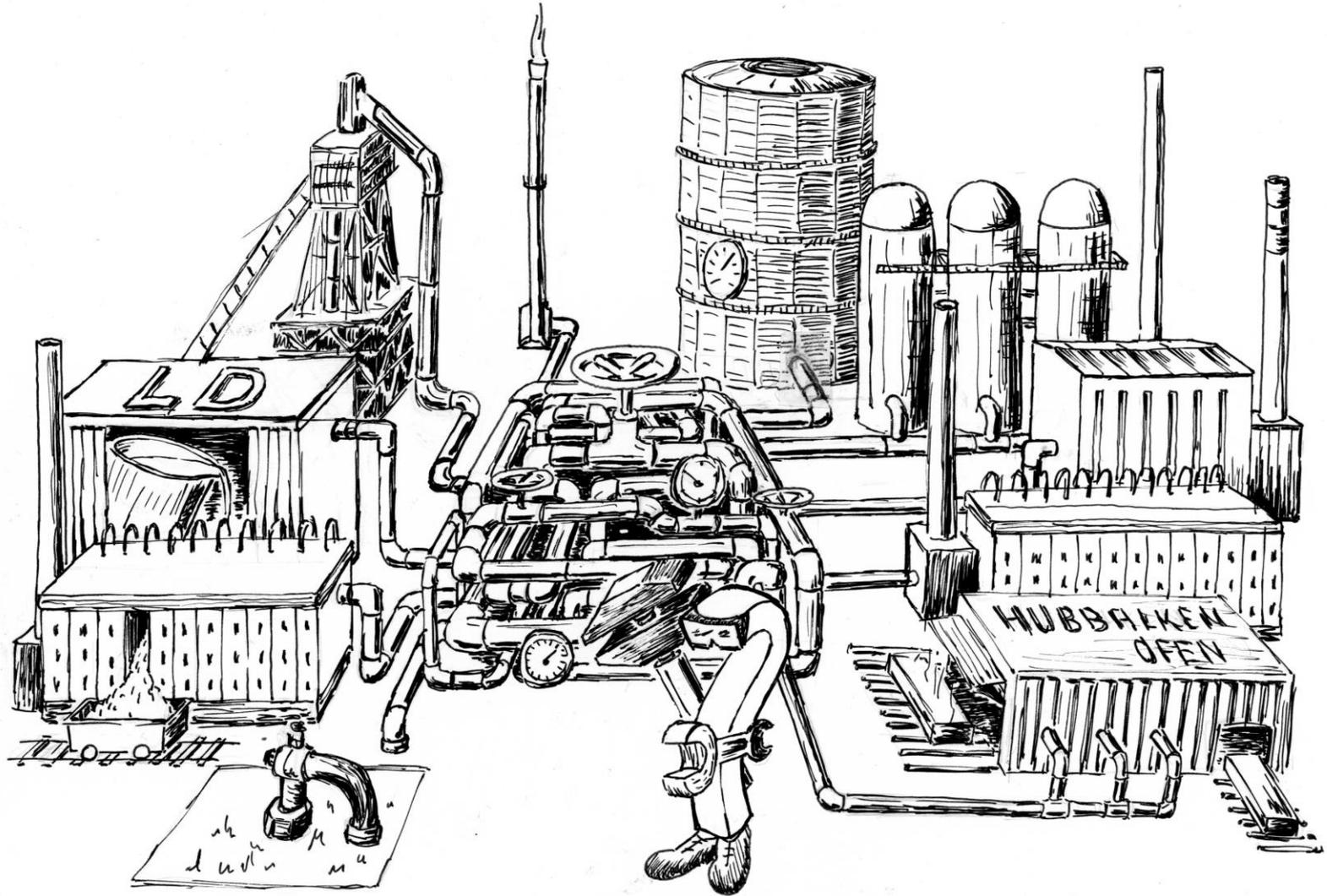




INSTITUT FÜR
ENERGIETECHNIK UND
THERMODYNAMIK
Institute for Energy Systems and Thermodynamics

Optimierung eines multiverzweigten Gasnetzes in Hinsicht auf die Energieeffizienz am Beispiel des Gichtgasnetzes der voestalpine Stahl Linz

Dipl.-Ing. René Schimon



WENIGER VERLUSTE = WENIGER CO₂

Situation:

- Gasverbund
 - Dynamische Systeme (Strömung)
 - Komplexe multiverzweigte Rohrnetzwerke
 - Historisch gewachsene Systeme, die den Anforderungen immer wieder angepasst werden mussten.

