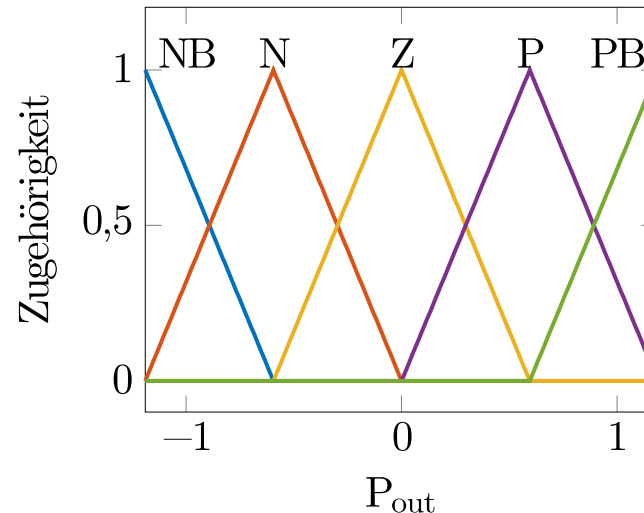


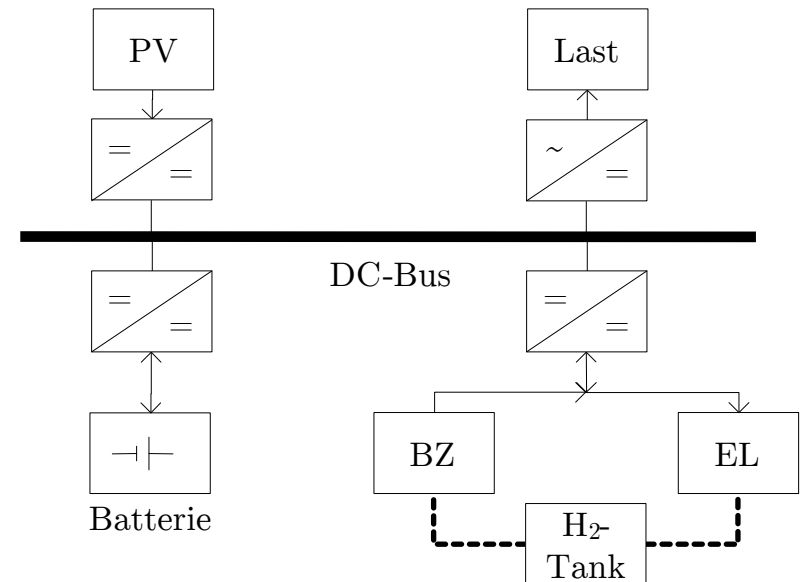
Fuzzy-Regelung zur Betriebsführung eines hybriden Energiespeichersystems



Professur für Energiespeichersysteme

Inhalt

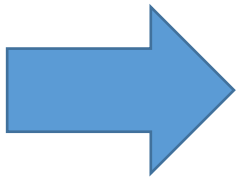
- Hintergrund
- Systemüberblick
- Anforderungen
- Der Fuzzy-Regler
- Simulationsergebnisse
- Optimierung
- Bewertung & Ausblick



Hintergrund

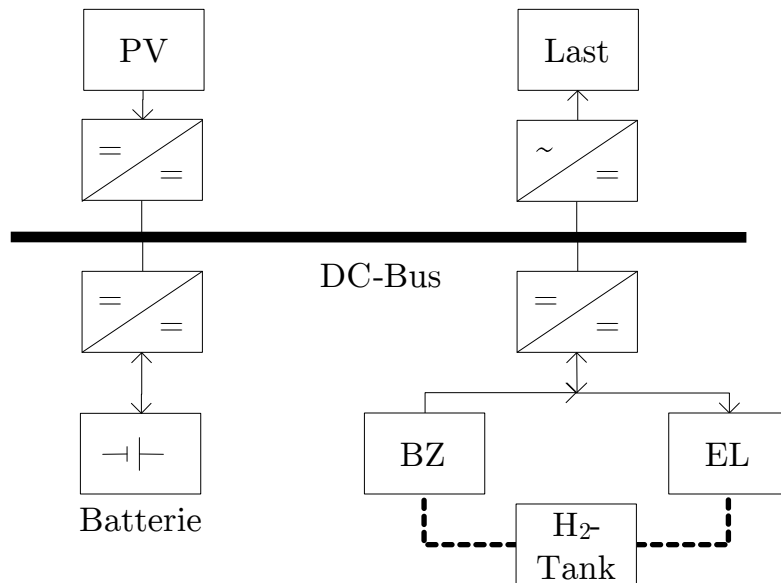
Bei der Betriebsführung hybrider Energiespeichersysteme müssen sowohl die Anforderungen an das Gesamtsystems als auch an die einzelnen Komponenten beachtet werden.

- Ein Fuzzy-Regler kann einfach als Mehrgrößenregler eingesetzt werden und somit verschiedene Systemzustände in die Betriebsführung einbeziehen
- Die Fuzzy-Regelung ermöglicht es, kontinuierliche Sollwerte auszugeben
- Mittels linguistischer Verknüpfungen kann der Fuzzy-Regler intuitiv ausgelegt werden



Die Fuzzy-Reglung stellt einen vielversprechenden Ansatz dar

Systemüberblick



Kennwerte	
Jahresenergieverbrauch	5 MWh
Installierte PV-Leistung	13,3 kW
Batterie-Kapazität	59 kWh
Nennleistung der Brennstoffzelle	1,6 kW
Nennleistung des Elektrolyseurs	2,3 kW

