

Technische Universität Ilmenau

Ni-Fe-Elektrolyt zur Abscheidung von Katalysatorschichten für alkalische Wasserelektrolyse

Die aktuelle politische und ökonomische Lage sowie neue Herausforderungen auf dem Energiemarkt führen zusammen mit steigenden Kosten für fossile Energieträger zu einem wachsenden Bedarf an Alternativen in der Energieversorgung. Gleichzeitig verstärken die globalen Ziele der Dekarbonisierung diesen Trend. Infolgedessen gewinnen nicht fossile Energiequellen sowie die effiziente Speicherung von Energieüberschüssen zunehmend an Bedeutung. Eine besonders vielversprechende Rolle spielt hierbei grüner Wasserstoff, der mithilfe erneuerbarer Energien erzeugt werden kann. Vor diesem Hintergrund wächst der Bedarf an der Weiterentwicklung und Optimierung von Technologien zur kostengünstigen Wasserstoffherzeugung.

Eine solche Technologie ist die Anionenaustauschmembran-Elektrolyse (AEM). In diesem Bereich bestehen weiterhin Optimierungspotenziale, insbesondere beim Ersatz kostenintensiver Komponenten wie Katalysatoren aus Edelmetallen durch kostengünstigere, stabile Materialien mit vergleichbaren oder verbesserten katalytischen Eigenschaften. Elektrochemisch abgeschiedene Katalysatorschichten können kostengünstig und gut skalierbar hergestellt werden. Für die Anode sind Ni-Fe-Legierungsschichten mit einem Fe-Gehalt von 10 bis 30 Prozent vielversprechende Materialien, da sie gute katalytische Eigenschaften für die Sauerstoffentwicklungsreaktion (OER) aufweisen.

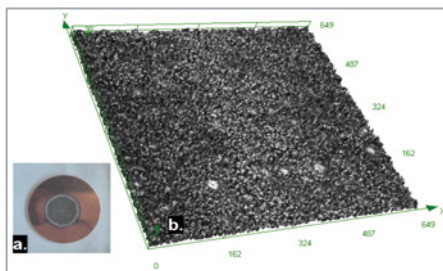


Abb. 1: Galvanisch abgeschiedene Ni-Fe-Schicht (1 cm²) auf einem Kupfersubstrat (a); Laser-Scanning-Mikroskop-Aufnahme einer rauen, galvanisch abgeschiedenen Ni-Fe-Schicht (b)

Im Fokus der hier vorgestellten Masterarbeit von Richard Kübler steht die gezielte Abscheidung rauer Katalysatorschichten (Abbildung 1) mit geeigneterer Zusammensetzung unter Einsatz toxikologisch und ökologisch unbedenklicher Komplexbildner wie Zitronensäure, Milchsäure und Essigsäure. Diese Komplexbildner können unter bestimmten Abscheidungsbedingungen die Ausbildung rauer Oberflächen fördern [1]. Für die Herstellung katalytischer Schichten erweisen sich solche Strukturen jedoch als vorteilhaft, da die vergrößerte Oberfläche zu einer Reduktion der lokalen Stromdichte und damit zu einer Verringerung der Überspannung der OER führen kann.

Zur Entwicklung des Elektrolyten wird mittels potentiometrischer Titration das optimale Verhältnis von Metallsalzen und Komplexbildnern bestimmt, um eine hohe Stabilität der Lösung zu gewährleisten und die Ausfällung von Hydroxiden zu vermeiden (Abbildung 2). Durch die Variation der Metallsalzverhältnisse und Konzentrationen sowie der Prozessparameter werden sowohl der Eisenteil in der Schicht als auch die Oberflächenrauheit gezielt eingestellt. Der Eisenanteil der abgeschiedenen Schichten wird mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) bestimmt. Die Oberflächenrauheit wird mit Laser-Scanning-Mikroskopie (LSM) und Lichtmikroskopie charakterisiert. Die elektrochemische Charakterisierung sowie die Bewertung der katalytischen Aktivität und Stabilität erfolgen mittels Polarisationsmessungen unter Anwendung von Linear-Sweep-Voltammetrie (LSV) und Chronopotentiometrie (CP). Darüber hinaus wird die elektrochemisch aktive Oberfläche (ECSA) durch die Messung der Doppelschichtkapazität abgeschätzt. Eine

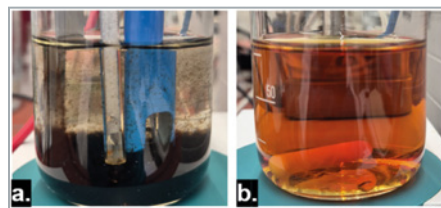


Abb. 2: Eisensalzlösung mit unzureichender (a) und ausreichender (b) Komplexbildnerkonzentration. Als Komplexbildner wird Zitronensäure eingesetzt.

Zur Person

Richard Kübler

wurde in Tiflis geboren. Nach dem Abschluss seines Bachelorstudiums in Engineering Physics an der Georgischen Technischen

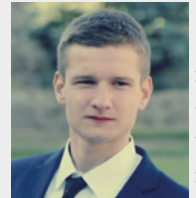


Bild: Richard Kübler

Universität setzt er derzeit sein Masterstudium in der Studienrichtung Regenerative Energietechnik an der TU Ilmenau fort. Parallel dazu ist er als wissenschaftliche Hilfskraft im Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik tätig, wo er auch seine Masterarbeit zu Ni-Fe-Elektrolyten und Katalysatorschichten anfertigt.

entscheidende Rolle für elektrokatalytische Eigenschaften spielt die Aktivierung der Elektrode, die mittels zyklischer Voltammetrie (CV) durchgeführt wird [2].

Die ersten Experimente wurden mit Elektrolyten auf Citratbasis durchgeführt, wobei ein Verhältnis von eins zu eins zur Metallionenkonzentration verwendet wurde. Die abgeschiedenen Katalysatorschichten mit einer Metallionenkonzentration von 0,25 M zeigten im Vergleich zu 0,5 M eine rauere Oberfläche bei geringeren Stromdichten. Die bei 6 A/dm² abgeschiedene Schicht mit einem Eisengehalt von 24 Prozent wies eine Überspannung bei 10 mA/cm² von 302 mV auf.

Kontakt:

TU Ilmenau,

Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik,

Prof. Dr. Andreas Bund,

andreas.bund@tu-ilmenau.de

Richard Kübler, richard.kuebler@tu-ilmenau.de

M. Sc. Christian Elieser Höß,

christian-elieser.hoess@tu-ilmenau.de

Literatur

- [1] Mohanty, U.S., Tripathy, B.C., Singh, P. et al. Roles of organic and inorganic additives on the surface quality, morphology, and polarization behavior during nickel electrodeposition from various baths: a review. *J Appl Electrochem* 49, 847–870 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10800-019-01335-w>
- [2] Gohlke, Clara, Julia Gallenberger, Nico Niederprüm, Hannah Ingendae, Johann Kautz, Jan P. Hofmann, and Anna K. Mechler. "Boosting the Oxygen Evolution Reaction Performance of Ni-Fe-Electrodes by Tailored Conditioning." *ChemElectroChem* 11(18), e202400318 (2024). <https://doi.org/10.1002/celec.202400318>