

## KURZBERICHT

## Entwicklung einer kostengünstigen Nickel-Zink-Doppelfluss-Batterie für den Einsatz als stationärer Stromspeicher Teilvorhaben: Entwicklung einer leitfähigen Beschichtung für Nickelhydroxid-Partikel (Verbundprojekt NiZiFlow<sup>2</sup>)

Im Zuge der Energiewende stehen vor allem Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität und andere mobile Anwendungen im Fokus der Entwicklung. Weniger Beachtung finden stationäre Speicher, bei denen auch andere Speichersysteme vorteilhaft sind. Insbesondere Redox-Flow-Batterien (Redox-Flussbatterien), bei denen die Energie im Elektrolyten gespeichert ist und dieser kontinuierlich durch die Zelle gepumpt wird. Dadurch hängt die speicherbare Energie vom Tankvolumen des Elektrolyten ab und die Leistung der Zelle von der Pumpgeschwindigkeit und den absoluten Elektrodenflächen. Energie und Leistung sind damit anders als bei Lithium-Ionen-Batterien unabhängig voneinander skalierbar. Zudem lassen sich große Energiemengen im Vergleich zu Lithium-Ionen-Batterien deutlich kostengünstiger speichern, bei gleichzeitig längerer Lebensdauer.

Unter den Flussbatterien sind aktuell vor allem Vanadium-Redox-Flussbatterien verbreitet. Diese Systeme weisen jedoch eine vergleichsweise niedrige Energiedichte auf und enthalten teures und gesundheitsschädliches Material auf Vanadium-Basis. Außerdem ist die Membran innerhalb der Zelle aufgrund ihrer chemischen Instabilität gegenüber Vanadiumspezies eine kritische Komponente. Im Gegensatz dazu sind Flussbatterien auf Basis von Nickel und Zink vergleichsweise umweltfreundlich, günstig, gut verfügbar und versprechen eine hohe Energiedichte. In diesem Projekt wurde daher ein neues Batteriesystem erforscht, bei dem Flüssigkeiten oder Pasten basierend auf Zink und Nickel-Oxiden bzw. -Hydroxiden genutzt werden. Die wiederaufladbare Kathode bestand dabei aus Nickel-Oxyhydroxid (NiOOH) und die Anode aus Zink. Anders als in bisherigen Arbeiten wurde nicht nur ein alkalischer Elektrolyt gepumpt, sondern eine in Zink-Luft-Batterien bereits erfolgreich eingesetzte Suspension aus Zink-Partikeln in wässriger KOH verwendet. Diese Suspension ermöglicht durch die Bildung eines Perkolationsnetzwerkes der Zink-Partikel eine große aktive Oberfläche und damit insbesondere beim Entladen hohe Leistungsdichten. Auch auf der Nickel-Seite sollte auf Basis der Erfahrungen mit der Zink-Suspension eine ähnliche Suspensionselektrode entwickelt werden. Im Gesamtvorhaben NiZi-Flow<sup>2</sup> sollte somit eine Nickel-Zink-Doppelfluss-Batterie entwickelt werden. Das fem hatte hierbei die Optimierung der Zellreaktionen innerhalb der Nickel-Zink-Fluss-Batterie zur Auf-

gabe. Hierfür sollte ein Modellaufbau den Betrieb der Durchflusszelle nachstellen und dabei die Interaktion der in der späteren Doppelflusszelle zum Einsatz kommenden Materialien (Slurry-Elektrode und Stromableiter) untersuchen. Die beiden Halbzellen sollten getrennt betrachtet werden, sodass zum einen die Zink-Reaktion und zum anderen die Nickel-Reaktion untersucht wird.

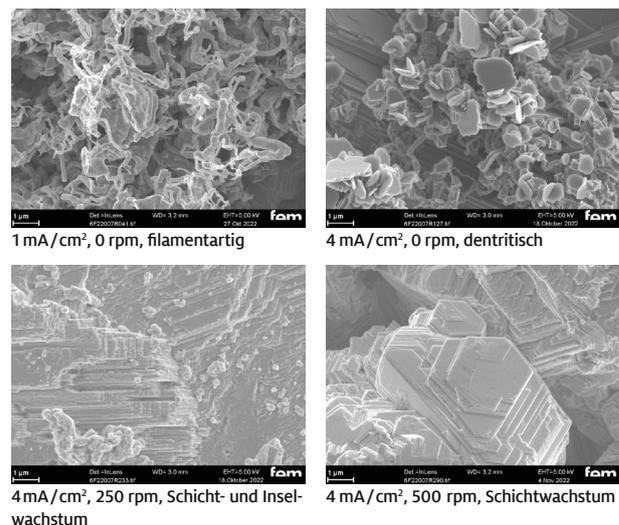


Abb. 1: Auswahl rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen von Zinkschichten, abgelesen bei verschiedenen Stromdichten und Rotationsgeschwindigkeiten

