

Abs	Neue Energie (4 / 2014)	ee-news (2.4.2014)	Abs
	Strom aus Sand und Luft (Sascha Rentzing)	Der Trend ist gesetzt: <u>Elektroautos kommen auf Touren</u> (Sascha Rentzing)	
0	Lithium-Ionen-Akkus haben sich als Energiespeicher etabliert, doch Wissenschaftler gehen neue Wege: Batterien mit Kathoden aus Sauerstoff können ein Vielfaches der Energiemenge heutiger Systeme speichern. Bis zur Marktreife ist es aber noch weit.	(©SR) Bisher sind nur wenig Stromer auf den Strassen zu sehen, sowohl in Deutschland wie auch in der Schweiz. Doch das dürfte sich bald ändern: Hersteller rüsten ihre Flotten mit batteriebetriebenen Autos auf, Akkus werden leistungsfähiger und auch die Politik erwägt eine bessere Förderung, so in Deutschland, aber auch in China. Die Schweiz aber denkt über eine Pauschalabgabe für Elektroautos für die Finanzierung der Strasseninfrastruktur nach.	0
1	Zu wenige Ladesäulen, zu teure Batteriespeicher – das sind die beiden wesentlichen Gründe dafür, dass die Elektromobilität bisher kaum vom Fleck kommt. Zumindest die Kostensituation dürfte sich bald entspannen: Nach aktuellen Zahlen des Bundesverbands eMobilität (BEM) ist der Preis für Lithium-Ionen-Akkus in den vergangenen drei Jahren von 800 Euro pro Kilowatt auf 200 Euro zurückgegangen. Weitere Preissenkungen sind absehbar. So plant der amerikanische Elektroautobauer Tesla in den USA eine riesige Batteriefabrik für vier bis fünf Milliarden Dollar. In dem Werk sollen ab 2017 Lithium-Ionen-Akkus um ein Drittel günstiger gefertigt werden als heute.	Über den BMW i3 sind die Menschen geteilter Ansicht. Manche Autofahrer recken im Vorbeifahren den Daumen hoch, andere fragen an der Ampel ungläubig: „Das ist nur ein Konzeptauto, oder?“ Nein, der i3 ist kein Konzept, sondern BMWs erstes für den Elektrobetrieb optimiertes Grossserienfahrzeug.	1
		Kurve Richtung Nachhaltigkeit	
2	Von den Fortschritten in der Elektromobilität profitiert auch die Erneuerbaren-Branche. Woher kommt der Strom, wenn sich Wind und Sonne rar machen? Kostengünstige Lithium-Ionen-Batterien, die überschüssige Ökoenergie zwischenspeichern, bieten eine Lösung. Sie eignen sich vor allem für den Einsatz in Haushalten und Gewerbebetrieben, die sich komplett mit Sonnenstrom vom eigenen Dach versorgen wollen.	Das Elektroauto soll das typische BMW-Design auf zeitgemässe Art widerspiegeln: Die markante Niere, die charakteristische Sickelinie, die sich aus der Front kommend in Richtung Heck zieht, sind zwar geblieben, doch hat der Münchner Autobauer mit dem i3 sichtbar die Kurve in Richtung Nachhaltigkeit genommen. Nicht Glanz und Chrom bestimmen sein Äusseres, sondern natürliche Farben und Komponenten aus nachwachsenden Rohstoffen, etwa Türtafeln aus Hanf oder Sitze aus Wolle.	2
		Alles andere als brav	
