

# Die Alternative zu Teslas 'Powerwall'

Wiederaufladbare Batterien auf der Basis von Kochsalz sind zwar noch nicht so verbreitet wie Lithium-Ionen-Akkus, aber für ausgewählte Zwecke leisten sie schon heute gute Dienste. Ein Physiker aus dem Kanton Bern entwickelt die Technologie nun für die Heimanwendung weiter: Ein Salz-Akku mit 7 kWh Speicherkapazität soll es Inhabern von Photovoltaik-Anlagen erlauben, den eigenen Solarstrom auch nachts und bei schlechtem Wetter selber zu nutzen.



*Dr. Cord-Henrich Dustmann mit der von ihm entwickelten Salzatterie-Flachzelle. 126 Flachzellen dieser Art sollen – in einer grösseren Ausführung und in Serie geschaltet – einen Stromspeicher für Eigenheimbesitzer mit Photovoltaik-Anlage ergeben. Foto: B. Vogel*

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Viele Betreiber von Photovoltaik-Anlagen wollen einen möglichst grossen Anteil ihres Stroms auch selber nutzen. Dafür benötigen sie Akkumulatoren, die den Solarstrom für Stunden oder Tage speichern, bis er gebraucht wird. Stromspeicher für den Hausgebrauch mit 2 bis 10 kWh Kapazität sind heute auf dem Markt verfügbar, in der Regel als Blei- oder als Lithium-Ionen-Akkus. Mit Verkaufspreisen von 10 000 bis 15 000 Fr.

sind sie aber noch ziemlich teuer. Zudem existieren gegen Lithium-Ionen-Akkus Sicherheitsbedenken, genährt beispielsweise durch Brände, wie sie Anfang 2013 bei Dreamlinern von Boeing für Schlagzeilen sorgten.

„Wir wollen mit der Salzatterie einen Akku auf den Markt bringen, der nicht nur günstiger ist als die bisher verfügbaren Batterien, sondern auch sicherer als die Lithium-Ionen-Technologie“, sagt Dr. Cord-Henrich Dustmann. Dustmann hat in Berlin und Karlsruhe Physik studiert, befasste sich später bei ABB

## 2 Die Alternative zu Teslas 'Powerwall'

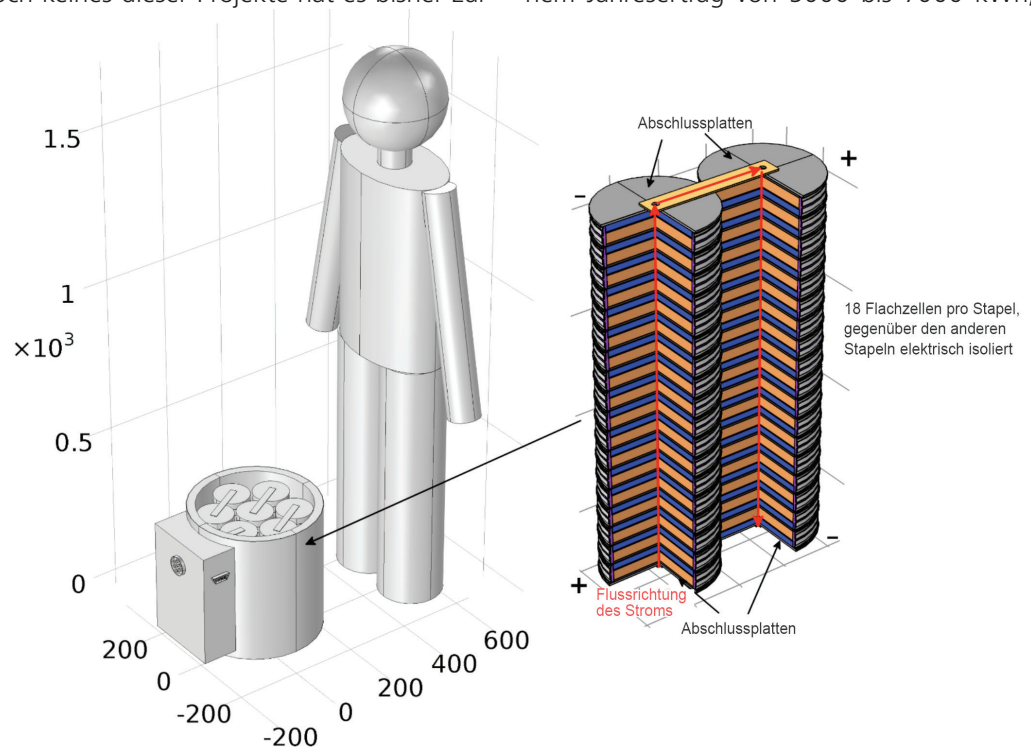
Mannheim über Jahre mit supraleitenden Magneten und Natrium-Schwefel-Batterien, und fand schliesslich zur Salzspeichertechnologie. Seit 2011 hat der deutsche Batterieexperte in Meiringen (BE) an einem ehemaligen Armeestandort unter dem Namen Battery Consult GmbH ein Entwicklungszentrum für Salzbatterien aufgebaut. Mit neun jungen Mitarbeitern und finanzieller Unterstützung des Bundesamts für Energie forscht der 70jährige hier an der Fortentwicklung eines Akku-Typs, der bisher unter den Hersteller-namen ZEBRA, SoNick oder Durathon für die Notstromversorgung für Mobilfunkstationen, als Netzspeicher, für Elektrobusse und auch im Rettungs-U-Boot von Rolls-Royce (Submarine Rescue Vehicle) eingesetzt wird.