Methode:

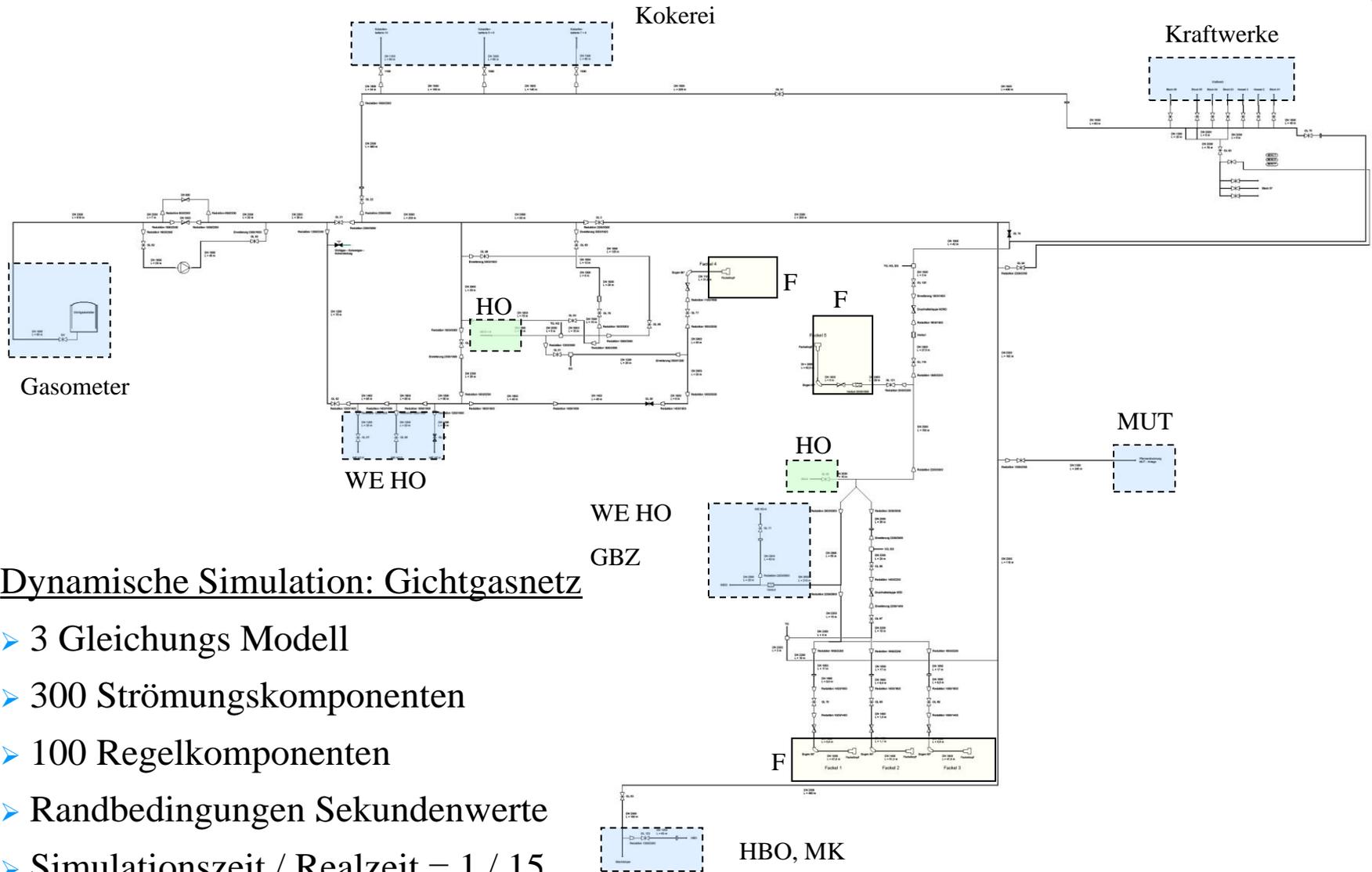
- Dynamische Simulation des Gasverbundes

Ziel:

- Verständnis über die Dynamik der Strömung im Netz
- Verständnis über Auswirkung der Strömungsdynamik
- Welche Parameter beeinflussen die relevanten phy. Größen
- Heuristische Optimierung mittels Parameterstudien
- Analyse neuer Netzkonfiguration

zukünftige Ziele / Optionen:

