

FESTGEFAHREN IM SALZSEE

WIE DIE GLOBALE ENTWICKLUNG DER ELEKTROMOBILITÄT VOM ROHSTOFFMANGEL AN LITHIUM BEDROHT WIRD

Das Automobil ist seit seiner Erfindung mehr als ein Fortbewegungsmittel. Es ist Symbol des Fortschritts, der Mobilität und der individuellen Freiheit. Seit seiner Erfindung ist das Automobil jedoch auch verknüpft mit Ressourcenverbrauch, Umweltverschmutzung und der Gefährdung anderer im Straßenverkehr. Während viele der Probleme jahrelang von Kunden und Industrie als normal hingenommen wurden, rückt ein Problem nun in den Vordergrund – der Ressourcenverbrauch.

Dies bedeutet, dass das Automobil ein neues Image braucht, nach rasant kommt nun umweltfreundlich, wie es manche Werbeanzeigen bereits suggerieren. Kurzum – grün muss das Auto werden. Seitdem steigende Energiekosten der jüngsten Vergangenheit den Geldbeutel belasten und die individuelle Mobilität einzuschränken drohen, wird auch der Ruf nach einem technologischen Wandel in der Automobilität für den Massenmarkt unüberhörbar.

Hybridfahrzeuge (HEVs), Plug-In Hybridfahrzeuge (PHEVs), reine Elektromobile (EVs) oder Elektromobile mit Zusatzmotor zur Reichweitenerhöhung (EREVs) sollen den drohenden Mobilitätskollaps abwenden und dabei gleichzeitig die Umwelt retten. Manchmal werden sie vielleicht nur eine moralische Entlastung bringen. Dennoch ist die

gegenwärtige Euphorie groß, bisweilen sehr groß. Selbst die Brennstoffzelle, die seit Jahrzehnten ihr Dasein in den Forschungslaboren fristet und ihren Hype der Marktreife und Technologierevolution bereits hinter sich zu haben scheint, wird von einigen schon als veraltete Zwischenlösung betrachtet.

„Peak Oil“ beflügelt die Li-Ion Batterie

Die USA haben unter US-Präsident Barack Obama gerade ihre neue Energiepolitik verkündet und die neue Roadmap weist als Schwerpunkte Erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Elektromobilität aus. Dahinter steht allerdings auch ein klares und kaltes militärisches Kalkül, um die amerikanische Abhängigkeit von strategischen Ressourcen zu verringern. Das ist vor allem Erdöl, das unter massiven militärischen Verlusten in anderen Ländern erkämpft wird.

Immer klarer wird vielen Analysten der Lage, dass das Automobil mit seinem ineffizienten Ressourcenverbrauch, der nur 17% des Brennstoffes in die begehrte Mobilität verwandelt, eines der Hauptauslöser der Krise ist. Trotz dieser Erkenntnis wurde durch die Obama Administration in Amerika der noch weltgrößte automobiler Binnenmarkt in einer Notoperation vor dem Kollaps gerettet. Ob als positiver Nebeneffekt

dieser Intervention erreicht wird, dass die Ablösung der unzeitgemäßen SUVs mit ihrem hohen Kraftstoffverbrauch erfolgt, ist nach vielen Aussagen der Protagonisten mehr als fraglich. Trotzdem: Die Hoffnung auf grüne, effiziente Automobile bleibt.

Marktführer Toyota Prius – erst verlacht, nun beneidet

Synonym für die neue amerikanisch-patriotische Energieeffizienzeuphorie ist das Elektroauto „Volt“ von General Motors, welches laut Produktbeschreibung mit einer 16 kWh großen Li-Ion Batterie ausgestattet wird und damit garantiert eine Reichweite von 50 Meilen (80 km) schaffen soll. Darüber hinaus verfügt es über einen voll integrierten Benzinmotor zur Reichweitenerhöhung.

Am Markt bereits etablierte Hybridfahrzeuge wie der Toyota Prius erfreuen sich mittlerweile einer neuen Beliebtheit, lassen sie sich doch mit einem Li-Ion Akku nachträglich zum vollwertigen Plug-In Hybridfahrzeug (PHEV) aufrüsten – in der neu entstandenen Tuningszene wird also nicht mehr mit PS und Beschleunigungswerten geprotzt, sondern mit kWh und Reichweiten. Obwohl er noch gar nicht zu kaufen ist, symbolisiert der „Volt“ in Amerika mittlerweile die neue Elektromobilität wie hierzulande das Wort „Tempo“ das Taschentuch.



Bild 1: Chevy Volt – Klimawende mit dem PHEV



Bild 2: Toyota Prius – gibt es nachgerüstet auch als PHEV

Batterietechnologie wird vom Handy abgeschaut

Die marktrelevanten Eckpfeiler bezüglich Fahrzeuggröße, Funktionalität und Technologie, insbesondere Batterietechnologie, sind faktisch eingeschlagen. Entfernt basieren sie auf der klassischen in Laptops und Mobiltelefonen milliardenfach bewährten Lithium-Ionen-Technologie. Diese wurde erweitert und mit einer Kapazität in der Größenordnung von 15 kWh hat sie sich als die Zukunftstechnologie der neuen massen-elektrifizierten Automobilität fest im Bewusstsein und in der Erwartungshaltung des ökologisch bewussten Konsumenten verankert. Dies hat einen guten Grund: Verfügt die Lithium-Ionen-Technologie doch über eine gute Leistungsdichte und Zyklenfähigkeit und kennt darüber hinaus keinen Memoryeffekt sowie nur geringfügige Degradationserscheinungen ihrer Leistungsperformance über ihre gesamte Lebensdauer.

Der Biss in die Hand, die füttert – Elektroauto ist die Kampfansage an die Petrochemie

Für die Automobilkonzerne ist der Systemwechsel nicht selbstverständlich. Jahrzehntlang waren diese eng verzahnt mit der Petrochemie, die durch geringe

Ölpreise die verschwenderische Form der Auto-Mobilität ermöglicht hat. Quasi als Dank für die Symbiose ist die Automobilindustrie ebenfalls zu einem der größten Abnehmer von Kunststoffprodukten geworden.

Als Hauptargumente für eine flächendeckende Elektrifizierung des Antriebsstranges werden immer wieder der Klima- und Umweltschutz angeführt. So würde neben einer theoretisch signifikant verringerten Emission des Treibhausgases CO₂ auch die Umwelt verstärkt profitieren. Zum einen durch eine geringere Erschließung und Ausbeutung fossiler Energieträger und deren Lagerstätten, zum anderen durch geringere direkte Emissionen im Verkehr. Wechselt man den Blickwinkel zu einer mehr sozialen und wirtschaftlichen Betrachtungsweise, so führt die Analyse der gegenwärtigen Weltenergiesituation zu Resultaten, die neuerdings in bemerkenswertem Einklang stehen mit den umweltbezogenen Zielen.

In Zukunft soll und muss in den etablierten Industrieländern der Erdölkonsum deutlich reduziert werden, um die wirtschaftliche und politische Abhängigkeit von sinkenden Öl-Produktionsraten, drastisch ansteigender Nachfrage in Schwellenländern, politisch metastabilen

Staaten und der Volatilität der Rohstoffpreise verringern zu können. Dies ist eine deutliche Abkehr vom bisher verfolgten Konzept.

Hindernislauf durch die Realität der Zahlenberge

Der globale Bestand an konventionellen, fossil befeuerten Automobilen beträgt mittlerweile annähernd 1.000 Millionen Fahrzeuge. Hinzu kommen hunderte von Millionen LKW und Zweiräder sowie zahllose Großtransportgeräte wie Schiffe und Flugzeuge. Diese gigantische Flotte real existierender Mobilität ernährt sich in ihrem Energiehunger faktisch ausschließlich von Erdölprodukten. Dabei handelt es sich bei diesem Bestand um keineswegs eine feste, sondern im Gegenteil um eine kontinuierlich wachsende Größe, denn weltweit werden jährlich mehr als 60 Millionen PKW produziert und die Anzahl der verschrotteten Fahrzeuge ist weitaus geringer. Dies gilt ebenso für alle anderen aufgezählten Transport- und Fortbewegungsmittel, die ihre Reise um den Globus antreten.

Um ein gutes Gefühl für die tatsächliche Größenordnung der uns allen bevorstehenden Herausforderung zu entwickeln, reicht es aus, lediglich die Situation der PKW zu betrachten.

