

# SIMULATION UND OPTIMIERUNG EINER EFFIZIENTEN BETRIEBSSTRATEGIE FÜR SYSTEMDIENLICHE ELEKTROLYSE

Moritz END<sup>1</sup>(\*), Thorsten SCHNEIDERS<sup>2</sup>

## Motivation und Hintergrund

Mit der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS 2023) hat die deutsche Bundesregierung erneut die Bedeutung einer nationalen Wasserstoffindustrie betont und die Ausbauziele für die inländische Elektrolyseleistung bis 2030 von 5 GW auf mindestens 10 GW verschärft.[1] Dabei bekräftigt die NWS 2023, dass die grüne Wasserstoffproduktion durch „systemdienliche Elektrolyse“ gewonnen werden soll. Dies bedeutet unter anderem, dass unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit für Elektrolyseure der Stromnetzausbau begrenzt werden soll und flexible Elektrolyseur-Anlagen benötigt werden. Konkreter definiert [2] die Systemdienlichkeit, als Erhalt der Systemstabilität durch Systemdienstleistungen wie Frequenz- und Spannungshaltung. Wie in der NWS 2023 erwähnt, muss die Elektrolyse neben der Systemdienlichkeit vor allem wirtschaftlich sein. Allerdings stellt die Wirtschaftlichkeit bei der Produktion von grünem Wasserstoff eine erhebliche Herausforderung dar, weshalb eine effiziente Betriebsstrategie unerlässlich ist.[3] Ein entscheidender Parameter dabei ist die Auslastung des Elektrolyseurs bzw. die Anzahl der Volllaststunden, die als Maß für einen wirtschaftlich effizienten Betrieb gelten. Neben den Investitionskosten (CAPEX) und den Betriebskosten (OPEX) ist vor allem eine hohe Anzahl von Betriebsstunden essenziell. Die Zielsetzung der Simulation liegt in der Ausarbeitung einer optimierten Betriebsstrategie, die aus der Kombination einer hohen Anzahl von Volllaststunden bei gleichzeitiger Systemdienlichkeit besteht. Mit dieser Arbeit können darüber hinaus weitere Simulationen für verschiedene Szenarien durchgeführt werden.

## Methodik

Die Simulationen zur Ermittlung der optimierten Betriebsstrategie erfolgt durch eine Objektorientierte Programmierung mit der Programmiersprache Python. Zuerst werden mit der Hilfe der Open Source Bibliotheken PV-Lib und Windpower-Lib und auf Grundlage von Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) Stromerzeugungskurven für Photovoltaik (PV) und Windenergie-Anlagen simuliert. In einem zweiten Schritt wird auf Literaturbasis ein Proton Exchange Membran (PEM) Elektrolyseur inklusive der energieintensiven Komponenten modelliert. Wie in der Abbildung 1 zu sehen ist, wird im Rahmen der Modellierung die Systemkomponenten und besonders die Stacks einzeln betrachtet.

