



Biogastage Ulm 2022

Vortrag

Optimierung und Test einer intelligenten Steuerungsalgorithmik für Biogas-BHKW



Motivation

- Ausbau der Erneuerbaren Energien erfordert Mechanismen zum Ausgleich der steigenden Volatilität in der Stromerzeugung
- Biogas-BHKW bieten erhebliches Potenzial zur flexiblen Bereitstellung von Ausgleichsenergie
 - => 6 GW installierte Leistung in Deutschland im Jahr 2021
- Voraussetzung: Steuerung der BHKW muss intelligent werden
- Ziel des Forschungsprojekts: Erprobung einer intelligenten Steuerungsalgorithmik für Biogas-BHKW



Zielsetzung des Projekts

- Übergeordnete Zielsetzung
 - Aufbau einer residuallastoptimierten Energieversorgung für den ländlichen Raum basierend auf Biogas-BHKW und erneuerbaren Energieträgern
- Projektpartner
 - Universität Hohenheim
 - Hochschule Reutlingen
 - NOVATECH GmbH
- Feldtestanlage
 - Unterer Lindenhof (Eningen u.A.)



Quelle: <https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/flexfeed-456/>





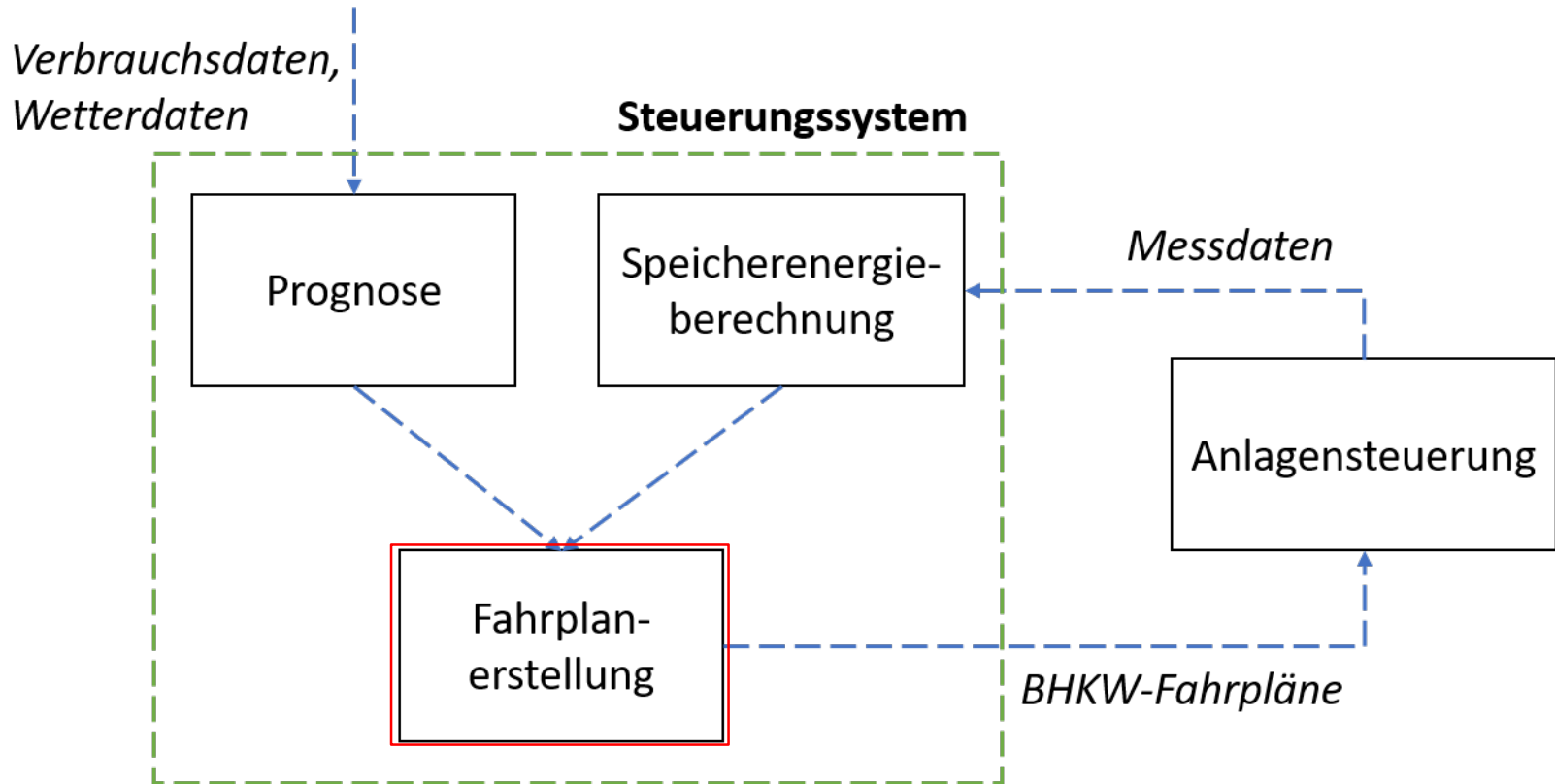
Zielsetzung des Projekts

Schema des geplanten Steuerungssystems





Funktionsweise der Steuerungsalgorithmik

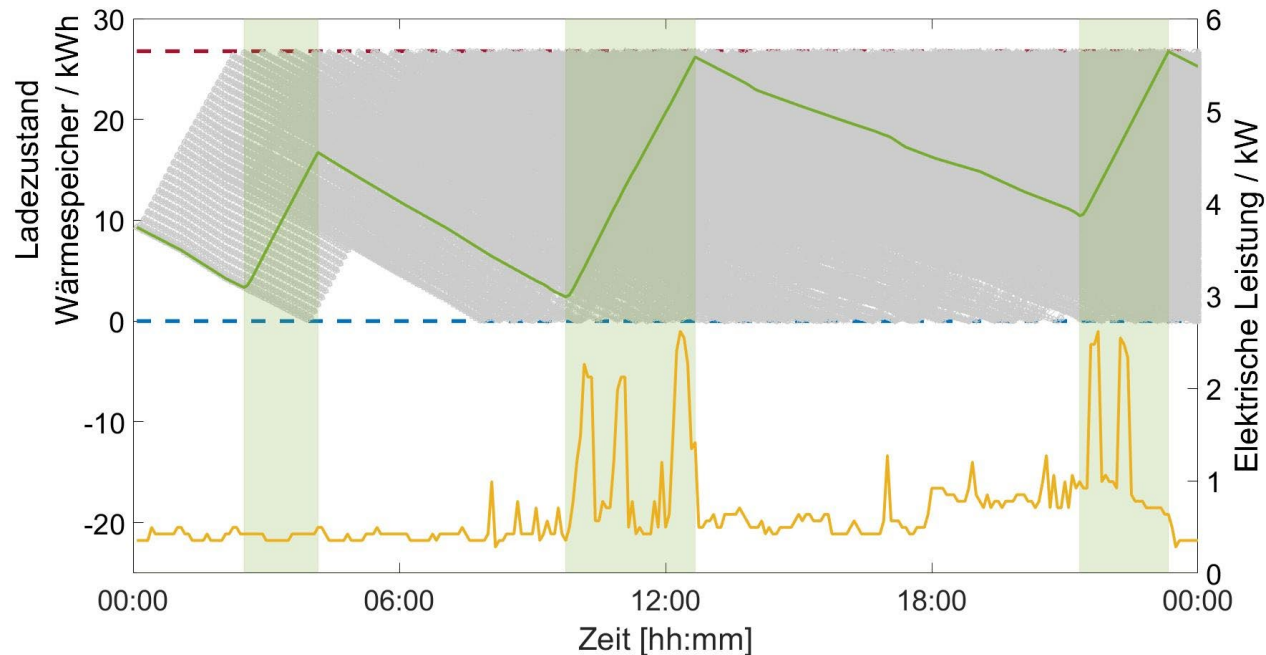


Funktionsweise der Steuerungsalgorithmik

Algorithmus zur Berechnung des optimalen BHKW-Fahrplans:

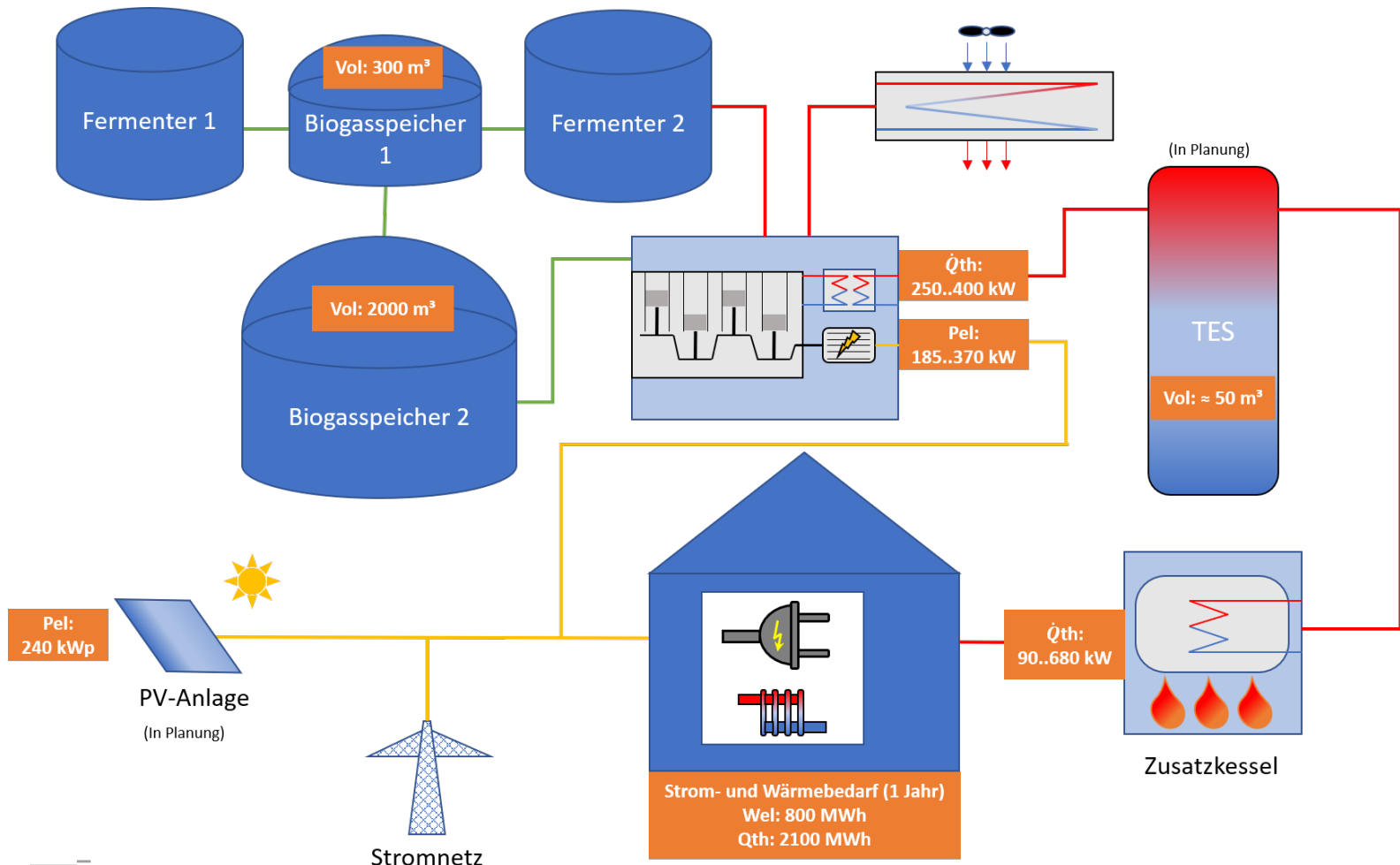
➤ Basiert auf heuristischem Lösungsansatz (Monte-Carlo)