### Proof of concept für eine Flachzelle

Jetzt sitzt Cord-Henrich Dustmann am Besprechungstisch und zeigt dem Besucher einen zylinderförmigen Gegenstand von etwa 30 mm Durchmesser. Es ist eine Salzbatterie in der Form einer Flachzelle. „Viele haben vor uns versucht, eine solche Flachzelle zu bauen, doch keines dieser Projekte hat es bisher zur

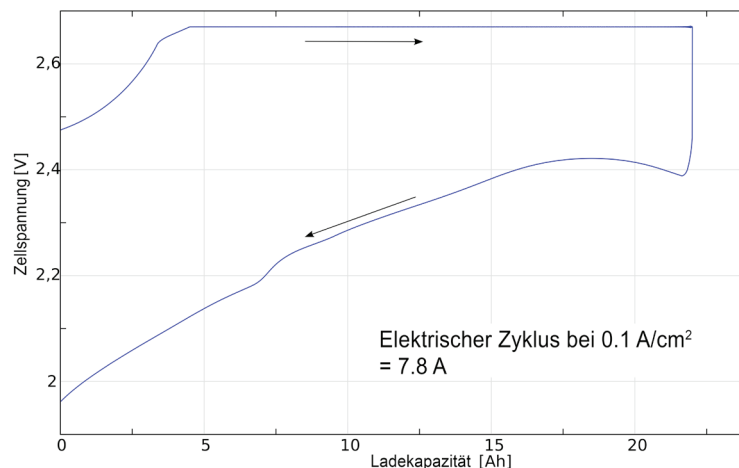
Marktreife geschafft“, sagt Dustmann. Bisher werden Salzzellen ausschliesslich in Röhrenform gebaut. Flachzellen verwenden dasselbe Funktionsprinzip, lassen sich dank ihres innovativen Designs aber kostengünstiger fertigen. Mit dem kleinen Zylinder, den der Geschäftsführer der Battery Consult GmbH zwischen den Fingern hält, ist ihm der *proof of concept* gelungen: die Flachzelle arbeitet mit einer Spannung von 2,58 V und kann 1,5 Ah Strom speichern.

