

Modellierung der Flexibilität verfahrenstechnischer PtX-Prozesse zur Realisierung eines dynamischen Betriebs bei volatiler Energieverfügbarkeit

Themenbereich 5: Integration erneuerbarer Energien in Produktionsprozesse

Nikola Mößner¹ (1), Pascal Häbig² (1), Kai Hufendiek³ (1)

IER Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart, Heßbrühlstraße 49a, 70565 Stuttgart, www.ier.uni-stuttgart.de

Motivation und zentrale Fragestellung (100 Wörter)

Eine Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern wird gegenwärtig sowohl gesellschaftlich als auch wissenschaftlich angestrebt. Die Forschung beschäftigt sich dazu mit der Frage, wie neuartige Produktionsverfahren für Wasserstoff und dessen Folgeprodukte aussehen könnten [1]. Dabei gilt die Produktion von leicht transportierbaren, synthetischen Energieträgern mittels Windkraft und Elektrolyse, auch Power-to-X (PtX) genannt, auf hoher See als vielversprechende Zukunftstechnologie. Bisher eingesetzte Verfahrenstechnik war jedoch auf einen stationären Betrieb ausgelegt. Eine Handhabung volatiler Energieeinspeisung ist dabei nur bedingt möglich, weshalb der Einsatz in einem autarken Inselbetrieb ein konzeptionelles Umdenken erfordert. Für einen dynamischen Betrieb ist es notwendig, die Flexibilität solcher PtX-Produktionsanlagen adäquat abzubilden, was die zentrale Fragestellung darstellt.

Methodische Vorgehensweise (200 Wörter)

Um diese zu adressieren, gliedert sich das methodische Vorgehen des vorliegenden Beitrags, nachfolgend in Abbildung 1 visualisiert, in die vier Schritte Flexibilität im Allgemeinen, Literaturreview der Modellierungsoptionen, Beschreibung des PtX-Produktionssystems, Implementierung und Ergebnisinterpretation eines Modellierungsansatzes.

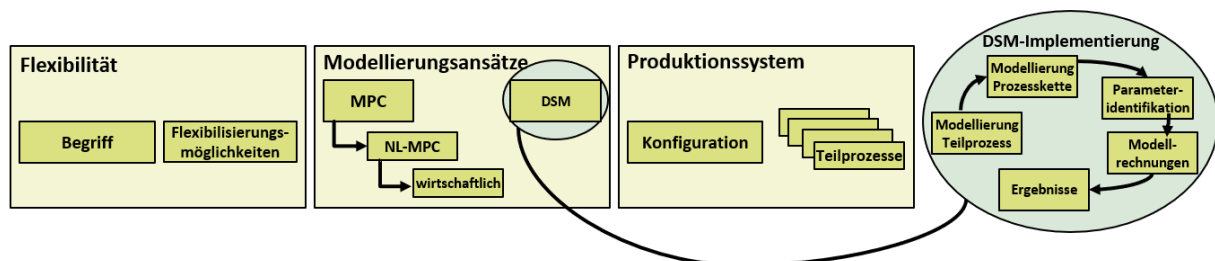


Abbildung 1: Methodisches Vorgehen des vorliegenden Beitrags

Im ersten Schritt soll zunächst der Flexibilitätsbegriff im Kontext der Verfahrenstechnik beleuchtet und definiert werden. Zudem soll gezeigt werden, welche grundsätzlichen Möglichkeiten existieren, um verfahrenstechnische Prozesse zu flexibilisieren (Prozesskonfiguration; Anlagenbauweise; Prozessführung). Der Aspekt der Prozessführung soll in einem kurzen Literaturreview zu verschiedenen Modellierungsansätzen (Schritt 2) weiter vertieft werden. Ausgewählte Ansätze (Modellprädiktiven Steuerung; Demand Response) sollen vorgestellt und gegenübergestellt werden. Ein besonderer Fokus soll auf das Demand Side Management (DSM) nach [2] gelegt werden.

Der Bezugsrahmen der Untersuchung, also das Produktionssystem, soll im dritten Schritt definiert werden. Dazu soll zunächst die Konfiguration der PtX-Prozesskette dargestellt (Abbildung 2) und anschließend die Charakteristika der Teilprozesse (Direct Air Capture, Meerwasserentsalzung, Elektrolyse, PtX-Synthese, Produktspeicher) kurz beschrieben werden. Damit wird die Basis für die Implementierung eines Modellierungsansatzes (Schritt 4) gelegt. Diese soll zunächst für jeden Teilprozess separat erfolgen und anschließend für die gesamte PtX-Prozesskette integriert betrachtet werden. Mit historischen Zeitreihen für die Energiebereitstellung aus Offshore-Windkraft sollen erste Modellrechnungen durchgeführt werden. Abschließend sollen die Ergebnisse interpretiert und diskutiert werden.

