

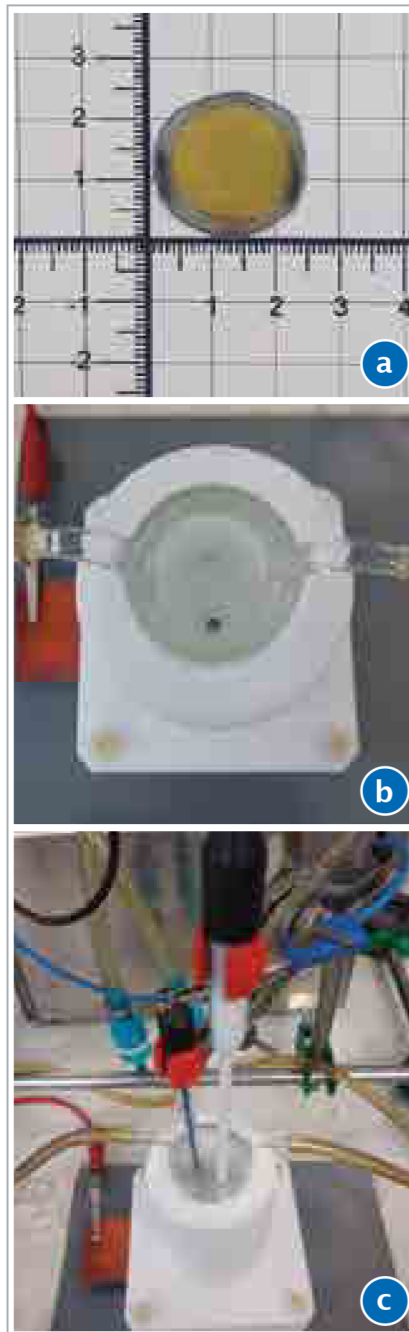
Technische Universität Ilmenau

# Galvanische Beschichtung von Bipolarplatten für die Sauerstoffelektrode in PEM-Elektrolyseuren

Bisher wird Titan als Substratmaterial für Bipolarplatten (BPP) in Protonenaustauschmembran(PEM)-Elektrolyseuren eingesetzt. Zukünftig soll dieses durch kostengünstigeren und leichter zu bearbeitenden Stahl ersetzt werden. Durch den Kontakt mit sauren Elektrolyten und Zellspannungen von bis zu 2 Volt muss der Stahl vor Korrosion geschützt werden. Eine Möglichkeit dafür ist die elektrochemische Beschichtung mit korrosionsstabilen Materialien.

Im Hinblick auf die Energiewende ist es künftig erforderlich, auf die volatile Leistungsabgabe regenerativer Kraftwerke zu reagieren. Eine Möglichkeit hierfür ist die stoffliche Wandlung und Speicherung überschüssiger elektrischer Energie in Form von Wasserstoff. Die regenerative und emissionsfreie Erzeugung des Wasserstoffs in Power-to-Gas-Anlagen lässt sich mit Wasserelektrolyseuren erreichen. Der PEM-Elektrolyseur bietet wegen seines dynamischen Betriebsverhaltens und seiner kurzen Startzeit aus dem Standby-Modus deutliche Vorteile gegenüber vergleichbaren Technologien (zum Beispiel alkalische Elektrolyse) hinsichtlich der Kopplung an ein regeneratives Kraftwerk.<sup>1,2</sup>

Für eine stärkere Marktdurchdringung der PEM-Elektrolyse ist eine Reduzierung der Herstellungskosten notwendig. Eine Möglichkeit hierfür ist die Verwendung von Stahl für die Bipolarplatten. Im Vergleich zu dem bisher verwendeten Titan lässt sich Stahl mechanisch leichter bearbeiten und ist zudem deutlich günstiger. Stahl ist allerdings als Substrat für BPP in PEM-Elektrolyseuren durch den Kontakt mit den sauren Medien und bei Spannungen von bis zu 2 Volt gegenüber der Wasserstoffseite auf Dauer nicht stabil und muss deshalb durch geeignete Beschichtungen vor Korrosion geschützt werden. Bisher werden Titan- und edelmetallbasierte Schichten über physikalische Gasphasenabscheidungsverfahren (engl. Physical Vapour Deposition, PVD) aufgebracht. Der Einsatz galvanischer Verfahren wurde



**Abb. 1:** (a) Beschichtete Stahlprobe mit Gold, (b) Draufsicht auf Messkörper inklusive Kupfer-Kontaktierung, aktive Fläche und Glaskörper, (c) Frontansicht Messaufbau mit Gegen- und Referenzelektrode

## Zur Person

### Christoph Zimmermann

ist Bachelorabsolvent der Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg im Studiengang Elektrotechnik mit Schwerpunkt Erneuerbare Energien. Sein Masterstudium „Regenerative Energietechnik“ absolviert er an der Technischen Universität Ilmenau.

Im Rahmen seiner Masterarbeit befasst sich Zimmermann mit der galvanischen Beschichtung von Stahl mit ausgewählten Metallen und der Untersuchung dieser Schichtsysteme.



Bild: TU Ilmenau, Zimmermann

bisher nicht umfänglich analysiert, obwohl die meisten elektrochemischen Beschichtungstechnologien günstig und gut skalierbar sind. Deshalb wurden in dieser Arbeit Gold, Platin sowie eine Legierung aus Zinn und Nickel elektrochemisch auf Stahl abgeschieden und deren Korrosionsstabilität untersucht.<sup>3</sup>

Da der verwendete Stahl chemisch passiv ist, bedarf es mehrerer Vorbehandlungsschritte, bevor die eigentliche Beschichtung aufgebracht werden kann. Zum Einsatz kam eine elektrolytische Entfettung, Dekapierung und eine Vorvernickelung.<sup>4</sup>

Nachdem verschiedene Schichtdicken der ausgewählten Materialien auf den Stahl aufgebracht wurden, wurden diese in einer dafür konzipierten Vorrichtung (siehe Abb. 1) elektrochemisch untersucht.