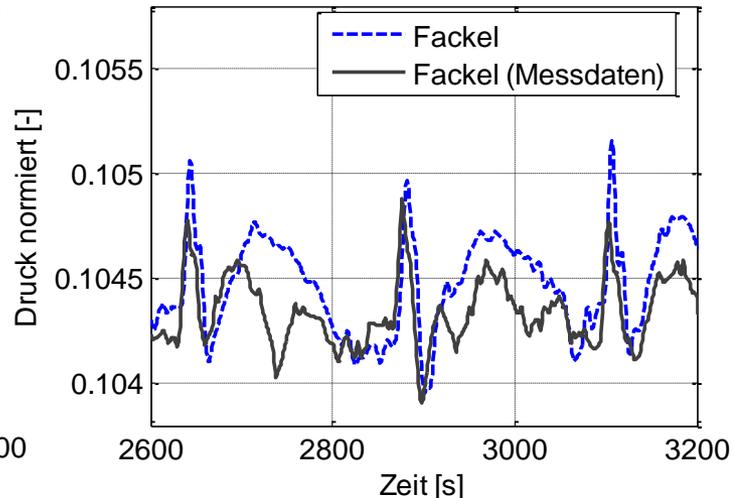
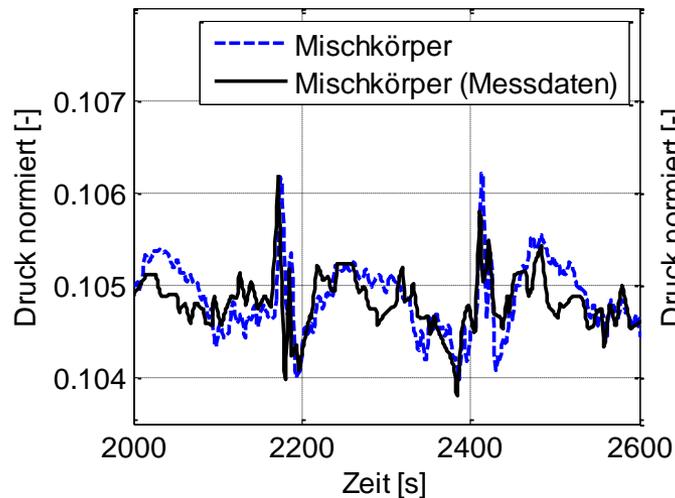
- prädiktive Regelung (mathematische Regelungsoptimierung)
- Zusammenschalten der einzelnen Gasnetze



Dynamische Simulation: Gichtgasnetz

- 3 Gleichungs Modell
- 300 Strömungskomponenten
- 100 Regelkomponenten
- Randbedingungen Sekundenwerte
- Simulationszeit / Realzeit = 1 / 15

- Druckniveaus
 - Verbraucher, HO, Fackelanlagen, Klappen
- Druckschwankungen (Amplituden)
 - Verbraucher, Fackelanlagen
- Massenströme



➤ thermische Verluste: $\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$

➤ Druckverluste: $P_V = \zeta \frac{\dot{m}^3}{2 \cdot \rho^2 A^2}$

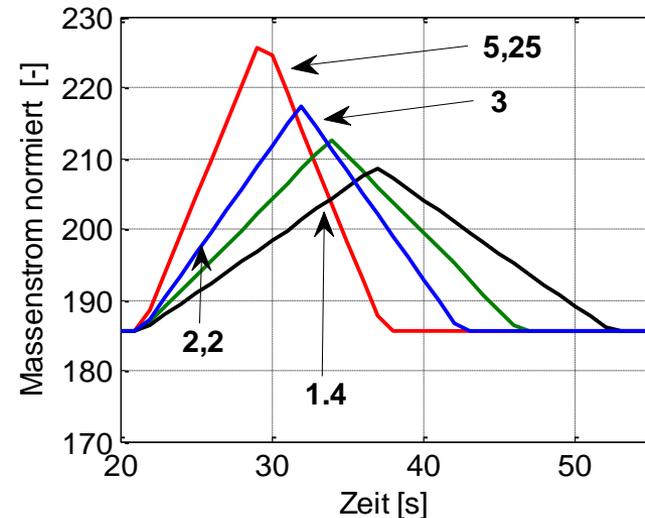
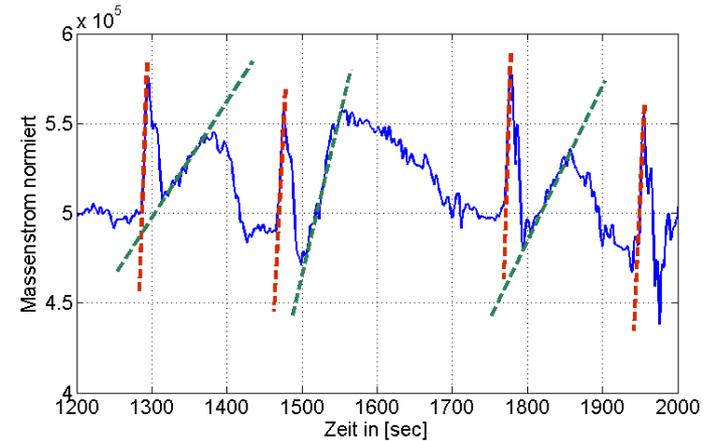
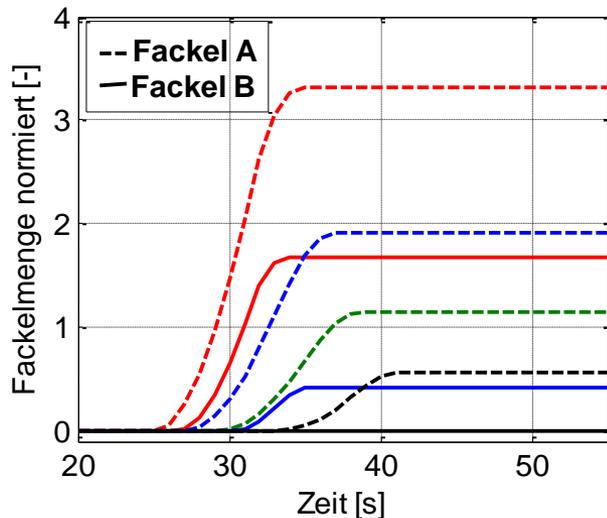
➤ Fackelverluste: $P_F = \dot{m} \cdot (H_u + c_p \cdot \mathcal{G})$

