

# WOpS - Suitability analysis of the commissioning phase of a model predictive control for a simple district heating network

Christian Wolff<sup>a</sup>, Theda Zoschke<sup>a</sup>, Armin Nurkanović<sup>b</sup>, Axel Oliva<sup>a</sup>, Gregor Rohbogner<sup>c</sup>, Daniel Weiß<sup>c</sup>, Moritz Diehl<sup>b</sup>

a: Fraunhofer ISE, Freiburg, 79110, Deutschland; b: Universität Freiburg, Freiburg i.Br., 79110, Deutschland; c: HBG GmbH, Zell/Wiesental, 79669, Deutschland

## Einleitung

- Analyse realer Betriebsdaten des Fernwärmenetzes "Weil am Rhein" am Hochrhein in Baden-Württemberg
- Fokus: Versorgungslage von einzelnen Verbrauchern hinsichtlich der Identifikation von Engpasslagen
- Ableiten von Anforderungen an eine modell-prädiktive Regelung (MPC)

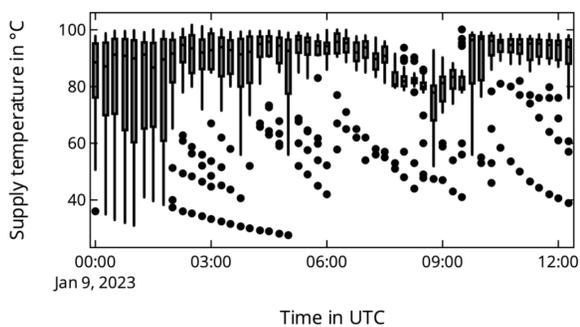
## Fernwärmenetz "Weil am Rhein"

- 74 Verbraucher (28 GWh<sub>th</sub>/a)
- 4 Produktionseinheiten
  - Biomassekessel, 2 MW<sub>th</sub>
  - Ölkessel, 1,6 MW<sub>th</sub>
  - Blockheizkraftwerk, 0,865 MW<sub>th</sub>
  - Gaskessel, 1,8 MW<sub>th</sub>
- 1 Wärmespeicher, 115 m<sup>3</sup>, 6 MWh<sub>th,eff</sub>
- Messdaten von Verbrauchern & Produktionseinheiten in 15-minütiger Auflösung

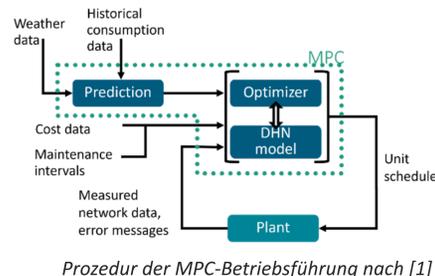
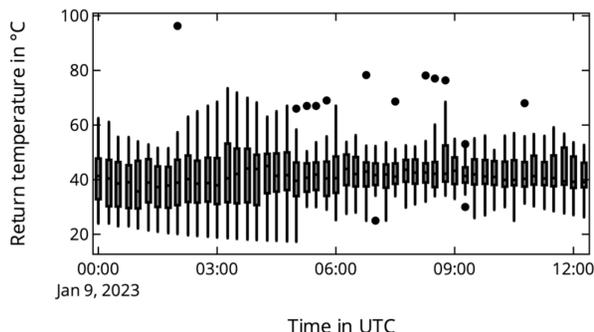
## Messdatenanalyse

- Exemplarisch für den 09.01.2023
- **Ventilposition der Verbraucher**
  - Grenzversorgung von Verbrauchern, wenn berechnete Ventilposition Stellwert von 100%
  - Grenzversorgung tritt im Westen des Netzes auf
  - Identifikation eines vorliegenden Engpasses
- **Vorlauftemperatur der Verbraucher**
  - Einbruch der Vorlauftemperatur zwischen 7 bis 10 Uhr um 15 K
  - dies ist Zeitspanne mit Grenzversorgung
  - Identifikation der Zeitspanne mit Engpasslage
- **Rücklauftemperatur der Verbraucher**
  - Nahezu konstant an Hausstationen (35 bis 50 °C)
  - Nicht relevant für Identifikation einer Engpasslage

## Vorlauftemperatur der Verbraucher im Westen des Netzes



## Rücklauftemperatur der Verbraucher im Westen des Netzes

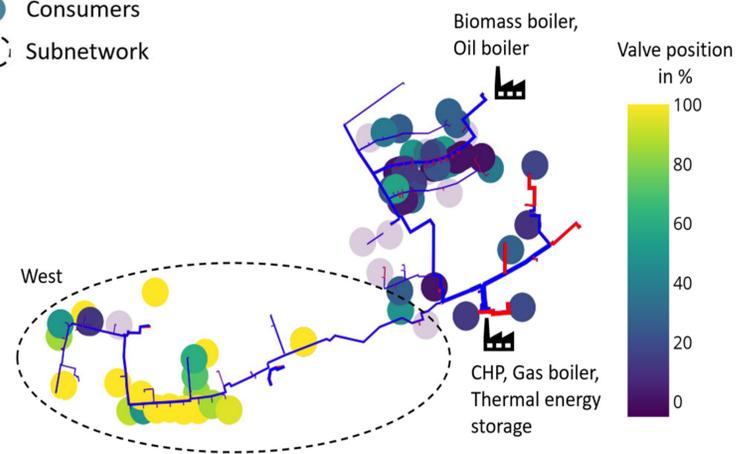


Prozedur der MPC-Betriebsführung nach [1]



