Leitprojekt
H_2Giga

Jülich, 28.01.2026

Verbundvorhaben PEP.IN (Industrialisierung PEM-Elektrolyse-Produktion); Teilvorhaben Design für die Produktion

Sachbericht zum Verwendungsnachweis - Teil I: Kurzbericht

Stand:	30.10.2025
Einreichungsdatum TIB (Teil I+II):	28.01.2026
Partnerin/Partner:	Forschungszentrum Jülich GmbH
Autorinnen/Autoren:	E. Hoppe, M. Müller
Fördertitel:	68502
Laufzeit:	01.05.2021 bis 30.09.2025
Förderkennzeichen:	03HY120I
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

Gefördert durch:

Leitprojekt H_2Giga

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 PEP.IN: „Design for Production“ sollten Themen der Weiterentwicklung von PEM-Elektrolyseuren bearbeitet werden. Der Schwerpunkt lag darin ein neues Stackdesign zu entwickeln, das eine Einkomponenten Bipolarplatte enthält.

Um dieses Ziel zu erreichen, sollte der IST-Zustand in Hinblick auf die mechanischen und elektrischen Eigenschaften sowie der Fertigungstoleranzen analysiert und darauf aufbauend Optimierungen abgeleitet werden. Im Fokus standen die porösen Transportschichten, da diese auf die zu untersuchenden Eigenschaften den größten Anteil haben. Hierzu sollten die Spannungszustände und die Anpressdruckverteilung des Stackdesign mittels FEM-Simulationen und Nutzung von drucksensitiven Folien untersucht werden. Darauf aufbauen sollte das Design angepasst werden, um die Spannungszustände und Anpressdruckverteilungen auf der aktiven Zellfläche und der Dichtungsfläche zu homogenisieren.

Neben der komponentenbasierten IST-Analyse lag ein Schwerpunkt auf der elektrochemischen Analyse zweier Stacks in unterschiedlichen Maßstäben. Diese sollten mittels Parameteranalyse, also Änderung der Betriebszuständen, untersucht werden. Wissenschaftlich und technisch war zu Beginn des Vorhabens noch wenig im Bereich der Stackanalyse und dem Verhalten von Stacks unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen bekannt.

Als Folgeschritt sollte eine Einkomponenten Bipolarplatte entwickelt werden, die den Aufwand während des Assemblierprozesses des Stacks reduziert. In aktuellen Designs besteht die Bipolarplatte aus mehreren einzelnen Schichten, die im Zusammenbau einzeln gestapelt werden müssen. Um diesen Aufwand zu reduzieren und die Wertschöpfung zu steigern, musste das Design geändert und ein neues Verfahren zur Fügung der Bipolarplattenkomponenten entwickelt werden. Durch diese Neuentwicklung sollen die Nachteile, die in der IST-Analyse identifiziert wurden, eliminiert werden.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde innerhalb von 3,5 Jahren durchgeführt. Die einzelnen Teilarbeitspakete wurden entsprechend des geplanten Ablaufplans bearbeitet, sodass die wissenschaftlich-technischen Ziele des Projekts erreicht werden konnten.

Zunächst wurden für die IST-Zustandsanalyse die einzelnen Komponenten des aktuellen Stackdesigns auf ihre mechanischen und elektrischen Eigenschaften untersucht und die sich daraus ergebenen Toleranzen der Fertigungsprozesse identifiziert. Auf Grundlage des aktuellen Stackdesigns wurde ein CAD-Modell aufgebaut, das zur Finiten-Elemente-Methode-Analyse (FEM-Analyse) der Spannungszustände und der Anpressdruckverteilung diente. Die FEM-Analyse konnte zusätzlich zur Evaluation verschiedener Konfigurationen der Endplatte des S450 genutzt werden, sodass Empfehlungen zur Designanpassungen getätigt werden konnten. Parallel dazu und aufbauend auf den