$$P_{PV} - P_{Last} + P_{Batt} + P_{BZ} - P_{EL} = 0 \quad (1)$$

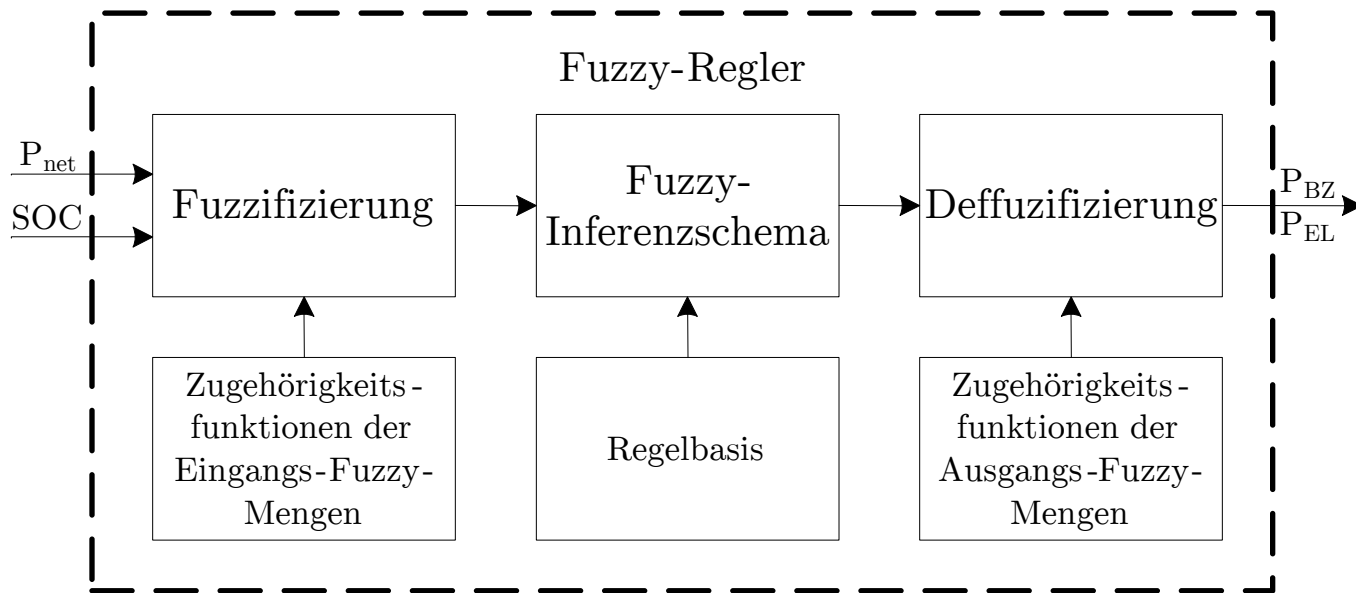
$$P_{net} + P_{Batt} + P_{BZ} - P_{EL} = 0 \quad (2)$$

Anforderungen

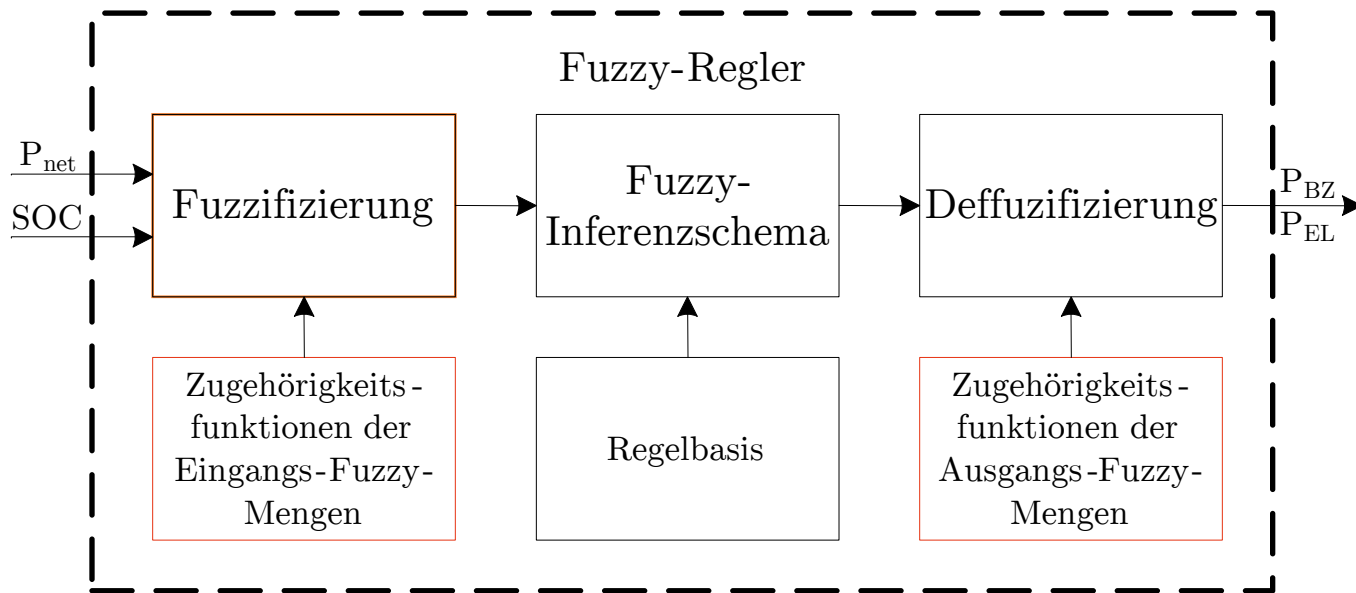
Deckung der Last zu jedem Zeitpunkt

Systemeffizienz	Lebensdauer der Komponenten
• Minimierung wirkungsgradbehafteter Wandlungsschritte • Abregelung der PV-Anlage vermeiden • Betrieb der Komponenten in Arbeitspunkten mit günstigem Wirkungsgrad	• Vermeiden von besonders hohen und niedrigen Ladezuständen der Batterie • Verringerung der dynamischen Belastung von Brennstoffzelle und Elektrolyseur

