

Hochtemperaturelektrolyse für die Erzeugung von grünem Ammoniak

Dr. Mihails Kusnezoff, Dr. Stefan Megel, Dipl.-Ing. Christian Eckart, Dr. Erik Reichelt, Dipl.-Ing. Michael Gallwitz, PD Dr. Matthias Jahn

Ammoniak gilt als Schlüsselchemikalie in einem zukünftigen, nachhaltigen Energie- und Rohstoffsystem. Er ist der bedeutendste Grundstoff für Düngemittel und damit essenziell für die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung. Im Energiesektor wird Ammoniak als ein zukünftiger, kohlenstofffreier Energieträger mit hoher Energiedichte betrachtet. Die Ausgangsstoffe für die Synthese dieser wichtigen Chemikalie sind Stickstoff (N_2) und Wasserstoff (H_2). Im EU-Projekt ARENHA sowie im BMBF-Projekt GreatSOC werden am Fraunhofer IKTS die Wege zur effizientesten Wandlung von erneuerbaren Energien in Ammoniak erforscht.

Hochtemperaturelektrolyse

Die Bereitstellung von grünem (nachhaltig erzeugtem) Wasserstoff kann großtechnisch nur über Elektrolyse erfolgen. Hervorzuheben ist hier die bei 700–850 °C betriebene Hochtemperaturelektrolyse (SOE), da sie Wasserstoff durch verschiedene Möglichkeiten zur Wärmeintegration besonders energieeffizient erzeugen kann (Energiebedarf: 3,2–3,5 kWh/Nm³ H₂). Für diese Technologie werden am Fraunhofer IKTS Zellen, Stacks sowie Stack-Module weiterentwickelt und erprobt. Für die Ammoniaksynthese wird ein Eduktgasgemisch aus Stickstoff und Wasserstoff im Verhältnis 1:3 benötigt. Die in der Graphik präsentierten Ergebnisse zeigen, dass Stickstoffbeimengung in der Elektrolyse keinen Einfluss auf die benötigte Leistung für die Bereitstellung von Wasserstoff hat. Dies bildet eine wichtige Grundlage für innovative Konzepte zur Synthesegasbereitstellung für die Ammoniaksynthese über die Hochtemperaturelektrolyse.

Nachhaltige Konzepte zur Herstellung von Ammoniak fokussieren zumeist auf die Erzeugung des Synthesegases (N_2 , H_2) für den

nachgelagerten Haber-Bosch-Reaktor, in dem die eigentliche Umsetzung zu Ammoniak stattfindet. Beim Einsatz von Niedertemperaturelektrolyseuren wird für die Gewinnung von Stickstoff aus Luft eine Luftzerlegung als zusätzlicher Prozessschritt benötigt. Die Hochtemperaturelektrolyse hingegen erlaubt die direkte Bereitstellung des Synthesegases. So kann ein Teil des erzeugten Wasserstoffs mit Luft umgesetzt werden, um Stickstoff zuzuführen. Entstandenes Wasser kann im Elektrolyseur wieder in Wasserstoff umgesetzt werden.

Als zusätzlicher Vorteil kommt hinzu, dass die Hochtemperaturelektrolyse die Abwärme exothermer Prozessschritte, wie der Ammoniaksynthese, zur Steigerung des energetischen Wirkungsgrads nutzen kann. Dies ermöglicht einen bis zu 10 % geringeren Energiebedarf für die Ammoniakherzeugung im Vergleich zu Niedertemperaturelektrolyse-basierten Verfahrenskonzepten.

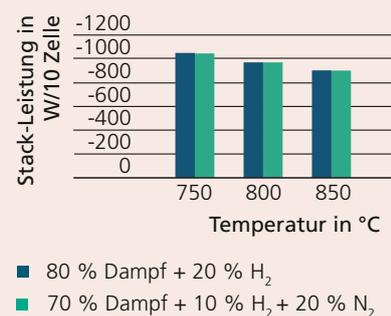
Unikale Kernkompetenzen des Fraunhofer IKTS, wie die Simulation einzelner Prozessschritte/Reaktoren und deren Kopplung mit experimentell gewonnenen Betriebsdaten, erlauben eine optimierte Prozessauslegung bis hin zur Demonstration.

ARENHA wurde gefördert von der Europäischen Union im Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 (FKZ: 862482). GreatSOC erhielt Förderung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ: 01DR22005A).



Demonstrationsanlage zur Kopplung der Hochtemperaturelektrolyse und Ammoniakherstellung.

Leistungsübersicht Hochtemperaturelektrolyse MK354-10 Zellstack; 75 % Gaskonversion



Leistungsbedarf des SOE-Stacks für die Wasserstoffproduktion bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen und einer Stromdichte von 600 mA/cm².