Diese Flachzelle funktioniert, aber erst im kleinen Massstab. Im nächsten Schritt will das Entwicklerteam die Zelle daher von 30 auf 100 mm Durchmesser und eine Speicherkapazität von 23 Ah vergrössern. 18 dieser Zellen sollen dann übereinandergestapelt, und sieben solcher Stapel zu einer Batterie vereinigt werden: Insgesamt 126 in Serie geschaltete Salzbatteriezellen wären dann in der Lage, bei einer Spannung von 325 Volt insgesamt 7 kWh elektrische Energie zu speichern. „Dieser Batteriespeicher passt ideal zu einer PV-Anlage mit beispielsweise 7 kWp und einem Jahresertrag von 5000 bis 7000 kWh,



Konzept der Salz-batterie für den kommerziellen Einsatz: Sieben Stapel mit jeweils 18 Flachzellen werden zu einem Batteriemodul vereinigt, das über eine Speicherkapazität von 7 kWh verfügt. Illustration: Battery Consult

### 3 Die Alternative zu Teslas 'Powerwall'



Lade-Entlade-Kurve einer Salzbatte-rie-Flachzelle mit einer Speicherkapazität von 23 Ah: Der Ladevorgang erfolgt bei einer höheren Spannung, als man die Zelle anschliessend entladen kann. Grafik: Battery Consult

wie sie für Einfamilienhäuser typisch ist“, sagt Dustmann, „damit schaffen die Betreiber den Tag-Nacht-Ausgleich, und die Spannung von 325 Volt erlaubt eine kostengünstige Anbindung ans Stromnetz. Mit diesem Batteriespeicher können PV-Produzenten ihren Selbstversorgungsgrad von 30 auf 70 % steigern.“

#### Bedarf an dezentralen Speichern

Die Vision von Cord-Henrich Dustmann klingt überzeugend – warum ist sie nicht schon Realität? Die Anfänge der Technologie reichen doch bis in die 1980er Jahre zurück, als zuerst die Natrium-Schwefel-Batterie und daraus später die Salzbatte-rie mit Kochsalz als positiver Elektrode entstand. Nach Auffassung von Dustmann hat die Lithium-Technologie der Salzbatte-rie in den 1990er Jahren den Rang abgelaufen, weil Sony die Lithium-Akkus für ihre Videokameras brauchte. Mit Blick auf diese Anwendung sei die Lithium-Technologie mit Nachdruck entwickelt worden und habe ihre heutige, weite Verbreitung gefunden. Die Entwickler der Salzbatte-rie (damals: ZEBRA-Batterie) dagegen hätten von einer solchen Nachfrage nicht profitieren können. Sie hätten auf den Einsatz in Elektromobilen gesetzt, wo damals aber noch nicht der nötige Bedarf bestand. Jetzt aber sei die Stunde für die Salzbatte-rie gekommen, ist Dustmann überzeugt – als Speicher für erneuerbaren Solarstrom.

Eine Salzbatte-rie besteht aus zwei Elektroden und einem sie trennenden Elektrolyten. Die Materialien sind so gewählt, dass sie die che-

mische Speicherung von Strom ermöglichen (siehe Textbox unten). Um eine Salzbatte-rie zu bauen, braucht man zwei Salze (Kochsalz und Aluminiumchlorid), Metall (Eisen und/oder Nickel) sowie das Rohmaterial für die Keramik des Elektrolyten (Aluminiumoxid). All diese Rohstoffe sind rund um den Globus an vielen Orten in grossen Mengen verfügbar, die Materialien sind relativ günstig und am Ende der Lebenszeit des Akkus gut rezyklierbar.

Heute sind Salzbatte-rien noch etwas teurer als die in grossen Stückzahlen produzierten Lithium-Ionen-Akkus. Batterieentwickler Dustmann ist aber überzeugt, den Preis pro kWh Speicherkapazität auf unter 500 Franken drücken zu können – dank tiefer Produktionskosten für das Flachzellen-Design, aber auch dank einer günstigeren Dichtung. Für die 7 kWh-Batterie schweben ihm Herstellungskosten von rund 3500 Fr. vor.