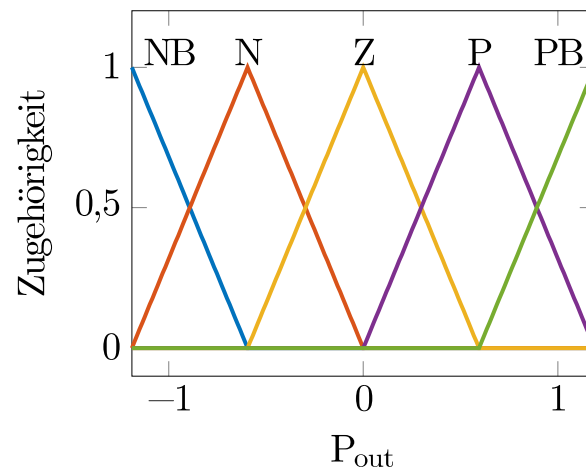
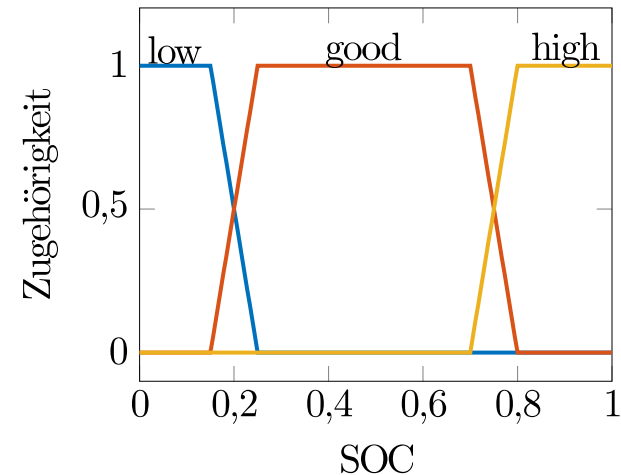
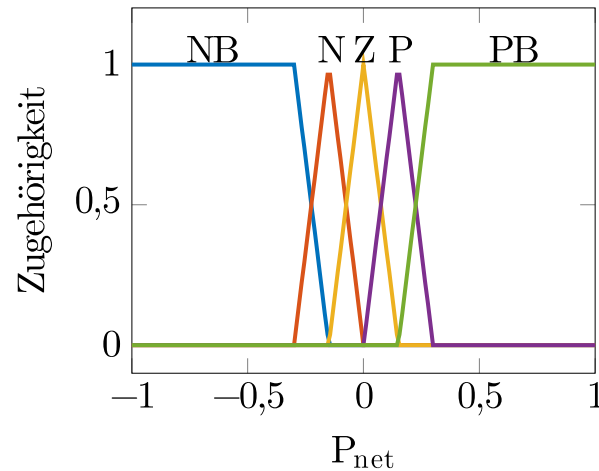
Der Fuzzy-Regler