1. Eine Menge von N zufällig erzeugten Fahrplänen wird generiert.
2. Die zufälligen Fahrpläne werden an die Randbedingungen der Anlage angepasst.
3. Abhängig von der gewählten Zielfunktion wird der optimale Fahrplan ausgewählt.





Die Feldtestanlage am Unteren Lindenhof





Randbedingungen der Feldversuche

Allgemein

- Anlagenparameter aus Datenblättern
- Kapazität TES: 180 kWh
- Keine PV-Anlage
- Wartungsarbeiten an Fermenter 2 -> nur ein Fermenter steht zur Verfügung

Eingangsgrößen

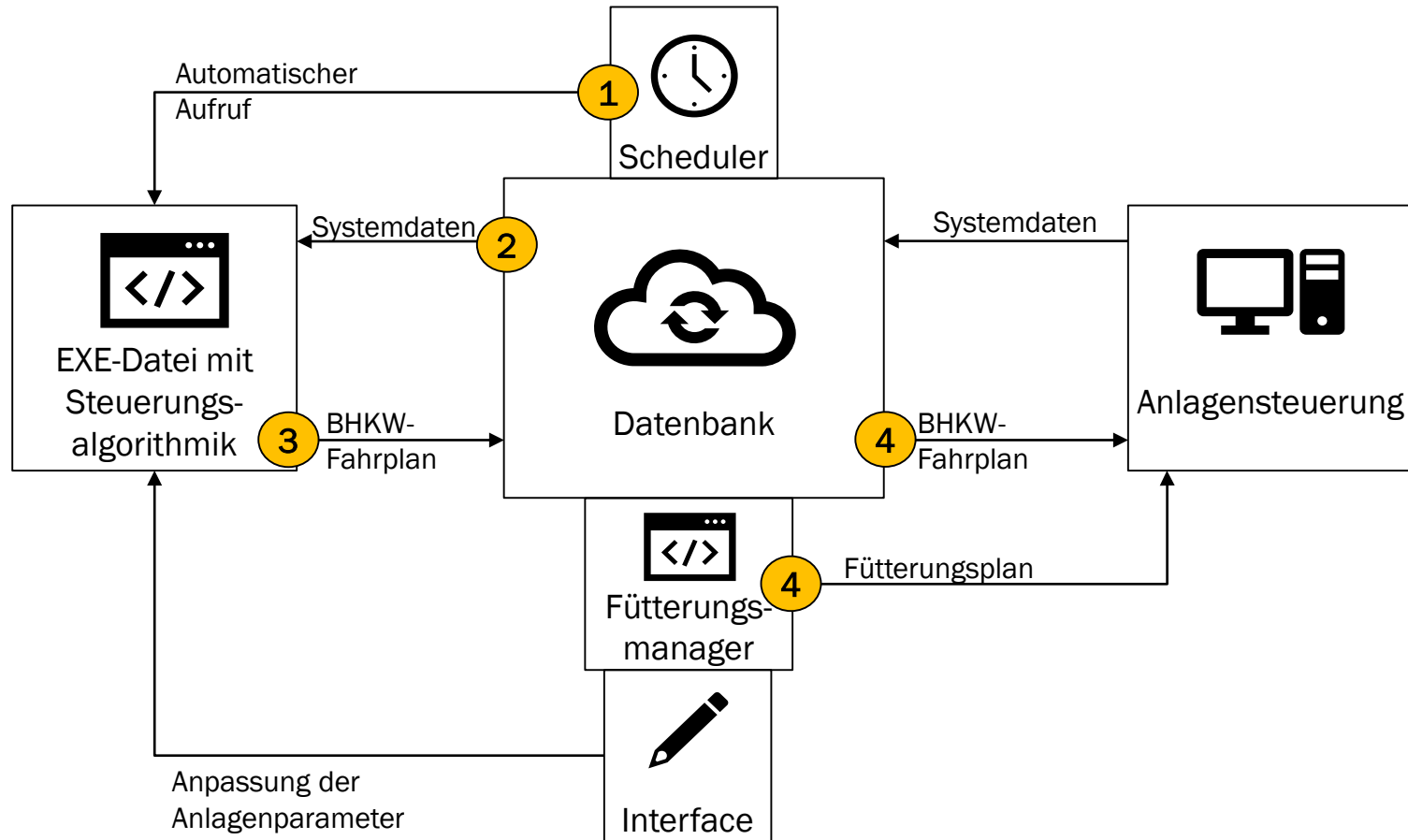
- Strombedarf: Unterer Lindenhof + Dorf mit 150 Einwohnern
- Wärmebedarf: Unterer Lindenhof

