Gefördert durch:

Leitprojekt H_2Giga

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Finanziert von der Europäischen Union NextGenerationEU

Jülich, 30.03.2026

Verbundvorhaben DERIEL- De-risking PEM Elektrolyseur; Teilvorhaben Modul- und Zelltests, Analytik und Modellierung zum Degradationsverhalten

Sachbericht zum Verwendungsnachweis - Teil I: Kurzbericht

Stand:	05.03.2026
Einreichungsdatum TIB (Teil I+II):	31.03.2026
Partnerin/Partner:	Forschungszentrum Jülich GmbH, Institute of Energy Technologies, Fundamental Electrochemistry
Autorinnen/Autoren:	Dr. Eva Jodat, Dr. André Karl, Prof. Rüdiger-A. Eichel
Fördertitel:	Verbundvorhaben H2Giga_TP_DERIEL: De-Risking PEM-Elektrolyseur, Teilvorhaben: Modul- und Zelltests, Analytik und Modellierung zum Degradationsverhalten
Laufzeit:	01.06.2021 bis 31.12.2025
Förderkennzeichen:	03HY122C
Disclaimer:	Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:

Leitprojekt H$_2$Giga

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 Projekt DERIEL wurden Erkenntnisse zum Betriebs- und Degradationsverhalten von PEM-Elektrolyseuren bis zur Megawattklasse gewonnen. Darauf basierend wurde eine Strategie entwickelt, um die Prozessführung unter realen, instationären Bedingungen zu gestalten. Das Ziel ist, die Langzeitstabilität und Performance der PEM-Elektrolyseure zu optimieren und Degradationseffekte zu minimieren. Das Vorgehen liefert entscheidende Beiträge zum De-Risking und ermöglicht den Transfer dieser Technologie in das industrielle Umfeld.

Zu Beginn des Projektes war die PEM-Elektrolyse bereits Gegenstand weitreichender Forschungsaktivitäten. Diese beschränkten sich jedoch in der Regel immer nur auf fundamentale Untersuchungen auf Materiallevel in idealisierten Laborbedingungen oder auf kleinskalige Zellen mit Aktivflächen von wenigen Quadratzentimetern. Informationen zu Skalierungseffekten und zur Langzeitstabilität unter Verwendung von realistischen industriellen Designs waren zum Zeitpunkt der Antragsstellung quasi nicht verfügbar. Diese Lücke soll durch die Arbeiten in DERIEL geschlossen werden.

Während größere Stacks auf Anwendungsskala in manueller Fertigung hergestellt und im Langzeitbetrieb bereits getestet und verwendet wurden, so sind großangelegte systematische Detailuntersuchungen in einer Forschungsumgebung auf dieser Skala vor dem Projekt DERIEL nie durchgeführt worden. Im Projekt wurden erstmalig untereinander vergleichbare systematische Testkampagnen an anwendungsnahen Systemen von der Kleinstskala bis in den MW-Bereich durchgeführt und der Betriebs- und Alterungszustand mittels umfassender post-test und in-operando Analytik untersucht

2. Ablauf des Vorhabens

In einem Multiskalenansatz wurden verschiedene Parameter untersucht, welche Auswirkung auf die Alterung von Elektrolyseuren haben. Dazu wurde ein Forschungsteststand errichtet, mit dem ein Modul der MW-Klasse betrieben wird. Aufgrund der zahlreichen Sensoren werden systematische Messungen zu Performance, Degradation und weiteren Vorgängen im Last- und Teillastbetrieb, sowie transienten Betriebszuständen und Langzeitbetrieb ermöglicht. Somit können grundlegende Phänomene der Elektrochemie auf MW-Skala sichtbar gemacht werden. Parallel dazu wurden in umfangreichen Testkampagnen auf Labor- und kW-Skala einzelne Parameter und Aspekte im Detail untersucht. Die Tests umfassen unterschiedliche Betriebs- und Konditionierungsstrategien sowie Untersuchungen in unterschiedlichen Leistungsbereichen. Dies erforderte unter anderem den Aufbau und die Inbetriebnahme verschiedener Teststände, die auf die speziellen Testszenarien zugeschnitten wurden. Zum Beispiel wurde ein Teststand zur Messung des Gasdurchtritts sowie einer zur Untersuchung der Blasenbildung entwickelt. Dazu wurden auf Komponentenebene Untersuchungen der physikalischen und chemischen Ursachen für die Performance der Elektrolyseure durchgeführt. Eingesetzt wurden dabei neben „klassischen“ Untersuchungen der Mikrostruktur durch z.B. Mikroskopie auch in-situ und in-operando Techniken der Spektroskopie, Mikroskopie, Tomographie und Elektrochemie, um Erkenntnisse in Echtzeit zu erhalten.