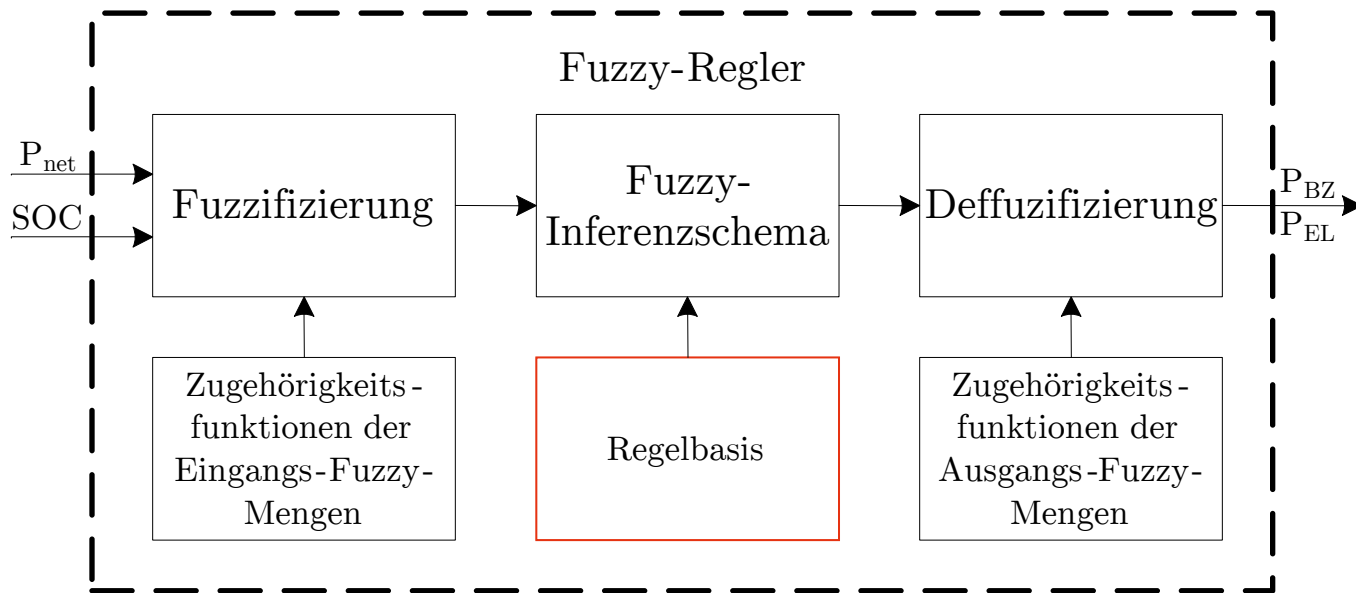
Der Fuzzy-Regler



Fuzzyfizierung und Defuzzifizierung: Zugehörigkeitsfunktionen der Fuzzy-Mengen



Der Fuzzy-Regler



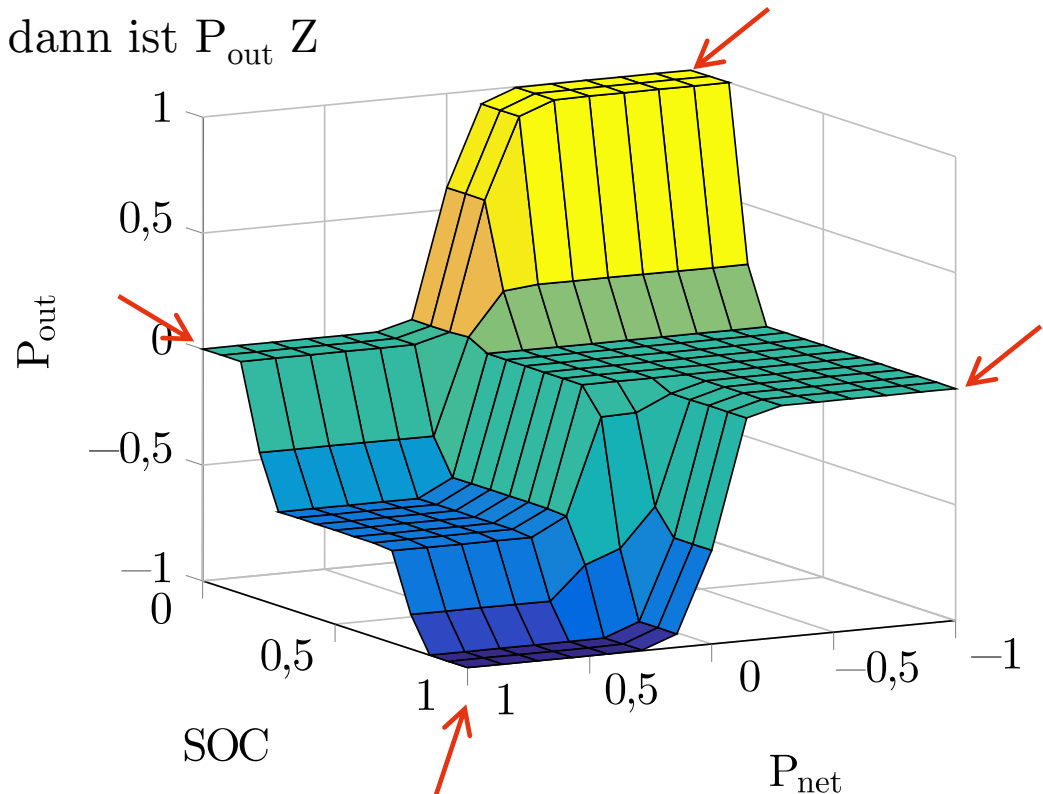
Die Regelbasis

Wenn P_{net} NB und SOC low ist, dann ist P_{out} PB

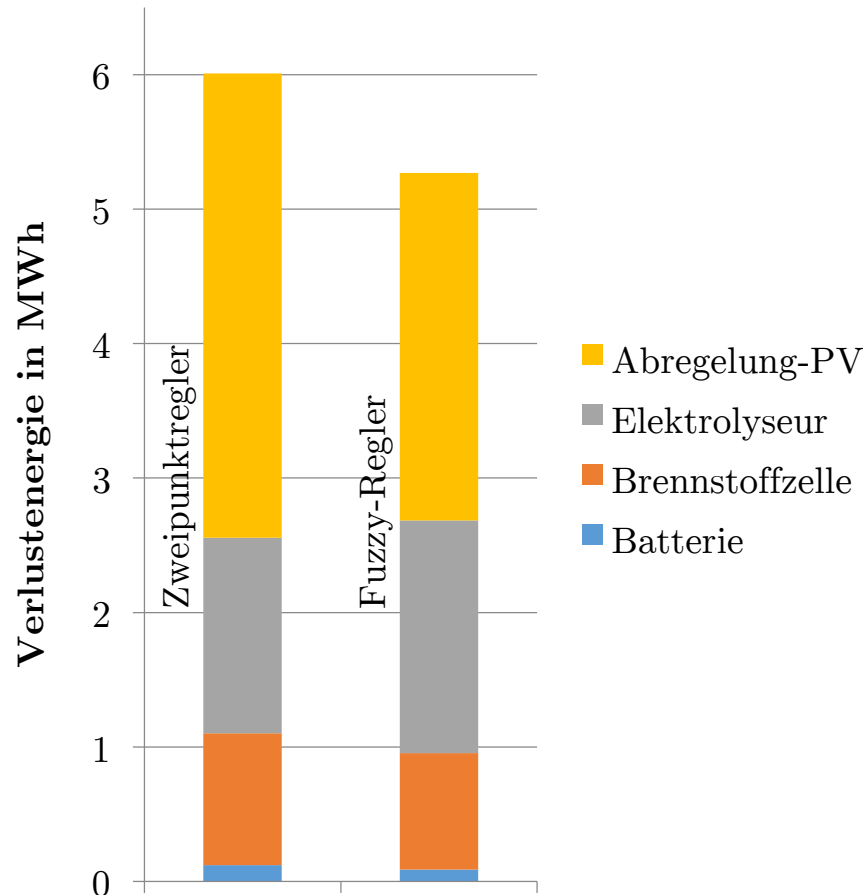
Wenn P_{net} PB und SOC high ist, dann ist P_{out} NB