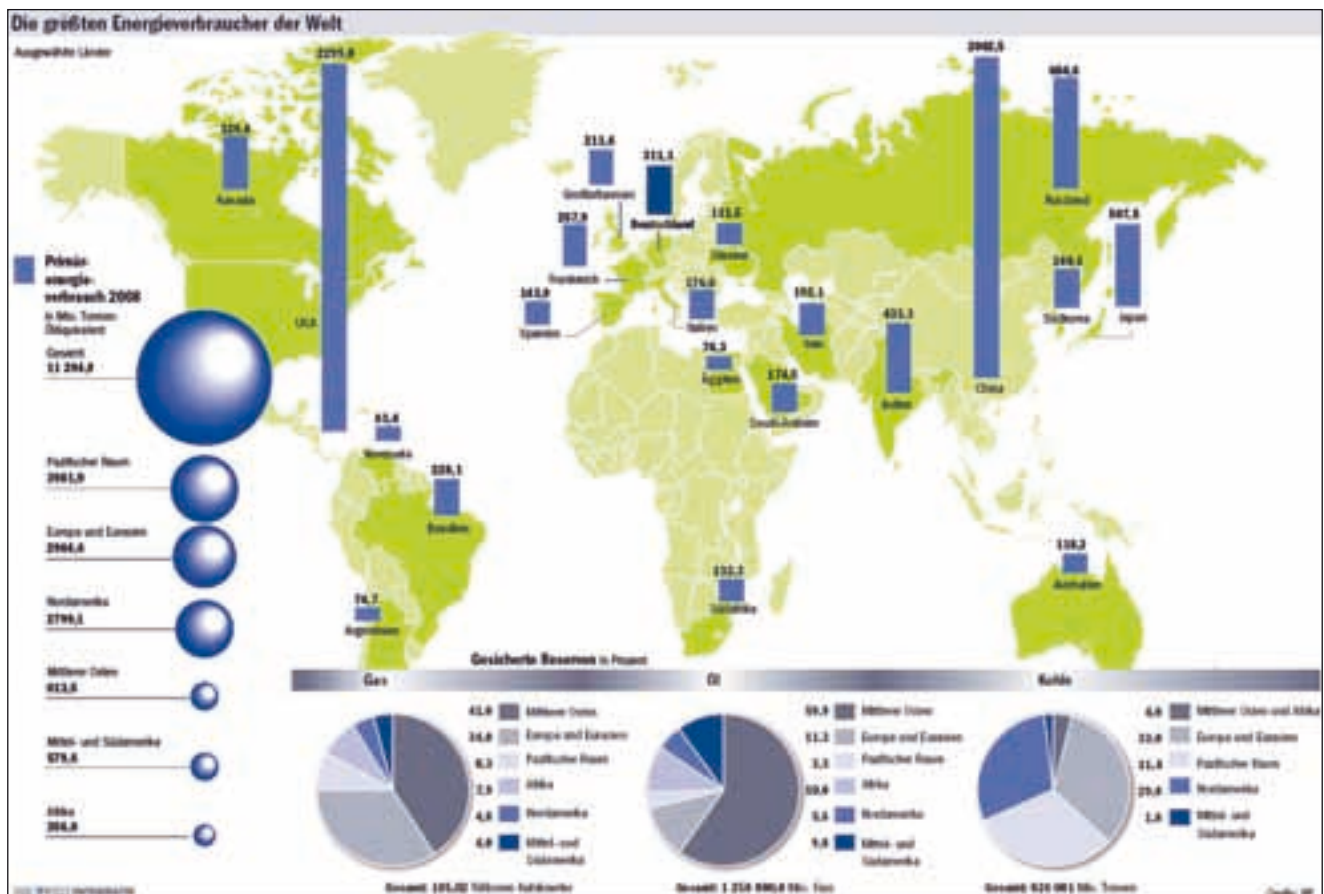


Bild 3: Ölproduktion und Reserven vs. Verbraucher

Die globale Fahrzeugflotte von 1.000 Millionen PKW legt bei einer angenommenen durchschnittlichen Kilometerjahresleistung von 12.000 km je Fahrzeug jährlich eine kumulierte Distanz von 12 Billionen Kilometern zurück, was in etwa der 40-millionenfachen Distanz zwischen Erde und Mond entspricht. Bei einem unterstellten Durchschnittsverbrauch von 10 Litern je gefahrener 100 km bedarf es hierfür immerhin einer Kraftstoffmenge von 1.200 Milliarden Litern oder 7 Milliarden Barrel, entsprechend knapp einem Viertel der globalen jährlichen Erdölförderung, bei einer angenommenen Förderleistung von 80 Millionen Fass pro Tag.

Lagerhaltung in der fossilen Energiewirtschaft: Von der Hand in den Mund

Selbst wenn einige noch nicht an die Realität von „Peak Oil“ glauben wollen, reicht die einfache Mathematik, um für dieses existenzielle Thema sensibilisiert zu werden. Es ist klar, dass von den gegenwärtig weltweit geförderten ca. 80 Millionen Barrel pro Tag kein nennenswerter Anteil „auf Halde“, also für einen späteren Abruf, gefördert und gebunkert wird. Die gesamte fossil befeuerte Zivilisationsmaschinerie lebt stattdessen geradewegs „von der verölten Hand im Mund“.

Bei einer logischen Betrachtung des energetischen Status Quo folgt hieraus, dass bei der gegenwärtig gegebenen Produktionsrate von PKW und sonstigen Fortbewegungsmitteln entweder die gleiche Anzahl unmittelbar verschrottet werden müsste, um die Gesamtanzahl nicht weiter anwachsen zu lassen oder aber nur noch wesentlich effizientere Fahrzeuge dem Pool hinzugefügt werden dürften, die einen entsprechend reduzierten Kraftstoffverbrauch aufweisen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Der Fahrzeugpool wächst täglich und unaufhaltsam und die eingesetzte Technologie basiert immer noch auf dem altbewährten und ineffizienten Verbrennen flüssiger fossiler Kraftstoffe. Ein kurzfristiger Ausweg wäre eine deutliche Erhöhung der Erdölfördermenge, was jedoch faktisch unmöglich ist.

Falle Erdöl – Ausweg Elektrifizierung der Mobilität?

Eine nachhaltige und somit massenhafte und flächendeckende Elektrifizierung des automobilen Antriebsstranges schon innerhalb der nächsten ein bis zwei Jahrzehnte erscheint daher nach heutigen vernunftbasierten Maßstäben unausweichlich und dringend erforderlich. Dies ergibt sich alleine aus der real

existierenden Energierohstoffsituation und bedarf keinerlei weiterer ideologisch oder umweltpolitisch motivierter Anschubfaktoren.

Ein pikantes Resultat dieser Schlussfolgerung ist die Frage nach dem langfristigen volkswirtschaftlichen Sinn und Nutzen der gerade ausgelaufenen Abwrackprämie, die im Endeffekt doch nur dafür gesorgt hat, dass ca. 2 Millionen konventionell befeuerter Fahrzeuge neu auf den Markt geworfen wurden, um ca. 2 Millionen ältere konventionell befeuerte Fahrzeuge aus dem Markt zu entfernen – Fahrzeuge, die ansonsten schon aus Altersgründen bald dem Pool existierender Fahrzeuge entzogen worden wären. Dies wurde mit Milliarden an ausgegebenen Fördergeldern erreicht, die nun vielleicht für die Entwicklung nachhaltiger Technologien fehlen.

Der globale Fahrzeugpool – Eingefixt auf Erdöl

Es gibt derzeit auch ein grundsätzliches Problem. Fahrzeuge aus dem bestehenden Pool lassen sich flächendeckend nicht nachträglich elektrifizieren, Kampagnen wie zur Nachrüstung von Katalysatoren oder Rußfiltern sind aus technischen Gründen unmöglich. Daher kann die theoretisch größtmögliche Zuwachsmenge elektrifizierter Fahrzeuge maximal der Produktionsrate von Neufahrzeugen entsprechen, also weltweit etwa 60 Millionen Einheiten nach heutigen Maßstäben.

Ausgehend vom heutigen Entwicklungsstand elektrifizierter Antriebsstränge und elektrischer Energiespeicher kann realistisch natürlich nur mit einer wesentlich geringeren Marktdurchdringung in den nächsten 10 bis 15 Jahren gerechnet werden. Dennoch ist die Auswirkung der in diesem Zeitraum produzierten elektrifizierten Fahrzeuge kumulativ, denn anders als bei konventionellen Fahrzeugen gibt es bislang keinen Bestand an alten Elektrofahrzeugen und damit keine Entlastung des Marktes durch die Verschrottung alter Einheiten. Das wiederum bedeutet, dass selbst bei zunächst kleineren Produktionsraten elektrifizierter Fahrzeuge der absolute Bedarf an elektrischer Traktionsenergie entsprechend der Gesamtmenge existierender elektrischer Fahrzeuge drastisch ansteigen muss.

