

Prozessintensivierung der Ammoniaksynthese im Kontext der Power-to-X Technologie: Das Potential aktiverer Katalysatormaterialien

Thomas Cholewa^{a,b}, Ouda Salem^a, Achim Schaadt^a, Robert Güttele^b

^aFraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg/Deutschland;

^bInstitut für Chemieingenieurwesen (CIW), Universität Ulm, Deutschland

Die Ammoniaksynthese aus regenerativem, elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff (H₂) und Stickstoff (N₂) aus der Luft im Rahmen des sogenannten Power-to-Ammonia (NH₃) Prozesses vermeidet die H₂ Gewinnung aus fossilen Energieträgern und reduziert somit die CO₂ Emission des Prozesses. Auf diese Weise gewonnenes NH₃ kann neben dem Einsatz in der Düngemittelindustrie perspektivisch auch als vielseitiger Energieträger, beispielsweise in Verbrennungsmotoren für Schiffe [1] oder in Verbindung mit einer Reformierung als H₂-Trägermolekül [2] eingesetzt werden.

Durch die Nutzung von regenerativ erzeugtem H₂ als Edukt für die Ammoniaksynthese ergeben sich neue Anforderungen an den Prozess. Hierzu zählen die fluktuierende Bereitstellung von erneuerbaren Energien sowie die reduzierte Produktionsskala im Vergleich zu fossil-basierten Haber-Bosch Prozessen im Gigatonnen-Maßstab [3].

Um die Ammoniaksynthese unter diesen Rahmenbedingungen zu realisieren, werden verschiedene Prozessintensivierungsstrategien diskutiert. Das Ziel der Entwicklung ist ein Prozess mit reduzierter Anlagen- und Apparategröße, der eine dynamische Synthese aus elektrolytisch gewonnenem H₂ ermöglicht [4]. Einen vielversprechenden Ansatz zur Prozessintensivierung stellt die sorptionsgestützte *in situ* Abtrennung von NH₃ dar, welche das Potential bietet die thermodynamische Gleichgewichtslimitierung zu überwinden [5]. Grundlegend für die technische Realisierung eines solchen Verfahrens ist es, die Temperatur der Reaktion zu reduzieren um für die sorptive Abtrennung technisch nutzbare Bedingungen zu erreichen.

Im Rahmen des Vortrags soll aufgezeigt werden, wie durch die Verwendung aktiverer Katalysatormaterialien die Synthese unter milderer Reaktionsbedingungen und somit thermodynamisch günstigeren Bedingungen realisiert werden kann. Ein hierfür geeigneter Ruthenium Katalysator wird auf experimenteller und simulativer Ebene untersucht, mit dem Ziel ein geeignetes reaktionskinetisches Modell unter milden Reaktionsbedingungen zu bestimmen. Erste experimentelle Ergebnisse der

Katalysatoruntersuchung und deren Nutzung für die Modellvalidierung werden diskutiert. Ausblickend wird das Potential Ruthenium-basierter Katalysatoren für die Entwicklung des angestrebten dynamischen und intensivierten Power-to-Ammonia Prozess betrachtet.

- [1] J. Hansson, E. Fridell, S. Brynolf, *On the potential of ammonia as fuel for shipping* **2020**.
- [2] A. Klerke, C. H. Christensen, J. K. Nørskov, T. Vegge, *J. Mater. Chem.* **2008**, *18 (20)*, 2304. DOI: <https://doi.org/10.1039/b720020j>
- [3] K. Rouwenhorst, P. M. Krzywda, N. E. Benes, G. Mul, L. Lefferts, in *Techno-Economic Challenges of Green Ammonia as an Energy Vector*, Elsevier **2021**.
- [4] C. Smith, A. K. Hill, L. Torrente-Murciano, *Energy Environ. Sci.* **2020**, *13 (2)*, 331 – 344. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9EE02873K>
- [5] C. Smith, L. Torrente-Murciano, *Advanced Energy Materials* **2021** (*n/a*), 2003845. DOI: <https://doi.org/10.1002/aenm.202003845>