Wenn P_{net} PB und SOC low ist, dann ist P_{out} Z

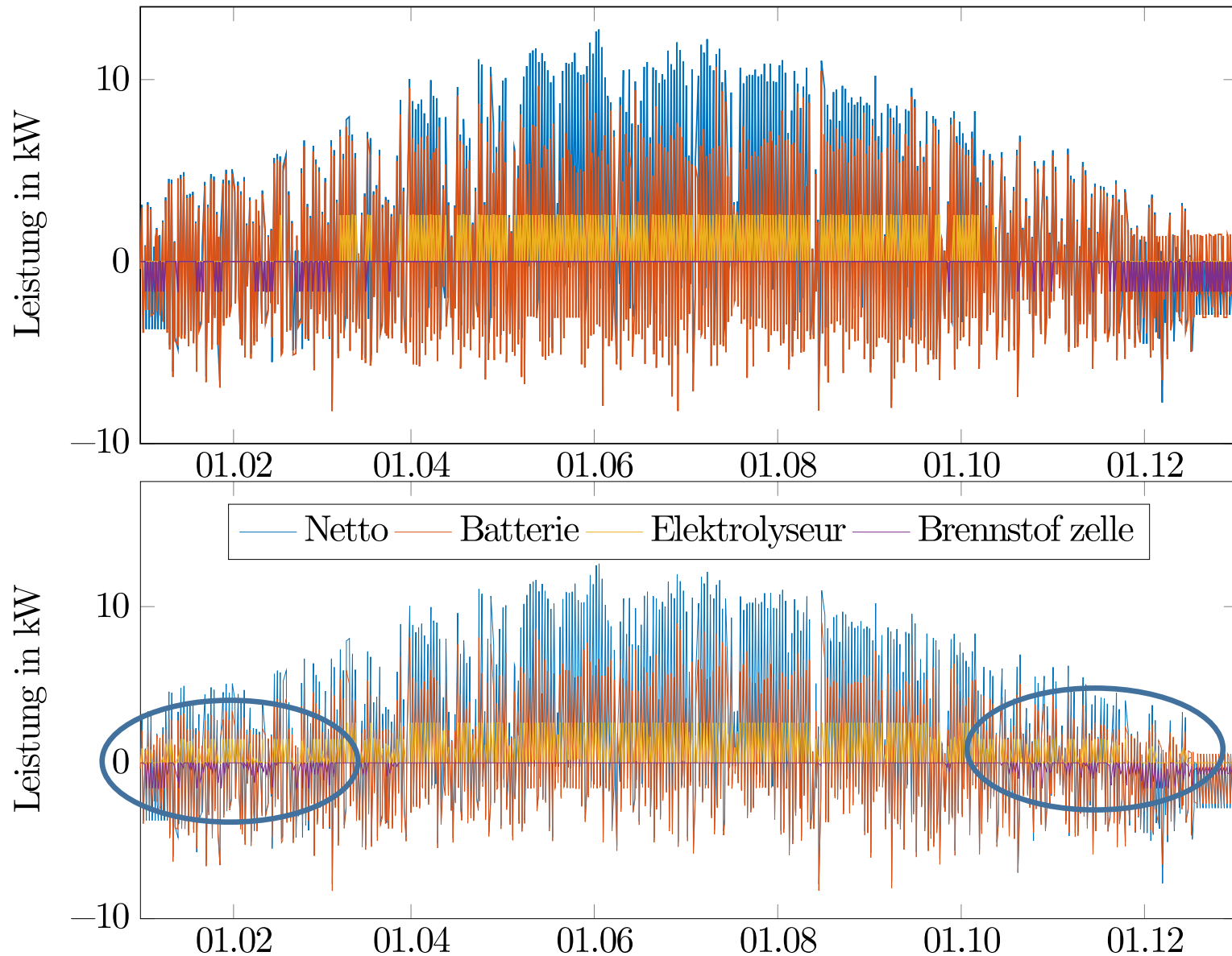
Wenn P_{net} NB und SOC high ist, dann ist P_{out} Z