Das Elektroauto bedeutet eine neue Energiewirtschaft

Gewisse Risiken der Energieversorgungsinfrastruktur können minimiert oder eliminiert werden. Es könnte zum Beispiel eine funktionierende flächendeckende Kontrolle der netzgebundenen La-

destrategie für Millionen von Fahrzeugen eingeführt werden. Dennoch bleibt die Komplexität dieses politisch und physikalisch brisanten Themas erheblich, denn mit einer flächendeckenden Einführung und nennenswerten Marktdurchdringung von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen würde deren elektrischer Energiebedarf und damit die zusätzliche Beanspruchung der existierenden elektrischen Energieverteilungsinfrastruktur zunächst kumulativ ansteigen, bis es aufgrund eines schließlich zunehmenden Anteils von zu verschrottenden Elektrofahrzeugen zu einer Bedarfssättigung kommen würde.

Das Elektroauto ist selektiv – Rohstoffe werden rar

Das Prinzip des zunächst kumulativen Anstiegs neuer benötigter Ressourcen trifft bei einer flächendeckenden Einführung elektrifizierter Fahrzeuge jedoch nicht nur für deren Versorgung mit Traktionsenergie zu, sondern es bezieht sich auch auf alle Rohstoffe, die im Gegensatz zu den konventionell angetriebenen Fahrzeugen nun für die neuen Flotten von Elektrofahrzeugen benötigt werden.

Dies sind wesentlich die metallischen Ressourcen wie Kupfer für Kabel und Elektromotoren, Seltenerden wie Neodym für Permanentmagneten, Tantal für Kondensatoren, Begleitelemente für die Herstellung und Dotierung von Halbleitern wie zum Beispiel Indium, Gallium, Arsen und vor allem natürlich die Metalle für die Herstellung der elektrischen Energiespeicher.

Im Zuge der bevorstehenden Fahrzeugelektrifizierung ist hier neuerdings von Seiten der Automobilindustrie sehr medienwirksam die Li-Ion-Batterie in die Schlacht um die vermeintliche Technologieführerschaft bei den Fahrzeugantriebsbatterien geführt worden, allen voran durch den „Volt“ von General Motors. Mit der Batterietechnologie ist auch das Metall Lithium selber als wichtige Rohstoffressource massiv in das Bewusstsein der Automobilentwicklungingenieure und auch in das der Öffentlichkeit vordringen. Dieser Trend wird unterstützt durch Studien und Empfehlungen der globalen Finanzindustrie.

Auswirkung der Elektrifizierung interessiert auch Banken

Die Studie „Electric Cars: Plugged In“ von Deutsche Bank Research aus dem Jahr 2008 analysiert umfassend die allgemeine globale Energiesituation und die Technologien, wie sie insbesondere für die elektrischen Energiespeicher von Hybrid- und Elektrofahrzeugen zur Verfügung stehen können. Die Studie fokussiert auf die gegenwärtig global statt-



Bild:4 Titelbild der Studie

findenden Entwicklungs- und Produktionsaktivitäten in der Automobilindustrie beziehungsweise bei Batterieherstellern sowie die spezifischen Rohstoffbedarfe der Li-Ion basierten Batterietechnologie.

Zitate aus den Studien – Tendenz: sehr besorgt

„... Steigende Ölpreise, zunehmende soziale Besorgnis über den Klimawandel und eine Flut gesetzlicher Bestimmungen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Kohlendioxidemission haben das Potenzial, innerhalb der nächsten Dekade tiefgreifende Veränderungen in der weltweiten Automobilindustrie auszulösen. Die Marktpräsenz und -verteilung der Fahrzeughersteller, Wettbewerbsvorteile, Fahrzeugausstattungen, der Wertverlust von Gebrauchtfahrzeugen, das Kaufverhalten und die Technologie des Fahrzeugantriebsstranges – all dies könnte sich innerhalb der nächsten fünf Jahre stärker verändern als in den fünfzig Jahren zuvor ...“

„... Wir und andere Analysten erwarten einen dramatischen Zuwachs im Markt der Hybridfahrzeuge (HEVs), Plug-in Hybridfahrzeuge (PHEVs) und Elektrofahrzeuge (EVs) in den nächsten 10 Jahren. Alleine im US-amerikanischen Markt waren in 2007 13 verschiedene Hybridfahrzeugtypen vertreten. 17 werden es zum Ende des Jahres 2008 sein und die Zahl wird auf mindestens 75 anwachsen bis zum Jahr 2011...“

„... Angesichts der Vielzahl von Einflussfaktoren wie der Entwicklung des Rohölpreises, die Einführung neuer gesetzlicher Regulierungen, die Möglichkeit der spezifischen Marktförderung durch die Einführung von Kaufanreizen aber auch der noch unausgereifte Entwick-

lungsstand der Batterietechnologie für automobiler Anwendungen, ist jede Vorhersage über die wirtschaftliche Entwicklung individueller Batteriehersteller aber auch des Markts als Ganzes hochgradig spekulativ, insbesondere für den Zeitraum nach 2012. Trotzdem haben wir Kenntnis über eine Anzahl von gegenwärtig 55 Li-Ion spezifischen HEV, PHEV und EV Batterieentwicklungsverträgen, die entweder bereits abgeschlossen sind oder kurz vor der Unterzeichnung stehen. Wir erwarten die Markteinführung der ersten Fahrzeuge, die mit einer Li-Ion Batterie ausgerüstet sind für 2011 und den Durchbruch für die Markteinführung der Li-Ion Batterietechnologie für 2012...“

„... Wir erwarten für die Li-Ion Technologie eine Marktdurchdringung für Batterien von 30% in 2015 und 70% in 2020 ...“

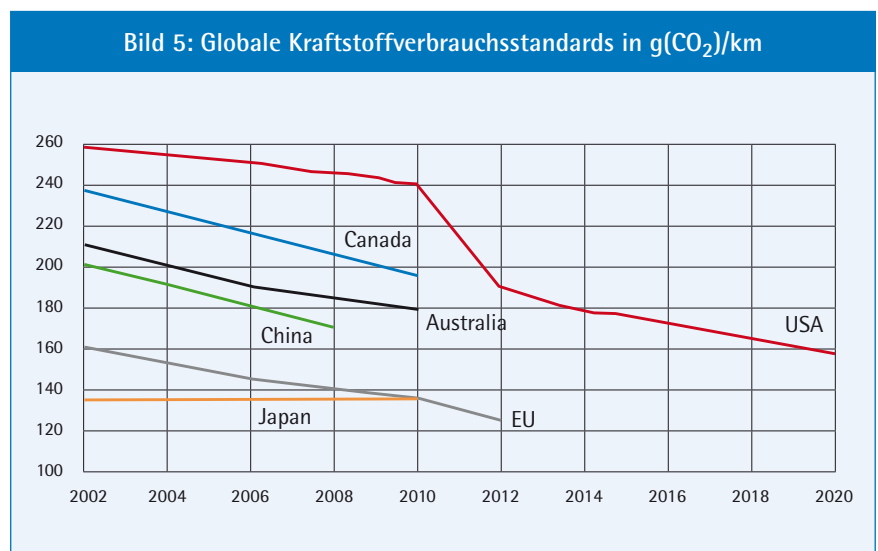
„...Im gegenwärtigen Produktzyklus sind die meisten Industrierohstoffe über einen langen Zeitraum nicht ausreichend verfügbar. Die Nachfrage übersteigt bei weitem die Produktion. Historisch betrachtet tendierten die Rohstoffpreise dazu sich periodisch in Zyklen zu bewegen, in welchen sich eine Marktmangelversorgung abwechselte mit einer Marktübersorgung, sobald die Hersteller die Produktion wieder erhöhten aufgrund gestiegener Preise. Der gegenwärtig zu verzeichnende Zyklus ist jedoch unterschiedlich, da trotz Ausweitung der Produktion die Nachfrage immer noch kontinuierlich die Produktion übersteigt. In der letzten Dekade hat die Welt mit Nachdruck den Einfluss des Wachstums der „Emerging Markets“ unterschätzt, allen voran China,... Energiekosten und Energieversorgungssicherheit entwickeln sich zu den wichtigsten Themen, denen

sich die Rohstoffhersteller stellen müssen. Ironischerweise kann es eintreten, dass die Rohstoffe, die zur Herstellung der Batterien benötigt werden, aus genau denselben Gründen nicht ausreichend zur Verfügung stehen werden, die zu ihrem wachsenden Bedarf für den Markt der Elektrofahrzeuge führen...“

Inhalte und Kernaussagen der Deutschen Bank Studie

Die Studie „Electric Cars: Plugged In“ beleuchtet und identifiziert wesentliche technologie- und wirtschaftsbezogene Auswirkungen des Einstiegs in die Fahrzeugelektrifizierung und insbesondere Li-Ion-Batterietechnologie und kommt zu dem wenig überraschenden Ergebnis, dass der Markt für Automobile sich in kürzester Zeit dramatisch verändern wird. Dies betrifft nicht nur den Einsatz von Leichtbau und neuen Materialien als Ergänzung oder Ablösung für die konventionellen Fahrzeugstrukturen, sondern insbesondere den Antriebsstrang und die verwendeten Kraftstoffe respektive Antriebsenergien, da schon alleine aufgrund der bereits bestehenden gesetzlichen Regularien nicht mehr grundsätzlich auf den Einsatz von elektrifizierten Antriebssträngen verzichtet werden kann.