Biomasse-Heizzentrale Weil am Rhein

- Consumers
- Subnetwork



Ventilpositionen der Anschlussnehmer am 09.01.2023 um 08:45 Uhr

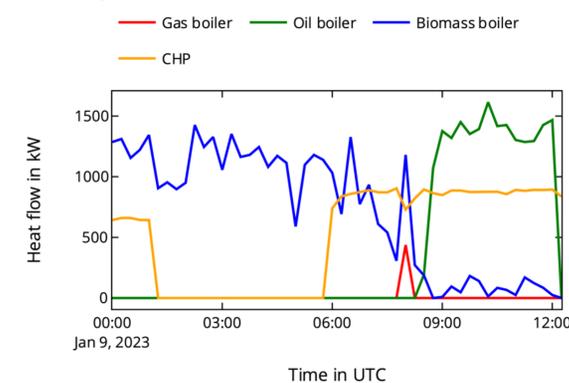
## Massstrom der Verbraucher (nicht abgebildet)

- Relativ konstant
- Kleiner Einbruch gegen ~ 8:30 Uhr
- Evtl. relevant für die Identifikation einer Engpasslage

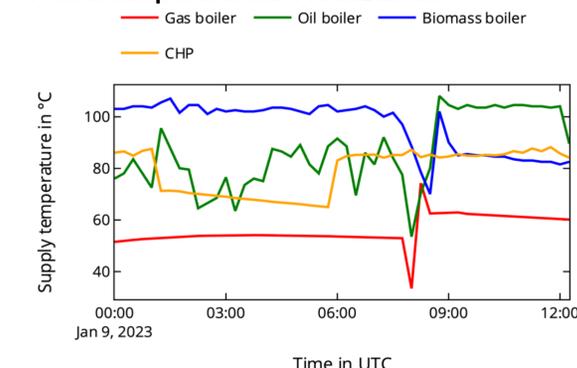
## Leistung und Vorlauftemperatur der Produktionseinheiten

- Ab 6 Uhr wird das BHKW eingeschaltet
  - 85 °C Soll-Einspeisetemperatur
- Ab 6 Uhr senkt der Biomassekessel die Leistung über den Massenstrom
  - 103 °C Soll-Einspeisetemperatur
- Ab ~8:40 Uhr startet zusätzlich der Ölkessel
  - Ölkessel wird zur Beseitigung des Engpasses angeschaltet
  - 103 °C Soll-Einspeisetemperatur
- Engpass tritt beim Wechsel der Versorgung von Biomasse zu BHKW auf

## Leistung der Produzenten



## Vorlauftemperatur der Produzenten



## Zusammenfassung und Schlussfolgerung für MPC

- Engpasslage ist bedingt durch unterschiedliche Einspeisetemperaturen der Produktionseinheiten
- Aufgrund deutlich geringerer Vorlauftemperatur der Einspeisung über das BHKW kann trotz geringer Entfernung zu den Verbrauchern eine Grenzversorgung entstehen
- Zu geringer Massenstrom im Netz kann Grenzversorgung erzeugen
- Rücklauftemperatur scheint keinen signifikanten Einfluss auf die Grenzversorgung von Verbrauchern zu haben
- Temperatur und Massenströme sollten in der Formulierung des Optimierungsproblems des MPC berücksichtigt werden
- Mögliche Varianten zur Berücksichtigung sind:
  - Physikalische Gleichungen (z.B. Bernoulli Gleichung)
  - Neuronale Netze mit Kenntnis über die Topologie des Netzes (Physics informed neural networks)

## Ausblick

- Integration von Temperatur und Massenströme in das Optimierungsproblem in WOpS
  - Formulierung eines mixed integer non-linear problems
- Implementierung einer GUI für den einfachen Betrieb des MPC
- Testen des MPC im online Betrieb des Fernwärmenetzes
- Monitoring und Datenanalyse im Betrieb
- Anpassung und Optimierung des MPC

## Kontakt:

Christian Wolff  
 Geschäftsbereich: EEB, Thermohydraulik und Wärmenetze  
 Mail: christian.wolff@ise.fraunhofer.de  
 Tel. 0761/4588-2839  
 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE  
 Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg, Germany

[1] T. Zoschke et al., "Production Optimisation of an Existing District Heating Network with Multiple Heat Producers," in Proceedings of the 18th International Symposium on District Heating and Cooling, 2023.