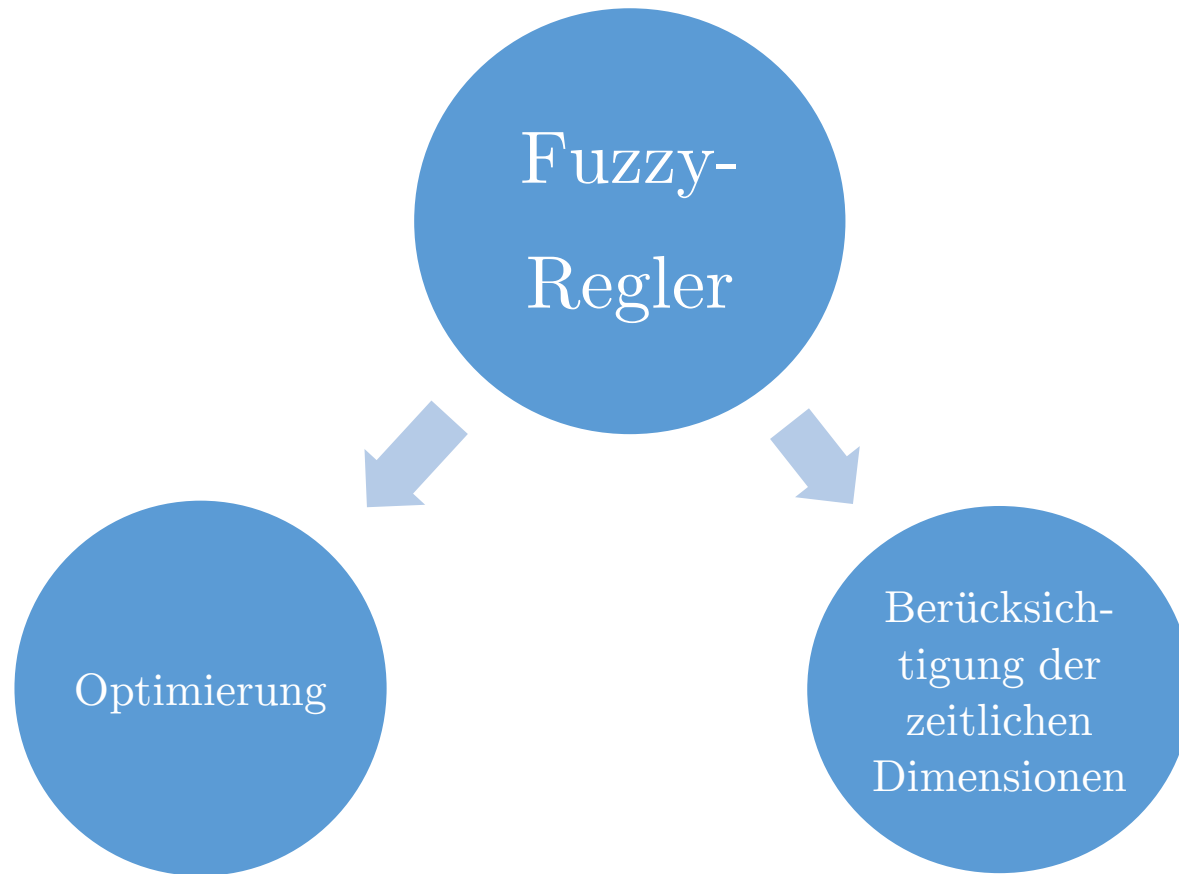
Simulationsergebnisse



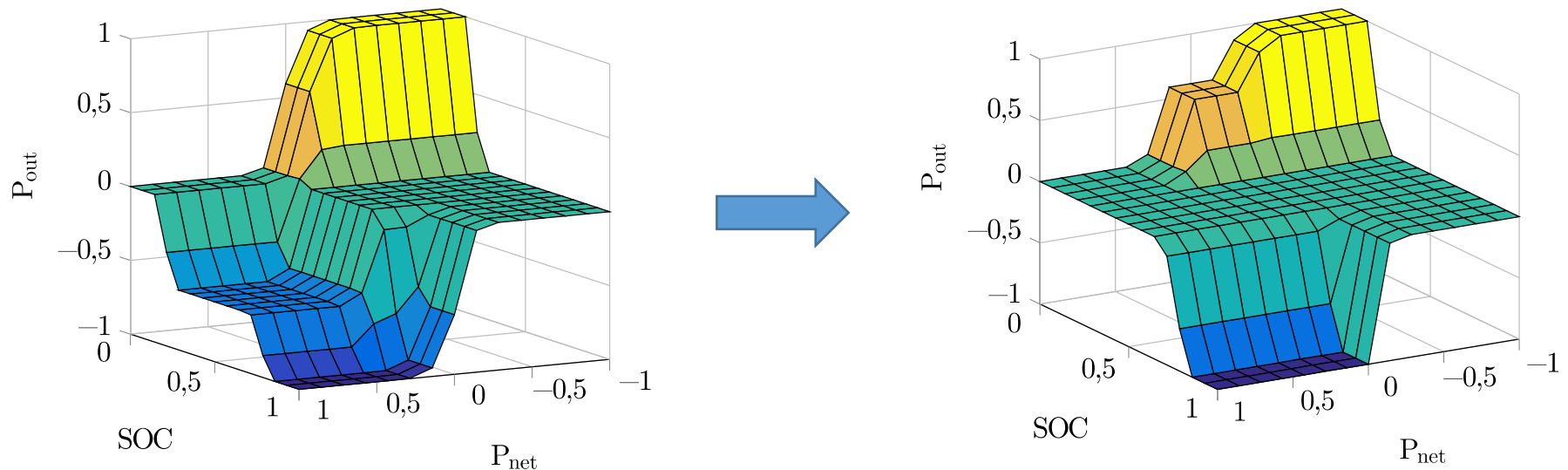
	Zweipunkt-regler	Fuzzy-Regler
Füllstand H2-Tank	+4 %	+22 %
EL-Starts	180	924
BZ-Starts	80	137
Vollzyklen der Batterie	74,2	68,1



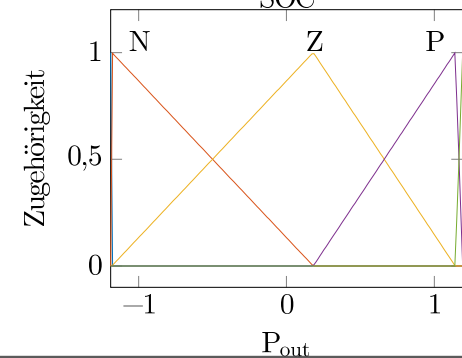
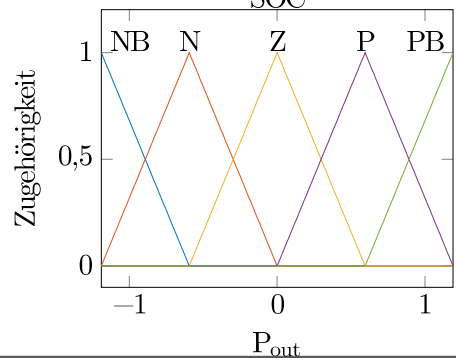
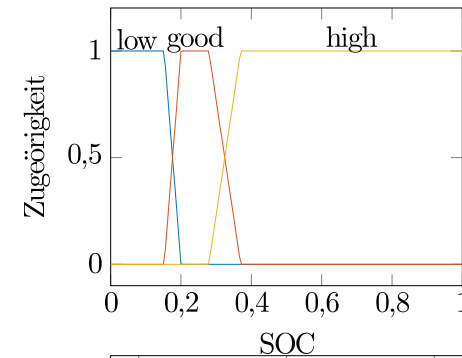
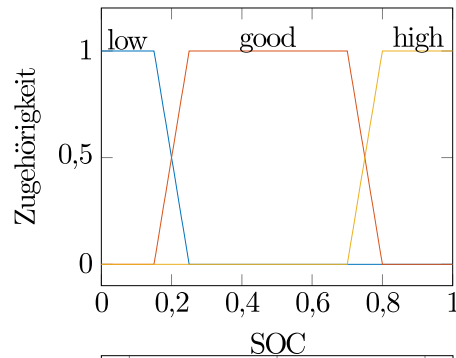
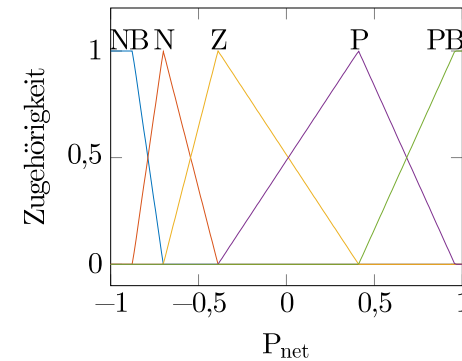
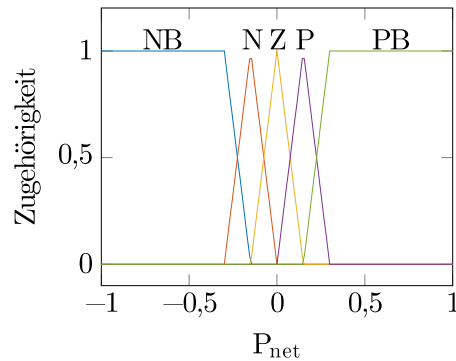
Weiterentwicklungsmöglichkeiten