Während in USA, im immerhin noch weltgrößten Binnenmarkt für PKW, die gesetzlichen Vorgaben zur Verbrauchsreduzierung von neu zugelassenen Fahrzeugen noch sehr moderat sind im Vergleich zum Rest der Welt, kann in naher Zukunft insbesondere in Europa und Japan der Flottengrenzwert nur eingehalten werden durch die flächendeckende Einführung von Micro-Hybrid- und höherwertigen Hybridsystemen. Hybridfahrzeuge und batteriebetriebene Elektrofahrzeuge werden signifikant im Marktanteil zunehmen.



General Motors sieht einen Kostenanstieg von über 5.000 US\$/Fahrzeug. Aber ist das realistisch?

Die Kosten für die Einführung und Umsetzung der neuen verschärften Verbrauchsstandards (Jahr 2020) bezieht die Studie alleine für die amerikanische Automobilindustrie aufgrund eines Zitates von General Motors auf mehr als 100 Milliarden US-Dollar pro Jahr. Bei einem geschätzten Marktvolumen von 20 Millionen Fahrzeugeinheiten im Jahr 2020 entspricht dies immerhin einem Kostenanstieg von durchschnittlich 5.000 US-Dollar je Fahrzeug.

Der prognostizierte Kostenanstieg für eine ganze oder teilweise Elektrifizierung richtet sich dabei wesentlich nach der Größe und Technologie des eingesetzten Batteriespeichers und liegt zwischen 600 US-Dollar für einen Micro-Hybrid bis maximal 11.000 US-Dollar für ein reines Elektrofahrzeug.

Allerdings prognostiziert die Studie für das Jahr 2020 nur eine Marktdurchdringung von weniger als 50% für neue Technologien und hiervon wird wiederum ein wesentlicher Teil von Micro-Hybrid Systemen gebildet, die nur einen geringen Kostenzuwachs – aber auch Verbrauchersparung aufweisen.

Insofern ist die Datenbasis der Studie inkonsistent, da sie danach für die genannten Ausbaustufen der Hybridtechnologie die fahrzeugbezogenen Detailkosten nennt. Multipliziert man diese mit den jeweiligen Marktanteilen, resultieren weitaus geringere Kosten als die von General Motors genannten 100 Milliarden. Dies scheint darauf hin zu deuten, dass die von GM angeführten Zahlen in einem politisch motivierten Umfeld entstanden sein könnten, mit dem Ziel, die US-amerikanischen Verbrauchsvorgaben möglichst weit oben zu halten.

Aufgrund der besseren technologischen Ausgangssituation in Europa, verbunden mit bereits erreichten deutlich niedrigeren Verbräuchen aktueller Fahrzeuggenerationen geht die Studie für den europäischen Markt von einer Mehrkostenbelastung der europäischen Hersteller von 23 Milliarden US-Dollar im

Bild 6: Marktentwicklung der verschiedenen Hybridtechnologien in USA

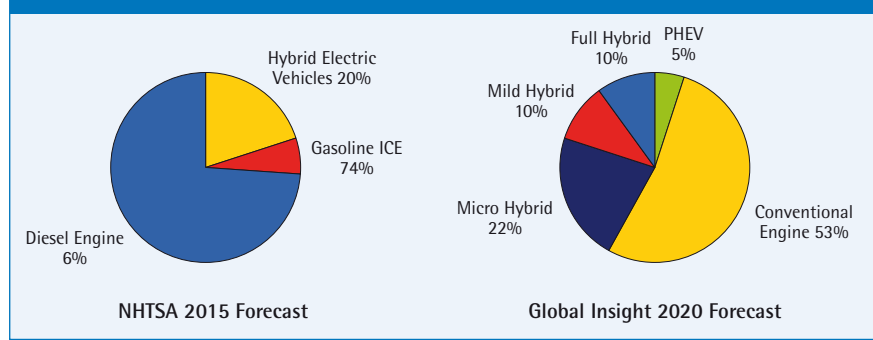
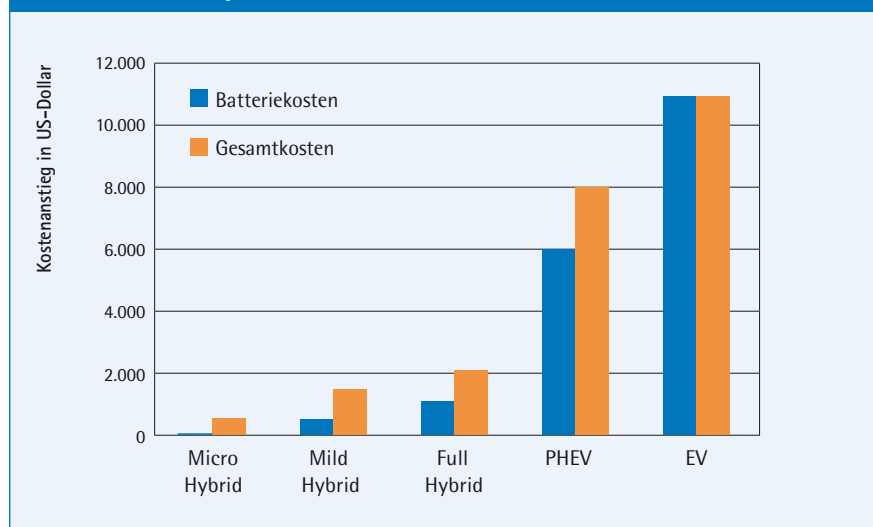


Bild 7: Mehrkosten durch Hybridtechnologie – je mehr „elektrisch“, desto teurer wird's



Jahr 2013 aus, was durchaus in Einklang steht mit der bezifferten fahrzeugbezogenen Mehrkostenbelastung.

Die Studie kommt weiterhin zu dem Schluss, dass sich die Li-Ion Batterie als Schlüsseltechnologie für EVs, HEVs und PHEVs durchsetzen wird, da schon alleine aufgrund der erreichbaren Energiedichte und der Herstellungskosten dieser Technologie der Vorzug gegeben werden wird. Die Studie gibt im Vergleich zur bislang gängigen Nickel-Metallhydrid (NiMH) Batterie eine doppelt so hohe Energiedichte je Gewichtseinheit an sowie in etwa halbierte Herstellungskosten. Diese Ergebnisse stehen im eklatanten Widerspruch zu den Ergebnissen der

zweiten Studie, die im Anschluss diskutiert wird.

Der Ausblick auf Alternativen zu Lithium-Ionen-Akkus: schlechte Alternativen

Für die heute noch in Hybridfahrzeugen dominierende Technologie der NiMH Batterien sieht die Studie aus vielen technologischen, aber auch wirtschaftlichen Gründen keine marktdurchdringende Zukunft. Zu schwer, zu teuer, zu ineffizient und zu unzuverlässig im Bezug auf Extrembeanspruchungen, so lautet das Urteil.