Größenordnung der Verluste:

spez. Verluste	$c_p \cdot \Delta T$	$\zeta \frac{\dot{m}^2}{2 \cdot \rho^2 A^2}$	$H_u + c_p \cdot \Delta T$
$\frac{kJ}{Kg}$	10–60	100	3000

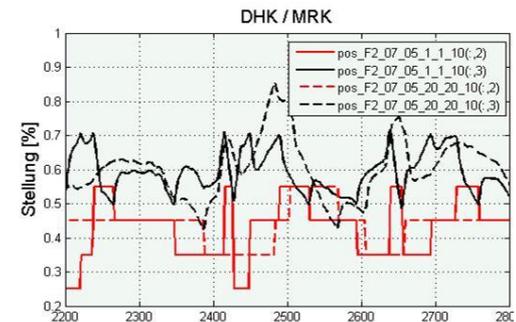
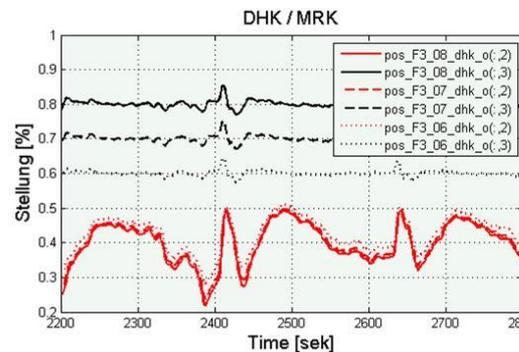
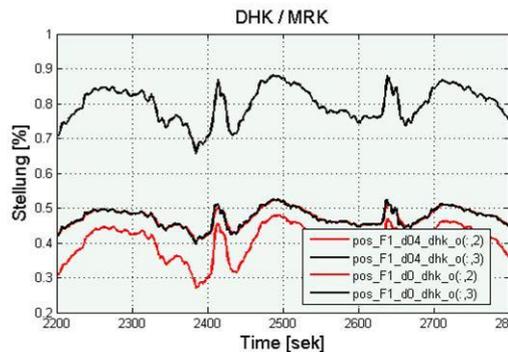
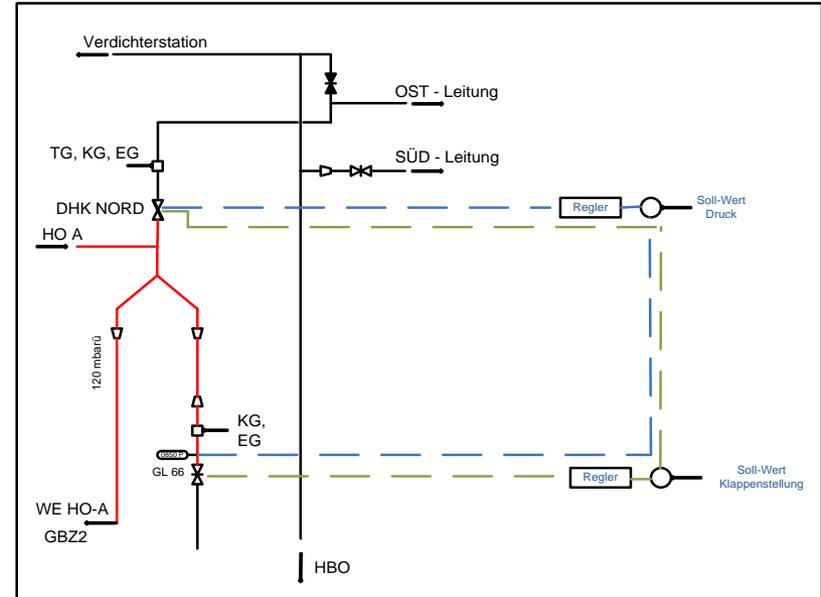
Vorgehensweise