Optimierung mit Particle Swarm Optimization



Optimierung mit Particle Swarm Optimization

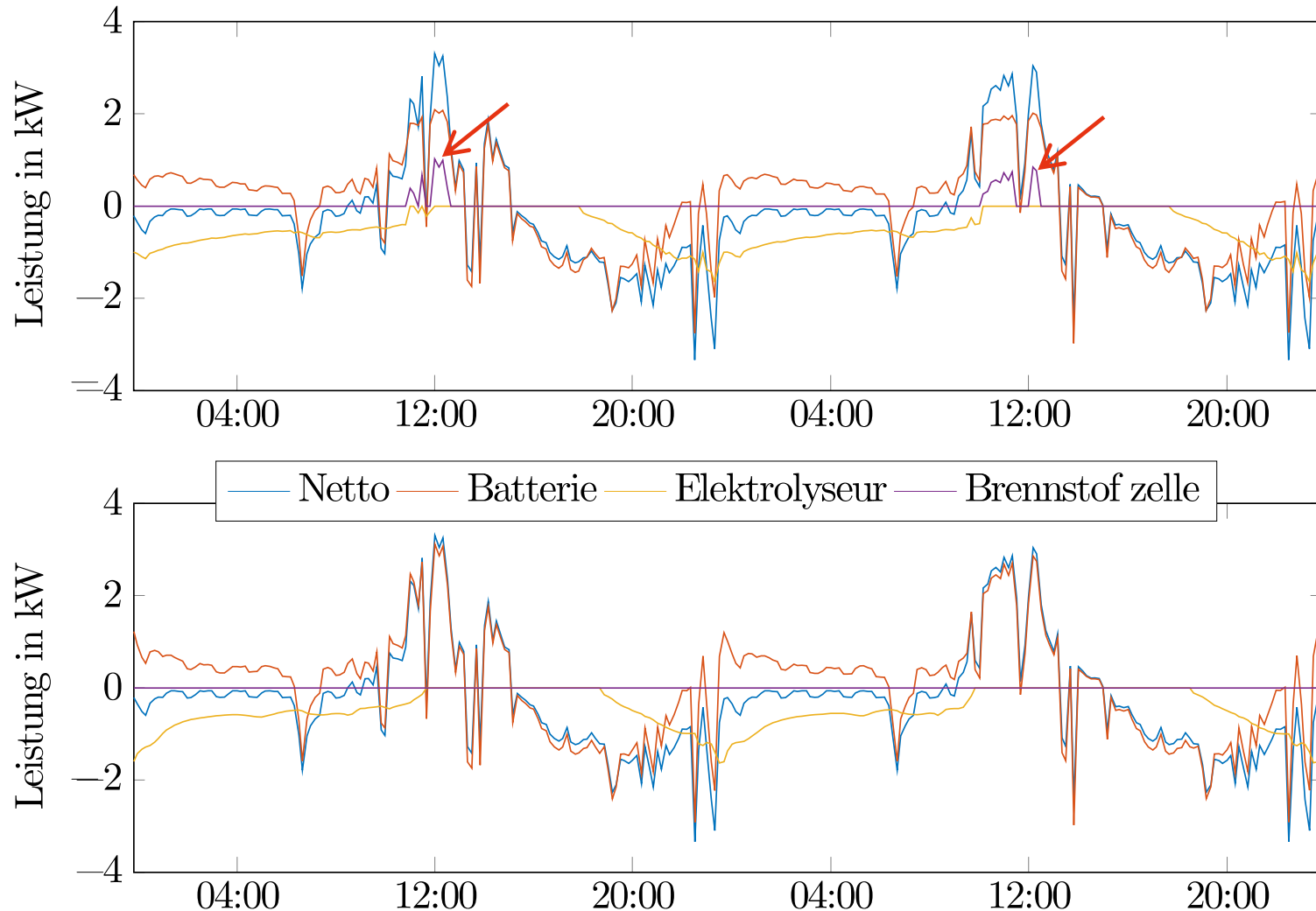


Berücksichtigung der zeitlichen Dimensionen

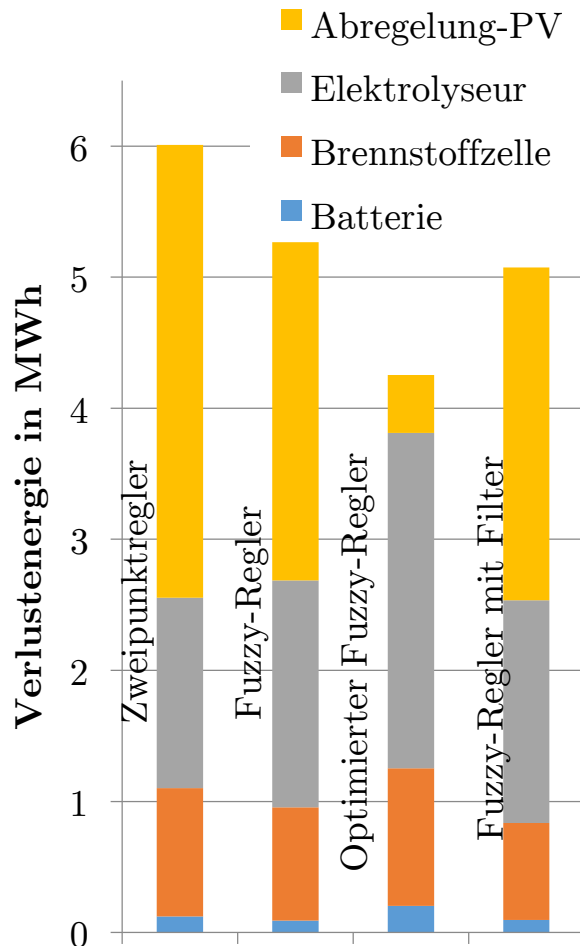
Die Nettoleistung wird einerseits durch den Tag-Nacht-Rhythmus und andererseits durch saisonale Schwankungen bestimmt.

- Die Filterung der Tageskomponente der Nettoleistung verringert die dynamische Belastung von Brennstoffzelle und Elektrolyseur.
- Die Unterscheidung zwischen Sommer und Winter kann durch einen weiteren Fuzzy-Eingang vorgenommen werden. Dies ermöglicht eine Optimierung der Regelbasis auf die jeweiligen Anforderungen.

Berücksichtigung der zeitlichen Dimensionen



Ergebnisse des weiterentwickelten Fuzzy-Regler



	Fuzzy-Regler	Optimierter Fuzzy-Regler	Fuzzy-Regler mit Filter
Füllstand H2-Tank	+22 %	+38 %	+28 %
EL-Starts	924	254	330
BZ-Starts	137	155	90
Vollzyklen der Batterie	68,1	101,4	69,5

Verringerung der installierten PV-Leistung und der Nennleistung des Elektrolyseurs möglich

Bewertung

- Mithilfe des Fuzzy-Reglers kann das SOC-Management verbessert und somit die Verluste durch Abregelung der PV-Anlage verringert werden.
- Die differenzierteren Entscheidungsregeln führen jedoch zu häufigem An- und Abschalten von Elektrolyseur und Brennstoffzelle.
- Eine entsprechende Optimierung sowie die Beachtung der dominanten zeitlichen Dimensionen, können dem entgegenwirken.