Stattdessen gehört laut Studie die Zukunft der Li-Ion Batterie. Obwohl die Studie Probleme bei der Sicherheit und Leistungsperformance der Batterietypen benennt, geht sie davon aus, dass bis zu vier verschiedene Lithium basierte Batterietechnologien für Automobilanwendungen verfügbar sein werden, die jeweils alle eine Energiedichte größer als 140 Wh/kg aufweisen:

- Lithium Nickel Kobalt
- Lithium Mangan
- Lithium Titan
- Lithium Eisen Phosphat

Tabelle 1: Batterietechnologien im Vergleich

Batterietyp	Energiedichte Wh/kg	Kosten Euro/Wh	Lebenszyklen
AGM Blei-Säure	30-40	0,15	500-1000
Nickel-Cadmium	> 40	0,2	1000-2000
Nickel-MH	71	0,6	1000-2000
Li-Ion	105-170	0,3-0,4	> 7000

Die Studie geht weiterhin davon aus, dass weltweit mehr als 15 Millionen Tonnen Lithium, entsprechend 79 Millionen Tonnen Lithiumkarbonat, in Salzseen in Südamerika (Chile, Argentinien und Bolivien) und Asien (China, Tibet) verfügbar und abbaubar sind und mehr als 2 Millionen Tonnen, entsprechend 10,5 Millionen Tonnen Lithiumkarbonat, in festen Mineralien in Nordamerika und Australien eingebunden, verfügbar und abbaubar sind.

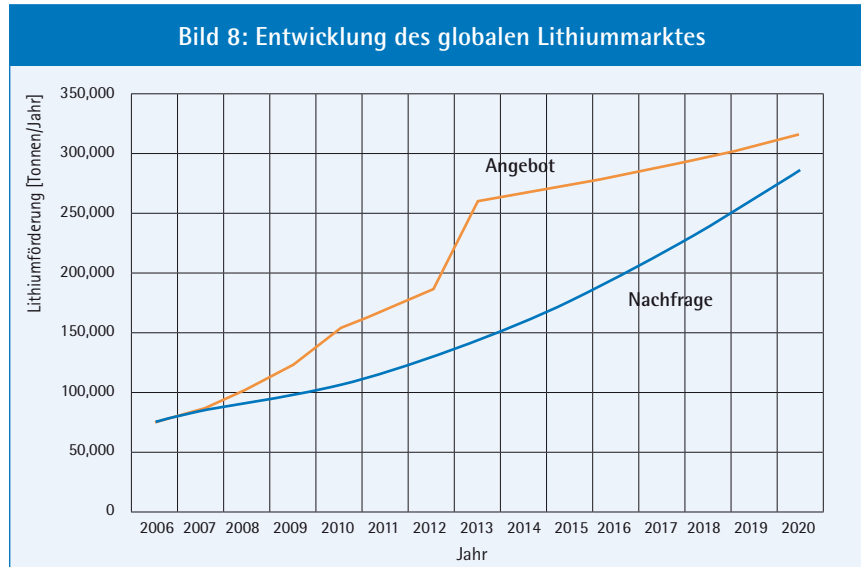
Weiterhin wird unterstellt, dass die Verfügbarkeit auf lange Sicht ausreichend und gesichert ist, um auch eine zukünftig steigende Nachfrage auf niedrigem Preisniveau zu bedienen. Somit kommt die Studie zu dem Schluss einer 70%igen Technologiedurchdringung der Li-Ion-Batterie bezogen auf den gesamten Hybridfahrzeugmarkt im Jahr 2020. Dies entspräche alleine für den US-amerikanischen Markt einem jährlichen Produktionsvolumen von 2,5 bis 3 Millionen Fahrzeugen, die mit einer Li-Ion Batterie ausgestattet wären.

Obwohl die Studie die allgemeine Rohstoffsituation analysiert und dabei zutage fördert, dass insbesondere die batteriebezogenen Rohstoffe (Lithium, Nickel, Kobalt, Mangan, Eisen, Phosphat, Kupfer, Graphit) aufgrund ihrer begrenzten Verfügbarkeit und geographischen Verteilung möglicherweise politisch motivierten Restriktionen unterliegen werden, da sie als strategische Ressourcen klassifiziert werden könnten, geht sie weiter von einer prinzipiell ausreichenden wirtschaftlichen Verfügbarkeit insbesondere der Ressource Lithium aus. Dies wird begründet mit der Annahme einer weltweiten kontinuierlichen Produktionssteigerung, die trotz rapide ansteigender Nachfrage bis 2030 nicht zu Lieferengpässen führen soll und damit die Rohstoffpreise für Lithium niedrig hält.

Mit diesen Inhalten und Ergebnissen der Studie der Deutsche Bank Research scheint zunächst dem flächendeckenden Einsatz der Li-Ion-Batterietechnologie in Automobilen aus kurzfristiger Sicht heraus nichts Grundlegendes im Wege zu stehen. Bei einem Einstieg in diese Technologie wäre demnach die weltweite Rohstoffversorgung bis in das Jahr 2030 gesichert.

In der komplexen industriellen Realität ist jedoch ein nutzbarer Zeithorizont von 20 Jahren für die Nutzung und Ausbeutung eines Rohstoffes kein allzu langer Zeitraum, umso mehr als dass neben den erforderlichen Technologien auch erst die Fertigungskapazitäten und allgemeine Infrastrukturen geschaffen werden müssen.

Würde heute zum Beispiel das Erdöl



entdeckt, würde wahrscheinlich niemand auf die Idee kommen, mit Ölfeldern und Pipelines auch noch die abgelegensten Gegenden unseres Planeten zu überziehen, die Verfahrenstechnik der Petrochemie, Raffinerien und Tankstellen zu entwickeln sowie den verbrennungsmotorischen Antriebsstrang für Automobile, verbunden mit erheblichen Investitionen in Kapital und andere Ressourcen, wenn schon jetzt feststünde, dass nach einer kurzen Wachstumsphase in spätestens 20 Jahren das frisch erschaffene Gerüst aus Infrastruktur und Technologie dem Mangel an Rohstoffen zum Opfer fallen wird.

Während beim Erdöl noch immer viele nicht an die Möglichkeit der physikalischen Realität von „Peak Oil“ glauben wollen, fällt hier bei der Betrachtung der Zahlen und Fakten das unmittelbar bevorstehende Szenario „Peak Lithium“

sofort ins Auge. Er ist sogar schon mit einem festen Datum versehen worden. Genau dieses Dilemma fördert die zweite Studie „The Trouble with Lithium 2 – Under the Microscope“, von Meridian International Research, zu Tage, die ebenfalls aus dem Jahr 2008 stammt.

Studie 2 – The Trouble with Lithium

Im Gegensatz zur ersten Studie der Deutsche Bank Research ist die Studie „The Trouble with Lithium 2 – Under the Microscope“ nicht primär auf die ökonomischen Aspekte fokussiert, sondern dringt sehr tief und detailliert in die erweiterten technologischen, sozialen, politischen, geologischen und ökologischen Bereiche einer möglichen Lithium basierten elektrifizierten Mobilität vor und erweitert diesen Blickwinkel zusätzlich auf verfügbare Batterietechnologien im Allgemeinen.

Zitate aus der Studie:

„...Bei gleichbleibender Bedarfssteigerungsrate von jährlich 25% für hochreines Lithiumkarbonat für mobile elektronische Geräte wird im Jahr 2015, selbst unter der Annahme einer bis dahin erzielbaren optimalen Produktionsausbeute, nur eine jährliche Menge von insgesamt 30.000 Tonnen für die weltweite Automobilindustrie verfügbar sein. Dies wäre nicht einmal ausreichend, um 1,5 Millionen elektrifizierte Fahrzeuge der GM „Volt“ Klasse zu produzieren...“

„...Bei der detaillierten Betrachtung der geologischen Struktur der zwei weltgrößten Lithium Lagerstätten (Atacama und Uyuni) wird deutlich, dass die förderbaren Reserven an Lithium deutlich unter der Menge des insgesamt im Salzgefüge vorhandenen Lithiums liegen werden. Wir



Bild 9: Titelbild der Studie

gehen davon aus, dass die Obergrenze der förderbaren Reserven in der Salar de Atacama eine Million Tonnen und damit weniger als in der Salar de Uyuni betragen wird. Somit bestehen weltweite Lithium Reserven von einer Größenordnung um 4 Millionen Tonnen...“

„...Schon heute verursacht die Batterieproduktion eine Steigerung der Nachfrage für Lithium von gegenwärtig 25% pro Jahr. Dies ist auf den steigenden Bedarf an Laptop Computern und Mobilfunktelefonen zurückzuführen. Alleine in 2007 wurden weltweit ca. 78 Millionen Laptop Computer verkauft. Dies entspricht einer Steigerung von 23% gegenüber 2006... es kann vorhergesagt werden, dass die Lithium Nachfrage der etablierten Consumer Industrie weiterhin kontinuierlich um mindestens 25% pro Jahr ansteigen wird... kürzlich hat Admiral Resources in einer Präsentation verkündet, dass möglicherweise eine Ausweitung der gegenwärtigen Lithium Produktion nicht einmal ausreicht, um die gegenwärtige Nachfrage aufgrund der bereits existierenden Anwendungen zu befriedigen und dass das gegenwärtige Defizit bereits 30% betragen könne...“

