

## MagIC Magnesium Ion Cell

Ein Projekt finanziert im Rahmen der 1. Ausschreibung  
des Programms **Mobilität der Zukunft**  
*Fahrzeugtechnologien*

Zielsetzung des Projekts war die Entwicklung eines innovativen Energiespeicherkonzeptes zum Aufbau neuer, hocheffizienter, umweltfreundlicher und sicherer Magnesiumbatterien. Von zentraler Bedeutung war die Erforschung von neu zu entwickelnden Zellkomponenten und deren Interaktionen. Auf der Anodenseite kooperierte die Technische Universität Graz bei der Optimierung des Elektrolyten mit den Experten des Leichtmetallkompetenzzentrums Ranshofen GmbH, die einen Herstellungsprozess für dünne Magnesiumfolien als Anodenmaterial entwickelten. Neuartige, durch multi-physikalische Modellierung ausgewählte Kathodenmaterialien wurden vom AIT Center for Low-Emission Transport synthetisiert und validiert. Bereits in dieser frühen Phase der Komponentenentwicklung unterstützte der Unternehmenspartner AVL List GmbH die Forschungsanstrengungen im Bereich der Sicherheit sowie des Batteriedesigns mit leistungsfähiger Simulationssoftware für die Zellprozesse. Neben der fachlichen Begleitung bei spezifischen Lösungsansätzen während der F&E hat VARTA Micro Innovation GmbH seine langjährige Erfahrung in der Batterieherstellung bei der Assemblierung des Funktionsmusters und bei dessen Test zur Verfügung gestellt.

Die Mg-Anoden für die zukünftigen Batteriezellen wurden aus Mg-Zn-Gd- Legierungen unterschiedlicher Zusammensetzung, abgegossen. Daraus wurden durch Einsatz von umformtechnischen Verfahren dünne gestanzte Mg-Ronden (Dicke 100  $\mu\text{m}$ ) hergestellt und mit reinem Kupfer (50  $\mu\text{m}$ ) beschichtet. Gegenüber einer Mg-Referenzelektrode zeigten die Materialien dendritfreie, zufriedenstellende, reversible Abscheidung und Auflösung. Die besten Ergebnisse wurden mit MgGd1.5 Folien erreicht. Im Laufe des Projektes wurden verschiedene Elektrolytkompositionen wie ionische Flüssigkeiten mit Mg-Trifluoromethansulfonat, (an)organische Magnesiumsalze in Ether (MACC-DME, MACC-Diglyme), Grignard-Elektrolyte mit Borat-Anionen in Ether hergestellt und deren thermodynamische Stabilität mittels Pt-Scheibenelektrode und Mg-Referenzelektrode getestet. Die elektrochemischen Potenzialfenster von MACC-basierten Proben in den untersuchten Modalsystemen lagen zwischen 3,0-3,5V. Als Kathodenmaterialien zur Insertion von Mg-Ionen wurden diverse polyanionische Festkörperverbindungen auf Basis von Co, Mn oder Fe- Ortho-Silikaten und Ortho-Phosphaten mittels DFT-Simulation ausgewählt, im Labor synthetisiert und in Halbzellen (RC2032) mit metallischem Magnesium als Gegenelektrode untersucht. Das elektrochemische Verhalten zeigte, dass zwar eine Deinterkalation von Mg-Ionen aus der Struktur der Kathodenmaterialien bei niedriger Stromdichte möglich ist, eine

darauffolgende Interkalation im Potentialfenster der Elektrolytstabilität allerdings nicht. Weiters erfolgen beim Ladevorgang Nebenreaktionen, die einerseits auf eine Zersetzung des Elektrolyten und andererseits auf massive Korrosion der Stromableiter schließen lassen. Hier besteht also noch viel Forschungsbedarf. Basierend auf ausgewählten Materialparametern wurden auch elektrochemische Simulationen durchgeführt. Aus diesen Ergebnissen und aus ausgewählten Standards (VDA Metal Can Cell; BEV2) wurde eine Spezifikation für eine generische Mg-Ionen Batteriezelle für automobiler Anwendungen erstellt und eine mögliche Batteriesystemkonfiguration erarbeitet. Die aktuell vorliegenden Ergebnisse deuten auf eine deutlich höhere Energiedichte von Mg-basierten Systemen gegenüber Li-basierten hin, entsprechende Fortschritte bei der Materialentwicklung vorausgesetzt.

Am Projektende wurden in drei evolutionären Entwicklungsphasen Pouch-Zellen als Funktionsmuster hergestellt: Fertigung von symmetrischem System; mit Chevrel-Typ-Kathode; und mit Mg-Mn-Phosphat – Kathode. Im Zuge der Fertigung der Zellen standen Fragestellungen bezüglich der Verarbeitbarkeit der negativen Elektrode im Vergleich zu etablierten Zellfertigungstechnologien, sowie kinetische Aspekte im Mittelpunkt (Überspannungen und Effizienz vs. Strombelastungsprofile und Kapazitätsabfall).

Auf Basis der experimentellen Daten kann man folgendes zusammenfassen: (1) Mg-Legierung als Aktivmaterial für die Anode bildet keine Dendriten. Bezüglich der Sicherheit hätte ein auf Magnesium basierendes Batteriesystem daher signifikante Vorteile gegenüber einem mit metallischem Lithium als negativer Elektrode. (2) Nach erster Einschätzung der Kinetik von Magnesium-Funktionsmustern könnte eine solche Batterie für den unteren bis mittleren Leistungsbereich Einsatz in Elektrofahrzeugen finden. Auf der Basis der erzielten Erfolge sind noch weitere Forschungsarbeiten in der Materialentwicklung von Elektrolyten und Kathodenmaterialien zu leisten.

## Kontaktdaten:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
Prof. Dr. Atanaska TRIFONOVA, [atanaska.trifonova@ait.ac.at](mailto:atanaska.trifonova@ait.ac.at)



Projektpartner:  
LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH  
Dr. Salar BOZORGI, [salar.bozorgi@ait.ac.at](mailto:salar.bozorgi@ait.ac.at)

Varta Micro Innovation  
Dr. Martin SCHMUCK, [m.schmuck@vartamicroinnovation.com](mailto:m.schmuck@vartamicroinnovation.com)



Technische Universität Graz - Institut für Chemische Technologie  
von Materialien

Prof. Dr. Bernhard GOLLAS, [bernhard.gollas@tugraz.at](mailto:bernhard.gollas@tugraz.at)

AVL List GmbH

Dr. Thomas TRAUSSNIG, [thomas.traussnig@avl.com](mailto:thomas.traussnig@avl.com)



## Anhang:

Formale Vorgaben:

Einrichtung der Seite	Abstand in cm
Oben:	3,5
Unten:	3
Links:	3
Rechts:	2,5

Formatvorlage	Schriftart	Schriftgröße
Überschriften	Arial, fett	13pt
Standardtext	Arial, 1,5-zeilig, Blocksatz	11pt
Fußnotenzeichen	Arial, hochgestellt	10pt
Fußnotentext	Arial	10pt
Untertitel von Tabellen und Abbildungen	Arial, fett	10pt
Quelle von Tabellen und Abbildungen	Arial	8pt

Seitennummerierung	Arial, Seitenende	zentriert,	10pt
--------------------	----------------------	------------	------