

Die Rechnung, bitte!

ELEKTROMOBILITÄT Mit der Ökobilanz von Lithium-Ionen-Batterien hat die Empa die Basis geliefert, um Mobilitätsszenarien wissenschaftlich-technisch fundierter zu diskutieren.



HERBERT JOKA

Ein Auto, das keinen Auspuff benötigt, das leise vor sich hin säuselt und das wie in einem Science-Fiction-Film die Fantasie beflügelt, hat seinen Reiz. Denn wer wünscht sich nicht das «sündenfreie» vergnügliche Fahren zum ökologischen Nulltarif?

Die Idee, dass Sonnenlicht irgendwann direkt den Tiger im Tank aus dem Auto vertreibt, ist schön und gut. Sie führt bei Städteplanern, Umweltexperten, Politikern, Zukunftsforschern oder in der Autoindustrie zum Wettkampf der Visionen und Szenarien. Und wie es bei solchen Zukunftsvorstellungen passieren kann, bremst die Realität irgendwann einmal den Höhenflug der Gedanken aus und verursacht oft sogar Enttäuschungen – beim Bürger, beim Staat oder beim Investor.

Wenn man hört und liest, zu welchen Leistungen die Lithium-Ionen-Batterie und ihre noch nicht entwickelten Nachfolger in der Lage sein sollen, muss dieser Energiespeicher ein energetisches Wunderding sein. Leistungs- und Energiedichte sowie Sicherheit müssten «nur noch entwickelt werden, die Grundlagen seien gegeben», so der nicht selten zu hörende Enthusiasmus.

EMPA-STUDIE Um vom Boden der Tatsachen aus planen zu können und die Lithium-Ionen-Batterie ökobilanziell fassbarer zu machen, haben sich Dominic Notter und seine Kollegen Rainer Zah und Hans-Jörg Althaus von der Empa Dübendorf an die Arbeit gemacht und eine sehr detaillierte Ökobilanz erstellt. Die Wissenschaftler haben die Bilanzhülle von der Rohstoffgewinnung bis zur Herstellung der Batterie gezogen. Im Sinne der Klarheit ist mit Batterie ein Behälter mit Anschlüssen gemeint, in dem der eigentliche physikalisch wirkende Energiespeicher eingebaut ist.

Schon beim Begriff Batterie zeigt sich aber, wie notwendig die klare Begrifflichkeit für die Diskussion ist. So wird oft nur von elektrischer Speicherkapazität pro Kilogramm gesprochen und schnell über einen Dreisatz die Reichweite in Gesamtmasse umgerechnet. Nur, es macht bei der Betrachtung einen grosso modo 140-fachen Unterschied, ob man tatsächlich das Material, das die

Computerdarstellung zweier poröser Elektroden einer Lithium-Ionen-Zelle. Mit spezieller Simulationssoftware lassen sich neue Batteriesysteme schneller und effizienter entwickeln.

Foto: Fraunhofer

elektrische Energie speichern kann, oder die Batterie als vollständiges Bauteil sieht. «Derzeit kann man sagen, dass eine Lithium-Ionen-Batterie pro Kilogramm Masse nur rund sieben Gramm Lithium enthält, das elektrische Energie – somit Arbeit – speichern kann. Die hier verbleibenden, rechnerischen 0,993 Kilogramm bilden den technisch benötigten passiven Aufbau der Batterie», erklärt Dominic Notter. «Um aber präzise zu sein, muss man berücksichtigen, dass dabei Anode und Kathode massenmässig zusammenzuzählen sind, sich dieses Masseverhältnis entsprechend verändert», ergänzt Hans-Jörg Althaus und fährt fort: «Nicht das elementare Lithium und auch nicht der Ladungsträger speichern die Energie. Diese wird durch den Potenzialunterschied zwischen den verschiedenen Materialien gespeichert.»

