

Abschlussbericht

Teil I: Kurzbericht

WIR! CAMPFIRE – Wind und Wasser zu Ammoniak – Maritimer Kraftstoff und Energiespeicher für eine emissionsfreie Zukunft

CF04_2 Entwicklung von Kleinserien für MEAs für die SSAS – Solid State Ammoniak Synthese

CF04_2.4 Skalierung der Synthese von katalytisch aktiven Kathodenmaterialien und Elektroden für die SSAS Kleinserie

Zuwendungsgeber	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Berichtspflichtiger	Leibniz-Institut für Katalyse e.V. (LIKAT Rostock)
Förderkennzeichen	03WIR2316D
Berichtsart	Kurzbericht Teil I
Berichtszeitraum / Projektlaufzeit	01.09.2023 – 31.08.2025
Projektleiter	Dr. Annette-E. Surkus
Autor	Dr. Annette-E. Surkus
Datum	26.03.2026

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03WIR2316D gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

wir! Wandel durch
Innovation
in der Region

1. Aufgabenstellung

Ziel des Verbundprojektes CF04_2 war die Entwicklung von Kleinserien für MEAs für die SSAS – Solid State Ammoniak Synthese. Unter der Leitung von Dr. Annette-E. Surkus vom Leibniz-Institut für Katalyse in Rostock (LIKAT) sollte im Teilprojekt CF04_2.4 die Synthese von katalytisch aktiven Kathodenmaterialien und Elektroden in Hinblick auf die SSAS Kleinserie hochskaliert werden sowie die Aufbringung auf tubularen Trägern ermöglicht werden. Anvisierte technische Zielparameter waren

- Entwicklung eines Verfahrens für die Synthese von Katalysator/ Support-Nanomaterialien mit einer spezifischen Oberfläche von 100 cm²/g und Ruthenium-Kristallitgrößen im Bereich von 2 nm mit minimaler Ruthenium-Beladung,
- Etablierung eines Ultraschallsprüh-Verfahrens zur Schaffung einer stabilen Grenzfläche Katalysator-Membran auf tubularen Geometrien,
- Upscaling des Syntheseverfahrens auf mindestens 100 g Katalysator pro Batch

2. Wissenschaftliche Vorarbeiten

Das LIKAT ist eines der größten öffentlich geförderten Forschungsinstitute im Bereich der angewandten Katalyse in Europa (www.catalysis.de) mit gegenwärtig ca. 300 Mitarbeitern. Im Institut besteht langjährige Erfahrung auf den Gebieten der Katalysatorpräparation und -ausprüfung sowie entsprechender Charakterisierung und der verfahrenstechnischen Umsetzung von Laborergebnissen. In den letzten Jahren wurden im LIKAT verstärkt Themen zur Wasserstoffherzeugung aus erneuerbaren Quellen sowie der Wasserstoffspeicherung in energetisch nutzbaren Molekülen bearbeitet. Daneben wurden Elektrokatalysatoren mit reduziertem Edelmetallgehalt für Anwendungen in der Brennstoffzelle und der Wasserelektrolyse entwickelt.

Im Vorgängerprojekt CF04.3 (BMBF, 03WIR2306C) wurden bereits verschiedene Kathodenmaterialien synthetisiert; als besonders aktiv erwies sich das Katalysatormaterial $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Ti}_{0.6}\text{Ru}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$ (BSTR). Dieser wurde durch eine „One-Step“-Synthese hergestellt, d.h. die Präkursoren des Trägers sowie des Rutheniums wurden bereits zum Start der Synthese zusammengeführt. Das Material wurde umfangreich analytisch charakterisiert und in einem neu aufgebauten SSAS-Halbzellenteststand hinsichtlich der katalytischen Eignung untersucht. Wichtige Ergebnisse des Projektes wurden veröffentlicht (<https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2024.113582>). Weitere Optimierungen hinsichtlich des Gehaltes an Ruthenium, dem Maßstab der Synthese sowie der Optimierung des Teststandes waren dann im Teilvorhaben CF04_2.4 eingeplant worden.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Teilvorhaben wurde in insgesamt vier Arbeitspakete unterteilt. Zunächst erfolgte die weitere Optimierung des SSAS-Halbzellenteststandes mit dem Ziel der Verbesserung der Abdichtung der MEA und der elektrischen Kontaktierung. Weiterhin beinhalteten die Arbeiten Untersuchungen zur Reduzierung des Ruthenium-Gehaltes durch die Nutzung von Promotoren bzw. durch die Verbesserung der Morphologie des synthetisierten Materials, z.B. durch Gefriertrocknung. Zum Abschluss dieser Arbeiten wurde der Meilenstein M04_2.4.1 erfolgreich erfüllt; dieser beinhaltete die Entscheidung über das optimierte, hochskalierte Kathodenmaterial, mit dem die Beschichtung der tubularen Supporte durchgeführt werden soll. Anschließend wurde das Herstellungsverfahren der Katalysatoren hinsichtlich der zu erhaltenen Menge an Material hochskaliert sowie versucht diesen Kathodenkatalysator mittels eines Ultraschallsprühcoaters auf tubulare Träger aufzubringen.

4. Wesentliche Ergebnisse

- Der Halbzellenstand wurde optimiert und ermöglicht nun die Nutzung weiterer Medien, eine bessere Gasabdichtung sowie eine verbesserte elektrische Kontaktierung.
- Durch Einsatz der Gefriertrocknung verbesserten sich die morphologischen Eigenschaften des Materials.
- Synthesen zur Reduzierung des Ruthenium-Gehaltes durch Einbau von Promotoren verliefen aussichtsreich, jedoch konnte die katalytische Aktivität nicht erhalten werden.
- Eine Hochskalierung über den 10-g-Maßstab hinaus war nicht erfolgreich, da der Trocknungsschritt eine ca. 1000fache Volumenvergrößerung bewirkte. Gleichzeitig zeigten Chargen mit einem Maßstab größer 10 g Veränderungen in der analytischen Zusammensetzung und in der katalytischen Aktivität.
- Es wurde ein Sprühverfahren entwickelt, mit dem auf tubularen Supporten eine stabile Grenzfläche Katalysator-Membran erzeugt werden kann.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

- Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT)
 - Beschichtung und Vollzellentests von planaren und tubularen Supporten (MEA)
 - Entwicklung der Tinte für das Sprühverfahren
- Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS)
 - Herstellung druckfester keramischer Supporte mit Ni als Anode
- Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP)
 - Optimierung der protonenleitenden Dünnschicht-Membran
 - Abscheidung von BZY-Dünnschichten mittels Laser-Annealingprozesses