„...Es ist offensichtlich, dass, wenn die Lithiumkarbonat-Nachfrage des mobilen Consumer Electronic Sektors während der nächsten 10 Jahre in der gegenwärtigen Größenordnung weiter zunimmt, es zu einem direkten Verdrängungswettbewerb kommen wird zwischen der Automobilindustrie und der Consumer Electronic Industrie. Weder der geplante noch der theoretisch mögliche Produktionszuwachs für Lithiumkarbonat wäre demnach in der Lage, die gesamte Nachfrage zu decken. Bereits heute verzeichnet der Sektor der mobilen Consumer Electronic eine chronische Knappheit an Lithium und die Wachstumsprognosen für dieses Marktsegment sind durch die bevorstehende Einführung neuer Produkte im Stückzahlbereich von Milliarden Einheiten ungetrübt...“

„...Selbst für den Fall, dass die nicht-automotive Lithium Nachfrage in einigen Jahren keine weitere Nachfragesteigerung mehr erfährt und sich in der Größenordnung von ca. 120.000 Tonnen pro Jahr stabilisiert, wäre, unter der Annahme eines optimistischen Förder- und Produktionsszenarios, die Menge an verbleibendem Lithiumkarbonat für die Automobilindustrie nur ausreichend, um weltweit 4 bis 5 Millionen Fahrzeuge der GM „Volt“ Klasse zu produzieren. Für das Jahr 2020 würde die verfügbare Menge ausreichen, um ca. 8 Millionen Fahrzeuge

der GM „Volt“ Klasse zu produzieren, was nur einem kleinen Bruchteil aller weltweit hergestellten Fahrzeuge entspricht...“

„... Es ist ersichtlich, dass Lithium mehr und mehr eine strategische Ressource wird. Die Staaten in Südamerika versuchen sich in einer Art Befreiungsakt von dem zu befreien, was sie als US-amerikanischen Nachkriegs-Neo-Kolonialismus wahrnehmen. Dies wird deutlich durch die neue Generation politischer Führer, die in den letzten Jahren in vielen Ländern an die Macht gekommen sind: Nicht nur Hugo Chavez, Evo Morales oder Luiz de Silva, sondern auch Michelle Bachelet in Chile und Christina Kirchner in Argentinien. In Chile, dem weltgrößten Produzenten von Lithium mit zugleich den weltweit qualitativ hochwertigsten Ressourcen, ist Lithium erklärtermaßen nationales Staatseigentum. Ebenso wie die erdölexportierenden Länder ihren „Rohstoff-Nationalismus“ intensivieren und Exporte reduzieren, um ihren eigenen steigenden Bedarf zukünftig sichern zu können, können Länder wie Bolivien oder Argentinien diesem Beispiel folgen. Der südamerikanische Kontinent wird zukünftig selber Elektrofahrzeuge benötigen und kann daher leicht zu dem Schluss kommen, dass es sinnvoller ist, die Lithiumvorräte im eigenen Land zu behalten anstatt sie weiterhin zu exportieren...“

„... Im April 2008 reaktivierte die US-amerikanische Navy ihre Vierte Flotte, um in den lateinamerikanischen und karibischen Gewässern zu patrouillieren. Diese Flotte war bereits 1950 aufgelöst worden, wurde nun aber wiederbelebt, um ein politisches Signal in Richtung der sozialistischen Regierungen Südamerikas zu senden. Ecuador plant, die US-amerikanische Basis im eigenen Land zu schließen und Brasilien und Argentinien protestieren massiv gegen US-amerikanische Pläne, eine neue Militärbasis in Paraguay, nahe den bolivianischen Gasfeldern, zu eröffnen. Sollte Südamerika die Erdölexporte reduzieren oder beenden, könnte der Kontinent für lange Zeit in die Zukunft den Eigenbedarf decken. Brasilien hat die Idee eines südamerikanischen Verteidigungsbündnisses wiederbelebt und hierbei die USA explizit ausgeschlossen. Der Trend ist klar. 70% der Welt-Lithium-Vorräte werden unter staatliche Kontrolle gestellt, ganz so wie die Erdölexporte heute politisch kontrolliert sind durch die OPEC Staaten. Im Gegensatz zur OPEC, welche im Wesentlichen ihren ölbasiereten Reichtum nicht zum Wohlergehen der allgemeinen Bevölkerung eingesetzt

hatte, sehen sich die neuen Regierungen in Südamerika mehr in der Sozialverantwortung und sind nicht mit den USA politisch liiert...“

„... Unter der gegenwärtigen strategischen und politischen Direktive der USA, die existenzielle Abhängigkeit vom Ölausländischer und als feindselig eingestufte Nationen zu reduzieren, wäre es mehr als unklug, diese Abhängigkeit gegen eine neue Abhängigkeit vom „ausländischen Lithium“ einzutauschen, umso mehr, als dass weder die Bevölkerung noch die Regierungen dieser Staaten mit den USA sympathisieren...“

„... Ein wachsender Anteil der weltweiten Fertigungskapazität für Li-Ion-Batterien wird in China errichtet oder nach China verlegt. Das Land selbst hat einen steigenden Bedarf an nachhaltiger und erdölunabhängiger Transportkapazität. Somit wäre es nicht überraschend, wenn China in Zukunft seine eigene Elektrofahrzeugindustrie entsprechend priorisieren würde, was entsprechend die chinesische Exportkapazität verringern würde, zudem im selben Maße wie der US Dollar schwächer wird und an Wert verliert, es mehr und mehr unattraktiv wird, in die USA zu exportieren...“

„... Das Konzept des „Green Cars“ ist nicht vereinbar mit der Tatsache, dass, falls Li-Ion-Batterien für deren Antrieb eingesetzt würden, diese auf Kosten von zwei der schönsten und sensibelsten Ökosystemen geschehen würde, die noch auf diesem Planeten verblieben sind...“

Inhalte und Kernaussagen der Studie

70% der weltweit wirtschaftlich abbaubaren Lithiumvorkommen befinden sich in Südamerika in der Grenzregion der Länder Chile, Bolivien und Argentinien, dem sogenannten „Lithium-Dreieck“, aufgeteilt in die drei Salzwüsten Salar de Atacama, Salar de Uyuni und Salar de Hombre Muerto.

Die Lithiumvorkommen konzentrieren sich auf die oberflächennahe Lauge der Salzseen bis in eine maximale Tiefe von ca. 35 Metern. Zu tieferen Regionen hin verdichtet sich die Geologie der Salzseen hin zu reinem und kompaktem Steinsalz, welches keine weiteren wirtschaftlich abbaubaren Spurenelemente aufweist. Der Prozess der Lithiumgewinnung führt als Endprodukt nicht zu dem reinen Metall Lithium, sondern zu Lithiumkarbonat, Li_2CO_3 . Aufgrund des geringen Gewichts von Lithium liegt das Verhältnis von Lithium zu Lithiumkarbonat bei 5,28.

Kommen Sie auf einen Sprung vorbei

www.resol.de



Bild 10: Das „Lithium Dreieck“

Salar de Atacama

In den Salzseen erweist sich die flächenbezogene Verteilung der Lithiumkonzentration als sehr inhomogen. In der Salar de Atacama beträgt sie im südlichen Teil des Salzsees im Mittel ca. 1000–1500 ppm. Die Region mit den höchsten vorgefundenen Konzentrationen bis über 4000 ppm, ist hingegen nur wenige Quadratkilometer groß, bei einer Tiefe bis zu 40 m. Die Region, in welcher die Konzentration 3000 ppm übersteigt und auf welche sich gegenwärtig der Abbau beschränkt, ist ca. 30 km² groß. Bei einer Tiefe von bis zu 35 m enthielt sie eine Gesamtmenge von ca. 450.000 Tonnen Lithium bevor der kommerzielle Abbau einsetzte. Seit Beginn der Lithiumproduktion in der Salar de Atacama vor 25 Jahren sind davon bereits ca. 100.000 Tonnen Lithium, entsprechend 525.000 Tonnen Lithiumkarbonat, gewonnen worden.