Fahrplanberechnung

- Festlegung Modulationsgrad BHKW nur über Strombedarf
- BHKW soll nicht ausgeschaltet werden (Startprobleme)



Integration der Algorithmik in die Anlagensteuerung





Ergebnisse der Feldversuche

Forschungsfragen:

- Wie gut sind die Prognosedaten, die die Algorithmen als Eingangsgrößen bekommt?
- Wie gut wird das vorgegebene Fahrplansignal umgesetzt?
- Wie gut wird die Zielgröße im realen Betrieb optimiert?

Kenngrößen zur Bewertung:

$$\Delta E_{rel}[\%] = \frac{\sum_{t=1}^n G_{FP}}{\sum_{t=1}^n G_{ist}} * 100 - 100$$

$$SMAPE[\%] = \frac{100}{n} * \sum_{t=1}^n \frac{|G_{FP} - G_{ist}|}{|G_{FP}| + |G_{ist}|}$$

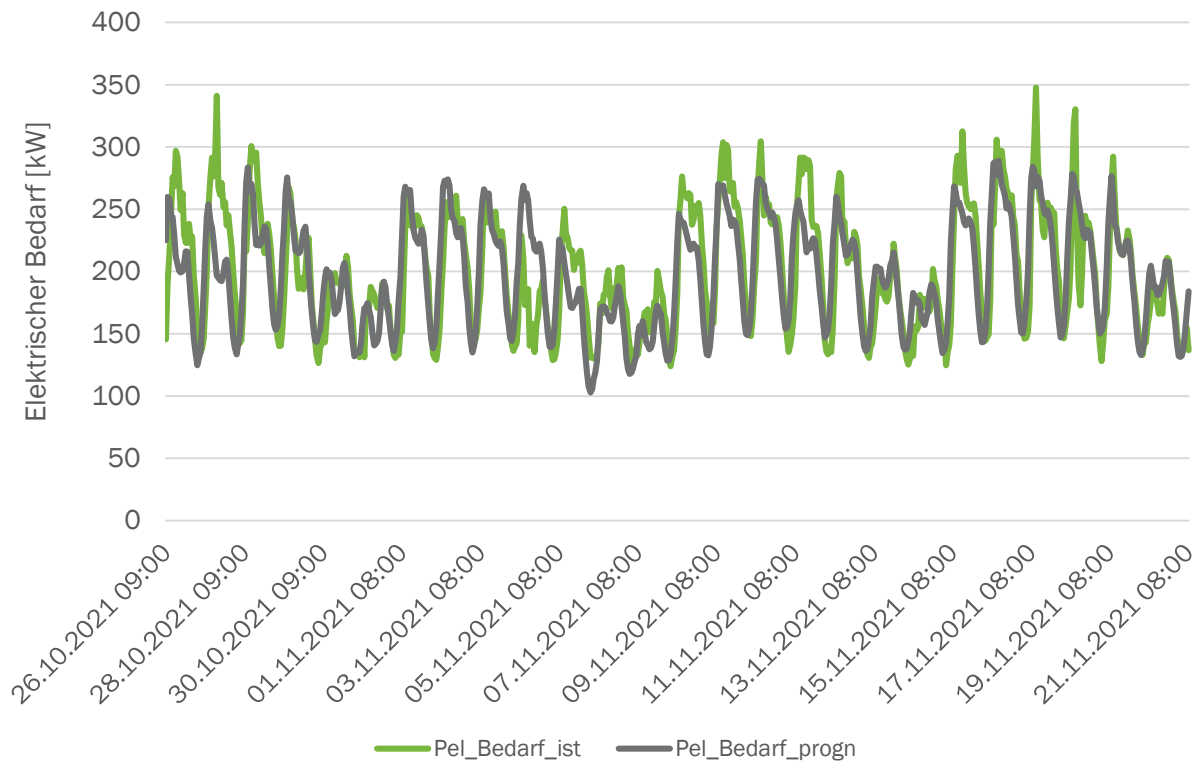
G_{FP} : Untersuchte Größe (z.B. Wirkleistung BHKW) nach Fahrplanvorgabe

