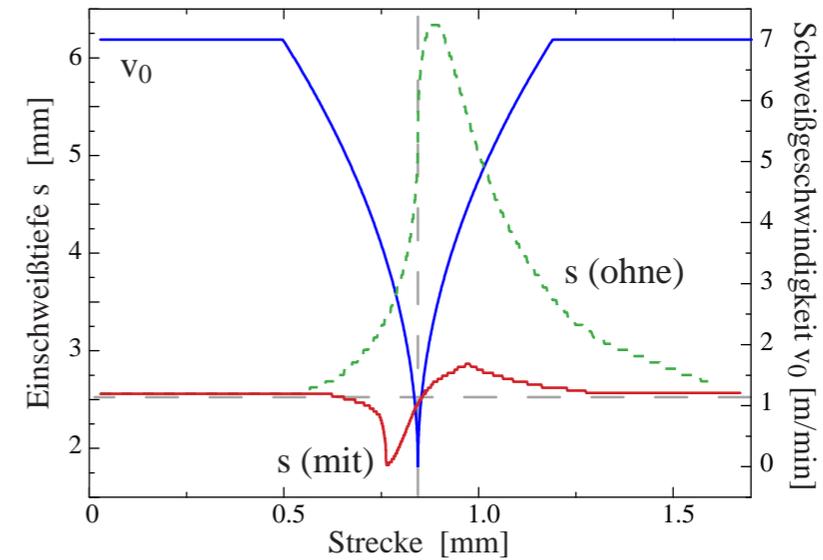
$$\dot{\alpha} = \frac{1}{l_1 l_4 + l_2 l_3} (l_1 \gamma_{21} + l_3 \gamma_{01})$$

Moderate Schweißgeschwindigkeiten $Pe \geq 1$
 z.B. bei linearen Schweißnahtgeometrien



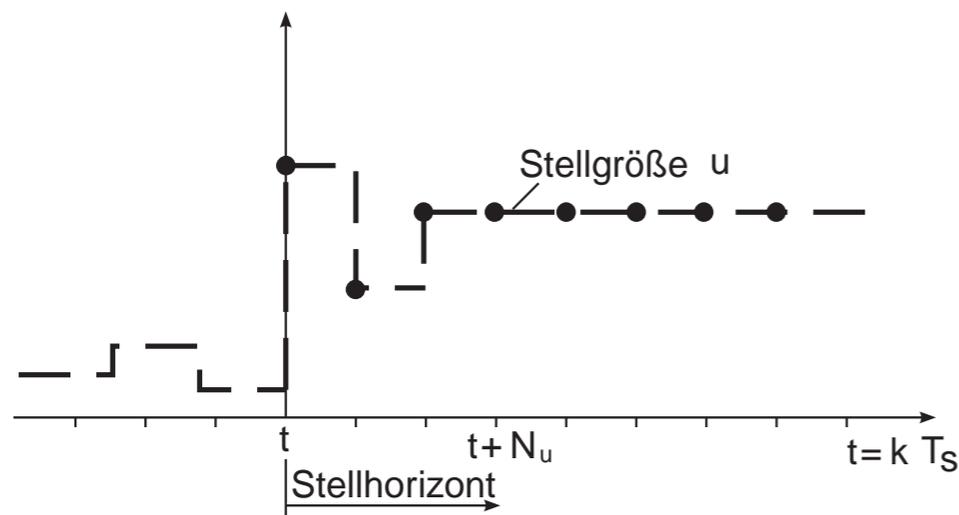
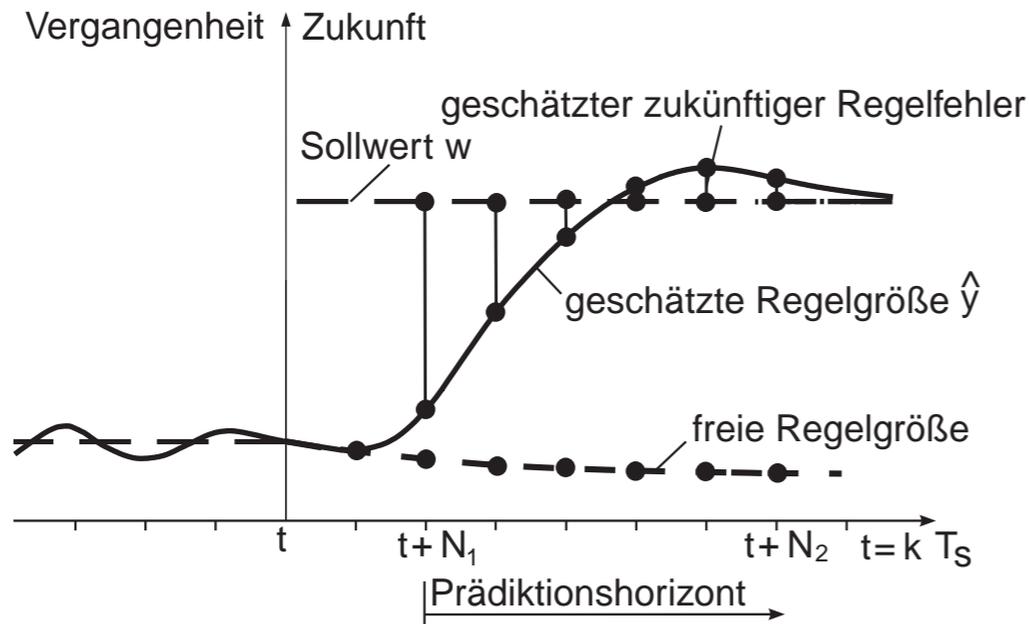
⇒ Stationäre Steuerung ausreichend

