

Lübeck, 23.04.2026

Verbundvorhaben H2Giga_NG5_AEM-Direkt – Direktbeschichtung von anionenleitenden Membranen für großskalige Wasserelektrolyseure

Teilvorhaben: Gasphasenabscheidung Elektrokatalysator auf Membran

Sachbericht zum Verwendungsnachweis - Teil I: Kurzbericht

| | |
|------------------------------------|---|
| Stand: | 23.04.2026 |
| Einreichungsdatum TIB (Teil I+II): | 23.04.2026 |
| Partnerin/Partner: | Aalberts Surface Technologies GmbH |
| Autorinnen/Autoren: | Dr. Torsten Will |
| Fördertitel: | Verbundvorhaben H2Giga_NG5_AEM-Direkt – Direktbeschichtung von anionenleitenden Membranen für großskalige Wasserelektrolyseure Teilvorhaben: Gasphasenabscheidung Elektrokatalysator auf Membran |
| Laufzeit: | 01.04.2023 bis 28.02.2026 |
| Förderkennzeichen: | 03HY130C |
| Disclaimer: | Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren. |

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Teil I – Kurzbericht

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Teilvorhaben von Aalberts Surface Technologies sollte ein Verfahren entwickelt werden, um edelmetallfreie oder edelmetallreduzierte Elektrokatalysatoren direkt auf AEM-Membranen (CCM) sowie auf Stromkollektoren (CCS) mittels PVD-Verfahren aufzubringen. Ziel war es, kostengünstige, skalierbare und hochvolumentaugliche Beschichtungsprozesse zu etablieren, die eine spätere industrielle Serienfertigung ermöglichen. Als Ausgangspunkt diente der Stand der Technik in der PVD-Beschichtung, der jedoch bisher kaum auf die Anforderungen der alkalischen Membranelektrolyse übertragen wurde.

AEM-Direkt verfolgt das Ziel, Hochdurchsatz-Beschichtungsmethoden wie Sputtern und Lichtbogenverdampfung (ARC) für großskalige Elektrolyseure nutzbar zu machen. Nickel wurde als Basiskatalysator gewählt, um die Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Beschichtungsmethoden im Verbund sicherzustellen. Die grundlegende Eignung der erzeugten Schichten sollte zunächst über schnelle Screening-Methoden bewertet werden, bevor die elektrochemische Charakterisierung bei Siemens Energy erfolgt.

Neben der Entwicklung geeigneter Beschichtungsprozesse umfasste das Arbeitspaket auch das Handling der Membran im Vakuum, die Konstruktion geeigneter Vorrichtungen, die Vorbehandlung der Membran sowie die Herstellung binärer und ternärer Katalysatorsysteme auf Basis von Ni, Mo, Fe und weiteren Metallen. Zusätzlich sollte die Möglichkeit untersucht werden, gasführende Strukturkomponenten wie PTL/GDL zu beschichten.

2. Ablauf des Vorhabens

Zu Beginn des Projekts erfolgte eine umfassende Literaturrecherche zu PVD-Beschichtungen auf polymeren Substraten sowie zu katalytisch aktiven Ni-basierten Schichten für die alkalische Elektrolyse. Parallel wurden die notwendigen Targets beschafft und Halterungen sowie Abdeckungen konstruiert, die ein sicheres und reproduzierbares Handling der empfindlichen Membranen im Vakuum ermöglichen.

Neben den vorhandene ARC-Anlagen wurde eine Sputteranlage für die Membranbeschichtung aufgebaut und schrittweise optimiert. Die Versuche zeigten, dass unterschiedliche Membrangenerationen sehr verschieden auf Vakuum, Temperatur und Plasmalasten reagieren. Dies machte jeweils eine systematische Untersuchung der Prozessfenster notwendig.

Ein zentrales Thema war die Schichthaftung: Konventionelle Methoden wie der Tesa-Test lieferten keine verwertbaren Aussagen, weshalb ein eigener Haftungstest entwickelt wurde. Parallel wurden verschiedene Vorbehandlungsprozesse untersucht, darunter Pd-Keimbildung, Ionenimplantation und Plasmaätzen. Ein DOE-Ansatz half dabei, die wesentlichen Einflussgrößen auf die Haftung zu optimieren.

Im Verlauf des Projekts wurden verschiedene Metalle abgeschieden, darunter Pt, Ni, Cr und Ti. Zusätzlich wurden strukturierte Oberflächen erzeugt, beispielsweise durch Verwendung von Mischtargets aus AlNi mit anschließendem Ätzprozess, oder unterschiedlicher Prozessparameter direkt im PVD-Prozess. Für die schnelle Bewertung der aktiven Oberfläche wurde eine elektrochemische Messmethode etabliert.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Skalierung: Für größere Membranflächen mussten Komponenten der Beschichtungsanlage angepasst werden, um eine hohe Homogenität zu erreichen und Material einzusparen.

3. Wesentliche Ergebnisse

Im Projekt konnten grundlegende Prozesse zur Direktbeschichtung von AEM-Membranen mittels PVD erfolgreich entwickelt werden. Dazu gehören:

- sichere Handhabung der Membran im Vakuum
- Entwicklung geeigneter Vorrichtungen und Abdeckungen
- Etablierung reproduzierbarer Ni-Beschichtungen als Basiskatalysator
- Entwicklung eines eigenen Haftungstests
- Identifikation geeigneter Vorbehandlungen
- Herstellung unterschiedlicher Katalysatorsysteme
- Beschichtung von PTL-Strukturen
- Etablierung der Schichtdickenmessung direkt auf der Membran

Die Ergebnisse wurden den Projektpartnern zur elektrochemischen Bewertung bereitgestellt. Siemens Energy bestätigte die grundsätzliche Eignung der PVD-beschichteten Proben und lieferte wertvolle Rückmeldungen zur weiteren Prozessoptimierung. Es zeigt sich ein großes Potential zur Erhöhung der Querleitfähigkeit, die katalytische Aktivität ist im Vergleich jedoch noch zu gering und muss weiter erhöht werden.

4. Zusammenarbeit mit anderen (Forschungs-)Einrichtungen

Neben den regelmäßigen Verbundtreffen fand ein intensiver Austausch mit Siemens Energy statt, insbesondere zu Anforderungen an die Beschichtungen, zur Probenpräparation und zur Bewertung. Das Forschungszentrum Jülich unterstützte das Projekt durch FIB-SEM-Analysen. Darüber hinaus gab es keine weiteren Kooperationen außerhalb des Verbunds.