

KI-basiertes Energiemanagement für Schiffe mit Gleichspannungs-Energienetzen

Robert Annuth¹, Finn Nußbaum¹, Prof. Dr.-Ing. Christian Becker¹
¹ Technische Universität Hamburg, Institut für Elektrische Energietechnik

Wie lässt sich die Einspeisung mehrerer Energiequellen im Energienetz koordinieren?

Methoden

Regelbare Energiequellen

- PV-Modul 600 Wp
- Batteriespeicher 363 Wh
- Deckeinspeisung ohne Leistungsbegrenzung

Spannungsniveau

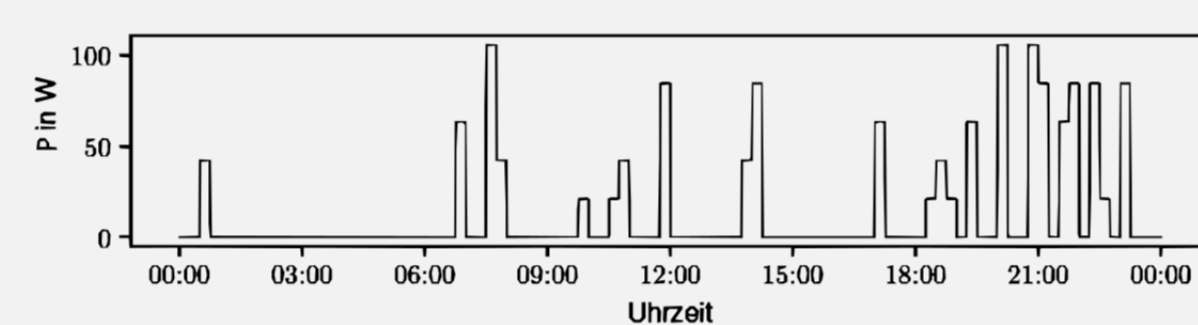
Das Spannungsniveau wurde entsprechend Sicherheitsanforderungen und typischen Spannungen für Gleichstrom zu 48V gewählt.