3	Trotz der schnellen Fortschritte gelten Lithium-Ionen-Akkus jedoch nur als Einstiegslösung. Kaum steht ihre breite Markteinführung bevor, suchen Wissenschaftler bereits nach noch leistungsstärkeren Batterien. Eine Technik steht im Fokus – so genannte Lithium-Luft-Batterien. Sie können eine Energiedichte von 1.000 Wattstunden je Kilogramm erreichen, also fünfmal mehr Energie speichern als heutige Lithiumbatterien.	Das Wesen des i3 ist jedoch alles andere als brav. Mit 125 kW (170 PS) Leistung treibt der Elektromotor den Wagen in drei Sekunden von 0 auf 60 Kilometer pro Stunde. Während Fahren konventioneller Fahrzeuge noch im Getriebe rühren oder darauf warten, dass der Motor Druck und Drehzahl aufbaut, gleitet der Fahrer im i3 bereits mit Stadtgeschwindigkeit dahin – kaum hörbar und ohne Vibrationen. Angst vor dem Abheben braucht man jedoch nicht zu haben. Bei Tempo 150 dreht die Steuerungselektronik dem Motor automatisch den Strom ab.	3
		6 Monate Lieferfrist	

Abs	Neue Energie (4 / 2014)	ee-news (2.4.2014)	Abs
4	<p>[-> 13 Statt aus Graphit oder Lithium-Titanat besteht ihre Anode – der Pluspol – aus Lithiummetall, als Kathode dient einfach Luft. „Sauerstoff wird je nach Bedarf in die Batterie gesogen, anstatt fester Bestandteil zu sein. Das macht sie leicht und kompakt“, erklärt Kai-Christian Möller, Leiter der Projektgruppe Elektrochemische Speicher am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT).]</p>	<p>Offensichtlich ist es die Mischung aus Ressourcen-Verantwortung und Geschwindigkeit, die den i3 so begehrt macht. Bei rund 11'000 Bestellungen, von denen Konzernchef Norbert Reithofer am Rande des Autosalons Genf im März sprach, müssen sich Kunden auf ein halbes Jahr Wartezeit einstellen. Es drohen noch grössere Verzögerungen, wenn der i3 auch in anderen Märkten in Asien oder in den USA zum Renner wird. Das ist durchaus das Ziel. Bei BMW heisst es, man wolle überall da präsent sein, wo es heute schon akzeptable Bedingungen für die E-Mobilität gebe.</p>	4
		Deutschland gerade mal 12'000 reine E-Mobile	
5	<p>Vor allem die Autoindustrie hat ein Auge auf die Lithium-Luft-Batterien geworfen, denn mit ihnen könnten Elektrofahrzeuge auf wesentlich höhere Reichweiten kommen. Schon 2020 soll die Technik in Elektromobile <i>einbaut</i> werden. „Wir hoffen, dass es in den nächsten fünf bis zehn Jahren gelingt, Lithium-Luft-Batterien als leistungsfähigste Lösung auf den Markt zu bringen“, sagt BEM-Präsident Kurt Sigl. Aber auch als Puffer für das Stromnetz gilt die Technik als vielversprechende Option. Dank ihrer hohen Energiedichte könnte sie große Mengen Wind- und Solarstrom auf engstem Raum speichern. Damit ließen sich Batteriesysteme bei gleicher Leistung erheblich kleiner dimensionieren.</p>	<p>Für BMW, das in den vergangenen Jahren jeweils mehr als eine Millionen Fahrzeuge verkauft hat, sind 11'000 Bestellungen nicht der Rede wert. Für die E-Mobilität ist das jedoch eine nicht unbeträchtliche Hausnummer. 2013 wurden in Deutschland 6051 E-Autos neu zugelassen, damit sind nun 12'000 reine E-Mobile registriert – bei insgesamt 43 Millionen Pkw fällt ihr Anteil kaum ins Gewicht. „Wir stehen erst am Anfang“, sagt Kurt Sigl, Präsident des Bundesverbands eMobilität (BEM).</p>	5
	Schwächen der Superbatterie	Norwegen ist weiter	
