

Fertigung hochaktiver und kostengünstiger Elektroden mittels Feuerverzinken für die Erzeugung von grünem Wasserstoff

Sowohl in der nationalen als auch in der europäischen Wasserstoffstrategie werden ehrgeizige Ziele zur Realisierung der Energiewende mit Hilfe von Wasserstoff benannt. Um dies zu erreichen, ist ein signifikanter Ausbau der Elektrolysekapazität von aktuell < 200 MW_{el} auf 10.000 MW_{el} bis 2030 allein in Deutschland geplant. Neben der Bereitstellung von elektrischem Strom aus erneuerbaren Quellen ist die weitere Senkung der Kosten und Steigerung der Effizienz und Robustheit der Elektrolyse-Technologien eine entscheidende Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende. Am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung (ZSW) in Stuttgart befasst sich ein Fachbereich intensiv mit der Entwicklung von Elektrodenbeschichtungen, Stackkonzepten und Elektrolysesystemen für die alkalische Wasserelektrolyse (AEL) zur Erzeugung von Wasserstoff.

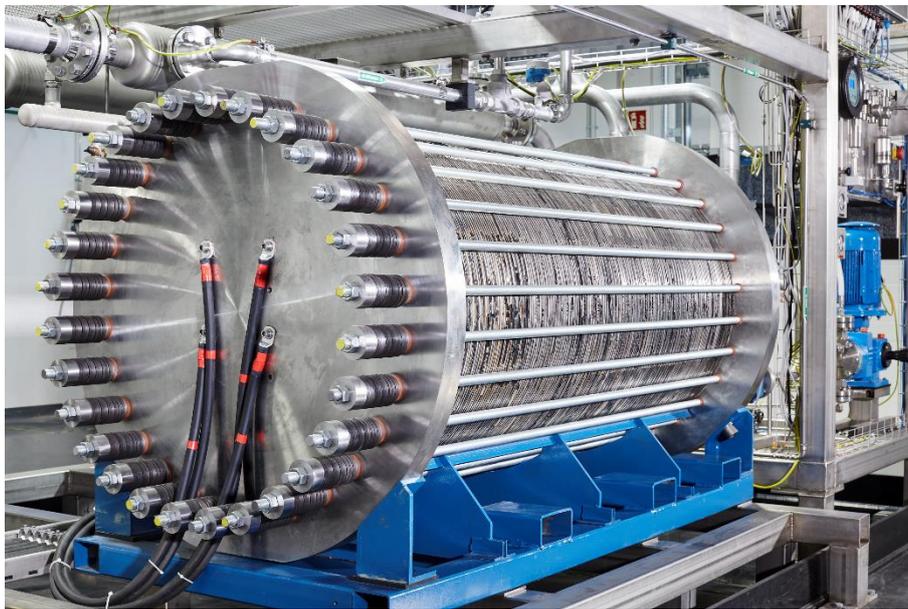


Abbildung 1: Alkalische Elektrolysestack-Prototyp (ca. 300 kW) am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung

Bei der Elektrolyseforschung liegt ein starker Fokus auf der Entwicklung von effizienten, langlebigen und gleichzeitig kostengünstigen Elektroden. Ein alkalischer Elektrolysestack (Abb. 1) besteht aus mehreren Elektrolysezellen, wobei die Elektrolysezellen elektrisch in Reihe und strömungstechnisch parallel geschaltet sind. Eine Elektrolysezelle besteht aus zwei Zellkammern, wobei eine Zellkammer jeweils aus einer stromübertragenden Bipolarplatte und einer Elektrode besteht. Die beiden Zellkammern werden durch eine Membran voneinander getrennt, um eine Separation der entstehenden Gase (Wasserstoff und Sauerstoff) zu gewährleisten. Die Zellen werden mit einem ionenleitenden Elektrolyten durchströmt, welcher die Wassermoleküle für die Elektrolysereaktion liefert. An den Elektroden läuft die elektrochemische Reaktion der Wasserelektrolyse ab. An der negativ geladenen Elektrode - der Kathode - bildet sich Wasserstoff, an der positiv geladenen Elektrode - der Anode - bildet sich Sauerstoff. Durch die richtige Ausgestaltung der Elektroden kann die Effizienz des Elektrolyseprozesses maßgeblich verbessert werden. Entscheidend hierbei ist zum einen die katalytische Aktivität des eingesetzten Elektrodenmaterials, sowie zum anderen die aktive Oberfläche, welche für die Reaktion zur Verfügung steht. Eine Oberflächenvergrößerung der Elektrode lässt sich auf makroskopischer und mikroskopischer Ebene durch das Einbringen von Rauheit und Porosität erreichen. Die katalytisch aktivsten Elektrodenmaterialien sind Edelmetalle, wie Platin, Ruthenium und Iridium, die jedoch teuer und teilweise nur sehr eingeschränkt verfügbar sind. Die Alkalische Elektrolyse bietet – im Gegensatz zur PEM-Elektrolyse – jedoch aufgrund des alkalischen Mediums den

