

PlaNH3

Plasma als Schlüssel zur dezentralen Erzeugung von grünem Ammoniak

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2024 (KLIEN)	Status	laufend
Projektstart	01.03.2025	Projektende	29.02.2028
Zeitraum	2025 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Ammoniak, Wasserstoffspeicherung, kaltes Plasma		

Projektbeschreibung

Ammoniak ist eine der meistproduzierten Chemikalien und wird größtenteils für die Herstellung von Düngemitteln eingesetzt. Darüber hinaus kann es als chemisches Derivat von Wasserstoff eine Schlüsselfunktion in der Energiewirtschaft einnehmen und einen wesentlichen Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten. Wasserstoff kann als Ammoniak gespeichert und so mit einer höheren Energiedichte transportiert und unter milden Bedingungen gelagert werden.

Das bisher für die Ammoniakproduktion etablierte Haber-Bosch Verfahren ist jedoch energieintensiv, beruht auf fossilen Rohstoffen und ist nur im großindustriellen Maßstab wirtschaftlich einsetzbar. Um das Potential von Ammoniak für die Energiewende und Sektorkopplung nutzbar zu machen, bedarf es einer dezentralen, effizienten und skalierbaren Produktion von Ammoniak.

Das übergeordnete Ziel des Projekts PlaNH3 ist daher die Optimierung der CO2-emissionsfreien Synthese von grünem Ammoniak aus Stickstoff und grünem Wasserstoff mittels grünen Stroms in einem nicht-thermischen Plasmareaktor. Der Projektansatz ermöglicht es, Ammoniak dezentral in kleinen Produktionsanlagen bei Umgebungstemperatur und -druck zu erzeugen. Außerdem zeigt der nicht-thermische Plasmareaktor bezüglich Gesamteffizienz, Skalierbarkeit und der moderaten Prozessbedingungen das größte Potential, um den Lückenschluss zwischen dezentraler grüner Wasserstoffproduktion und dem potenziellen Energieträger Ammoniak zu ermöglichen. Bisher zeigt diese Technologie trotz des hohen theoretischen Potentials bei den Reaktionsumsätzen und der Ausbeute Schwierigkeiten hinsichtlich des wirtschaftlichen Betriebs.

Die Innovation im Projekt liegt in der technischen Lösung zur Frage der Energiedichteverteilung im Plasmareaktor, um die Effizienz des Prozesses erheblich zu steigern. Der gleichzeitige Einsatz von Dielektrika und Feststoffkatalysatoren sowie die Optimierung der Elektrodengeometrie (mittels 3D-Druck) hat das Ziel, dass die Reaktion von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak weitreichend durch Plasma-Katalyse erfolgt, während der Effizienzverlust infolge milder energetisierter Reaktionszonen durch den Einsatz von Feststoffkatalysatoren minimiert wird. Durch den gezielten Einsatz von Dielektrika kann die Charakteristik der Entladung, einschließlich der benötigten Spannung und der Entladungsform, optimiert werden. Durch die begleitend durchgeführte Plasma- bzw. CFD-Strömungssimulation sollen Verbesserungen in der Anordnung und Geometrie der Elektroden und des Katalysators und deren Zusammenspiel gefunden, optimale Betriebsbedingungen abgeleitet und die Messergebnisse aus dem Laborreaktor besser interpretierbar sein. Weiters schaffen die parallel durchgeführten Simulationen die Grundlage zur Erstellung eines digitalen Zwillings des Plasmareaktors. Es werden technologische

ökonomische Bewertungen des Gesamtsystems durchgeführt und Eingliederungskonzepte in bestehende Energiesysteme abgeleitet, sowie innovative Betriebsmodelle, die sich durch den dezentralen Einsatz des Verfahrens direkt am Standort großer Erzeugungsanlagen ergeben, untersucht.

Das Projekt hat zum Ziel, eine Schlüsseltechnologie zu erforschen, welche einen erheblichen Beitrag zur Bewältigung der Herausforderungen von „Grünem Wasserstoff“ – wie Speicherung und Transport, den Einsatz als Treibstoff für Schifffahrt und Industrie, als Energiespeicher (für kalorische und elektrische Energie) und die Bereitstellung von Ammoniak als Plattformchemikalie – darstellt.

Abstract

Ammonia is a widely produced chemical used primarily for fertilizers. However, it also has potential in the energy industry as a derivative of hydrogen. It can contribute to achieving climate targets by storing hydrogen as ammonia, which has a higher energy density for transportation and can be stored under mild conditions.

However, the current Haber-Bosch process for ammonia production is energy-intensive, relies on fossil fuels, and is only economically viable on a large industrial scale. To fully utilize the potential of ammonia for the energy transition and sector coupling, a decentralized, efficient, and scalable production method is necessary.

The PlaNH₃ project aims to optimize the synthesis of green ammonia from nitrogen and green hydrogen using green electricity in a non-thermal plasma reactor, with the goal of achieving CO₂ emission-free production. The approach of the project enables decentralized production of ammonia in small plants at ambient temperature and pressure conditions. Furthermore, the non-thermal plasma reactor exhibits the highest potential for overall efficiency, scalability, and moderate process conditions, bridging the gap between decentralized green hydrogen production and the potential energy source ammonia. However, despite its high theoretical potential, this technology has encountered challenges in achieving economic operation due to low reaction conversions and yields.

The project's innovation lies in the technical solution to the issue of energy density distribution in the plasma reactor in order to significantly increase the efficiency of the process. The simultaneous use of dielectrics and solid catalysts as well as the optimization of the electrode geometry (by means of 3D printing) aims to ensure that the reaction of nitrogen and hydrogen to ammonia is largely carried out by plasma catalysis, while the loss of efficiency due to less energized reaction zones is minimized by the use of solid catalysts. Through the targeted use of dielectrics, the characteristics of the discharge, including the required voltage and the discharge form, can be optimized.

The accompanying plasma and CFD flow simulation aim to identify improvements in the arrangement and geometry of the electrodes and the catalyst and their interaction, derive optimum operating conditions and make it easier to interpret the measurement results from the laboratory reactor. Additionally, the parallel simulations serve as the foundation for developing a digital twin of the plasma reactor. The overall system will undergo techno-economic evaluations, and integration concepts into existing energy systems will be derived from these evaluations. Furthermore, innovative operating models resulting from the decentralized use of the process directly at the site of large generation plants will be investigated. The project aims to research a key technology that can significantly contribute to overcoming the challenges of 'green hydrogen', including storage and transportation, its use as a fuel for shipping and industry, as an energy storage medium for calorific and electrical energy, and the provision of ammonia as a platform chemical.

Projektkoordinator

- Technische Universität Graz

Projektpartner

- 4ward Energy Research GmbH
- Prozess Optimal CAP GmbH