Notter schliesst nicht aus, «dass durch weitere Entwicklung der Technologie und der Werkstoffe eine Verbesserung möglich wird». Die bilanzierten Massen seien aber nur ein Teil einer Ökobilanz. «Worauf es im Wesentlichen ankommt», meint er, «ist, unter anderem die Energieaufwendungen für jeden einzelnen Produktionsschritt bis zur fertigen Batterie genau zu wissen. Dann kann man sagen, wie viele Megajoule Energie für die gesamte Herstellung pro Kilogramm Masse aufzuwenden sind.»

BILANZ LITHIUM-IONEN-AKKU Der beste Weg der Orientierung ist, wenn man einfach dem Herstellungsweg folgt. Hier ist vorzuschicken, dass es für die Lithium-Ionen-Batterien für Fahrzeuge noch keine klaren Perspektiven für das Recycling gibt. Notter: «Man muss vorerst davon ausgehen, dass das Lithium, das in den nächsten Jahren in Fahrzeugen zum Einsatz kommt, stets frisches Material ist. Sicherlich werden sich die Industrie und die Gesellschaft diesem Thema aber in Zukunft zuwenden müssen.»

Die Gewinnung des Rohstoffs ist erfreulicherweise einfach und unkritisch. Derzeit kommt die Hauptmenge des zu verarbeitenden Materials aus der Atacama-Wüste in Chile. Es «sprudelt» mit verhältnismässig leichter Pumpenunterstützung gewissermassen aus dem Boden hervor. Die in der Tiefe liegenden

Salzquellen beinhalten das leichte Metall in einer Konzentration, die sonst nirgends auf der Welt so hoch ist. Als Solebestandteil wird es in die mehrere Quadratkilometer messenden Solebecken gepumpt. Die Sonne leistet die kostenfreie und zuverlässige Verdampfungsarbeit, sodass die Lithium-Konzentration von anfänglich 0,16% durch das Eindicken auf rund 6% steigt. Dieser Schritt dauert rund ein Jahr.

Die Lake wird schliesslich von Tanklastern in das Werk La Negra transportiert und aufbereitet. Das Zwischenprodukt ist Lithium-Carbonat (Li_2CO_3), ein weisses Pulver. Bis dahin werden für Förderung und Aufbereitung 0,244 MJ (Megajoule) Energie pro Kilogramm Lithium-Carbonat aufgebracht. Wenn von einem Kilogramm Batteriemasse die Rede ist, muss das der Klarheit halber ausdrücklich so erwähnt werden.

DIE ZELLE Eine Batteriezelle entsteht produktionstechnisch, nachdem Kathode und Anode aufeinandergelegt und gewickelt worden sind. Die Kathode besteht aus der Aluminiumfolie und dem aufgetragenen, aktiven Pulver, in dem das Lithium enthalten ist. Die Anode wird von der mit Grafit beschichteten Kupferfolie gebildet. Beide sind durch einen Separator getrennt, also elektrisch isoliert. Mehrere dieser Zellen bilden – zusammengeschaltet – schliesslich die Batterie. Wichtig ist, dass die verwandten Folien eine genau definierte Dicke bei engsten Toleranzen vorweisen, damit die einzelnen Zellen elektrisch praktisch identisch sind.

Eine moderne, einbau- und funktionsfähige Lithium-Ionen-Batterie mit einer Masse von 1 Kilogramm kann auf diese Weise rund 0,114 kWh, entsprechend 31,6 kJ Energie, elektrisch speichern. Zum Vergleich der deutliche Unterschied zum konventionellen Treibstoff: 1 Liter Benzin mit einer Masse von ungefähr 0,75 Kilogramm hat eine chemisch gespeicherte Energie von rund 41 MJ.

Im nächsten logischen Schritt müssten im Sinne eines Vergleichs die Wirkungsgradkette der jeweiligen Fahrzeugkonstruktion und die Masse analysiert werden, um Fahrzeuge vergleichen zu können.