Vorteil, dass auch auf Nichtedelmetalle zurückgegriffen werden kann. Dabei wird in nahezu allen Fällen Nickel eingesetzt. Nickel ist kostengünstig, hat eine sehr gute Beständigkeit in der alkalischen Elektrolyseumgebung und zeigt im Vergleich zu sonstigen Nicht-Edelmetallen die höchste Effizienz bei der alkalischen Wasserelektrolyse. Durch verschiedene Behandlungsschritte lässt sich Nickel zu sogenanntem Raney-Nickel modifizieren. Bei Raney-Nickel handelt es sich um eine hochporöse Nickelstruktur, wodurch die elektrochemisch zugängliche Oberfläche besonders groß wird. Hierdurch können Raney-Nickel Elektroden eine ähnlich hohe Effizienz wie Edelmetallelektroden erreichen. Standardmäßig werden Raney-Nickel Elektroden für die alkalische Elektrolyse durch die galvanische Abscheidung von Nickel-Zink Legierung oder durch das Pulverbeschichten von Nickel-Aluminium Legierungen hergestellt. Nach der Beschichtung folgt die sogenannte Aktivierung der Elektrode. Hierbei wird das Zink oder das Aluminium durch eine chemische Behandlung aus der Nickel-Zink- bzw. Nickel-Aluminium-Legierung entzogen, wodurch die hochporöse Raney-Nickel-Struktur entsteht.

Am ZSW wird im Rahmen des Forschungsprojekts „Ely-ZnCoat“ erforscht, wie durch die Beschichtungsmethode des Feuerverzinkens sehr kostengünstig hochporöse Raney-Nickel-Elektroden für die alkalische Elektrolyse hergestellt werden können. Im Rahmen des Projekts soll durch das Feuerverzinken zunächst eine Nickel-Zink Legierung auf ein Nickelsubstrat erzeugt werden, welche sich durch die anschließende Aktivierung zu hochporösem Raney-Nickel modifizieren lässt (siehe Abbildung 2). Das Projekt wird durch die europäische Union und das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert.

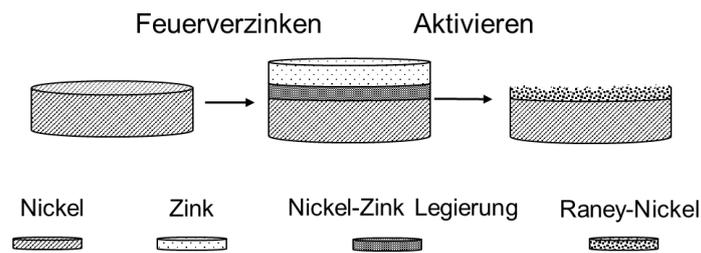


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Herstellung von Raney-Nickel-Elektroden mit Hilfe des Feuerverzinkens

Im Rahmen der bisherigen Entwicklungsarbeiten konnte der Machbarkeitsnachweis erbracht werden, eine Nickel-Zink-Legierungsschicht auf dem Nickelsubstrat durch das Feuerverzinken zu erzeugen (siehe Abb.3). Diese konnte nachfolgend zu hochporösem Raney-Nickel modifiziert werden. Die hierdurch erzeugten Elektroden erreichen im Elektrolysebetrieb eine Effizienz, die vergleichbar mit herkömmlichen Beschichtungsmethoden ist beziehungsweise diese sogar übersteigt.

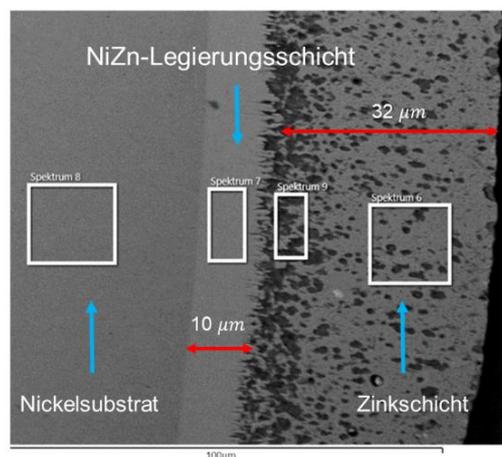


Abbildung 3: Schnittansicht einer feuerverzinkten Elektroden vor der chemischen Aktivierung



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Baden-Württemberg

Erste Wirtschaftlichkeitsanalysen zeigen, dass durch diese Herstellungsmethode unter Einsatz des Feuerverzinkens die Beschichtungskosten gegenüber den etablierten Beschichtungsmethoden um etwa das 10-50-fache reduziert werden könnten. Weiterhin besitzt die Beschichtungsmethode des Feuerverzinkens den Vorteil, dass sämtlich Elektrodengeometrien ohne größeren Aufwand beidseitig beschichtet werden können.

Um die nächsten Entwicklungs- und Industrialisierungsschritte gehen zu können, sind jedoch noch offene Fragen zu klären. Die zwei drängendsten Fragen betreffen den Nickeleintrag in die Zinkschmelze beim Feuerverzinken, sowie die Skalierung der Elektroden. In den bisherigen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass sich das Nickel des Nickelsubstrats in der Zinkschmelze löst und damit Nickelrückstände in der Schmelze verbleiben. Die Menge des eingebrachten Nickels hängt maßgeblich von der Haltedauer und der Zinkbadtemperatur ab. Das ZSW möchte die offenen Forschungsfragen gerne zusammen mit der Feuerverzinkungsindustrie diskutieren und Lösungen für die industrielle Umsetzung erarbeiten.

Für das Erreichen der nationalen und internationalen Ausbauziele für die Wasserelektrolyse werden kosteneffiziente, einfach skalierbare Elektroden mit Produktionskapazitäten von mehreren Millionen Stück pro Jahr benötigt. Für die Feuerverzinkungsindustrie könnte bei weiterer erfolgreicher Entwicklung und Industrialisierung des Verfahrens ein neues Geschäftsfeld mit entsprechend großen Wertschöpfungs- und Umsatzpotentialen entstehen.

Autoren: Tobias Ludwig, Wolfgang Hug, Dr. Marc-Simon Löffler