Datengrundlage

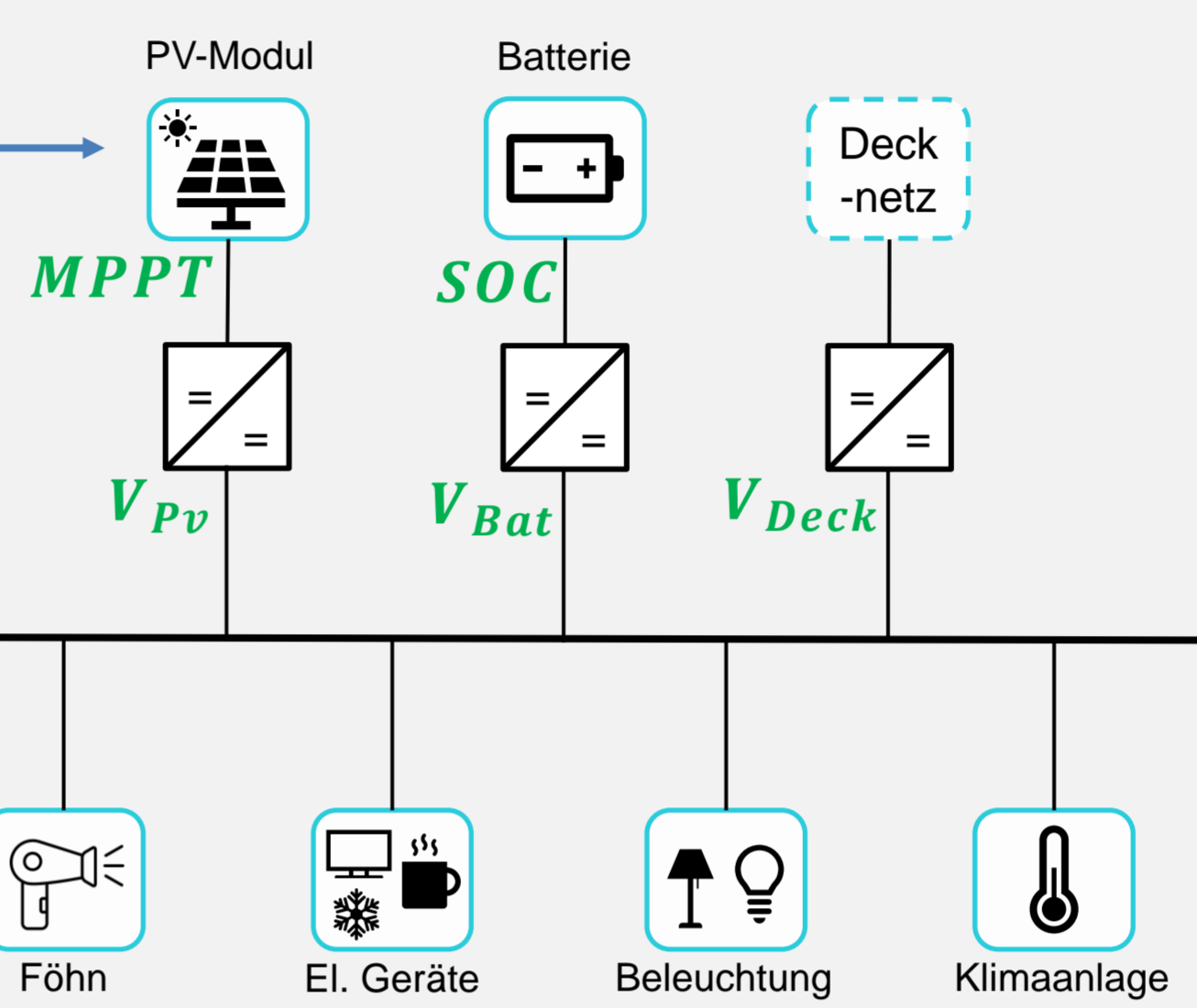
Wetterdaten



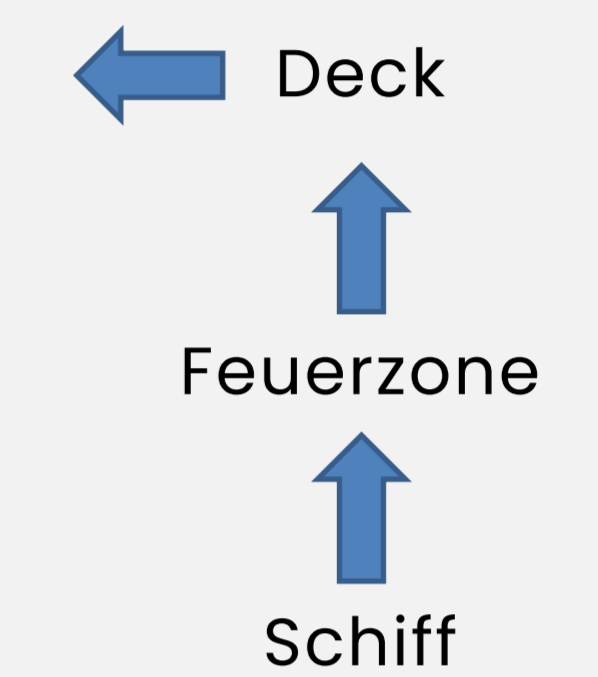
Lastprofile



Simuliertes Energienetz



Übergeordnete Netzstruktur

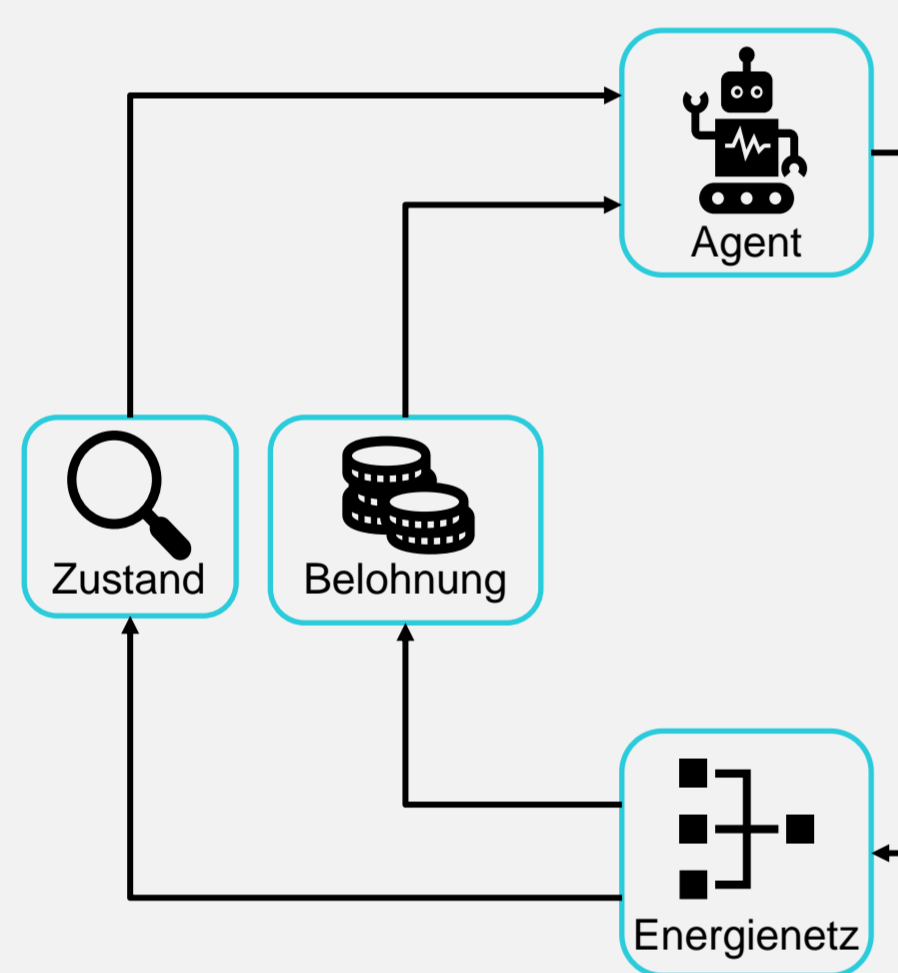


Freiheitsgrade für die Optimierung

Theorie

Reinforcement Learning

Reinforcement Learning gehört zu den Methodiken des maschinellen Lernens, bei der ein Agent optimales Verhalten erlernt.



Agent - PPO Algorithmus (Actor-Critic) [1]
for iteration=1,2,... do
 for actor=1,2,...,N do
 Simulation policy $\pi_{\theta_{act}}$ für T Schritte
 Berechnung der Verbesserung
 end for
 Optimierung von L (Loss) bezüglich θ mit K Epochen und Minibatches $M \leq NT$
 $\theta_{old} \leftarrow \theta$
end for

Beim Training des Agenten wird eine Policy θ (Verhaltensregel) erlernt.

