



SCI0004 5 CI 0911 31.Jän 17

Steiermark/Forschung/Wissenschaft/Technologie/Physik

Mechanismus zur Speicherung elektrischer Energie entschlüsselt =

Leoben (MONTANUNI) - Österreichisch-deutsches Forscherteam entwickelt neue Mess- und Analyseverfahren und macht damit den Mechanismus der Ladungsspeicherung in Superkondensatoren erstmals sichtbar.

Gibt man Kochsalz in Wasser, so entstehen Ionen, also positiv und negativ geladene Atome. Beim Anlegen einer elektrischen Spannung bewegen sich diese zu entgegengesetzt geladenen Elektroden und speichern damit elektrische Energie. Dieser Vorgang entspricht dem Prozess beim Laden eines Superkondensators. Die Ionen bewegen sich dabei in den winzigen, mit Wassermolekülen gefüllten Poren der Kohlenstoffelektroden. Die Poren sind nicht viel größer als ein, zwei Ionen Durchmesser und in einem komplexen Netzwerk miteinander verbunden. In einer derartig beengten Umgebung lässt sich zwar besonders viel elektrische Energie speichern, der Transport und somit die Geschwindigkeit des Ladens und Entladens kann aber aufgrund gegenseitiger Behinderung der Ionen, ähnlich eines Verkehrsstaus, eingeschränkt werden. Ein interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern unter Federführung des Institutes für Physik der Montanuniversität Leoben und unter Beteiligung der Technischen Universität Graz, der Universität Wien und dem Institut für Neue Materialien in Saarbrücken, hat nun neue Wege zum besseren Verständnis dieser Phänomene aufgezeigt. Mit einer Kombination aus Röntgenstreuexperimenten und atomistischen Computersimulationen konnten die beschriebenen Vorgänge erstmals auf atomarer Ebene sichtbar gemacht und neue Möglichkeiten hin zu optimierten Elektrodenmaterialien aufgezeigt werden.

Wie funktioniert die Energiespeicherung? Die effiziente und schnelle Speicherung von elektrischer Energie spielt die entscheidende Rolle für eine nachhaltige Energieversorgung basierend auf grünen Technologien. Dies trifft sowohl für neue Formen der Energieerzeugung als auch für die E-Mobilität oder die Mikroelektronik zu. Superkondensatoren sind moderne Energiespeicher, welche im Vergleich zu Batterien viel schneller und öfter geladen und entladen werden können. E-Busse, Flugzeugtüren oder Systeme zur Bremsenergie-Rückgewinnung funktionieren bereits heute mit dieser ultraschnellen Speichertechnologie. Obwohl im prinzipiellen Aufbau einer Batterie nicht unähnlich, basiert die Speicherung der elektrischen Energie auf einem rein physikalischen Prinzip: Positive und negative Ladungsträger ziehen sich an der Grenzfläche zwischen Elektrode und Elektrolyt elektrostatisch an und ermöglichen so die Speicherung von elektrischer Energie. Um möglichst viel Energie zu speichern, bestehen Elektroden von Superkondensatoren daher aus hochporösem Kohlenstoff, welcher pro Gramm des Materials eine unvorstellbar große Oberfläche von mehreren Tausend Quadratmetern aufweist. Die winzigen Poren innerhalb des Kohlenstoffs sind dabei mit weniger als einem Millionstel Millimeter kaum größer als die Ionen selbst.