6	<p>Großes Manko der Metall-Luft-Batterien ist jedoch ihre geringe Lebensdauer. Beim Entladen verursachen elektrochemische Reaktionen an der Kathode und im elektrisch leitfähigen Elektrolyt irreversible Schäden – dadurch lässt sich die Batterie kaum wieder aufladen. Um das Problem zu lösen, untersuchen die Forscher am ICT die Reaktionsvorgänge an der Kathode. Die chemischen Abläufe sind äußerst komplex. „Wenn wir sie verstehen, sind wir der Kommerzialisierung ein großes Stück näher“, erklärt Möller. Beim Entladen geben die Lithium-Atome der Anode Elektronen ab und wandern dann als Lithium-Ionen durch einen Elektrolyten zur Kathode, wo sie mit Sauerstoff aus der Luft reagieren. Das Reaktionsprodukt – Lithiumperoxid – setzt sich dann an der Kathode ab. Um sich wieder aufzuladen, müsste die Zelle den während des Entladens aufgenommenen Sauerstoff wieder in die Atmosphäre abgeben, also bildlich gesprochen ‚atmen lernen‘. Damit sich dieser Prozess in Gang setzt, müssten die Wissenschaftler aber einen Weg finden, die beschädigte Kathode zu reaktivieren.</p>	<p>Dass Deutschland bei der E-Mobilität noch hinterher fährt, zeigt der Vergleich etwa mit Norwegen. Dort sind 17'000 E-Autos zugelassen, was bei nur fünf Millionen Einwohnern eine gute Quote ist. Sie ist Ergebnis konsequenter politischer Förderung. So verzichtet die norwegische Regierung beim Kauf eines E-Fahrzeugs bis 2017 auf die 25-prozentige Mehrwertsteuer.</p>	6

Abs	Neue Energie (4 / 2014)	ee-news (2.4.2014)	Abs
7	<p>[> 14 Im Verbundprojekt „Glanz“ (Durch Glas geschützte Anode und Zelle) widmen sich das Batterieforschungszentrum Meet der Universität Münster, Glasspezialist Schott sowie Rockwood Lithium, Varta Microbattery und Volkswagen einem anderen Problem. Eine Lithium-Luft-Batterie ist ein offenes System, das stetig von Luft durchströmt wird. Da seine Lithiummetall-Anode aber hochreaktiv ist, muss es vor äußeren Einflüssen geschützt werden. Die in gängigen Batterien verwendeten mikroporösen Kunststoffmembranen können diesen Schutz nicht bieten. Die Projektteilnehmer entwickeln daher einen neuen Separator aus Glaskeramik, der keine unerwünschten Reaktionen zulässt. Bereits dieses Jahr soll das von der Bundesregierung mit 5,6 Millionen Euro geförderte Vorhaben erste Ergebnisse liefern.]</p>	<p>5000 Elektrofahrzeuge in der Schweiz</p> <p>In der Schweiz erreichte der Bestand 2013 rund 5000 Elektrofahrzeuge, vom Personenwagen über leichte Nutzfahrzeuge bis zu Leichtfahrzeugen. Bei den Hybrid-Fahrzeugen waren es über 35'000. 1200 neue Elektropersonenwagen wurden 2013 zugelassen und mehr als 6700 Hybrid-Fahrzeuge. Susanne Wegmann, Geschäftleiterin von e'mobile, dem Schweizerischen Verband für elektrische und effiziente Strassenfahrzeuge erklärt: „Auch in der Schweiz befinden wir uns noch in einem Pioniermarkt. Wird ein neues Modell lanciert, kann dies in der Regel noch an den Statistiken abgelesen werden.“ Für Elektoraautos entfällt in der Schweiz beim Import die Automobilsteuer von 4%. In einigen Kantonen müssen die Besitzer auch keine Motorfahrzeugsteuern zahlen. Zudem wird auf Strom keine Mineralölsteuer erhoben wie beim Benzin und Diesel. Die Regierung denkt jedoch bereits laut darüber nach, in einigen Jahren für Elektoraautos eine Pauschalabgabe für die Finanzierung der Strasseninfrastruktur einzuführen.</p>	7