#### Im Wettbewerb mit Tesla

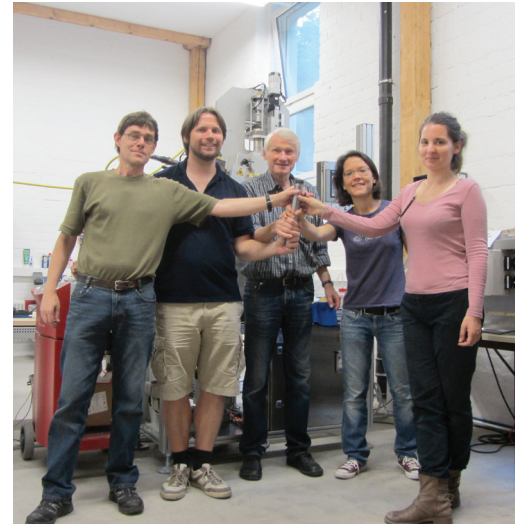
Diese 3500 Fr., die der Batteriepionier aus Meiringen in den Raum wirft, klingen wie die Kampfansage von David gegen Goliath. 3500 Fr., das ist nur wenig mehr als jene 3000 USD, die der Lithium-Ionen-Akku kosten soll, mit dem der kalifornische Batteriehersteller Tesla ab Sommer 2015 den Markt der dezentralen Stromspeicherung erobern will. 3000 USD für die 7 kWh-Version des 'Powerwall' genannten Akkus, so hatte es Tesla-CEO Elon Musk im Frühjahr angekündigt. Im nächsten Jahr soll im US-Bundesstaat Nevada dann

## 4 Die Alternative zu Teslas 'Powerwall'

eine fünf Milliarden USD teure Fabrik in Betrieb gehen, die den Markt mit preisgünstigen Batterien versorgen soll.

Der Batteriepionier aus Meiringen glaubt trotzdem an die Chance der Salzatterie. „Wir wollen die Alternative sein für jene Leute, die bereit sind, etwas mehr für einen sicheren Batteriespeicher zu bezahlen“, sagt er in Anspielung auf die bei Lithium-Ionen-Batterien beobachteten Brände. Bis in drei Jahren will er mit dieser Alternative am Markt sein. Bis es soweit ist, muss das Upscaling der vorliegenden Flachzelle zu einem 14 mal leistungsfähigeren Prototypen gelingen. Liegt der Prototyp eines dezentralen Stromspeichers vor, steht der Bau einer Produktionsanlage an. Zur Zeit verhandelt Dustmann mit Investoren, die seine Vision eines stark wachsenden Marktes für die Speicherung erneuerbarer Energien teilen. Die Wettbewerber, die an derselben Batterietechnologie arbeiten, sind industrielle Schwergewichte wie die italienische FIAMM-Gruppe oder die US-amerikanische General Electric.

- » Auskünfte zu dem Projekt erteilt Martin Pulfer (martin.pulfer[at]bfe.admin.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Akkumulatoren und Superkondensatoren.
- » Weitere Informationen zur Salzatterie: [www.batteryconsult.ch](http://www.batteryconsult.ch)
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Akkumulatoren und Superkondensatoren finden Sie unter: [www.bfe.admin.ch/CT/strom](http://www.bfe.admin.ch/CT/strom)



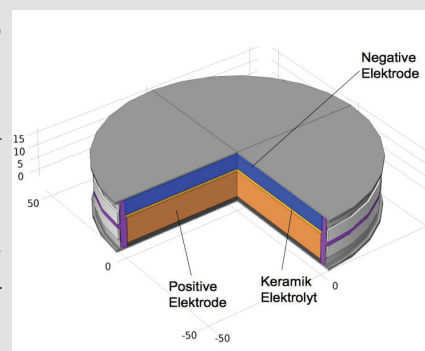
*Das Team der Battery Consult GmbH. In der Mitte Geschäftsführer Dr. Cord-Henrich Dustmann. Foto: Alex Leuthold*