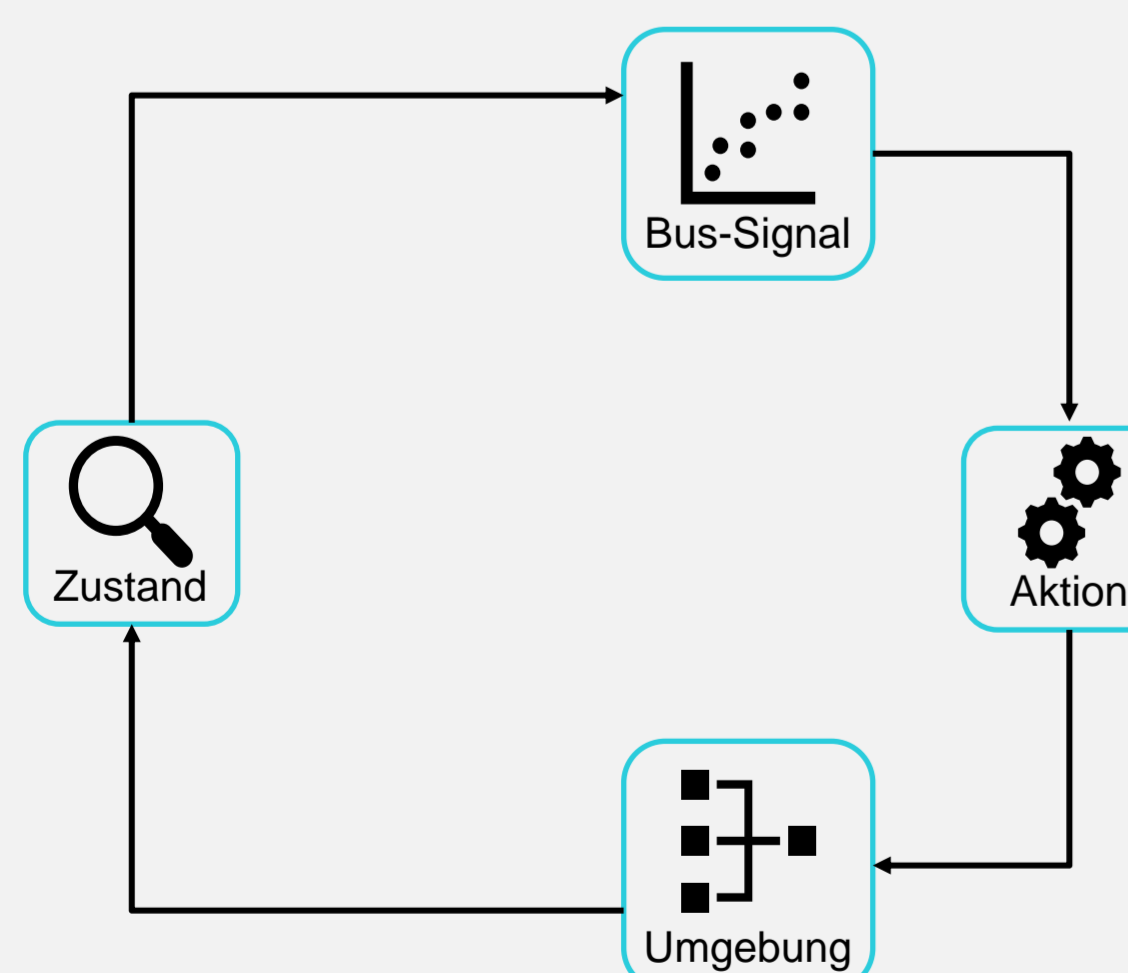
Belohnung

Der Agent berücksichtigt bei der Optimierung kurzfristige und zukünftige Belohnungen, welche aus der Summe der unteren Faktoren bestehen

Busspannung	$R_{t,U} = -\Delta U^2 (0,05 U_N)^{-1}$
Ungenutzte PV Leistung	$R_{t,PV} = -\Delta P_{PV}$
Energie aus Deck	$R_{t,N} = - i_N $
Batteriestrom	$R_{t,B} = - i_B $
Batterie SOC	$R_{t,SOC} = -6,25 (SOC - 0,5)^2$
Strafe für Aktionen	$R_{t,a} = -(\Delta U_B + \Delta U_N)$

Aktionen

Die möglichen Aktionen sind die Freiheitsgrade.

