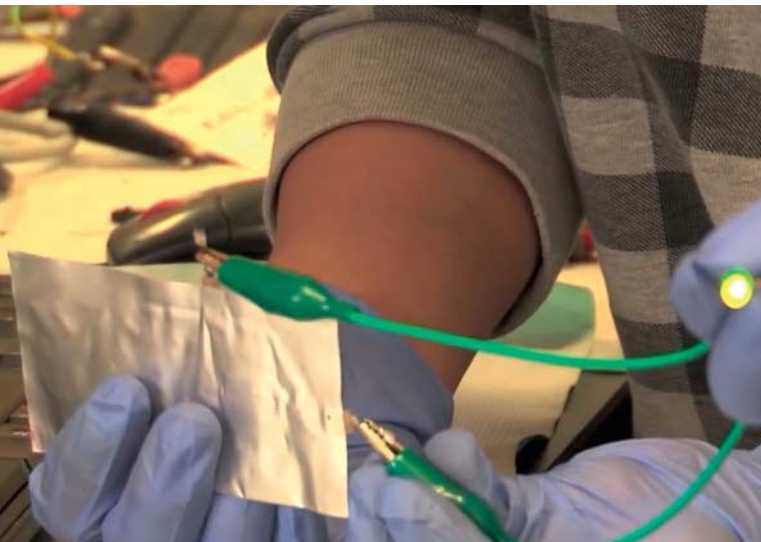




Florian Müssig

Schnellladender Aluminium-Ionen-Akku

Forscher der Universität Stanford (Kalifornien) berichten von großen Fortschritten bei der Entwicklung von Aluminium-Ionen-Akkus – einem elektrochemischen System jenseits von Lithium-Ionen, Nickel-Metallhydrid oder Blei.

Bisherige Versuche mit Aluminium-Ionen-Akkus hatten etliche Probleme aufgezeigt, etwa nur geringe nutzbare Spannungen um die 0,5 Volt sowie niedrige Zyklenstabilität: Nach weniger als 100 Zyklen war die Kapazität mitunter um 85 Prozent gesunken oder die Kathode zersetzte sich. In der Online-April-Ausgabe der Wissenschaftszeitschrift *Nature* haben Stanford-Forscher nun eine Zelle auf Aluminium-Basis vorgestellt, die diese Probleme nicht mehr aufweist: Sie liefert aufgrund einer anderen Chemie um 2,0 Volt und übersteht viele Zyklen ohne Kapazitätsverlust oder Dendritenbildung.

Letzteres ist bemerkenswert, da als Anode eine Aluminiumfolie zum Einsatz kommt. Bei Lithium-Ionen-Batterien funktioniert metallisches Lithium nur für Einwegzellen: Bei einem Akku mit Lithium-Elektrode würde eine Dendrit genannte metallische Spitze durch den Separator wachsen und die Zelle irreparabel kurzschließen.

Als Kathode verwendeten die Stanford-Forscher zunächst pyrolytisches Graphit. In diesen werden die im Elektrolyt gelösten

Ionen (Tetrachloroaluminat, Hep-tachlorodialuminat) beim Laden der Zelle eingelagert, ohne dass sich das Kathodenvolumen dabei übermäßig ändert. Natürlicher Graphit mit seiner strengen Kristallstruktur würde sich beim Einlagern der Ionen hingegen auf das 50-fache aufblähen.

Als Elektrolyt kam eine organische Lösung von Aluminiumchlorid zum Einsatz. Sie muss extrem wasserarm sein, weil es sonst zu unerwünschten Nebeneffekten wie Wasserstoff-Bildung kommt. Praktisch wasserfreie Elektrolyten sind allerdings nichts Besonderes und bei Lithium-Ionen-Zellen Standard.

Wie bei Lithium-Ionen-Akkus muss auch mit Aluminium eine maximale Ladespannung strikt eingehalten werden; die Forscher haben sie auf 2,45 Volt festgelegt. Bei Spannungen jenseits von 2,6 Volt zersetzt sich der Elektrolyt.

Kathodenschaum

Bei Ladetests stellten die Forscher fest, dass die Zellkapazität stark zurückging, wenn man sie mit Laderaten über 1 C betrieb –

also dem Strom, der zum vollständigen Auf- oder Entladen innerhalb einer Stunde notwendig ist. Es zeigte sich, dass dies auf die langsame Diffusion der großen Chloroaluminat-Moleküle zwischen die Graphitschichten zurückzuführen war. Um die Zelle hochstromfähig zu bekommen, änderten sie deshalb das Kathodenmaterial in Graphitschaum.

