

MEGAWATT-ELEKTROLYSEURE FÜR DIE WASSERSTOFFWIRTSCHAFT: TESTSTRATEGIEN UND VALIDIERUNG IM INDUSTRIEMAßSTAB

Johannes HÖFLINGER¹, Michael SEIRIG²

Einleitung

Präsentiert wird die umfassende Infrastruktur und Methodik zur Prüfung und Optimierung von Wasserstoff-Elektrolyseuren von der Zellebene bis hin zu Megawatt-Industrieanlagen. An den beiden bereits in Betrieb befindlichen MW-Testlaboren (Hydrogen Labs) in Leuna und Bremerhaven sowie dem in Etablierung befindlichen dritten Standort in Görlitz werden Elektrolysestacks und -systeme unter realen Betriebsbedingungen erprobt.

Im Fokus stehen zum einen Stack-Design und -parameter wie Wirkungsgrad, dynamisches Antwortverhalten, Wasserstoff-Reinheit, Langzeitstabilität und Alterungsmechanismen. Zum anderen wird das Gesamtsystem hinsichtlich Zuverlässigkeit, An- und Abschalt-Dynamik, Medienqualität sowie Wirtschaftlichkeit und Funktionalität der kompletten Anlage bewertet. Durch diese ganzheitliche Test- und Validierungsstrategie kann entscheidend zur Marktreife leistungsfähiger, langlebiger und wirtschaftlicher Megawatt-Elektrolyseure beigetragen werden.

Methodik

Im Speziellen stehen auf dem Hydrogen Lab Leuna (HLL), Abbildung 1, verschiedene Elektrolyse-Teststände für umfassende Validierungsverfahren zur Verfügung:

- für erste Tests werden Einzelzellprüfstände genutzt
- für die mittlere Leistungsklasse stehen PEM-Stackteststände bis 46 kW zur Verfügung
- für Leistungsstarke Stacks im Industriemaßstab wird zukünftig der aktuell in der Inbetriebnahme befindliche 2-MW-Stack-Teststand für PEM- und AEL-Stacks eingesetzt
- auf den Außentestfeldern werden Elektrolyseanlagen mit bis zu 5 MW Leistung erprobt (eine Erweiterung auf über 12 MW ist geplant). Ebenso steht eine Testfläche für Power-To-X-Anlagen auf den Außenflächen zur Verfügung



Abbildung 1: Hydrogen Lab Leuna: im Technikum befinden sich unterschiedliche Teststände bis zu einer Leistungsklasse von 46 kW, auf den Außentestflächen können Anlagen im Industriemaßstab bis 5 MW erprobt werden.

¹ Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES
Am Haupttor 4310, 06237 Leuna, +49 471 14290-657
johannes.hoeflinger@iwes.fraunhofer.de

² Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES
Am Haupttor 4310, 06237 Leuna, +49 471 14290-668
michael.seirig@iwes.fraunhofer.de

Auf dem Hydrogen Lab Bremerhaven (HLB) können umfangreiche Elektrolyssystemtests bis in den Megawatt-Bereich durchgeführt werden, bei Bedarf auch unter Einbeziehung detaillierter elektrotechnischer Analysen. Perspektivisch werden am Hydrogen Lab Görlitz (HLG) zusätzliche Prüfstände im Megawattmaßstab für die Erprobung von Elektrolysestacks aufgebaut und in Betrieb genommen. Damit kann das gesamte Größen- und Leistungsspektrum moderner Elektrolyseure abgedeckt werden.

Fachliche liegt auf kleinerer Skala der Fokus auf dem elektrochemischen Verständnis sowie auf analytischem und mikrostrukturellem Know-how im Zusammenspiel unterschiedlicher Materialien und Designkonzepte [1, 2, 3]. Im Megawatt-Bereich gewinnen übergeordnete Themen an Bedeutung: Gesamtanlagenverhalten, Zuverlässigkeit und Effizienz, Verfahrens- und Elektrotechnische Aspekte, Betriebs- und Baugenehmigungen, Sicherheitsanforderungen, 24/7-Betriebsabläufe, Platzbedarf, Medienversorgung und -entsorgung sowie wirtschaftliche Kennzahlen wie Investitions- und Betriebskosten, Strom- und Medienkosten. Entsprechende Testszenarien – von Polarisationskurven über dynamische Lastwechsel bis hin zu Schnellalterungstests – runden das Prüfprogramm ab, Abbildung 2.

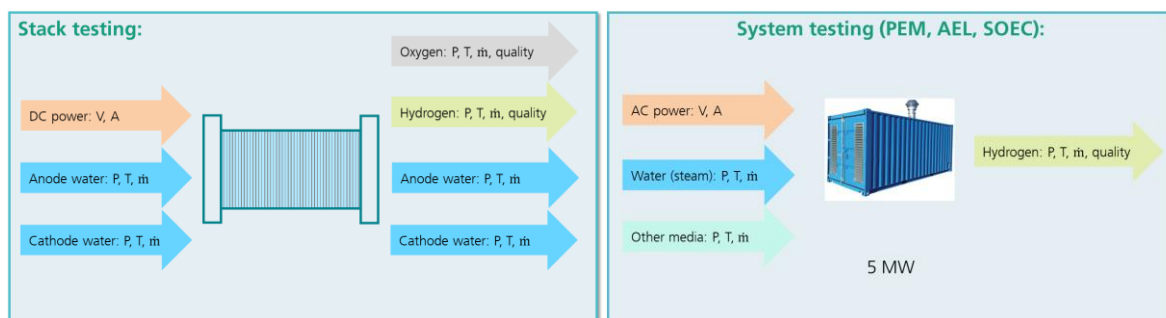


Abbildung 2: Testing für Elektrolysestacks und -gesamtsysteme an den Hydrogen Labs

Ergebnisse

Im Ergebnis werden je nach Entwicklungsstufe – von der Einzelzelle, über den Stack, bis zum MW-Gesamtsystem – die relevanten Parameter und Kennzahlen anhand anwendungsspezifischer Prüfprozeduren ermittelt, analysiert und ausgewertet. Erfasst werden dabei unter anderem Materialkennwerte, elektrochemische Vorgänge, verfahrenstechnische Prozessgrößen sowie elektrische und betriebliche Leistungsindikatoren. Die entsprechenden Ergebnisse werden für unterschiedliche Industriekunden und Projektpartner unabhängig neutral ermittelt und interpretiert. Für spezielle Prüf- und Analysebedarfe kann auf ein großes Netzwerk im Fraunhofer-Verbund zurückgegriffen werden (z.B. Mikrostrukturanalyse, Materialtests, Großprüfanlagenbetrieb, etc.). Auf Basis dieser Erkenntnisse sind gezielte Entwicklungsschritte ableitbar, um die Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Marktreife von Elektrolyse-Stacks und -Anlagen kontinuierlich voranzutreiben.

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Referenzen

- [1] Pascher, Fabian, et al. "Wind turbine power fluctuation test protocol for proton exchange membrane water electrolysis." *Journal of Power Sources* 638 (2025): 236485.
- [2] Tümmeler, Marcus, and Wolfram Münchgesang. "Cell-construction-dependent predictive modelling of gas supersaturation in PEM electrolyzers governing corresponding crossover and electrochemical effects." *International Journal of Hydrogen Energy* 101 (2025): 750-762.
- [3] Lemcke, Michelle S., et al. "Elucidating the Degradation Behavior of a 25 cm² Pure-Water-Fed Non-Precious Metal Anion Exchange Membrane Water Electrolyzer Cell." *Small* (2025): e06262.