G_{ist} : Messwerte der untersuchten Größe



Ergebnisse der Feldversuche

Güte der Prognosedaten



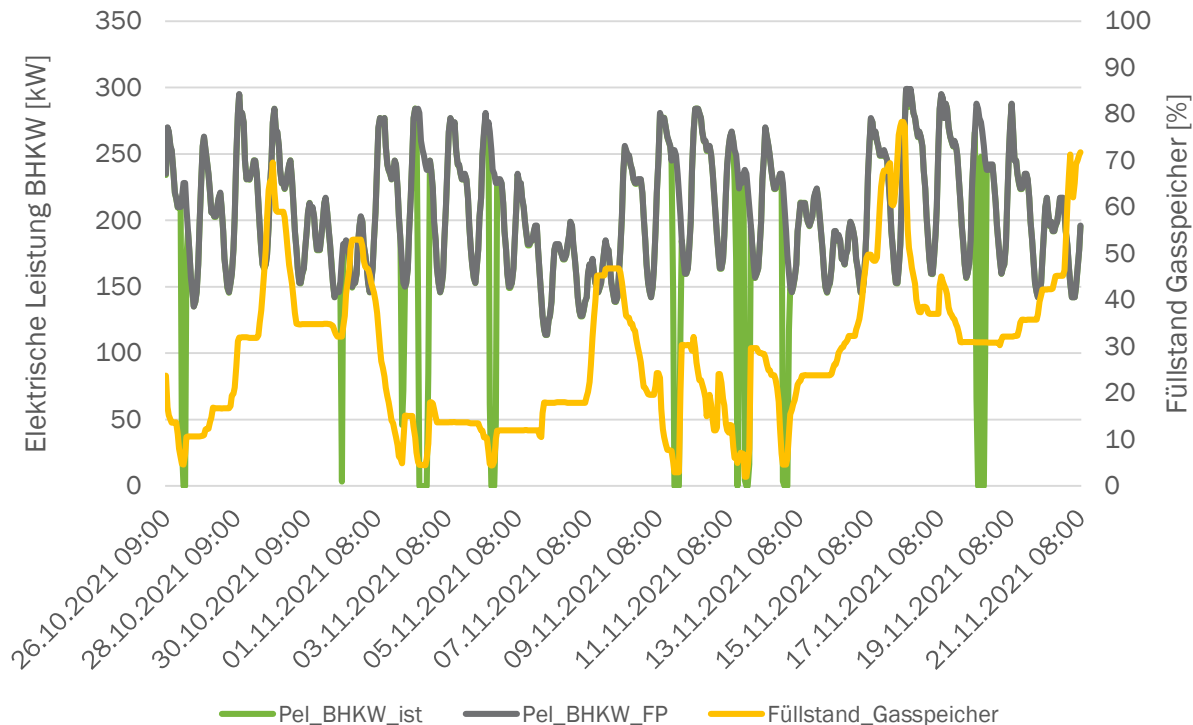
$$\Delta E_{rel} = 1,5 \%$$

$$SMAPE = 4,4 \%$$



Ergebnisse der Feldversuche

Umsetzung des Fahrplansignals



Mit Abweichungen

$\Delta E_{rel} = 7,3 \%$

$SMAPE = 5,6 \%$

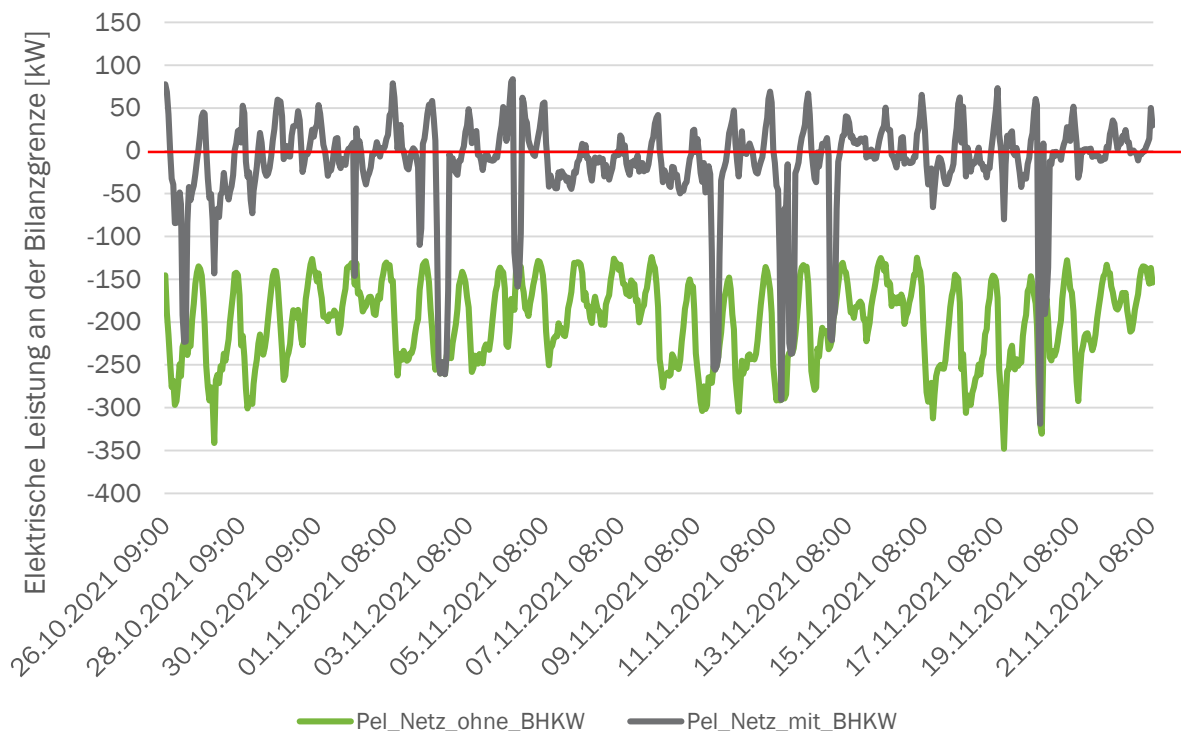
Ohne Abweichungen

$\Delta E_{rel} = 0,1 \%$