Die ortsansässige Minengesellschaft SQM plant eine Produktionskapazitätserhöhung von gegenwärtig ca. 32.000 Tonnen Li₂CO₃ auf bis zu 48.000 Tonnen. Dies ist jedoch nur unter

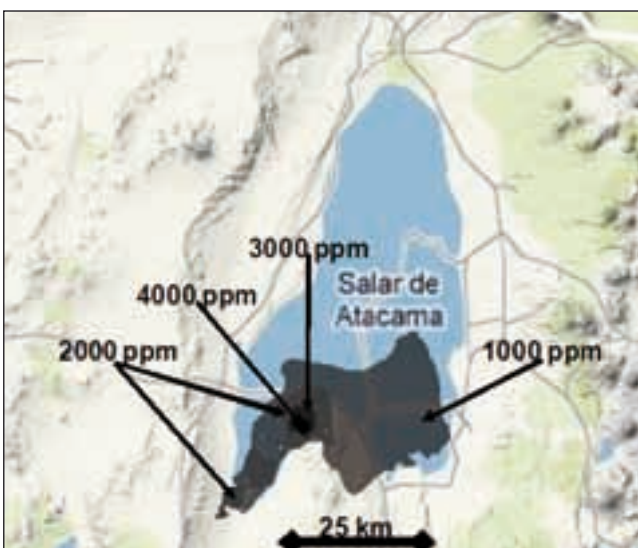


Bild 11: Lithium-Konzentration in der Salar de Atacama



jetzt mit SD-Karten-Slot für integriertes Datenlogging

Entdecken Sie unseren neuen Webaufritt und den Zuwachs unserer DeltaSol®-Reglerfamilie: den DeltaSol® BX und DeltaSol® MX

- Bis zu 13 Relaisausgänge (MX) bis zu 4 Relaisausgänge (BX)
- RESOL VBus®
- Drehzahlregelung für die Ansteuerung von Hocheffizienzpumpen
- Bilanz- und Verlaufsdiagramme (MX)
- Drainback-Option
- PC-Software

Ausbeutung der Regionen mit geringerer Ausgangskonzentration möglich. Eine weitere Produktionsanhebung bis ca. 100.000 Tonnen wäre theoretisch vorstellbar, jedoch nur durch ein riesiges System an Pumpen, Drainagen, Pipelines und Verdunstungsflächen, denn die Salzlake muss aus dem Salzsee zunächst in die Verdunstungsflächen gepumpt werden, wo durch die Verdunstung von Wasser eine Konzentrationsanhebung erzielt wird. Durch anschließende chemische Prozessschritte wird die konzentrierte Lauge von anderen Mineralien wie z. B. Magnesium, befreit, um schließlich Lithiumchlorid (LiCl) bzw. Lithiumkarbonat (Li_2CO_3) gewinnen zu können. Mit dieser Methode verbleibt jedoch immer ein wesentlicher Teil des Lithiums in der Salzlauge, welche nach der Durchführung des Gewinnungsprozesses an anderer Stelle wieder zurück in den Salzsee gepumpt wird. Die tatsächliche Lithiumausbeute liegt nur in etwa bei 50%. Eine Ausweitung dieser flächenintensiven Gewinnungsmethode ist nur mit substantziellen Folgen für das gesamte Ökosystem des Atacama denkbar.

Alles in allem sind bis heute bereits etwa 50% dieser kleineren Zone mit den höchsten Lithiumvorkommen erschöpft und ausgebeutet worden. Aus den ca. 3 Millionen Tonnen Lithium, die in der Salar de Atacama lagern, können bestenfalls ca. 1 Millionen Tonnen gewonnen werden, und dies nur mit der Folge der Zerstörung des Ökosystems der Atacama.

Salar de Hombre Muerto

Die Salar de Hombre Muerto liegt in Argentinien, ca. 200 km südöstlich der Salar de Atacama. Die industrielle Lithiumgewinnung startete hier vor ca. 10 Jahren. Der Gewinnungsprozess unterscheidet sich deutlich von dem in der Salar de Atacama angewandten Prozess. Anstelle von Verdunstungsseen wird ein Aluminium basierter Adsorptionsprozess eingesetzt, der aber wiederum große Mengen an knappem Frischwasser für die Regenerationsstufe des Adsorptionsprozesses benötigt.

Die Lithiumkonzentration in der Salar de Hombre Muerto liegt im Mittel bei 650 ppm und variiert zwischen 220 ppm und 1000 ppm. Sie liegt damit deutlich unter der der Salar de Atacama. Die gesamten Lithiumreserven werden auf ca. 800.000 Tonnen (entsprechend 4,2 Millionen Tonnen Lithiumkarbonat) geschätzt, wovon 50% technisch abbaubar und gewinnbar sein sollen. Die gegenwärtige jährliche Förderrate beträgt etwa 5.000 Tonnen Lithium, aufgeteilt in 12.000 Tonnen Lithiumkarbonat und

6.000 Tonnen Lithiumchlorid. Bei der gegenwärtigen Förderrate beträgt die statistische Reichweite somit 75 Jahre.

Salar de Uyuni

Die Salar de Uyuni liegt in Bolivien. Sie verfügt auf einer Fläche von mehr als 10.000 km^2 über mehr als 40% des weltweiten in Form von Salzlauge gelösten Lithiums und ist damit das größte Einzelvorkommen überhaupt. Das geschätzte totale Lithiumvorkommen liegt zwischen 5,5 und 9 Millionen Tonnen. Aufgrund der spezifischen chemischen Zusammensetzung der Salzlauge ist trotz der relativ hohen Lithiumkonzentration von bis zu 4.700 ppm die Lithiumgewinnung komplizierter als in den vorgenannten beiden Lagerstätten, da eine vorgeschaltete zusätzliche Behandlung mit Kalziumhydroxid oder ähnliche Verfahrensschritte erforderlich sind, um zunächst die Magnesiumkonzentration herabzusetzen. Andernfalls lässt sich aus der Salzlauge kein Lithiumchlorid abscheiden. Dies ist auch einer der Hauptgründe, warum hier bislang kein Abbau der Ressourcen erfolgte. Zudem ist in den weiten Randbereichen der Salar de Uyuni die Lithiumkonzentration bis auf Werte von 600 ppm abfallend. Aufgrund der spezifischen Geologie würde die Extraktion des Lithiums in den meisten Bereichen der Salar Jahrzehnte beanspruchen, wobei das gesamte Gebiet gleichfalls mit einem dichten Netz aus Pumpen, Drainagen, Pipelines und Verdunstungsflächen überzogen werden müsste. Denn auch hier muss die Salzlake zunächst aus dem Salzsee in die Verdunstungsflächen gepumpt werden, um durch die Verdunstung von Wasser eine Konzentrationsanhebung zu erzielen. Erschwerend kommt hinzu, dass in der Region die natürliche Verdunstungsrate nur 150 cm/Jahr beträgt und damit wesentlich niedriger ist als in den beiden anderen Salars. Dies kann nur durch eine entsprechende Vergrößerung der Verdunstungsflächen kompensiert werden. Die Kosten hierfür würden die Rohstoffgewinnung unrentabel machen. Aus diesen und weiteren geologischen sowie prozesstechnischen Gründen kommt die Studie zu dem ernüchternden Ergebnis, dass von den insgesamt vielleicht 5 bis 9 Millionen Tonnen Lithium lediglich 300.000 bis 500.000 Tonnen wirtschaftlich abgebaut werden können.

Nach dem Beschluss, in der Salar de Uyuni mit der Lithiumgewinnung zu beginnen, wurde im März 2008 der Startschuss für den Aufbau der erforderlichen Infrastruktur gegeben. Die entstehende Mine wird dabei im sozialistischen Staatseigentum Boliviens verbleiben. Die Planzahlen sehen vor, dass nach Ablauf

des ersten Fünfjahresplans in 2013 eine monatliche Produktionskapazität von 1.000 Tonnen Lithium (äquivalent 5.250 Tonnen Lithiumkarbonat) erreicht werden soll. Diese Fördermenge würde die gegenwärtige Fördermenge der Salar de Atacama um 50% übersteigen. Aufgrund der Tatsachen, dass die durchschnittliche Qualität und Konzentration der Salzlauge der Salar de Uyuni jedoch nur ca. 50% der Qualität der Salzlauge der Salar de Atacama erreicht, darüber hinaus mit einem hohen Magnesiumanteil eine ungünstige chemische Zusammensetzung aufweist und zudem noch die Verdunstungsrate weniger als 50% der Verdunstungsrate der Salar de Atacama beträgt, geht die Studie davon aus, dass statt der verkündeten Planzahlen nur Förderraten im Bereich um 160 Tonnen Lithium pro Monat (äquivalent 850 Tonnen Lithiumkarbonat) erreicht werden und dies auch erst in 2015 und nicht schon in 2013. Für das Jahr 2020 geht die Studie von einer Produktionsrate von 480 Tonnen Lithium pro Monat (äquivalent 2550 Tonnen Lithiumkarbonat) aus und dies auch nur auf massive Kosten der Umwelt und des Ökosystems, da aufgrund der ungünstigen geologischen Randbedingungen der spezifische Flächenverbrauch um ein Vielfaches größer ist als in der Salar de Atacama.