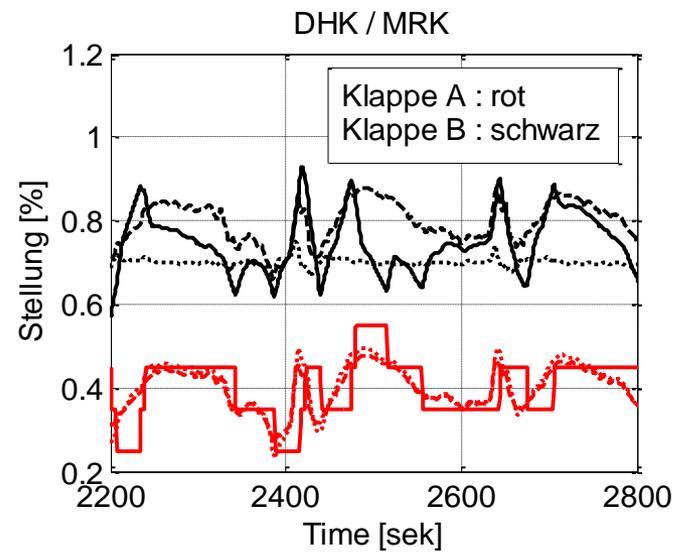
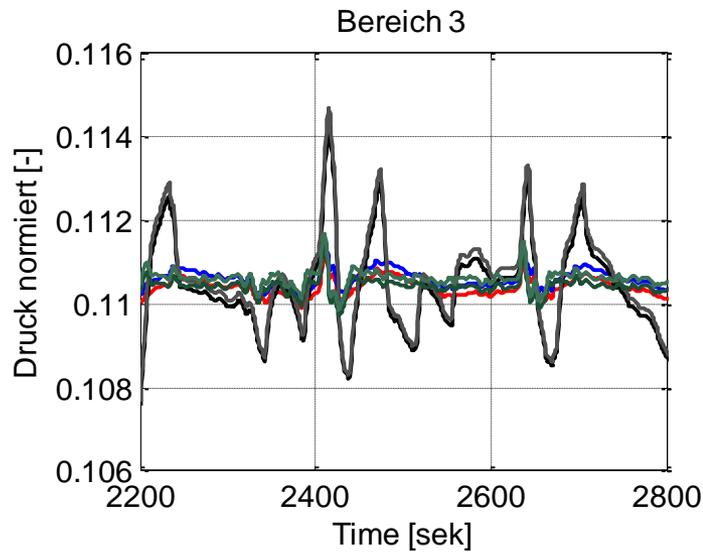
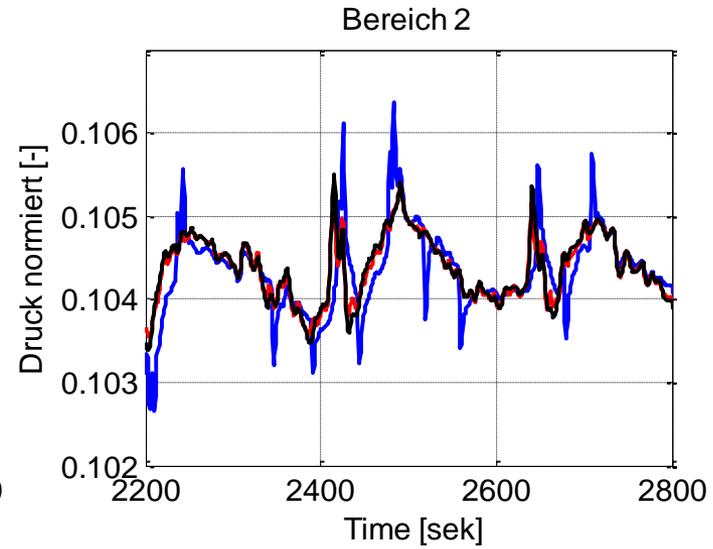
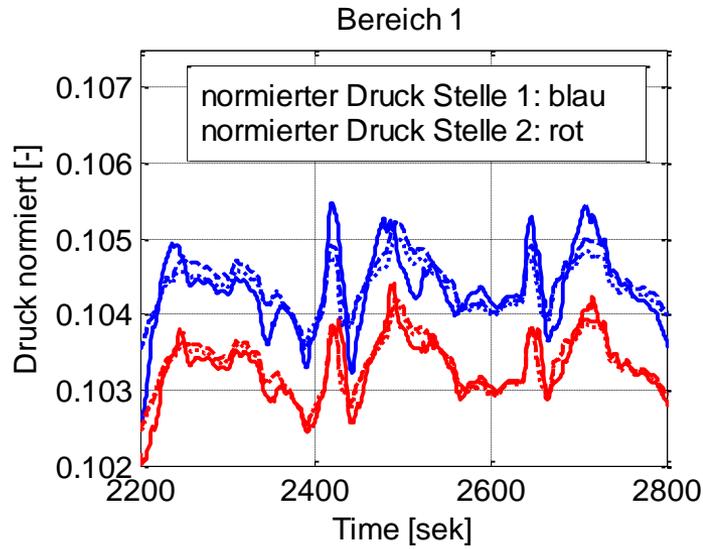
- Analysieren der zu untersuchenden Einflüsse
- Isolation von Merkmalen
- Äquivalentes Simulationsmodell
- Analyse des Systems mit isolierter Störung und/oder im Zusammenspiel mit anderen Störungen