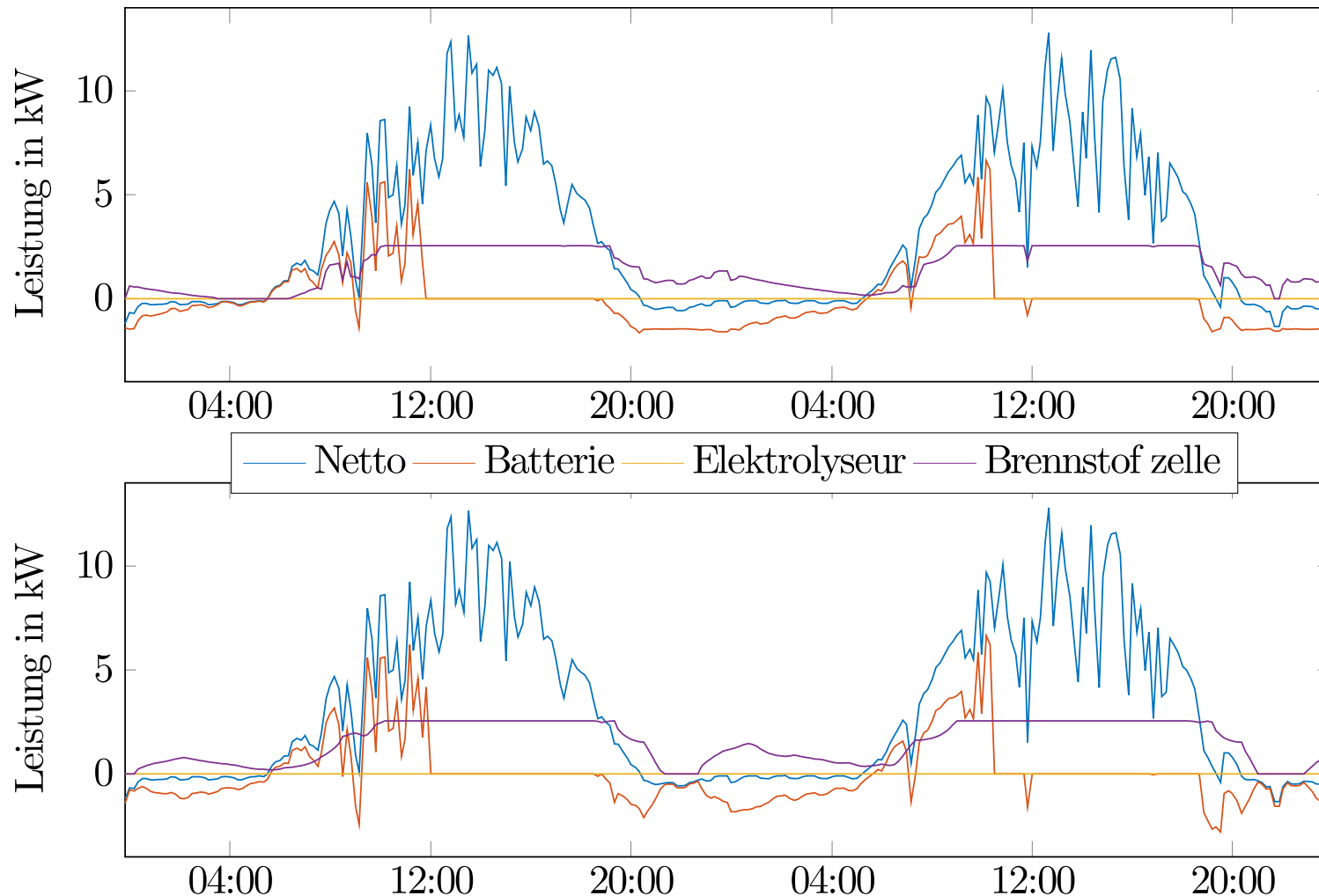
Ausblick

1. Kombination der Optimierung und der Beachtung der zeitlichen Dimensionen
2. Iteratives Verfahren zur Auslegung der Komponenten und zur Regleroptimierung

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

lisa.f.gerlach@gmail.com

Berücksichtigung der zeitlichen Dimensionen



Auslegung nach Zhou et al. 2008

Batteriekapazität

$$E_{BT} = \frac{P_{LMmax} \cdot 24h}{EL_{up} - FC_{low}} M_{BT}$$

Nennleistung Eloktrolyseur

$$P_{ELr} = M_{EL} \cdot P_{PVMmax} \cdot \eta_{DEL}$$

Nennleistung Eloktrolyseur

$$P_{FCr} = M_{FC} \cdot P_{LMmax} \cdot \eta_{DFC}$$

Auslegung nach Zhou et al. 2008

Leistung der Photovoltaikanlage

$$P_{PVavg1} = \frac{P_{LYavg}}{\eta_{IN}}$$

$$P_{PVavg} = M_{PV} \cdot \left(\frac{P_{LYavg}}{\frac{1}{2} \cdot \eta_{IN} (1 + \eta_{D,Bat} \cdot \eta_{Bat})} + \frac{\frac{1}{t_3 - t_0} \int_{t_1}^{t_2} (1 - \eta_{D,EL} \cdot \eta_{EL} \cdot \eta_{BZ} \cdot \eta_{D,BZ}) (P_{PV1} - P_L / \eta_{IN}) dt}{\frac{1}{2} \cdot \eta_{D,EL} \cdot \eta_{EL} \cdot \eta_{BZ} \cdot \eta_{D,BZ} \cdot (1 + \eta_{D,Bat} \cdot \eta_{Bat})} \right)$$

Literatur

Zhou, Keliang; Ferreira, J. A.; Haan, S.W.H. de: Optimal energy management strategy and system sizing method for stand-alone photovoltaic-hydrogen systems. In: *International Journal of Hydrogen Energy* 33 (2008), Nr. 2, S. 477–489. – URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319907005435>. – ISSN 03603199