

Übergangsmetall-CO₂-Batterien für eine grünere Zukunft (CO₂BATT)

Für eine lebenswerte Zukunft müssen CO₂-Emissionen erheblich verringert werden. Neben der Verwendung von Technologien zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung, Nutzung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienzmaßnahmen bieten vor allem auch Metall-CO₂-Batterien (MCBs) eine einzigartige Möglichkeit zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Sie speichern CO₂ und elektrische Energie. Ihre Anode besteht aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall (i.d.R. Li, Na, K oder Mg), welches oxidiert wird. Die Kohlenstoff-Kathode muss die selektive Reduktionsreaktion von CO₂ effizient ermöglichen und zudem eine hohe Kapazität, eine gute Zyklenstabilität sowie effektive Lade- und Entladevorgänge gewährleisten. Soweit die Theorie. Die spezifischen Reaktionsanforderungen von CO₂ (geringe Löslichkeit, hohe Überspannung) und die Bildung von Nebenprodukten stellen erhebliche Hürden dar, weshalb diese Batterien weitgehend unerforscht sind.

Im Gegensatz zu den Li-Ionen-Akkus, deren Recyclingfähigkeit nach vielen Jahren Marktführerschaft immer noch nicht gewährleistet ist, sollte eine solche neue und vielversprechende Batterie idealerweise vollständig recycelbar sein.

An dieser Stelle setzen die beiden Preisträgerinnen mit ihrem Forschungsvorhaben an.

Als Anode werden in diesem Vorhaben vor allem Übergangsmetalle (d.h. Fe, Zn oder auch Al) eingesetzt. Als Kathode wird Kohlenstoff verwendet, wobei das kohlenstoffhaltige Material mit Fremdatomen (z.B. N, S) dotiert ist, um eine hohe Aktivität und Selektivität zu gewährleisten. Hier werden die an der Anode freigesetzten Metallkationen reduziert und als Carbonate „eingebaut“. Dieses Kathodenmaterial wird im Rahmen dieses Projektes synthetisiert und seine Struktur und Morphologie charakterisiert. Durch elektrochemische Tests wird die Überspannung, Stromdichte und das Reduktionspotential bewertet.

Für eine gezielte Weiterentwicklung von derartigen Übergangsmetall-CO₂-Batterien (TMCBs) ist ein tiefes Verständnis der molekularen Wechselwirkungen sowohl zwischen CO₂ und den Übergangsmetallionen als auch zwischen CO₂ und dem dotierten Kohlenstoff an der Kathode unabdingbar. Durch innovative hochmoderne Operando-Röntgenspektroskopie bei Umgebungsdruck (NAP-XPS) wird auf der kathodischen Seite die Bildung und Reduktion von Übergangsmetallcarbonaten auf molekularer Ebene erforscht. Dadurch können hierfür geeignete Materialstrukturen gefunden und weiterentwickelt werden.

Eine sehr große Herausforderung stellt schlussendlich die Entwicklung einer einsatzfähigen elektrochemischen TMCB-Zelle mit einer geeigneten Übergangsmetall-Anode, den leistungsstärksten Kathoden sowie einem geeigneten Elektrolyten dar. In diesem Fall wären NAP-XPS-Messungen während der Lade- und Entladezyklen von TMCBs möglich.

Die mit NAP-XPS gewonnenen Erkenntnisse über die molekularen Wechselwirkungen zwischen CO₂ und Metallionen sowie CO₂ und dotiertem Kohlenstoff vertiefen das wissenschaftliche Verständnis im Bereich der Energiespeicherung und kohlenstoffbasierter Abscheidung. Dadurch können verschiedene CCUS (Carbon Capture Utilisation and Storage) -Technologien gezielt weiterentwickelt werden.

Dieses Forschungsprojekt CO₂BATT, welches Fachwissen aus den Bereichen Materialwissenschaft, Elektrochemie, Spektroskopie und Energietechnik integriert, befasst sich mit drängenden Umweltproblemen und fördert gleichzeitig modernste Energiespeichertechnologien. Es ist von visionären Ideen und gewagten Hypothesen geprägt. Es gibt beträchtliche Herausforderungen und Hürden, aber erfolgreiche Projektergebnisse werden in vielerlei Hinsicht bedeutsame Perspektiven eröffnen und interdisziplinäre Zusammenarbeiten initiieren und stärken.

Jun.-Prof. López Salas und PD Dr. de los Arcos konnten mit ihrer außergewöhnlichen und innovativen Forschungsidee, die in die Kategorie "hohes Risiko, hoher Gewinn" eingeordnet werden kann, die Kommission für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs und das Präsidium überzeugen.

Das Präsidium verleiht daher Frau Jun. -Prof. López Salas und Frau PD Dr. de los Arcos den Forschungspreis 2024 der Universität Paderborn.

Dr. Oliver Seewald