Vorgehensweise

- Anforderungen an die Regelung
- Bewertung der einzelnen Konzepte
- Optimierung mittels Parameterstudien
- Vergleich der unterschiedlichen Konzepte
- Weitere Untersuchungen sowie Bewertung bezüglich Verluste und Störfälle
- Umsetzung





Betreiber:

- Druckniveau (zumeist so hoch wie möglich)
- Druckschwankungen (zumeist so gering wie möglich)
- Kapazität
- Versorgungssicherheit
- Störfallverhalten

Umwelt:

- Druckniveau (immer unterhalb maximal zul. Drucks)
- Druckschwankungen (so gering wie möglich)

Bernoulli für stationäre Strömungen

$$P_{Str} = \dot{m} \cdot \frac{p}{\rho} + \frac{\dot{m}^3}{2 \cdot \rho^2 \cdot A^2} + \dot{m} \cdot g \cdot z$$

Druckverlust Strömungen

$$\Delta P = \frac{\zeta \cdot \dot{m}^3}{2 \cdot \rho^2 \cdot A^2}$$

$$F_{VI} = 1 - \frac{\sum P_{Fackel_Hu}}{\sum P_{Zu_Hu}} \cong 1 - \frac{\sum \dot{m}_{Fackel}}{\sum \dot{m}_{Zu}} \quad \text{Fackelverlustindex}$$

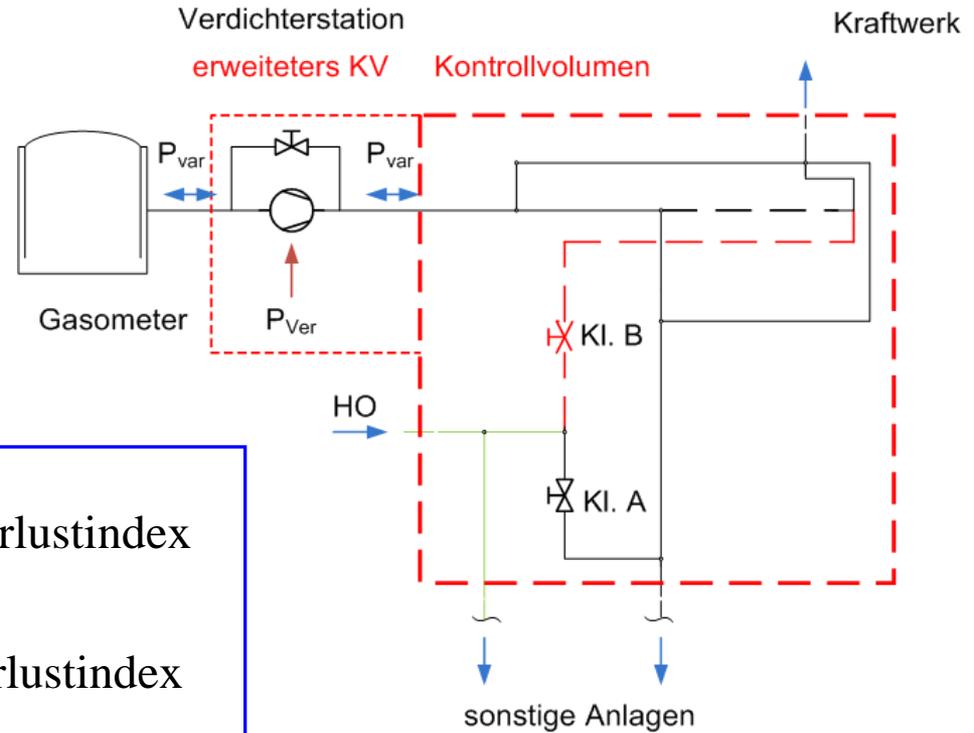
$$D_{VI} = \frac{\sum P_{Str_ab} - \sum P_{Fackel}}{\sum P_{Str_zu}} \quad \text{Druckverlustindex}$$