Kleine Schweißgeschwindigkeiten $Pe \ll 1$
 z.B. bei komplexen 3d-Bauteilen



⇒ Dynamische Steuerung notwendig

Prinzip der modellbasierten prädiktiven Regelung



Motivation

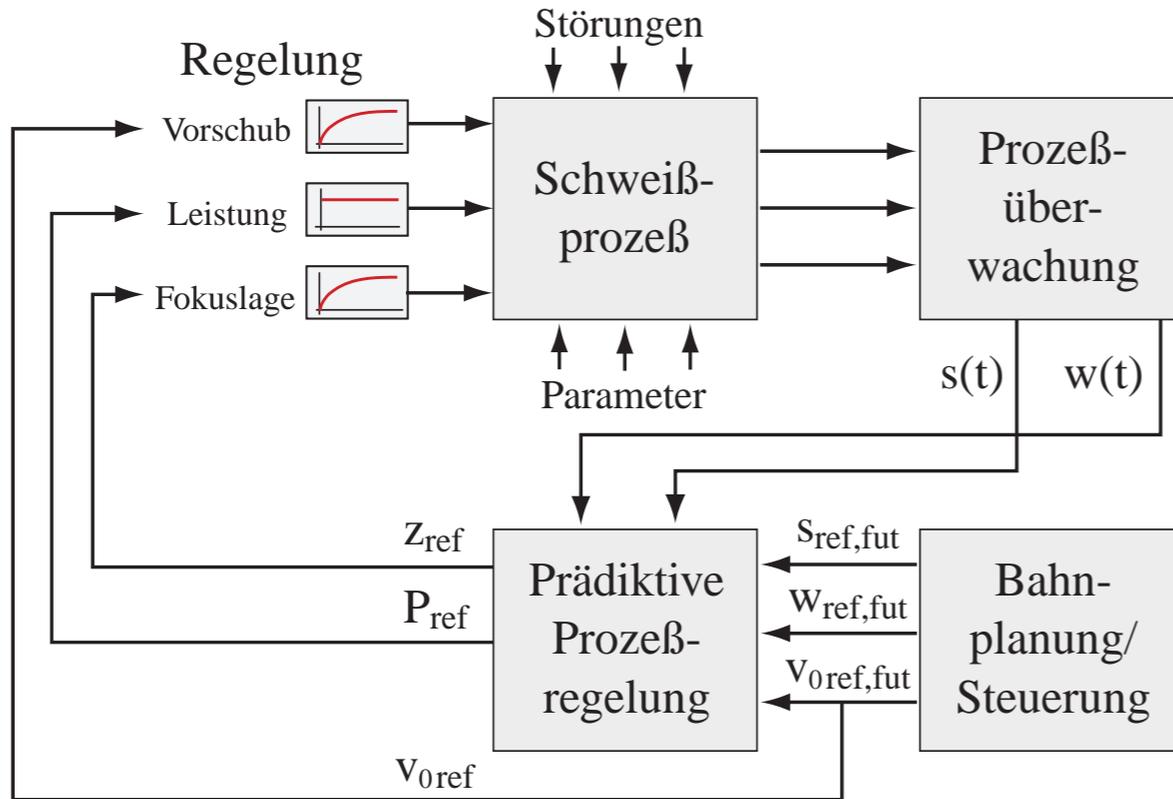
- Nichtlinearer, gekoppelter, dynamischer Mehrgrößenprozeß
- Begrenzung der Stellgrößen