Dessen extrem poröse Graphitstruktur wird von Elektrolyt durchspült, sodass die einzulagernden Moleküle nur kurze Wege vom Elektrolyt zum endgültigen Speicherplatz zurücklegen müssen. Dadurch kann mit deutlich höheren Strömen geladen werden: Solch eine Zelle liefert ähnlich hohe Spannungen und Kapazitäten wie die Anfangszelle mit pyrolytischem Graphit, auch wenn sie mit enorm hohen Raten von bis zu 75 C betrieben wird – also dem vollständigen Laden oder Entladen in weniger als einer Minute. Zudem war auch nach 7500 Zyklen mit 60 C kein Kapazitätsverlust feststellbar. Bei Lithium-Ionen-Akkus sind 15 Prozent Kapazitätsverlust nach 1000 Zyklen durchaus gängig.

Weitere Vorteile des Aluminium-Akkus im Vergleich zu Lithium-Ionen-Akkus sind ein deutlich niedrigerer Materialpreis und eine höhere Sicherheit, weil sich die verwendeten Komponenten nicht selbst entzünden. Zudem ist der Akku flexibel.

Dennoch ist ein Abgesang auf Lithium-Ionen-Akkus verfehlt: Der Alu-Akku hat eine spezifische Energiedichte von gerade einmal 40 Wh/kg. Bei beschränkten Platzverhältnissen, wie sie bei Notebooks oder Smartphones vorherrschen, würde dies auf nur ein Fünftel der Laufzeit hinauslaufen. Um den schnellladenden Alu-Akkus in diesem Marktsegment zum Durchbruch zu verhelfen, wäre mindestens ein flächendeckendes Netz aus Lade-

stationen notwendig, an dem man mehrmals am Tag Energie nachtankt – sei es beim Warten auf den Bus oder auf den Bürger.

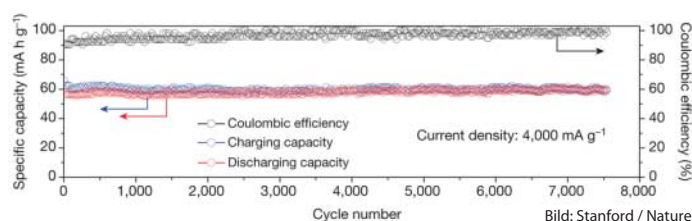
Mit seinen hohen Lade- und Entladeströmen könnte der Alu-Akku hingegen eine Alternative zu Superkondensatoren werden – oder auch zu Blei-Akkus: Letztere haben nicht nur eine ähnliche Energiedichte, sondern auch dasselbe Zellspannungsniveau um 2 Volt.

Lithium-Zukunft

Für hohe Kapazitäten führt auf absehbare Zeit weiterhin kein Weg an Lithium-Ionen-Akkus vorbei. Auch dort steht die Forschung nicht still: Neuere Graphit-Anoden enthalten kapazitätssteigernde Zusätze wie Zinn oder Silizium. Bei den Kathodenmaterialien stehen einige Kandidaten für Zellen mit noch höherer Spannung bereit, was wiederum höhere Kapazitäten erlaubt. Allerdings fehlt für solche Zellen weiterhin ein Elektrolyt, der diese hohen Spannungen bis 5 Volt vertragen würde, ohne sich dabei zu zersetzen.

Alternative Lithium-Systeme wie Lithium-Schwefel oder Lithium-Luft warten weiterhin auf einen Durchbruch. Die größten Baustellen sind weiterhin die geringe Zyklenanzahl (Dendritengefahr) und die niedrigen Stromstärken (reiner Schwefel isoliert hervorragend). Massenprodukte erwarten Experten hier erst in fünf bis zehn Jahren.

Beim Lithium-Luft-System, welches für nach 2030 anvisiert ist, macht sich unter den Forschern mittlerweile eher Resignation breit. In den letzten Jahren betrieb man zwar viel Grundlagenforschung, doch man fand eher weitere Probleme denn Lösungen. Manche Experten bezweifeln derzeit sogar, ob man überhaupt jemals Lithium-Luft-Akkus außerhalb von Laboren haben wird. (mue@ct.de)



Extreme Zyklenstabilität: Auch nach 7500 Zyklen bei Lade- und Entladeraten von 60 C bleibt die Zellkapazität des Aluminium-Akkus konstant (mittlere Linien).