$$D_{VI} = \frac{\sum P_{Str_ab} - \sum P_{Fackel}}{\sum P_{Str_zu} + \sum P_{Ver} + \sum P_{var}}$$

$$D_{VI} = \frac{\sum P_{Str_ab} - \sum P_{Fackel} + \sum P_{var}}{\sum P_{Str_zu} + \sum P_{Ver}}$$

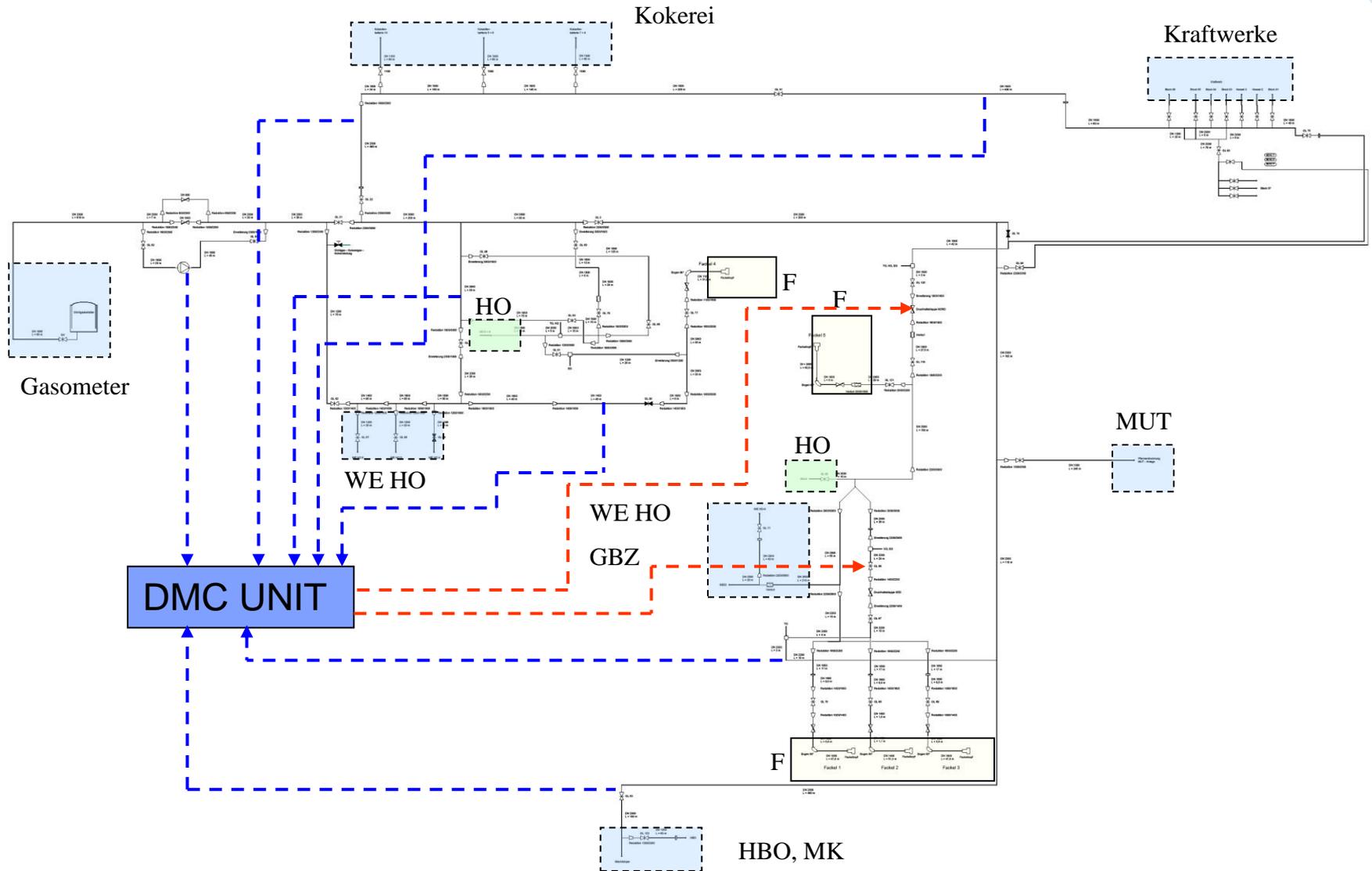
}

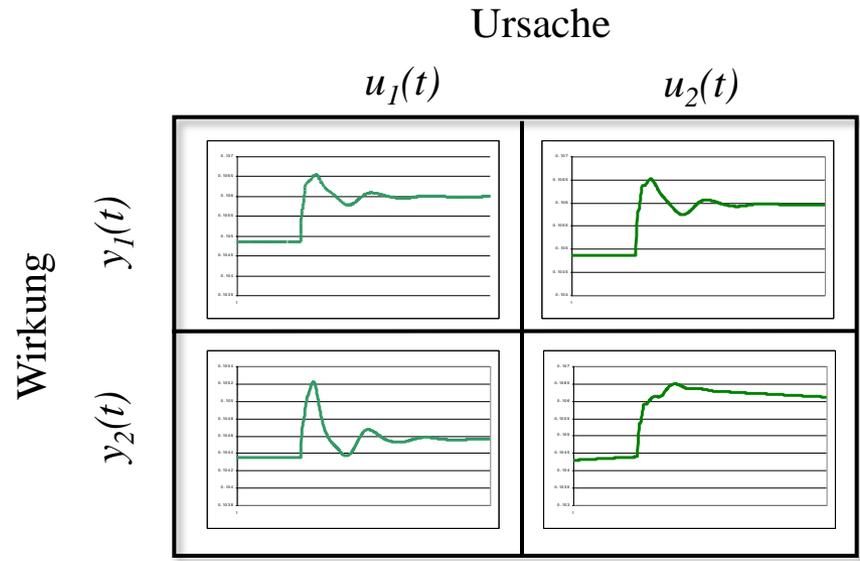
Fallunterscheidung bei Strömungsumkehr



Normalbetrieb ohne Störungen			
Index	Berechnung	Konfiguration	
		alt	neu
Dvi	Mittelwert	0.986	0.995
	Standardabweichung	0.037	0.034
Fvi	Mittelwert	0.995	0.999

Störungen			
Index	Berechnung	Konfiguration	
		alt	neu
Dvi	Mittelwert	0.959	0.984
	Standardabweichung	0.076	0.072
Fvi	Mittelwert	0.983	0.996





$$\underbrace{\begin{bmatrix} \hat{y}(k+1/k) \\ \hat{y}(k+2/k) \\ \vdots \\ \hat{y}(k+n_2/k) \end{bmatrix}}_{\text{Zukünftig berechnete Regelgröße (Druck)}} = H \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta u(k) \\ \Delta u(k+1) \\ \vdots \\ \Delta u(k+n_u-1) \end{bmatrix}}_{\substack{\text{zukünftige Änderung der} \\ \text{Inputgröße} \\ \text{(Ventilstellung)} \\ x \\ \text{Integrale Auswirkung} \\ \text{dieser Änderung}}} + P \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta u(k-1) \\ \Delta u(k-2) \\ \vdots \\ \Delta u(k-N-d+1) \end{bmatrix}}_{\substack{\text{vergangene Änderung} \\ \text{der Inputgröße} \\ \text{(Ventilstellung)} \\ x \\ \text{Auswirkung dieser} \\ \text{Änderung}}} + \underbrace{\begin{bmatrix} y(k) \\ y(k) \\ \vdots \\ y(k) \end{bmatrix}}_{\text{momentaner Output (Druck)}}$$

Zusammenfassung

- Motivation
- Ziele
- Methoden (Simulation)
- Beispiele
- Beurteilung der Netzqualität
- Ausblick – Prädiktive Regelung

Konklusion

- Simulation ist eine sinnvolle Methode um komplexe Zusammenhänge zu analysieren und zu bewerten
- Simulation hilft bei der Beurteilung zukünftiger Konfigurationen
- Optimierungskriterium / heuristischer Ansatz

Danke für ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. René Schimon