### So funktioniert die Salzatterie

Wiederaufladbare Batterien (Akkumulatoren) haben sich in den letzten Jahrzehnten rapide entwickelt: Auf den Blei-Akku folgte der Nickel-Cadmium-Akku und der Nickel-Metallhydrid-Akku. Ab den 1990er Jahren trat dann der Lithium-Ionen-Akku seinen Siegeszug an. Letzterer findet heute breite Verwendung in Handys, Laptops oder in Elektroautos. Sein Name rührt daher, dass seine negative Elektrode aus in Kohlenstoff eingelagertem Lithium besteht und dass Lithium-Ionen beim Laden und Entladen zwischen den Elektroden ausgetauscht werden und so die Grundlage für die chemische Stromspeicherung bilden. In der Salzatterie wird die Aufgabe der Lithium-Ionen durch Natrium-Ionen übernommen. Da das Natrium in der positiven Elektrode mit Chlor zu Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ , bekannt als Kochsalz) gebunden ist, wird die Natrium-Ionen-Batterie auch als Salzatterie bezeichnet. Die Salzatterie besteht aus zwei metallischen (und damit elektrisch gut leitenden) Elektroden, getrennt durch einen ausschliesslich Ionen leitenden Elektrolyten.

*Im Fall des Flachzelle von Battery Consult besteht die positive Elektrode (orange) aus Salz ( $\text{NaCl}$ ) und einem Metall wie Eisen ( $\text{Fe}$ ) und/oder Nickel ( $\text{Ni}$ ). Die negative Elektrode (blau) besteht aus Natrium ( $\text{Na}$ ). Getrennt werden die beiden Elektroden durch den Elektrolyten, bestehend aus einer Beta-Keramik (eine Kristallstruktur aus Aluminiumoxid/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); dieser Stoff ist leitfähig für (positiv geladene) Natrium-Ionen, nicht aber für (negativ geladene) Elektronen. Grafik Battery Consult*



Dieses chemische Setting eignet sich ausgezeichnet als Speicher für Elektrizität: Wird an den beiden Elektroden der Flachzelle eine Ladespannung angelegt, bricht das Natriumchlorid der positiven Elektrode (orange) auf, es entstehen Natrium-Ionen (positiv geladene Teilchen), die durch den Elektrolyten zur negativen Elektrode (blau) wandern und dort durch Aufnahme von Elektronen aus dem Ladestrom zu Natrium reduziert werden. Ist diese chemische Reaktion abgeschlossen, ist der Akku geladen. Die chemische Verbindung in der positiven Elektrode ist jetzt auf einem höheren Energieniveau, daher läuft – werden nun die beiden Pole der Batterie über einen Stromkreis verbunden – der gegenläufige Vorgang ab: Die Natrium-Ionen wandern von der negativen zur positiven Elektrode, gleichzeitig fliesst durch den Stromkreis der Entladestrom: die Batterie liefert Strom.

Bleibt noch ein Schlüsselement der Salzatterie: Damit die positive Elektrode über die erforderliche Leitfähigkeit verfügt, muss in ihr ein zusätzlicher Stoff (Natriumaluminiumchlorid/ $\text{NaAlCl}_4$ ) vorhanden sein. Dieses Salz stellt die erforderliche Leitfähigkeit für Natrium-Ionen sicher, allerdings nur, wenn es geschmolzen ist. Das ist auch der Grund, warum Salzatterien bei hohen Temperaturen betrieben werden müssen, im Fall der Flachbatterie von Battery Consult bei  $250\text{ }^\circ\text{C}$ . Die dafür nötige Wärme muss zur Inbetriebnahme von aussen zugeführt werden und stammt während des Betriebs aus dem chemischen Prozess. Salzatterien kann man durch einfaches Abkühlen ausschalten, was ihre Sicherheit verbessert. BV

### Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH- 3063 Ittigen, Postadresse: CH-3003 Bern  
Telefon +41 (0)58 462 56 11, Fax +41 (0)58 463 25 00  
cleantech@bfe.admin.ch, www.bfe.admin.ch