

Optimierung eines PEM Elektrolyse-Stacks

Studiengang: Master of Science in Engineering | Vertiefung: Energy and Environment

Betreuer: Prof. Michael Höckel

Experte: Marc Hachen (VICI AG)

Industriepartner: VICI AG, Schenkon

Ein limitierender Faktor für den breiten Einsatz von Protonen-Austausch-Membran (PEM) Elektrolyseuren sind die hohen Kosten. Diese resultieren im Wesentlichen aus den verwendeten teuren Materialien wie Titan für die Zellkomponenten und Iridium und Platin als Katalysatoren. Um die Eigenschaften von kostenoptimierten Zellen zu untersuchen, wurden in dieser Arbeit elektroimpedanzspektroskopie Messungen durchgeführt und ein Aufbau zur Messung der Stromdichteverteilung entwickelt.

Ausgangslage

Die Firma VICI entwickelt und produziert PEM-Elektrolysestacks für ihre Wasserstoffgeneratoren. Diese Wasserstoffgeneratoren haben sich für die Erzeugung von Wasserstoff in kleinen Mengen für chemische Prozesse oder als Hilfgas für analytische Methoden wie die Gaschromatographie durchgesetzt. Um PEM-Elektrolyseure auch ausserhalb von Laboranwendungen attraktiver zu machen, müssen die Preise deutlich gesenkt werden. VICI konnte durch Änderungen am Aufbau des Elektrolyseurs bereits eine deutliche Kostenreduktion erzielen. Wichtig ist jedoch, dass diese Änderungen das Verhalten der Zelle nicht negativ beeinflussen. Um dies zu untersuchen, wurden in dieser Arbeit Messungen an verschiedenen Zellen der neuen und alten Generation durchgeführt.

Vorgehen

Bisherige Untersuchungen beschränkten sich im Wesentlichen auf die Messung der Zellspannung und die Messung der produzierten Gasmenge in Abhängigkeit vom Strom. Diese Methoden sind relativ einfach, geben aber nur Auskunft über das Gesamtsystem. Rückschlüsse auf die Ursache von Verlusten sind auf Basis dieser Messungen nicht möglich. Um diese Einschränkungen zu umgehen, wurden im Rahmen dieser Arbeit zwei Messmethoden erprobt, die bisher noch nicht an diesen Zellen angewendet wurden.

Elektrochemische Impedanzspektroskopie

Die elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) ist eine Untersuchungsmethode, die dem zu untersuchenden System ein kleines sinusförmiges Anregungssignal aufträgt. Das System antwortet mit einem ebenfalls sinusförmigen Ausgangssignal gleicher Frequenz aber unterschiedlicher Amplitude und Phase. Aus dem Verhältnis der Signale wird die komplexe Impedanz des Systems berechnet. Durch die Analyse des Impedanzspektrums können z.B. die ohmschen Verluste und die Gesamtverluste getrennt untersucht werden.

Messung der Stromdichteverteilung

Die Stromdichte ist entscheidend für den sicheren und effizienten Betrieb eines Elektrolyseurs. Hohe Stromdichten führen zu einer grösseren Wasserstoffproduktionsrate, gleichzeitig korreliert die Stromdichte aber auch mit den Überspannungen (Verlusten) der Zelle. Im Idealfall sollte die Stromdichte homogen verteilt sein. Ist dies nicht der Fall kann dies zu einer schnelleren Alterung der Zelle führen. Für diese Arbeit wurden Messplatinen entwickelt, mit denen die Stromdichteverteilung im Elektrolyseur gemessen werden kann.

Reversibler Betrieb

Eine Brennstoffzelle ist von den physikalischen Vorgängen her eine reversibel arbeitende Elektrolysezelle. Durch eine spezielle Auslegung der Komponenten und Katalysatoren ist es möglich, reversible Elektrolysezellen zu bauen, die auch als Brennstoffzelle eingesetzt werden können. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war es den reversiblen Betrieb mit dem aktuellen Elektrolyseurdesign zu testen.

Resultate

Die EIS-Messungen wiesen sehr unterschiedliche Ergebnisse auf. Während einige bekannte Effekte, wie die Verbesserung des Wirkungsgrades bei höheren Temperaturen, durch die Messungen bestätigt werden konnten, traten neue Effekte auf, die weiter untersucht werden sollten. Die Stromdichtemessplatinen waren in der Lage die Stromdichte aufgelöst in 36 stromdurchflossene Einzelflächen zu messen. Die Schwierigkeit bei der Auswertung besteht darin zu unterscheiden, welche Komponenten oder Prozesse für die gemessenen Stromdichteunterschiede verantwortlich sind. Die Experimente zum reversiblen Betrieb zeigten deutlich, dass dies mit dem derzeitigen Zelldesign nicht effizient möglich ist.



Thomas Manuel Lanz
thomas@fam-lanz.ch