Zeitgleich erfolgte die anwendungsorientierte Aufklärung von Degradationsphänomenen durch theoretische Methoden. In einem physikbasierten Modellierungsansatz wurden grundlegende Phänomene untersucht und die erhaltenen Erkenntnisse mit den experimentellen Erkenntnissen abgeglichen. Zudem wurden die Erkenntnisse in einem datenbasierten Modellierungsansatz zusammengefasst.

3. Wesentliche Ergebnisse

Im Rahmen des Vorhabens wurden verschiedene Verfahren zur Analytik von Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) und weiteren Elektrolyseurkomponenten entwickelt. Durch die Kombination von spektroskopischen, tomografischen, mikroskopischen und elektrochemischen Verfahren konnte ein neuartiger Alterungsmechanismus von Elektrolyseuren entdeckt werden. Es wird deutlich, dass das MEA-PTL-Interface Einfluss auf die Alterung der Elektrolyseure hat, was unter anderem in industriell relevanten Versuchsszenarien deutlich wird. Weiterhin wurden Verfahren zur Untersuchung verschiedener Einflussphänomene wie Gasblaseneffekte, Gas-Crossover, unterschiedliche Konditionierungen im Sinne sog. „Run-In“-Prozeduren entwickelt und untersucht welchen Einfluss die Nutzung unterschiedlicher Lastprofile auf die Stabilität und die Performanz von Elektrolyseuren haben. Ein Ergebnis ist, dass die Konditionierung von MEAs massiven Einfluss auf Performance und Gas-Crossover hat. Die umfassende Pre- und Post-test Analytik der Proben konnte zudem zeigen, dass sich der sogenannte Fenton-Mechanismus anders ausprägt als oft in der Literatur angenommen.

Es wurden theoretische Modelle zur Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Einflussparameter auf Elektrolyseurkomponenten und deren Grenzflächen entwickelt. In einem physikbasierten Ansatz wurde ein Modell entwickelt, dass hilft, die relevantesten Parameter für den Betriebszustand und somit auch die Degradation eines Elektrolyseurs zu bestimmen, sowie eine Aussage über die „Zuverlässigkeit“ der ermittelten Parameter im angewendeten Modell zu treffen. In einem datenbasierten Ansatz wurde ein Modell zur Vorhersage der Performanceveränderung entwickelt.

Als Highlights der weiteren Öffentlichkeitsarbeit der Gewinn des H2-Giga Science-Slams 2025 durch Christine Heume, die mit Hilfe von Röntgenmikroskopie den Alterungsphänomene an Membran-Elektroden-Einheiten untersucht.

4. Zusammenarbeit mit anderen (Forschungs-)Einrichtungen

Zusammen mit dem Projektpartner Siemens Energy wurde erstmalig der Aufbau eines Forschungsteststand für druckbehafteten Untersuchungen an PEMWE auf MW-Skala realisiert. Zudem wurden in Round-Robin Kampagnen unterschiedliche Fragestellungen zu möglichen Einflussgrößen in Zusammenarbeit mit allen Projektpartnern bearbeitet. Untersucht z.B. der Einfluss unterschiedlicher Komponenten und Lastprofile. Die vom Projektpartner Siemens Energy bereitgestellten Proben wurden bei den akademischen Partnern mit den dort vorhandenen analytischen Methoden untersucht um die jeweils zugrundeliegende Forschungsfragestellung umfassend zu beantworten.

In einer gemeinsamen Special Edition des Electrochemical Science Advances wurden Ergebnisse aus DERIEL, SEGIWA und AEM-Direkt veröffentlicht. Die Editorenschaft wurde dabei vom IET-1 und Siemens Energy übernommen.