Technische Universität Ilmenau

Eisenelektrolyte für Redox-Fluss-Batterien für die stationäre Energiespeicherung

Die Energiewende und der zunehmende Ausbau erneuerbarer Energiequellen stellen das Energiesystem vor erhebliche Herausforderungen. Da die Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie zeitlichen Schwankungen unterliegt, steigt der Bedarf an leistungsfähigen und nachhaltigen Energiespeichern. Insbesondere stationäre Energiespeicher spielen eine entscheidende Rolle, um Erzeugung und Verbrauch von elektrischer Energie weiter zu entkoppeln und die Stabilität der Stromnetze sicherzustellen.

Eine vielversprechende Technologie in diesem Bereich sind eisenbasierte Redox-Fluss-Batterien (Fe-RFB) [1]. Im Gegensatz zu konventionellen Batteriesystemen erfolgt die Energiespeicherung mit wässrigen Redoxsystemen außerhalb der Reaktionszelle (Abbildung 1), wodurch sich Leistung und Speicherkapazität unabhängig voneinander skalieren lassen. Die Fe-RFB zeichnet sich durch den Einsatz kostengünstiger, weltweit verfügbarer und umweltverträglicher Materialien sowie durch ihre hohe Sicherheit aus, was sie zu einer interessanten Alternative für großskalige stationäre Energiespeicher macht [1,2].

Aktueller Gegenstand der Forschung im Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik der TU Ilmenau ist die Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades sowie die Erhöhung der Energiedichte. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Stabilität der Elektrolyte über lange Betriebszeiten und -zyklen durch die Minimierung unerwünschter Nebenreaktionen, wie Wasserstoff- und Sauerstoffentwicklung. Die zyklische Abscheidung und Auflösung von Eisen im geschlossenen System stellt ein neues Anwendungsgebiet der klassischen Galvanotechnik dar.



Abb. 2: Elektrolyte nach potentiometrischen Titrationen zur Bestimmung der Stabilität der Eisen-Komplexe mit Citronensäure (l.) und Tetramethylammoniumchlorid (r.) bei pH 7. Die Ausfällung zu Hydroxiden im rechten Elektrolyten zeigt eine unzureichende Stabilität des Elektrolyten für die Anwendung in einer Fe-RFB an.

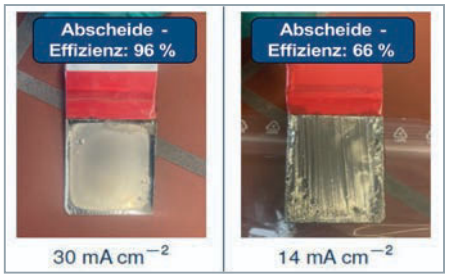
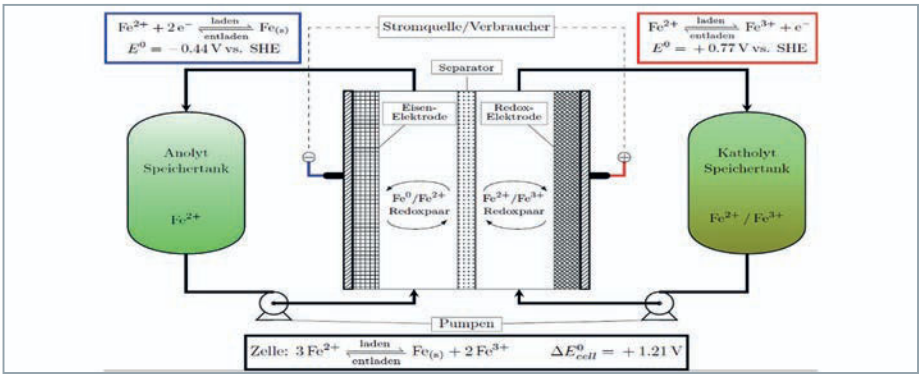


Abb. 3: Einfluss von Milchsäure (r.) auf die Effizienzen und Morphologien galvanostatischer Abscheidungen aus eisenchloridbasierten Elektrolyten. Das linke Bild zeigt eine Abscheidung ohne Milchsäure. Elektrolyte: 0,8M FeCl2 + 3M NH4Cl, Additivkonzentration 1M; Abscheidebedingungen: pH = 3,5 (mit Ammoniak eingestellt), RT, mit Rührung

Mit Blick auf die Umweltfreundlichkeit werden organische und anorganische Additive erforscht, welche die Effizienz der Fe-RFB möglichst wenig einschränken.

Die Additive für die positive Halbzelle (Katholyt) werden mit potentiometrischer Titration untersucht (Abbildung 2), um den Stabilitätsbereich des Eisen(III)-Komplexes zu erweitern. Ergänzend dazu wird die elektrochemische Quarzmikrowaage (EQCM) verwendet, um die elektrochemischen Prozesse an der Elektrodenoberfläche in situ zu untersuchen. Durch die gleichzeitige Erfassung des Stromsignals und der Massenänderung können Abscheide- und Auflöseprozesse des Eisens sowie Nebenreaktionen analysiert werden. Auf dieser Grundlage lassen sich die Stromausbeuten der Elektrolyte bestimmen und die galvanischen Abscheidungen auf Stahlelektroden bewerten (Abbildung 3). Die Kombination von potentiometrischer Titration und EQCM liefert somit ein umfassendes Verständnis der elektrochemischen Eigenschaften der Elektrolyte und ermöglicht eine gezielte Optimierung ihrer Leistungsfähigkeit für den wirtschaftlichen und konkurrenzfähigen Einsatz von Fe-RFB.



Bilder: TU Ilmenau

Abb. 1: Schematischer Aufbau einer eisenbasierten Redox-Fluss-Batterie mit zugeordneten Reaktionsgleichungen

Zur Person



Bild: Engler

Marius Engler

ist in Berlin geboren und aufgewachsen. Nach dem Abitur studierte er Energie- und Umwelttechnik an der Dualen Hochschule Sachsen (DHSN). Im Jahr 2021 wechselte er an die TU Ilmenau für sein Masterstudium Regenerative Energietechnik. Seine Masterarbeit im Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik beschäftigte sich mit eisenbasierten Redox-Fluss-Batterien. In seiner Promotion erforscht er Ansätze zur Verbesserung der Praktikabilität der Gesamtbatterie, unter anderem neuartige Elektrolyte zur Steigerung der Effizienz.

Kontakt:
TU Ilmenau,
Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik,
Prof. Dr. Andreas Bund,
andreas.bund@tu-ilmenau.de
M. Sc. Marius Engler,
marius-michael.engler@tu-ilmenau.de

[1] Belongia, S., Wang, X., & Zhang, X. (2024). Progresses and perspectives of all-iron aqueous redox flow batteries. Advanced Functional Materials, 34(5), 2302077. DOI: 10.1002/adfm.202302077.
[2] Engler, M., Stich, M., Baumer, C., & Bund, A. (2024). Investigating the Iron Plating and Stripping of Anolytes for All-Iron Redox-Flow Batteries. J, 7(4), 571-583. DOI:10.3390/j7040034.