8	<p>An einer den Lithium-Luft-Batterien verwandten Technik arbeiten derweil Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich (FZJ). Sie nutzen als Anodenmaterial Silizium statt Lithiummetall. Es ermögliche die gleiche Energiedichte von 1.000 Wattstunden pro Kilogramm, stehe im Gegensatz zum seltenen Lithium aber in unerschöpflicher Menge zur Verfügung, sagt FZJ-Forscher Rüdiger Eichel. Derzeit werde im Institutsbereich Grundlagen der Elektrochemie nach Werkstoffen gesucht, mit denen die Silizium-Luft-Batterie so zuverlässig wie andere Stromspeicher werden könne.</p>	<p>China will abheben</p> <p>Auch China nimmt Fahrt auf. Das Land will bis 2020 fünf Millionen Stromer auf die Strassen bringen, fünf Mal mehr als die deutsche Bundesregierung bis 2020 plant. Die meisten von ihnen sollen am besten direkt in China hergestellt werden. Den Anfang macht in diesem Frühjahr der Denza, ein neues Premium-E-Fahrzeug, das ein Gemeinschaftsunternehmen des chinesischen Autoherstellers BYD und Daimler baut. Ab Sommer wollen die ersten Händler den Denza in Peking, Shanghai und Shenzen verkaufen. Ausserdem soll in China ein flächendeckendes Netz von Schnellladestationen installiert werden.</p>	8
9	<p>Obwohl die Wissenschaftler gut vorankommen, warnen sie vor verfrühter Euphorie. Olaf Wollersheim, Leiter des Projekts Competence E am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), rechnet nicht mit einer baldigen Kommerzialisierung der Technik. Im Rahmen von Competence E untersuchen die Experten verschiedene Batterietypen für die E-Mobilität und die Energiewirtschaft. „Wir sehen Metall-Luft-Batterien erst als Technik der übernächsten Generation. Es ist uns noch nicht möglich, sie nach dem ersten Entladen in den heilen Zustand zurückzusetzen“, erklärt Wollersheim.</p>	<p>In Deutschland kommt der Tankstellen-Ausbau dagegen nur langsam voran. Es gibt erst knapp 3000 öffentliche Ladesäulen, bis 2020 müssen es nach dem Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität aber schon 150'000 sein, um das politische Ziel von einer Million E-Autos zu erreichen.</p>	9
	<p>Leistungsstarke Alternativen</p>	<p>Trend ist gesetzt</p>	
10	<p>Vorher könnten sich andere Batterietypen durchsetzen, die in der derzeitigen Euphorie um</p>	<p>Trotz der Startschwierigkeiten glaubt BEM-Präsident Sigl an einen grossen Erfolg der E-</p>	10

Abs	Neue Energie (4 / 2014)	ee-news (2.4.2014)	Abs
	<p>die Luft-Batterien wenig beachtet werden. Lithium-Schwefel-Batterien etwa könnten nach Wollersheims Schätzung bereits in zehn Jahren marktreif sein. Im praktischen Einsatz lässt sich mit Lithium-Schwefel-Akkus eine spezifische Energie von 600 Wattstunden pro Kilogramm erreichen – also mehr als das Doppelte gängiger Lithium-Ionen-Akkus. Das Problem der Schwefelspeicher ist ihre Stabilität, die bisher noch keine annehmbaren Werte erreicht hat. Da sich Schwefel beim Laden ausdehnt und sich beim Entladen wieder zusammenzieht, wird die Kathode stark belastet.</p>	<p>Mobilität. Der Experte schätzt, dass bis 2020 sogar vier bis fünf Millionen voll oder teilweise elektrisch angetriebene Fahrzeuge auf deutschen Strassen unterwegs sein werden, also deutlich mehr als die deutsche Bundesregierung anstrebt. „Der Trend ist gesetzt. Hersteller, die bisher noch keine E-Autos anbieten, müssen ihm folgen“, sagt Sigl. In der Tat nimmt die Auswahl an E-Mobilen in Deutschland stetig zu. Neben BMW gibt es bereits eine Reihe weiterer Anbieter, darunter Ford, Nissan, Renault und VW.</p>	