Vorteil

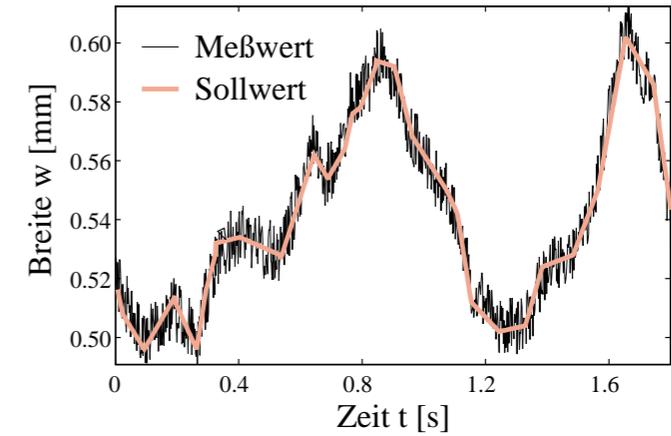
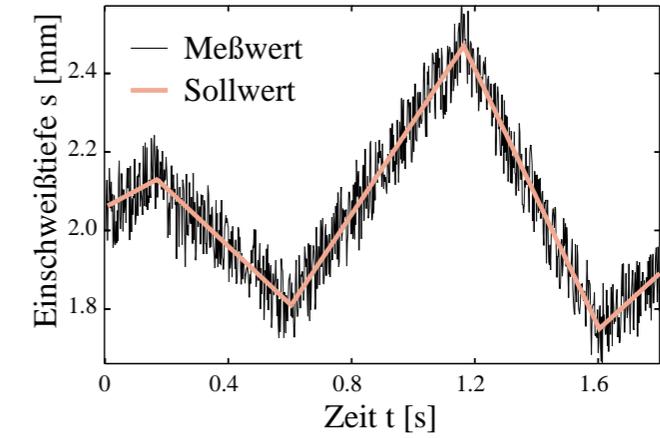
- Berücksichtigung der dynamischen Eigenschaften des Prozesses
- Weit verbreitet im industriellen Umfeld

Realisierte Anwendung der modellbasierte prädiktive Regelung

Schema der Regelung



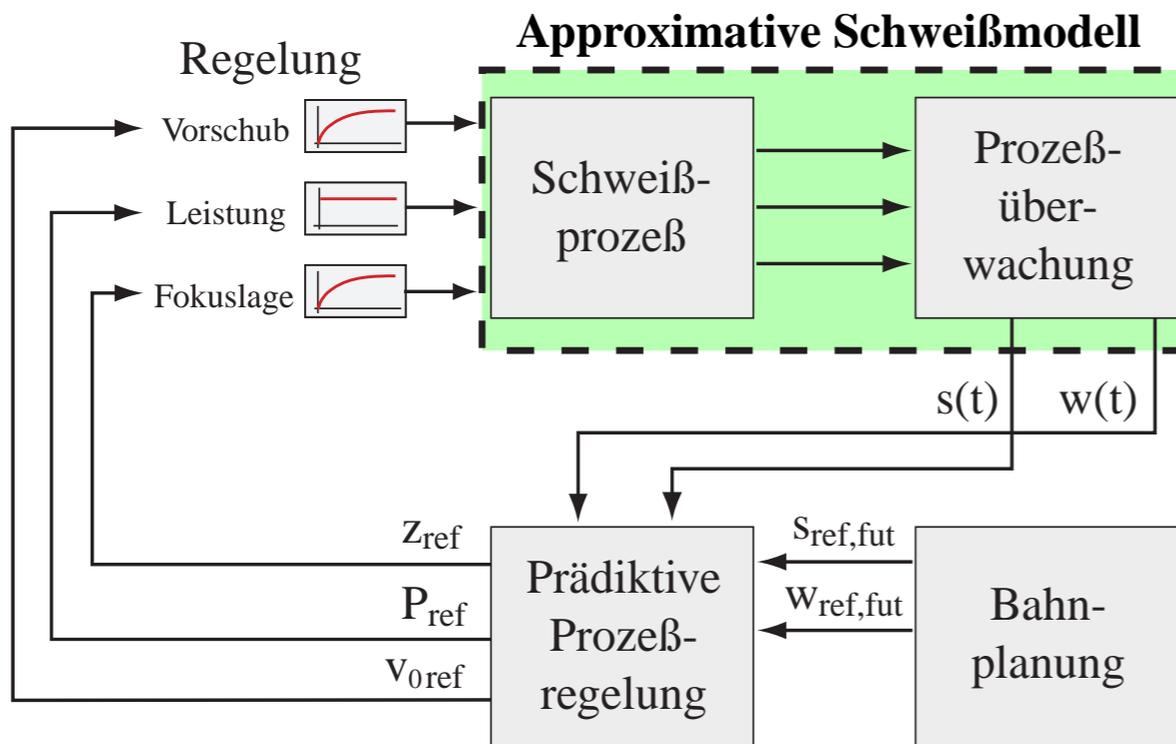
Simulation der Regelung



- Langjährige Zusammenarbeit (seit 1997)
- Schwachstelle: Prozeßüberwachung

Mittelfristiges Ziel: "off-line"-Bahnplanung

Schema der "off-line"-Bahnplanung



Prinzip

- Approximatives Schweißmodell substituiert Schweißprozeß und Prozeßüberwachung
- Prädiktiver Regler verwendet künstliches neuronales Netz mit lineare Optimierung

Vorteil

- Berücksichtigung dynamischer Phänomene
- Berücksichtigung der Stellgrößenbegrenzung
- Schnelle interaktive Bahnplanung