Nutzung von Großforschungsanlagen Für ihren völlig neuen experimentellen Ansatz nutzten die Leobener Forscher die hochintensive Röntgenstrahlung der TU Graz Beamline am Synchrotron ELETTRA in Triest. Um auf die Vorgänge im Inneren des Elektrodenmaterials in-situ, das heißt während des Ladens und Entladens des Superkondensators, zu blicken, wird jede Sekunde ein Bild der an den Atomen und Molekülen gestreuten Röntgenstrahlen aufgenommen. "Der Informationsgehalt solcher Daten ist viel höher als bei einfachen elektrochemischen Experimenten. Aufgrund der Komplexität des Systems gestaltet sich deren Interpretation jedoch als äußerst schwierig. Daher haben wir eine neue Methode entwickelt, in dem mithilfe einer atomistischen Simulation die gemessenen Daten quantitativ erklärt werden. Wir sind somit in der Lage die Positionen der Ionen innerhalb der komplexen Porengeometrie live, während des Lade- und Entladevorgangs, zu verfolgen," erläutert Dipl.-Ing. Christian Prehal, der dieses vom Österreichischen Klima- und Energiefonds geförderte Projekt als Dissertant am Institut für Physik der Montanuniversität Leoben bearbeitet. Mithilfe der neuen Methode zur Datenanalyse konnte der grundlegende Mechanismus der ionischen Ladungsspeicherung erstmals experimentell verifiziert werden. Interessanterweise erfolgt die Ladungsspeicherung gerade dort am effektivsten, wo eine Pore dem Ion eigentlich am wenigsten Platz bietet. Wassermoleküle, die jedes Ion in wässriger Lösung normalerweise "mit sich schleppt", werden dabei abgestreift, um auch in den aller kleinsten Poren Platz zu finden. Dadurch können Voraussagen über Werkstoffe mit optimaler Porengeometrie für die Anwendung als Superkondensatorelektrode getroffen werden. Über diese erstmals direkt experimentell nachgewiesenen Phänomene berichten die Forscher aktuell im Fachblatt "Nature Energy".

"Obwohl Lithium-Ionen-Akkus höhere Energiedichten aufweisen, stellen Superkondensatoren überall dort eine echte Alternative dar, wo besonders hohe Leistungen, d. h. extrem kurze Lade- und Entladezeiten gefragt sind. Die neu entwickelte Mess- und Analyseverfahren sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse könnten mittelfristig auch für eine Vielzahl verwandter Technologien, wie etwa der kapazitiven Meerwasserentsalzung oder für Batterien, von großer Bedeutung sein", fasst Univ.-Prof. Dr. Oskar Paris vom Institut für Physik der Montanuniversität Leoben zusammen. "Außerdem muss betont werden, dass die entwickelten Methoden ohne die Möglichkeit der Nutzung internationaler Großforschungsanlagen wie ELETTRA in Triest oder die Europäische Synchrotronquelle ESRF in Grenoble, sowie der Einsatz von Großrechenanlagen wie dem HPC Cluster in Leoben gar nicht möglich wären. Wir und viele andere Forscher in Österreich nutzen die einzigartigen Möglichkeiten dieser Großforschungsanlagen, um gesellschaftlich relevante Themen wie Energie, Mobilität oder Gesundheit voranzubringen", erläutert Paris abschließend.

Wissenschaftler, die an dem Projekt beteiligt sind:

Christian Prehal, Christian Koczwar, Oskar Paris, Institut für Physik, Montanuniversität Leoben, Leoben, Austria

Nicolas Jäckel, Anna Schreiber, INM - Leibniz Institut für neue Materialien, Campus D2 2, 66123 Saarbrücken, Deutschland

Volker Presser, INM - Leibniz Institut für neue Materialien, Campus D2 2, 66123 Saarbrücken, Deutschland, Fachrichtung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, Universität des Saarlandes, Campus D2 2, 66123 Saarbrücken, Deutschland

Heinz Amenitsch, Max Burian, Institut für Inorganische Chemie, Technische Universität Graz, Stremayrgasse 9/IV, 8010 Graz, Österreich

Markus A. Hartmann, Universität Wien, Fakultät für Physik, Boltzmanngasse 5, 1090 Wien, Österreich

Rückfragehinweis:

Dipl.-Ing. Christian Prehal

Institut für Physik

Tel.: 03842/402-4624

christian.prehal@unileoben.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Oskar Paris

Institut für Physik

Tel.: 03842/402-4600

oskar.paris@unileoben.ac.at

Link zur Online Version: <http://dx.doi.org/10.1038/nenergy.2016.215> (<http://dx.doi.org/10.1038/nenergy.2016.215>)