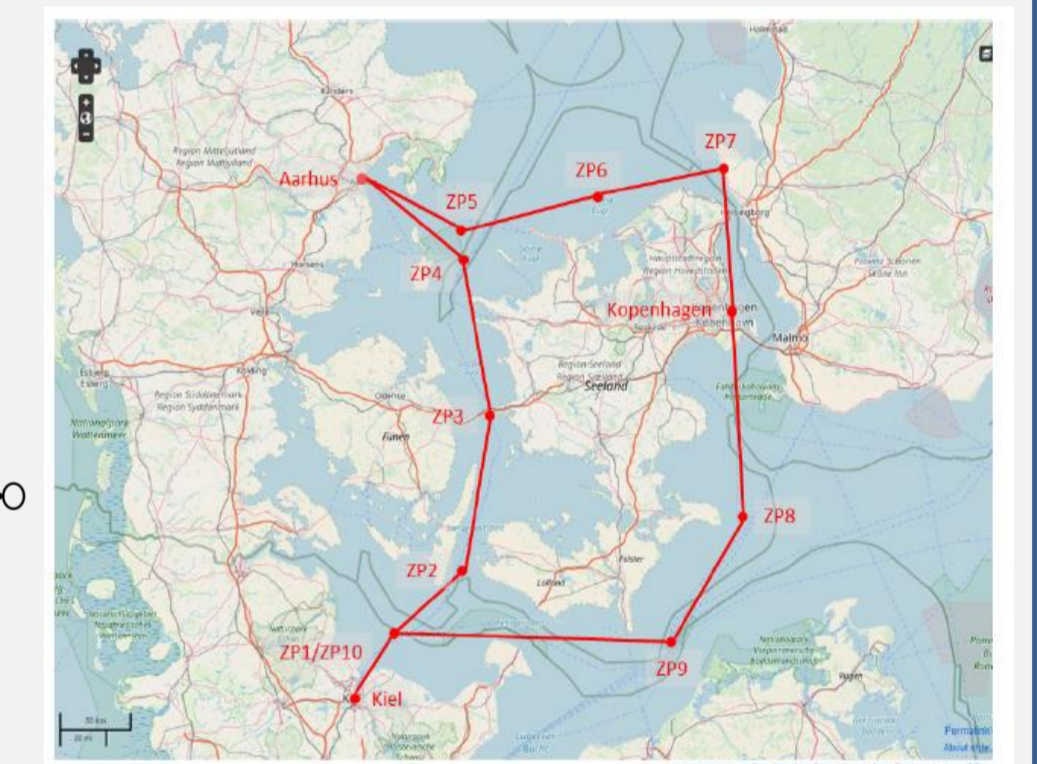