$SMAPE = 0,3 \%$

Ergebnisse der Feldversuche

Optimierung der Zielgröße



<i>Mit Abweichungen</i>	
ΔE_{rel}	= 7,3 %
$SMAPE$	= 9,4 %

<i>Ohne Abweichungen</i>	
ΔE_{rel}	= 1,2 %
$SMAPE$	= 4,3 %

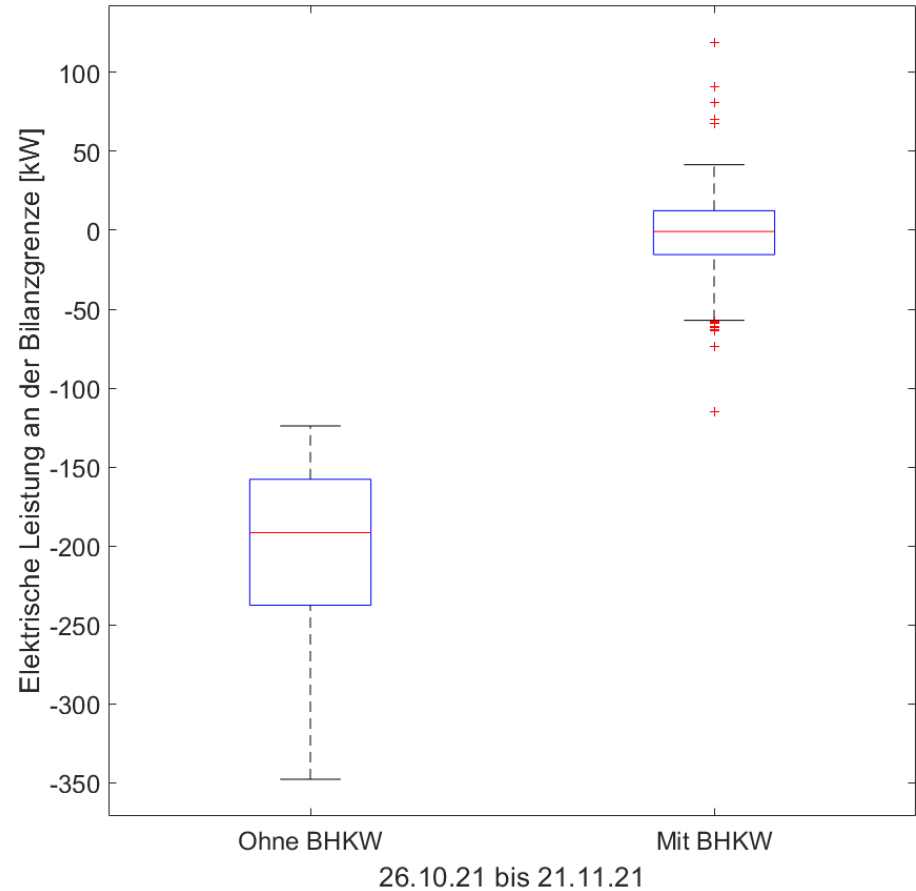


Ergebnisse des Feldversuchs

Optimierung der Zielgröße

	Ohne BHKW	Mit BHKW
Median	-191,6	-0,8
Unteres Quartil	-237,6	-15,4
Oberes Quartil	-157,8	12,4
Quartilsabstand	79,8	27,8