bereits erzielten Ergebnissen begann dann die Entwicklung der Einkomponenten Bipolarplatte und des dazugehörigen Fertigungsprozesses. Hierzu wurde evaluiert, ob ein klassisches gefrästes Flowfield oder die kostengünstigen und massenmarkttauglichen Streckmetalle zur Verteilung des Wassers genutzt werden sollen. Des Weiteren wurde im kleinem Maßstab der Fügeprozess weiter optimiert, um möglichst viele Platte gleichzeitig bei hoher Qualität und guter Reproduzierbarkeit herzustellen. Weiter wurde eine elektrochemische Analyse der Stacks von Quest One (S30/10 und S450/5) durchgeführt, um das Verhalten bei verschiedenen Betriebszuständen zu verstehen.

Abschließend konnten elektrochemische Tests des neuen Stackdesigns, mit der Einkomponenten Bipolarplatte, durchgeführt werden.

3. Wesentliche Ergebnisse

Ein wesentliches Ergebnis des Projekts PEP.IN war die Entwicklung der Einkomponenten Bipolarplatte und des zugehörigen Fügeprozess. Die Entwicklungen erlaubten zum Ende des Projekts vier Stapel mit je vier Bipolarplatten und je einer Monopolarplatte, also insgesamt 20 Platten, simultan zu fügen. Damit erhöht sich die Ausbeute des Batchprozesses. Beim ersten Test der BPP in einem 4-Zeller konnte im Teillastbetrieb (1,6 A/cm²) eine Standardabweichung der Einzelzellspannung von ±50 mV erreicht werden. Hier sind noch weitere Verbesserungpotentiale vorhanden. Eine Erklärung hierfür können die im Fertigungsprozess der PTLs vorhandenen Toleranzen sein. Hier wurde festgestellt, dass die Probendicke um bis zu 30 µm voneinander abweichen und somit im komprimierten Zustand unterschiedliche Anpressdrücke in den jeweiligen Zellen vorliegen, die zu unterschiedlichen elektrischen Widerständen (Streuung um etwa 2 mΩcm²) führen. Zudem ändert sich durch unterschiedliche Verpressung auch die Porosität, die im unkomprimierten Zustand um ±3 %-Prozentpunkte voneinander abweicht und so auch die Strömungsverhältnisse in den einzelnen Zellen beeinflusst.

Die Einzelspannungsanalyse der State-of-the-art Elektrolyseure zeigt mit etwas kleineren Abweichungen eine ähnliche Tendenz (±10 mV) in Bezug auf die Inhomogenität der Einzelzellspannungsverteilung. Im Hinblick auf die Änderung des elektrischen Widerstands wurden für den kleineren der beiden getesteten Stacks sogar eine Verbesserung der Stackleistung (-10 mΩcm² über >200 h) festgestellt. Der größere Stack zeigte eine Verschlechterung von 20 mΩcm² über eine Laufzeit von 6 Monaten (inkl. Stillstandsphasen).

Die FEM-Analysen zeigte, dass eine Anpassung der Endplattengeometrie hinsichtlich der Zugankernpositionen und dem Weglassen der Zuganker an den Ecken sowie der Anpassung der Endplattenplatte zu einer homogeneren Anpressdruckverteilung führt. Zusätzlich konnte durch die Integration von Feingewindeschrauben und dem Anziehen dieser Schrauben mit einem definierten Drehmoment der kreisförmige Bereich in der Mitte, in dem kaum Verpressung stattfand, nahezu eliminiert werden und so eine bessere Druckverteilung und eine gleichmäßigere Leistungsabgabe erreicht werden.

4. Zusammenarbeit mit anderen (Forschungs-)Einrichtungen

Die Zusammenarbeit und ein intensiver Austausch im Projekt PEP.IN fand vorrangig mit der Firma Quest One statt. Auf den Konsortialtreffen erfolgte der Austausch mit weiteren Forschungseinrichtungen, wie dem Fraunhofer ISE und Fraunhofer Umsicht und Industriepartnern wie VAF und Audi statt. Dadurch ergaben sich wichtige Impulse im Bereich der Beschichtung und des fertigungsgerechten Stackdesigns.