		Tanken Vorzugsweise zu Hause	
11	<p>Dazu kommt, dass sich Schwefel im Elektrolyt löst und das Aktivmaterial somit verloren geht. Forschern des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) ist es nun aber gelungen, den Akku zu stabilisieren. So erreichten sie 1.400 Ladezyklen, und die Zelle hatte dann immerhin noch eine Kapazität von 60 Prozent des ursprünglichen Werts. Damit kommt die Technik zwar noch nicht an die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Akkus heran, die durchschnittlich etwa 7.000 Vollzyklen schaffen. Doch sind sie damit näher an der praktischen Anwendung als Luft-Batterien, die bisher noch in der Grundlagenforschung stecken.</p>	<p>Auch den Bedarf an öffentlichen Ladesäulen hält Sigl für überbewertet. Er beruft sich auf aktuelle Studien, nach denen E-Auto-Nutzer ihr Fahrzeug vorzugsweise zu Hause oder am Arbeitsplatz nachladen. BMW etwa liefere sein Fahrzeuge mit Ladeeinrichtungen für die heimische Garage aus. Für Tiefgaragen und Strassenlaternen gebe es Ladebuchsen, an denen Autofahrer ohne eigene Garage Fahrstrom nachladen könnten. Ausserdem sei zu erwarten, dass auf immer mehr Kundenparkplätzen Lademöglichkeiten entstünden.</p>	11
		Skaleneffekt verbilligt Batterien	
12	<p>Bereits kurzfristig könnten Natrium-Ionen-Batterien auf den Markt kommen. Die US-Firma Aquion Energy, eine Ausgründung der Carnegie Mellon University (CMU) aus Pittsburgh, will die Natrium Akkus bereits ab 2015 kostengünstig in Masse herstellen. CMU-Professor und Aquion-Gründer Jay Whitacre verspricht, die „Aqueos Hybrid Ion“-Technik (AHI) für weniger als 200 Dollar (144 Euro) pro Kilowattstunde, also günstiger als heutige Lithiumbatterien anzubieten. Das sei möglich, weil sich Aquion bei der Suche nach Elektrodenmaterialien auf günstige, leicht verfügbare Elemente wie Natrium und Kohlenstoff beschränkt habe statt vergleichsweise seltenes und teures Lithium zu verwenden, so Whitacre.</p>	<p>Schliesslich sorgten Skaleneffekte durch grössere Produktionsmengen dafür, dass Batterien immer günstiger werden. „Vor drei Jahren kostete ein Lithium-Ionen-Akku noch 800 Euro pro Kilowatt, heute liegt der Preis nur noch bei 200 Euro“, so Sigl. Und die Batterie-Lernkurve ist noch nicht am Ende angekommen. Autobauer Tesla plant in den USA eine gigantische Batteriefabrik. Die Kosten für die Akkus sollen so um weitere 30 Prozent sinken.</p>	12
		Mehr Reichweite dank Lithium-Luft-Batterien	
13	<p>Natrium-Ionen-Batterien brächten weitere Vorteile mit sich: So bleibe ihre Speicherfähigkeit selbst bei extrem schwankenden Temperaturen gleich. Sie könnten sogar in Wüstengebieten ohne Einschränkungen arbeiten. Das würde sie für einen Einsatz am Fuße von großen Sonnenkraftwerken prädestinieren, wie sie vor allem in heißen Regionen im Sonnengürtel der</p>	<p>Parallel arbeiten Wissenschaftler an technischen Innovationen, damit E-Autos auf höhere Reichweiten kommen. Besonderes Interesse gilt so genannten Lithium-Luft-Batterien. Sie können eine Energiedichte von 1000 Wattstunden pro Kilogramm erreichen – mehr als das Fünffache heutiger Lithiumbatterien.</p>	13

Abs	Neue Energie (4 / 2014)	ee-news (2.4.2014)	Abs
	Erde entstehen.		