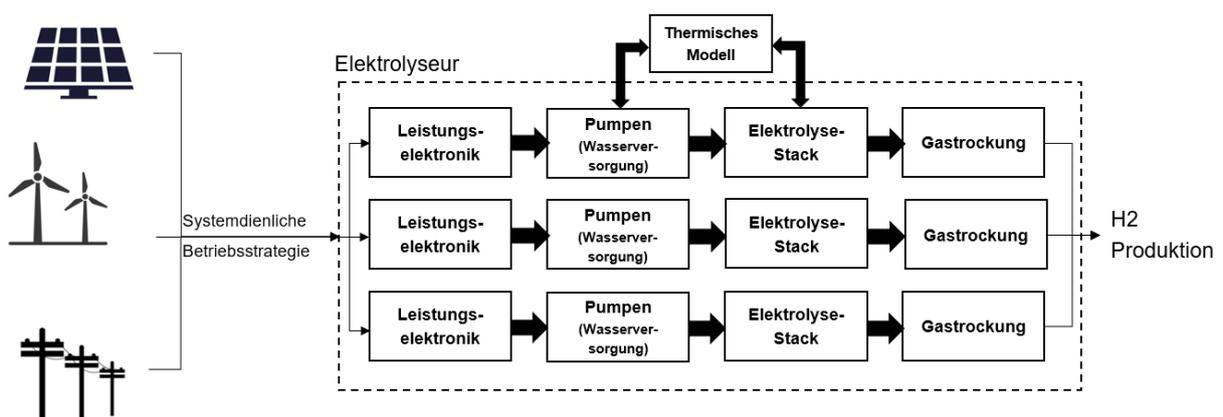


Abbildung 1 Schematische Darstellung des modellierten Systems mit modularem PEM-Elektrolyseur-Modell [Eigene Darstellung]

<sup>1</sup> Technische Hochschule Köln, Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln, Deutschland, +49-221-8275-4951, moritz.end@th-koeln.de, www.th-koeln.de

<sup>2</sup> Technische Hochschule Köln, Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln, Deutschland, +49-221-8275-2335, thorsten.schneiders@th-koeln.de, www.th-koeln.de

Validiert wird das Modell durch eine simulierte Betriebskurve mit den Messdaten eines realen PEM-Elektrolyseurs. Mit dem Modell können dann verschiedene Szenarien und Betriebsstrategien modelliert werden. Am Ende der Modellierung wird eine finale Parameterstudie durchgeführt.

## Ergebnisse

Für Elektrolyseure gilt die Besonderheit, dass diese im Teillastbereich den höchsten Wirkungsgrad aufweisen.[4] Wird der Elektrolyseur kontinuierlich im Teillastbetrieb bei optimalen Wirkungsgrad betrieben und bei Stromerzeugungsspitzen auf Volllast hochgefahren, agiert der Elektrolyseur systemdienlich bei gleichzeitiger hoher Anzahl an Betriebsstunden. Diese Betriebsweise erweist sich durch die Simulation als effektive Kombination der zu Anfang aufgestellten Bedingungen.

Erste Ergebnisse zeigen zudem, dass eine Betrachtung des Elektrolyseurs in verschiedene Module (Stacks inklusive Peripherie) sinnvoll ist. Hierdurch kann im Vergleich zur Betrachtung einer ganzen Anlage jedes Modul im Teillastbereich optimal betrieben werden. Dadurch wird nicht nur die Gesamteffizienz des Elektrolyseurs gesteigert, sondern auch die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Lastzustände verbessert.

## Referenzen

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Ed., "Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie: NWS 2023,", Berlin, Jul. 2023. Accessed: Nov. 30 2023. [Online]. Available: [https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- [2] Schulze, Y., Müller, M., Faller, S., Duschl, W., Wirtz, F., "Was ist Netzdienlichkeit?", München, May. 2021. Accessed: Nov. 30 2023. [Online]. Available: [https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2021/05/20210122\\_Was-ist-Netzdienlichkeit\\_num\\_LV.pdf](https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2021/05/20210122_Was-ist-Netzdienlichkeit_num_LV.pdf)
- [3] Smolinka, T., Wiebe, N., Stecherlce, P., "Industrialisierung der Wasser-elektrolyse in -Deutschland: -Chancen und -Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und -Wärme: Studie IndWEde – Kurzfassung,", Forschungszentrum Jülich GmbH, Berlin, Oct. 2018. Accessed: Dec. 1 2023. [Online]. Available: [https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/181127\\_bro\\_a4\\_indwede-studie\\_kurzfassung\\_de\\_v03.pdf](https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/181127_bro_a4_indwede-studie_kurzfassung_de_v03.pdf)
- [4] M. Kopp, D. Coleman, C. Stiller, K. Scheffer, J. Aichinger, and B. Scheppat, "Energiepark Mainz: Technical and economic analysis of the worldwide largest Power-to-Gas plant with PEM electrolysis,", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 19, pp. 13311–13320, 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.12.145