Um reale Betriebsbedingungen zu simulieren, wird der Elektrolyt (verdünnte Schwefelsäure, pH-Werte 5, 3 und 1) durch einen temperierbaren Glaskörper (b) konstant auf 60 °C gehalten. Der Messaufbau entspricht einem Drei-Elektroden-System (c) mit der beschichteten Edelstahlprobe (2,54 cm<sup>2</sup>) (a) als Arbeitselektrode, Platin-Gegenelektrode und Quecksilbersulfat-Referenzelektrode.

Die Korrosionsstromdichte der Beschichtungen wurde vorwiegend mit Linear-Sweep-Voltammetrie (LSV)-Messungen (siehe Abb. 2) bestimmt.

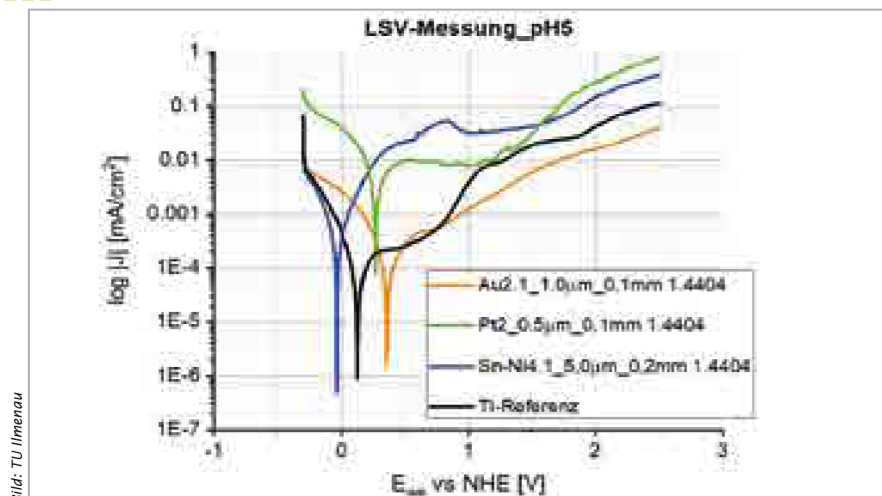


Bild: TU Ilmenau

Abb. 2: Polarisationskurven einiger galvanischer Schichtsysteme im Vergleich zu Titan

**Literatur**

- <sup>1</sup> M. Langemann: Bipolarplattenmaterialien für Polymer-Elektrolyt-Membran Elektrolyse; Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Energie & Umwelt, Band 348, 2016.
- <sup>2</sup> G. H. Tjarks: PEM-Elektrolyse-Systeme zur Anwendung in Power-to-Gas Anlagen; Dissertation an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Fakultät für Maschinenwesen, 2017.
- <sup>3</sup> P. Lettenmeier, R. Wang, R. Abouatallah, B. Saruhan, O. Freitag, P. Gazdzicki, T. Morawietz, R. Hiesgen, A. S. Gago, K. A. Friedrich: Low-Cost and Durable Bipolar Plates for Proton Exchange Membrane Electrolyzers; Scientific Reports, Vol. 7, Article number: 44035, 2017.
- <sup>4</sup> M. Fritz: Untersuchung der Abscheidung von Metallschichten auf Edelstahl unter Strömungsbedingungen; Diplomarbeit an der Technischen Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik, 2007.

Weiterhin erfolgten Langzeittests bei konstantem Potenzial und Impedanzmessungen zur Beschreibung des Korrosionsverhaltens und -widerstands. Zudem kamen physikalisch-optische Messmethoden wie die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) und die Laser-Scanning-Mikroskopie (LSM) zum Einsatz, um die Schichtdicke zu ermitteln sowie die Oberfläche in Abhängigkeit der Beanspruchungsdauer auf Rauigkeit und Porosität untersuchen zu können.

Ziel des Vorhabens ist die Ermittlung der kritischen Schichtdicke einer galvanischen Beschichtung, um den Stahl im analysierten Spannungsbereich und bei entsprechender Elektrolytkonzentration und -temperatur auf Dauer vor Korrosion zu schützen.

*Kontakt:*

*Prof. Dr. Dr. h.c. Andreas Bund  
Technische Universität Ilmenau*

*Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik  
andreas.bund@tu-ilmenau.de*

*Christoph Zimmermann*

*christoph.zimmermann@tu-ilmenau.de*

# EIN EINZIGES ZIEL...

## DIE HÖCHSTE KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT



## ZINK LAMELLEN

**TECHNIC**  
Technic Deutschland GmbH  
Glärbach 2  
58802 Balve, Deutschland  
+49 2375 925 272  
contact-deutschland@technic.com

**YUKEN**  
Yuken Europe GmbH  
Sankt Florian Str. 2, 64521 Gross-Gerau  
+496152-9486322  
yuken-ind.co.jp/en-US/index.html  
info@yuken-eu.com

Basecoat	Topcoat	Merkmale
METASU YC-B17J	METASU YC-T(1)	Mehr als 1500 Stunden ohne Retrosst schützt perfekt die Sacklöcher/ axiale Vertiefung ohne Akkumulation.
	METASU YC-T15A(1)	