

PROJEKTVORHABEN

Optimierung und Prozessskalierung für die Herstellung edelmetallfreier Nickel-Schwefel-Katalysatorschichten für Anode und Kathode der alkalischen Membran-Wasserelektrolyse (NiSkali)

Im Rahmen des von fem und ZBT durchgeführten Projekts N-AEMEL (IGF 01IF22519N) wurden sehr erfolgreich edelmetallfreie Anoden und Kathoden für die alkalische Membran-Wasserelektrolyse (AEM-WE) entwickelt, die im Vergleich zu Referenzmaterialien deutlich kostengünstiger und dennoch leistungsfähiger sind. Dabei wurde die elektrochemische Abscheidung von Ni-S-Katalysatorschichten auf Edelstahlvlies für sowohl die Kathode als auch die Anode als vielversprechender Ansatz zur Leistungs- und Kostenoptimierung von AEM-WE nachgewiesen. Im Vergleich zu unbeschichteten Edelstahlvlies-Anoden und Pt/C-Kathoden bietet dieser Ansatz wesentliche Vorteile:

- **Erhöhte elektrochemisch aktive Oberfläche und höhere katalytische Aktivität**, nachgewiesen durch **Kapazitätsmessungen** sowie den **geringeren Ladungsübertragungswiderstand**
- **Verbesserter Kontakt zwischen Elektrode und AEM**, was sich in einem **reduzierten ohmschen Widerstand** widerspiegelt
- **Reduzierte Material- und Fertigungskosten** durch den Einsatz vorteilhafter (schneller, präzise steuerbarer und wirtschaftlicher) galvanischer Verfahren sowie die Verwendung von kostengünstigen edelmetallfreien Elektroden

Insbesondere bei der Wasserstoffentwicklungsreaktion (HER; Hydrogen Evolution Reaction) an der Kathode zeigt edelmetallfreies Ni-S eine deutlich bessere AEM-WE-Leistung als der kommerzielle Pt/C Katalysator ($\text{Ni-S: } 2,5 \text{ A}\cdot\text{cm}^{-2} @ 2,0 \text{ V}$ vs. $\text{Pt/C: } 2,0 \text{ A}\cdot\text{cm}^{-2} @ 2,0 \text{ V}$). Obwohl Ni-S kein klassischer Katalysator für die Sauerstoffentwicklungsreaktion (OER; Oxygen Evolution Reaction) in AEM-WE ist, zeigt die galvanisch abgeschiedene Ni-S-Katalysatorschicht eine bemerkenswerte Aktivität als Anodenkatalysator (OER) und führt zu einer deutlich verbesserten

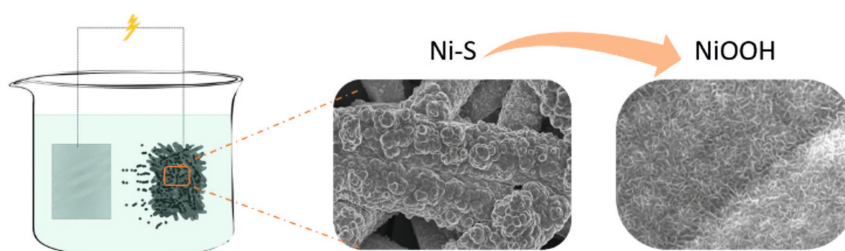
AEM-WE-Leistung im Vergleich zu unbeschichtetem Edelstahl. Die Leistungssteigerung der Elektroden ist auf das hier beobachtete partielle S-Leaching und die damit verbundene strukturelle Optimierung der Elektrodenoberfläche während der AEM-WE zurückzuführen. Dabei bilden sich lamellare NiOOH-Strukturen aus, die die katalytische Aktivität und die elektrochemisch aktive Oberfläche der Anoden deutlich verbessern.

Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage für die gezielte Weiterentwicklung der Katalysatorschichten im **Nachfolgeprojekt NiSkali**. Dabei werden insbesondere die Wechselwirkungen zwischen S-Leaching, NiOOH-Strukturbildung und katalytischer Aktivität sowie die Langzeitstabilität beider Elektroden systematisch untersucht, um die Prozessparameter für die Abscheidung weiter zu optimieren. Die Ergebnisse des Projektes N-AEMEL verdeutlichen das Potenzial von Ni-S als beidseitig einsetzbarer Katalysator in der AEM-WE – sowohl für die Anode als auch für die Kathode. Zudem wird im Nachfolgeprojekt NiSkali die Skalierung der Elektrodenherstellung untersucht, um die industrielle Anwendbarkeit der Herstellungsprozesse zu prüfen.

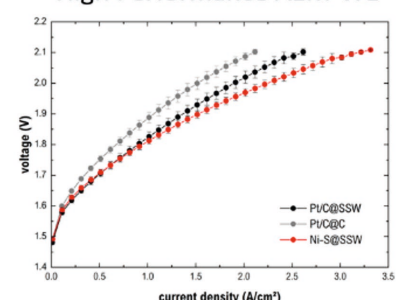
Basierend auf den vielversprechenden Ergebnissen des Projektes N-AEMEL ergeben sich für eine mögliche spätere industrielle Anwendung klare Optimierungsbedarfe im Projekt NiSkali in folgenden Bereichen:

- 1. Stabilität des Elektrolyten und Optimierung des Abscheidungsprozesses:** Der derzeit verwendete Elektrolyt weist eine begrenzte Haltbarkeit auf. Daher ist eine Optimierung sowohl der Rezeptur als auch der Prozessparameter erforderlich, um die Effizienz und die industrielle Skalierbarkeit des Abscheidungsprozesses zu steigern.

Electrodeposition



High Performance AEM-WE



2. Strukturelle Untersuchung und Kontrolle des S-Leachings: Das S-Leaching beeinflusst die Morphologie der Lamellenstruktur und damit die katalytische Leistungsfähigkeit deutlich. Eine detaillierte Analyse soll die zugrunde liegenden Mechanismen aufklären und eine gezielte Steuerung dieses Prozesses ermöglichen.

3. Gezielte Vorbehandlung durch kontrolliertes S-Leaching: Zur Vermeidung von Schwefeleinträgen in den Elektrolysekreislauf hinein soll evaluiert werden, ob eine gezielte Vorbehandlung der Elektroden vor der Elektrolyse von Vorteil ist.

4. Skalierbarkeit der Elektrodenproduktion: Für eine industrielle Anwendung ist eine großflächige und reproduzierbare Elektrodenfertigung essentiell. Geplant ist eine Flächenvergrößerung um den Faktor 10.

5. Langzeitstabilität und Belastungstests: Die langfristige Beständigkeit der Elektroden ist ein kritischer Faktor für industrielle Anwendungen. Langzeitmessungen von mindestens 100 Stunden oder geeignete Tests zur beschleunigten Alterung sowie Post-mortem-Analysen sind geplant, um die Eignung der Katalysatoren unter längeren Betriebsbedingungen zu validieren.

Danksagung

Das IGF-Projekt 01IF24616N wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

01IF24616N

1.1.2026 – 30.6.2028

PROJEKTBEGLEITENDER AUSSCHUSS

Alantum Europe GmbH / Bender GmbH / Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG / Dorstener Drahtwerke / Ertel IonStream GmbH / Freudenberg SE / Gaskatel GmbH / GFS Fuel Cells GmbH / hampa Kunststoffverbundtechnik / Haver & Boecker OHG / HOLZAPFEL-Group / Ingenieurbüro Ulrich Bingel / Laufenberg GmbH / Mac Panther GmbH / Moosbach&Kanne GmbH / Robert Bosch GmbH / S++ Simulation Services / SWF GmbH

FORSCHUNGSPARTNER

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT)

ANSPRECHPARTNER

fem Forschungsinstitut, Katharinenstr. 13–17, 73525 Schwäbisch Gmünd, Deutschland

Dr. Mila Manolova, manolova@fem-institute.com, +49 7171 1006-605 / Dr. Seniz Sörgel, soergel@fem-institute.com