		[< 4 Statt Grafit oder Lithium-Titanat besteht ihre Anode aus Lithiummetall, als Kathode dient einfach Luft. „Sauerstoff wird je nach Bedarf in die Batterie gesogen, anstatt fester Bestandteil zu sein. Das macht sie leicht und kompakt“, erklärt Kai Christian-Möller, Leiter der Projektgruppe Elektrochemische Speicher am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT).]	
14	Außerdem hat Aquion die Leistung und die Lebensdauer der Natrium-Ionen-Technik nach eigenen Angaben verbessert. Die Kathode besteht aus einer Natriumlegierung, die Anode aus einer Kohlenstoffverbindung. Dazwischen befindet sich ein flüssiger Elektrolyt, der nur positiv geladene Natrium-Ionen, also Atome, denen das eine oder andere Elektron fehlt, passieren lässt. Beim Aufladen wandern die Ionen von der Kathode zur Anode, beim Entladen kehrt sich der Vorgang um. Noch vor einigen Jahren sank die Speicherfähigkeit von Natrium-Ionen-Batterien bereits nach 50 Lade- und Entladevorgängen auf die Hälfte. Dank eines besseren Verständnisses der chemischen Abläufe hat Aquion das Problem laut Whitacre in den Griff bekommen: Die Akkus der Amerikaner schafften 5000 Vollzyklen und erreichten bei einem täglichen Ladevorgang eine Lebensdauer von mindestens zehn Jahren. Damit hätten sich die Natriumbatterien der Lithium-Ionen-Technik angenähert.	[< 7 Die Autoindustrie zeigt grosses Interesse an den neuen Super-Batterien. Im Verbundprojekt GLANZ (Durch Glas geschützte Anode und Zelle) beispielsweise suchen Volkswagen, das Batterieforschungszentrum MEET der Universität Münster, Glasspezialist Schott, Rockwood Lithium und Varta Microbattery nach Wegen, die Lithium-Luft-Batterien stabiler und haltbarer zu machen. „Wir hoffen, dass es in den nächsten fünf bis zehn Jahren gelingt, die Technik als leistungsfähigste Lösung auf den Markt zu bringen“, sagt Sigl.]	14
		Politisch veranlasste Vorrechte für E-Mobilität	
15	Auch sollen die neuen Natrium-Akkus besonders sicher sein. Anders als etwa die in den Siebzigerjahren vor allem in Deutschland entwickelte Natrium-Schwefel-Batterie, die eine Arbeitstemperatur von 300 bis 400 Grad Celsius hat und zu Explosionen neigt, arbeiten Aquion-Akkus bei Umgebungstemperatur – das mindert die Gefahr von Bränden deutlich. Da Aquion zudem eine Art Sole als Elektrolyten verwendet, können die Natrium-Ionen-Batterien leichter recycelt werden als Lithium-Ionen-Akkus, in denen ein organischer Elektrolyt steckt. Dank der Sole lässt sich schließlich auch die Produktion vereinfachen, was wiederum Kosten senkt. Die eingesetzten Maschinen werden normalerweise in der Nahrungsmittelherstellung verwendet. Batteriespeicher werden erst ab 2030 für das Energiesystem relevant – diese These vieler Energieexperten muss wohl überdacht werden.	Die deutsche Bundesregierung scheint den grossen Nutzen der E-Mobilität für die Energiewende allmählich zu erkennen. Deshalb plant sie „zur Unterstützung des Markthochlaufs“ weitere nutzerorientierte Anreize. „Bevorrechtigungen wie zum Beispiel freies Parken an Ladepunkten oder die Nutzung von Sonderspuren können ein wichtiger nicht-monetärer Anreiz für Elektromobilität sein“, erklärt Peter Sallandt, Leiter der Gemeinsamen Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung. Die Verkehrswende beginnt langsam.	15