Zur Untersuchung der Zinkreaktion, wurde diese zunächst unter idealisierten Bedingungen betrachtet. Dabei wurde die Zinkabscheidung und -auflösung auf einer sich bewegenden Zinkfolie untersucht, die die Oberfläche der Zinkpartikel darstellt. Mit Hilfe von Elektronenmikroskopie und Konfokalmikroskopie konnte nun der Einfluss der Stromdichte und der Drehgeschwindigkeit auf die Oberflächenstruktur der Zinkabscheidung ermittelt werden. Wie in Abbildung 1 dargestellt, reichte die Bandbreite der Morphologie von filamentartigen oder dendritischen Strukturen bis zu schichtartig und inselartig aufgewachsenen Schichten. Dabei zeigt sich der Trend, dass höhere Stromdichten und höhere Umdrehungsgeschwindigkeiten zu glatteren Schichten führen, die mit Blick auf das Fließverhalten der Suspension bevorzugt sind.

Mit Hilfe eines Modellreaktors, der das Fließverhalten der Zinkpartikelsuspension nachstellt, wurde die Abscheidung und Auf-

lösung auf den Zinkpartikeln in Form von galvanostatischen Lade-/Entladeexperimenten untersucht. Dabei wurden die Bedingungen aus den idealisierten Abscheidungen verwendet, um möglichst glatte Schichten zu erhalten. Anders als unter idealisierten Bedingungen bildeten sich jedoch nach 20 Zyklen feine dendritische Strukturen, vermutlich aufgrund der Geometrie und dem Bewegungsverhalten der Partikel. Das Fließverhalten wurde jedoch im betrachteten Zeitraum nicht beeinträchtigt.

Auf Grundlage der Erkenntnisse zur Zinkreaktion wurden beschichtete Stromableiter des Industriepartners Rhenotherm auf ihre Eignung für die Zinkhalbzelle untersucht. Dabei konnten wichtige Erkenntnisse zur Haftung, Leitfähigkeit und Zyklisierbarkeit der beschichteten Stromableiter gewonnen werden. Darüber hinaus wurden auch für andere Partner im Projekt Material- und Komponentenuntersuchungen mittels Elektronenmikroskopie (teilweise mit Ionenstrahlschneiden, FIB) und Röntgendiffraktometrie durchgeführt und so deren Forschungsarbeit unterstützt.

Bei der Nickelreaktion konnte das Problem der schlechten Leitfähigkeit der Partikel nicht gelöst werden. Der Projektpartner an der Universität Duisburg-Essen konnte hier jedoch alternative Methoden zur Lösung des Problems finden, sodass schlussendlich ein Demonstrator realisiert werden konnte. An der Durchführung des Vorhabens waren die VARTA Microbattery GmbH, Grillo-Werke AG, Rhenotherm Kunststoffbeschichtungs GmbH und Rudolf Clauss GmbH & Co. KG als Industriepartner und neben dem fem auch die Universität Duisburg-Essen (Lehrstuhl für Energietechnik) als Forschungseinrichtung beteiligt.

### Danksagung

Das Verbundvorhaben NiZiFlow<sup>2</sup> wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

03EI6059F

1.10.2021–30.9.2024

#### INDUSTRIEPARTNER

VARTA Microbattery GmbH | Grillo-Werke AG | Rhenotherm Kunststoffbeschichtungs GmbH | Rudolf Clauss GmbH & Co. KG

#### FORSCHUNGSPARTNER

Lehrstuhl für Energietechnik, Universität Duisburg-Essen

#### ANSPRECHPARTNER

fem Forschungsinstitut, Katharinenstraße 13–17, 73525 Schwäbisch Gmünd

Dr. Seniz Sörgel, soergel@fem-online.de / Dr. Martin Opitz, opitz@fem-online.de, +49 7171 1006-606