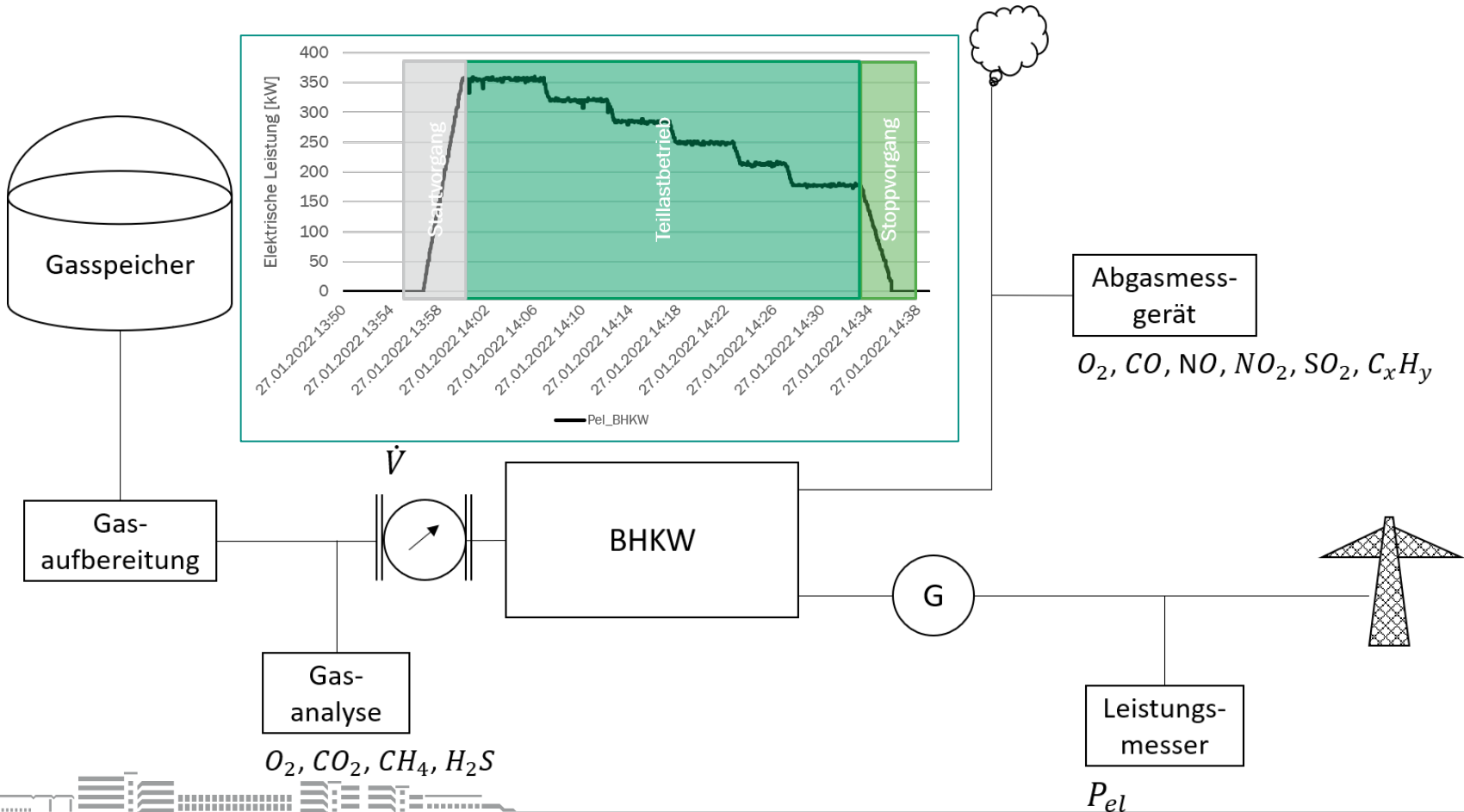
alle Werte in [kW]