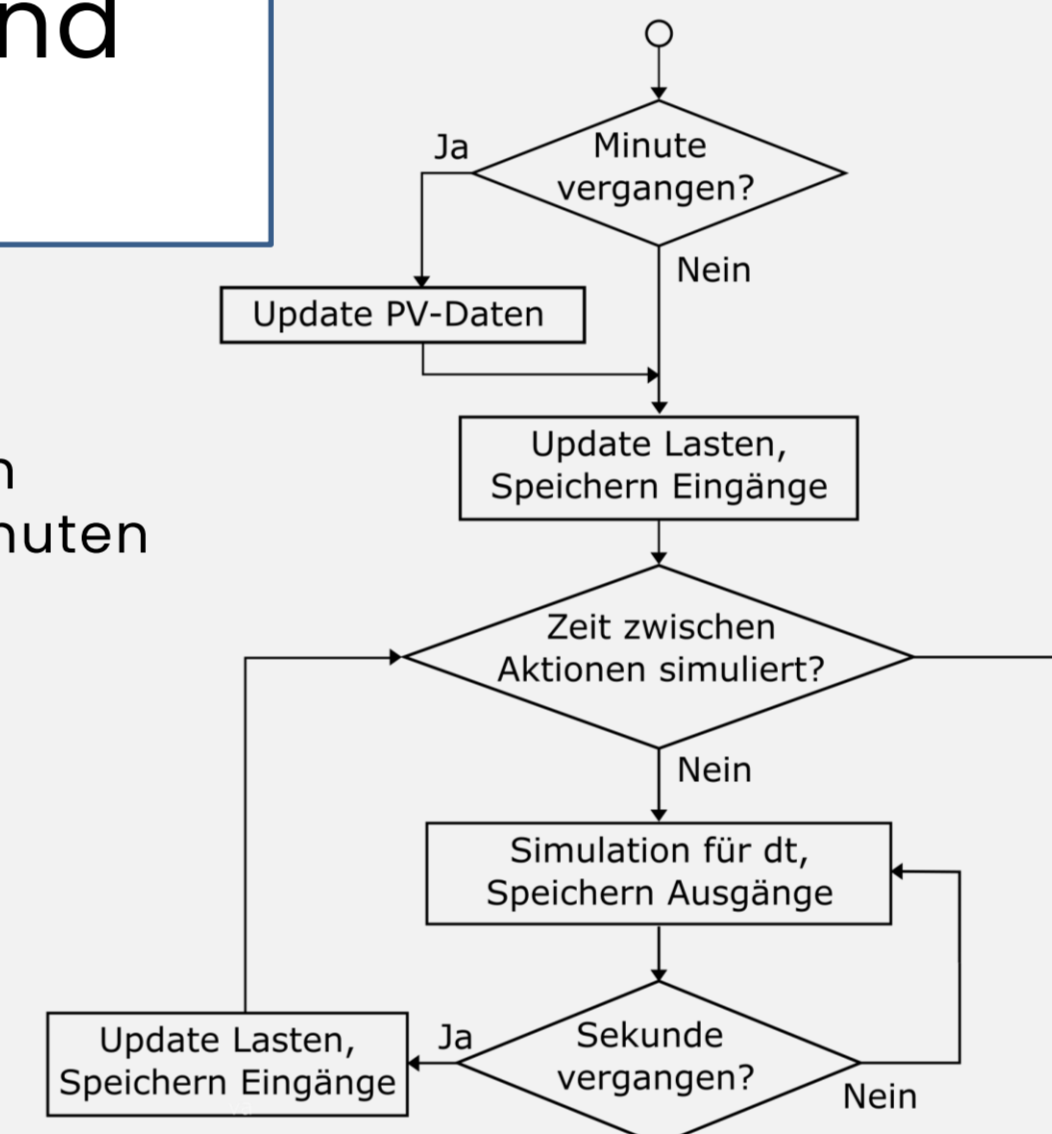