¹ +49 (0) 711 685- 87889, nikola.moessner@ier.uni-stuttgart.de

² +49 (0) 711 685- 60901, pascal.haebig@ier.uni-stuttgart.de

³ +49 (0) 711 685- 87801, kai.hufendiek@ier.uni-stuttgart.de

Ergebnisse und Schlussfolgerungen (200 Wörter)

Die eben vorgestellte Vorgehensweise ist Bestandteil laufender Arbeit und Ergebnisse sind folglich als Erwartungshorizont zu interpretieren. Die Resultate der aufgeworfenen Fragestellung sollen im Konferenz-Beitrag ausführlich dargestellt werden. Nichtsdestotrotz sollen erste Vorüberlegungen präsentiert und mögliche Untersuchungsergebnisse skizziert werden.

Im vorliegenden Beitrag wird unter Flexibilität in Anlehnung an [3] eine bewusste Veränderung eines ursprünglich geplanten Vorhabens (z. B. Fahrplan) verstanden werden, die auf Basis eines externen Signals (z. B. Prognoseaktualisierung) erfolgt. Die Untersuchung bezieht sich dabei auf ein weiter zu definierendes PtX-Produktionssystem (bspw. Ammoniak, Methan) im Inselbetrieb und die konkrete Systemkonfiguration gestaltet sich wie in Abbildung 2 dargestellt.

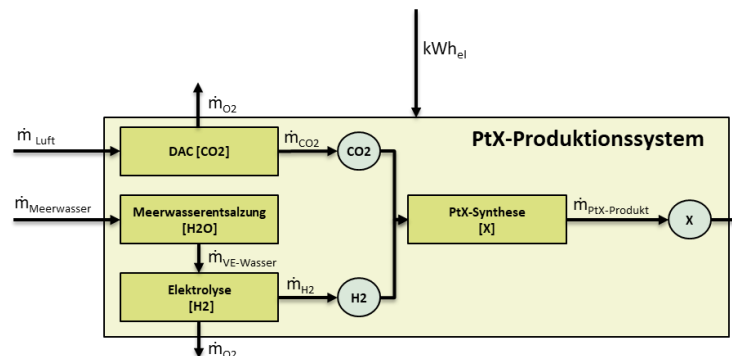


Abbildung 2: Konfiguration des untersuchten PtX-Produktionssystems

Ein mögliches Ergebnis der Modellierung der Flexibilität der verfahrenstechnischen Teilprozesse bzw. der Prozesskette könnte eine spezifische Kennlinie sein, die den Zusammenhang zwischen der benötigten Energie und der Menge an produziertem Massenstrom beschreibt. In Kombination mit Prozessparametern (z. B. Einschwingzeit) und der Systemcharakteristika könnte so der dynamische Anlagenbetrieb unter volatiler Energieverfügbarkeit modelliert werden [2], [4]. Als vielversprechender Lösungsansatz wird DSM untersucht. Dies wird vorwiegend in der energieintensiven Prozessindustrie (Metallverarbeitung; Chemiebranche), speziell in der Wärmeerzeugung [5], angewendet [6]. Eine Implementierung für ein PtX-Produktionssystem existiert bislang nicht.

Dieser Beitrag adressiert damit eine Forschungslücke und könnte, übertragen auf das eingangs erwähnte Bestreben, mit einer ortsunabhängigen Produktion von grünen synthetischen Brennstoffen einen Beitrag zur Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern leisten.

Keywords: Flexibilität, Modellierung, Dynamischer Betrieb, Synthetische Kraftstoffe

Literatur:

- [1] C. Zöller-Fuß, "Prinzip der Ver-netzung auf Basis digitaler Infrastruktur," *Forschung Leben*, Stuttgart, p. 56ff, 2022.
- [2] M. Steurer, "Analyse des intelligenten Lastmanagements im Hinblick auf eine effiziente und umweltfreundliche Energieversorgung," *Rep. by IER Stuttgart Univ.*, 2014.
- [3] E. Union of the Electricity Industry, "Flexibility and Aggregation Requirements for their interaction in the market," *eurelectric*, Brüssel, 2014.
- [4] P. Simon, F. Roltsch, J. Glasschröder, and G. Reinhart, "Approach for a Potential Analysis of Energy Flexible Production Systems," *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 580–585, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROCIR.2017.03.153.
- [5] C.-O. Gensch *et al.*, "Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität: Welche Chancen und Risiken ergeben sich durch die Digitalisierung?," 2021. Accessed: Nov. 10, 2022. [Online]. Available: www.oeko.de
- [6] B. für W. und K. BMWK, "BMWK Newsletter Energiewende - Was ist eigentlich 'Demand Side Management'?" <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2017/01/Meldung/direkt-erklaert.html> (accessed Nov. 09, 2022).