Emissionsmessungen

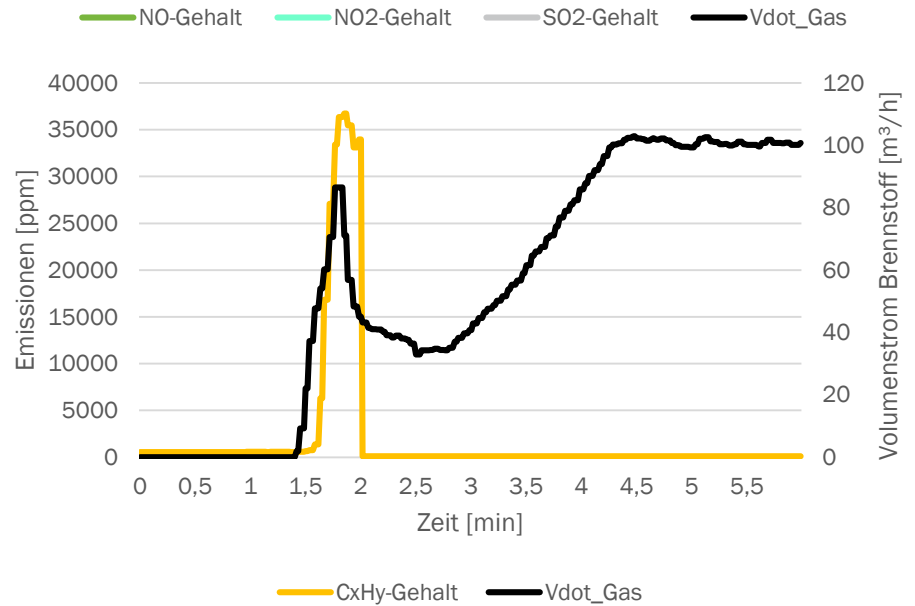
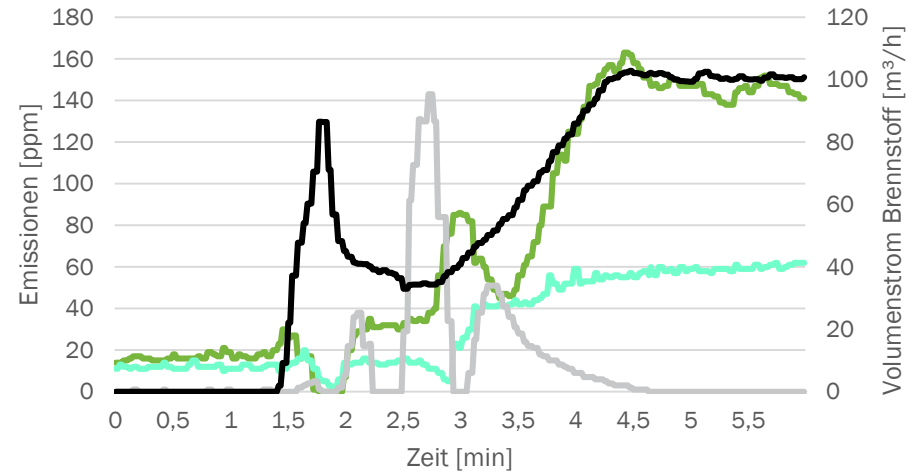
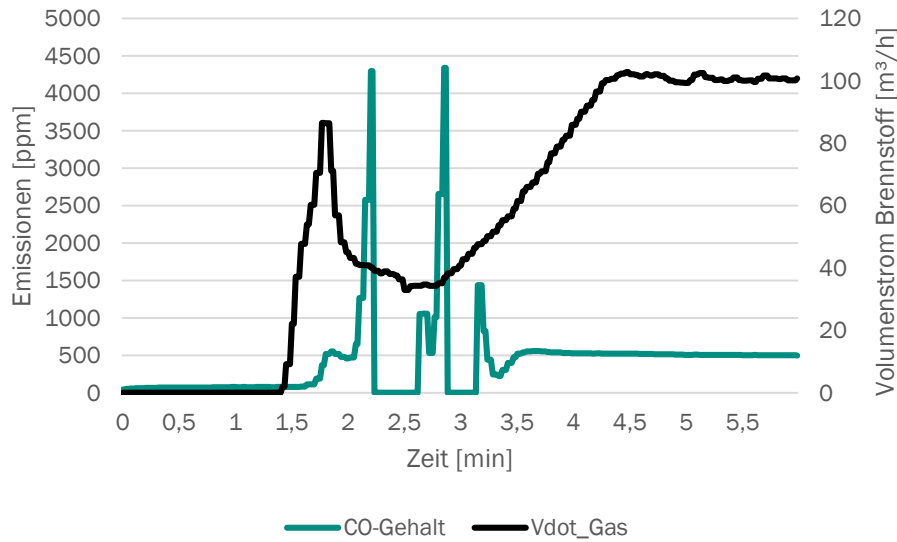
Messaufbau





Emissionsmessungen

Ergebnisse - Maximalwerte





Emissionsmessungen

Ergebnisse – Gesamtbilanz

Teillastbetrieb Gesamtübersicht					
Modulationsgrad [%]	CO	NOx	SO ₂	CxHy	Eta_el
	[mg/m ³]				[%]
50	725	423	6	1279	33.1
60	756	466	9	1254	34.6
70	764	480	7	1173	35.6
80	773	462	7	1154	36.3
90	777	468	7	1164	37.0
100	775	428	12	1148	37.1
Durchschnitt	762	455	8	1195	35.6
Grenzwert (44. BImSchV)	1000	500	310	1300	



Zusammenfassung

- Die Einbindung der Steuerungsalgorithmik in die Anlagensteuerung funktioniert zuverlässig.
- Die Güte der Prognosedaten ist gut.
- Die Fahrplanvorgabe wird sehr gut umgesetzt.
- Die Zielvorgabe - eine Entlastung des umliegenden Stromnetzes - wird erreicht.
- Die Auswirkungen des Teillastbetriebs auf die Schadgasemissionen sind eher gering.
- Bei den THG-Emissionen machen die Methanemissionen mehr als 50% der Gesamtbilanz aus





PowerLand 4.2

Projektpartner:



UNIVERSITY OF
HOHENHEIM



Gefördert durch:



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Kontaktdaten:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Wissenschaftlicher Leiter Reutlingen Research Institute (RRI)

Hochschule Reutlingen

Alteburgstraße 150, 72762 Reutlingen

bernd.thomas@reutlingen-university.de