Vergleichsalgorithmus [2]

Der Algorithmus verwendet immer die maximale PV Leistung und der restliche Energiebedarf wird aus der Batterie und der Deckeinspeisung gedeckt.

Ergebnisse und Diskussion

Training mit zufälligen Zeitabschnitten von 30 Minuten entlang der Route.

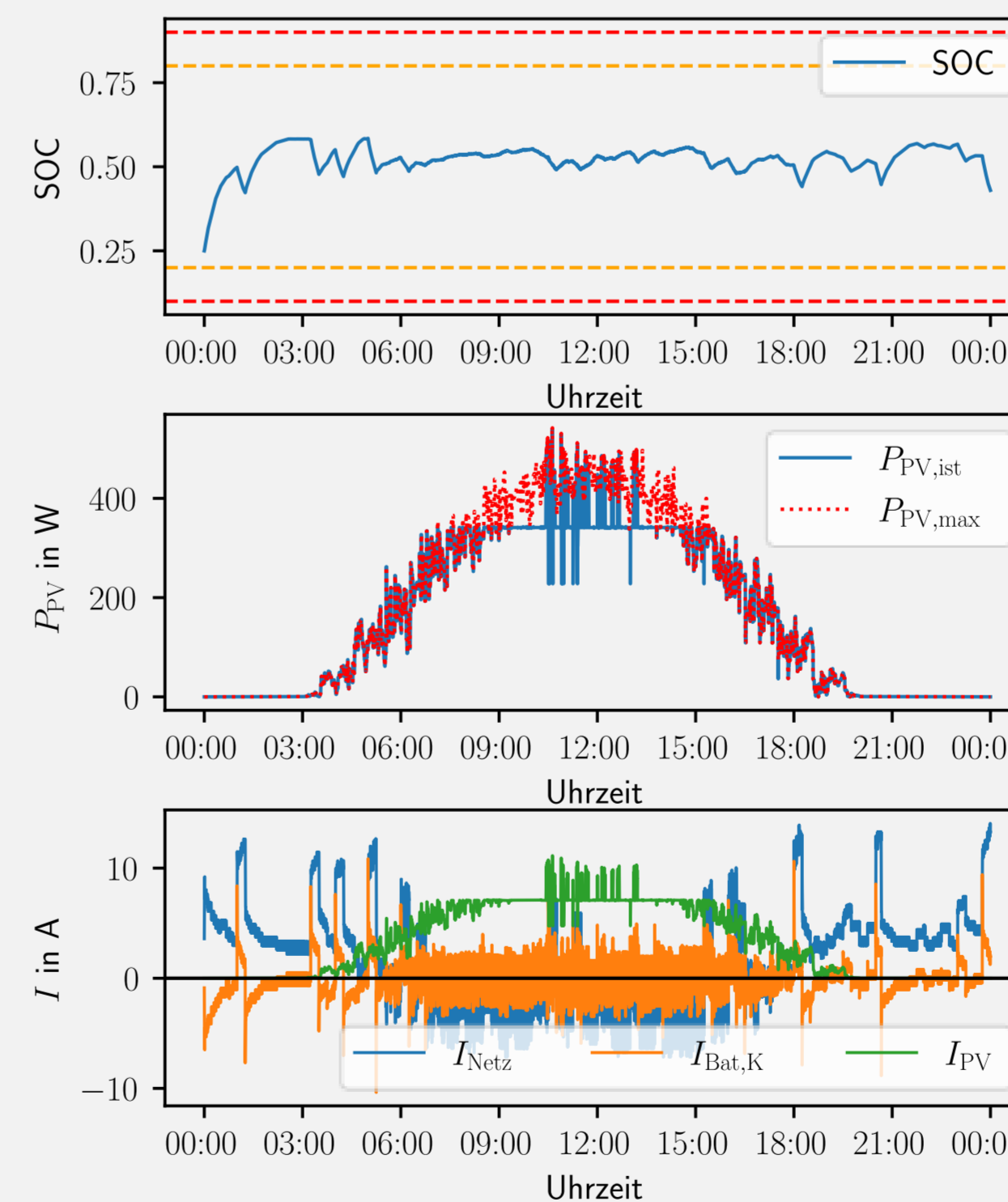


Betrachtete Ostseeroute

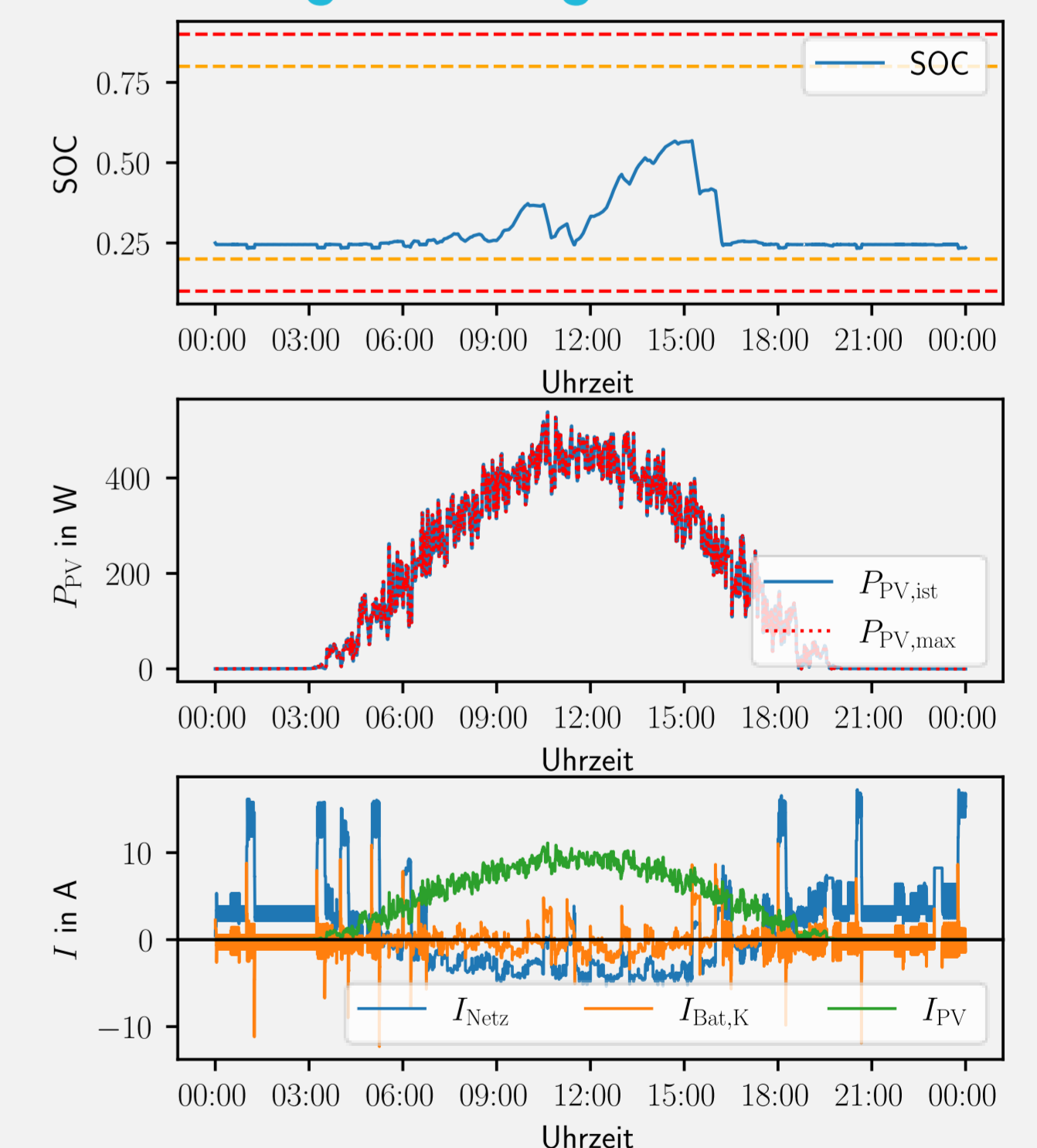
Erkenntnisse

- Reinforcement Learning ist für das Energiemanagement geeignet.
- Die Gewichtungen in der Belohnungsfunktion zu wählen, ist herausfordernd.
- Reinforcement Learning ist auch für verteilte Optimierungen von mehreren Agenten geeignet.

Reinforcement Learning



Vergleichsalgorithmus



Quellen

- [1] Schulman, John, et al. "Proximal policy optimization algorithms." *arXiv preprint arXiv:1707.06347* (2017).
[2] Panda, Mrutunjaya, Vijaya Bhaskar Devara, and Tanmoy Maity. "A novel dc bus-signaling based power management strategy for dc microgrid." *International Transactions on Electrical Energy Systems* 31.2 (2021)