Neben den hohen spezifischen Produktionskosten und Energieaufwänden für die Lithiumgewinnung in der Salar de Uyuni gibt es noch wesentlich handfestere wirtschaftliche Faktoren, die gegen eine großflächige Ausbeute und damit Zerstörung der Natur sprechen. Touristisch gesehen steht die Region ausgesprochen hoch im Kurs. Gegenwärtig besuchen ca. 60.000 Touristen jedes Jahr die Gegend. Das Geld, welches sie in die bolivianische Staatskasse und in die Kassen der Anwohner der Region direkt oder indirekt spülen, kann über einen längeren Zeitraum von vielleicht 10 oder 20 Jahren sehr wohl den möglichen Gewinn aus dem Lithiumabbau um ein Mehrfaches übersteigen, zudem die tatsächlich wirtschaftlich abbaubare Menge an Lithium nur wenige Hunderttausend Tonnen betragen dürfte. Dem gegenüber steht das potenzielle Ausbleiben der Touristen im Falle einer flächendeckenden Zerstörung der Salar. Da sowohl der Tourismus als auch die Rohstoffproduktion unter staatlicher Regie geführt werden, ist eine politische und volkswirtschaftliche Entscheidung gegen einen großflächigen Lithiumabbau im Bereich des Denkbaren.

Neben diesen drei großen Lagerstätten gibt es in der Region noch weitere kleine Vorkommen, die teilweise bewirtschaftet

werden. Für die Salar del Rincon bewertet die Studie aus ähnlichen wie den oben benannten Gründen die realistisch abbaubaren Lithiumvorkommen auf ca. 250.000 Tonnen, was deutlich unter dem geschätzten Gesamtvorkommen von 1.400.000 Tonnen liegt. Neben der Salar del Rincon liegt die Salar del Olariz mit einem geschätzten Gesamtvorkommen von 300.000 Tonnen Lithium. Ein möglicher Produktionsbeginn wäre in dieser Region nicht vor 2015.

Lithium in der übrigen Welt: Tibet, Nevada, Australien, Zimbabwe

Außerhalb Südamerikas befinden sich weitere Lithiumvorkommen in Form von Salzseen. In Nevada, USA, Clayton Valley, befindet sich ein Vorkommen mit ursprünglich ermittelten 118.000 Tonnen Lithium (entsprechend 620.000 Tonnen Lithiumkarbonat), welches allerdings seit 1992 ausgebeutet wird und sich daher dem Zustand der Erschöpfung bzw. der Unwirtschaftlichkeit nähert.

In China gibt es bedeutende Lithiumressourcen in der Region in und um Tibet. Das Qaidan Basin umfasst 33 Salzseen aus welchen teilweise die Lithiumproduktion aufgenommen wurde. China plant, die Produktion innerhalb der nächsten Jahre auf eine Größenordnung von 6.500 Tonnen Lithium (entsprechend 35.000 Tonnen Lithiumkarbonat) auszuweiten.

Im Westen von Tibet, auf dem Gebiet des Zhabuye Salt Lake, hat ebenfalls die chinesische Produktion begonnen. Unter schwierigen geologischen und geographischen Bedingungen liegt die Produktion gegenwärtig bei jährlich 950 Tonnen Lithium, entsprechend 5000 Tonnen Lithiumkarbonat. Eine langfristige Produktionsanhebung um den Faktor 4 ist geplant.

Im Südwesten von Tibet, auf dem Gebiet des DXC Salt Lake ist ebenfalls eine Produktionsstätte in der gleichen Größenordnung geplant. Dieser Salzsee verfügt über ein relativ geringes abbaubares Lithiumvorkommen in der Größenordnung von 75.000 Tonnen Lithium, entsprechend 400.000 Tonnen Lithiumkarbonat.

Neben diesen in Salzwüsten anzutreffenden Lithiumvorkommen gibt es noch solche, die in Mineralerzen eingebettet sind. Australien und Zimbabwe sind gegenwärtig größte Produzenten hiervon. Aufgrund der hohen Prozesskosten wird dieses Mineral aber derzeit nicht zu batterieauglichem Lithiumkarbonat weiterverarbeitet, sondern überwiegend industriell eingesetzt, zur Herstellung von Schmierstoffen zum Beispiel oder in der Glasindustrie. Weitere kleinere Vorkom-

men gibt es in Europa, Portugal, Kanada und Brasilien.

Das Fazit: wirtschaftliche Lithiumgewinnung ist schwer

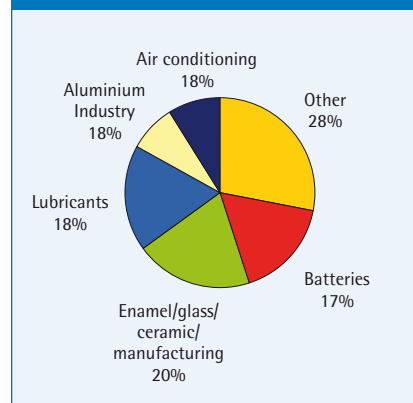
Zusammenfassend kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass sich unter der detaillierten Berücksichtigung der realen geologischen und geopolitischen Rahmenbedingungen die in den weltgrößten Vorkommen in Südamerika befindlichen Lithiumreserven nur zu einem kleinen Teil wirtschaftlich gewinnen lassen. Für diese Region bestimmt die Studie die totale maximale Fördermenge auf ca. 2 Millionen Tonnen (entsprechend 10,5 Millionen Tonnen Lithiumkarbonat) und weltweit auf die etablierten Förderstätten bezogen auf unter 4 Millionen Tonnen (entsprechend 21 Millionen Tonnen Lithiumkarbonat).

Angebot und Nachfrage – The Trouble with Lithium

Dieser Angebotssituation steht die Nachfrage an Lithium und Lithiumproduktion gegenüber. Die Jahresproduktion von Lithiumkarbonat ist bis heute auf ca. 80.000 Tonnen angestiegen. Batterien beanspruchen von dieser Menge gegenwärtig bis zu 20%. Der genaue Anteil kann nicht ermittelt werden, denn die Wachstumsrate des Batteriesektors beträgt mehr als 25%, Tendenz steigend, wohingegen die Wachstumsrate der gesamten Lithiumindustrie nur 4–5% beträgt. Bereits heute werden jährlich weltweit mehr als 80 Millionen Laptop Computer und 1,2 Milliarden Mobilfunktelefone hergestellt und alle sind mit Li-Ion-Batterien ausgestattet. Die OLPC Stiftung (One Laptop per Child) hat sich zum Ziel gesetzt, jedes der weltweit 2 Milliarden Kinder mit einem Laptop auszurüsten. Damit dürfte das zukünftige Wachstumspotenzial für diesen Markt umrissen sein.

Schon heute, obwohl noch gar kein Fahrzeugbatteriehersteller in den Markt

Bild 12: Lithiumbedarf aufgeschlüsselt nach Produktsorten – nur ein geringer Teil steht für die Batterieherstellung zur Verfügung



eingetreten ist, besteht ein Nachfrageüberhang für Lithium, der für steigende Preise, aber auch für steigende Produktionsraten sorgt. Zukünftige Fahrzeugbatteriehersteller müssen daher eine Reihe von Faktoren in ihrer Strategie berücksichtigen, die in erster Linie darauf abzielen, für einen ausreichend langen Zeitraum die Verfügbarkeit der richtigen Menge an qualitativ hochwertigem Lithiummaterial zu einem wettbewerbsfähigen Preis sicherzustellen. In der Automobilindustrie werden aufgrund der langen Vorlaufzeiten und hohen Investitionskosten langfristige Lieferverträge, Planungen und Preisbindungen abgeschlossen, die in der gegenwärtigen Marktsituation für die Ressource Lithium nicht gesichert scheinen. Die Studie kommt schließlich zu dem Ergebnis, dass für die Versorgung der Automobilindustrie mit Li-Ion-Batterien im Jahr 2010 nur knapp 21.000 Tonnen und in 2015 nur 31.000 Tonnen sowie in 2020 nur 45.000 Tonnen Lithiumkarbonat zur Verfügung stehen. Diese Menge wäre im Jahr 2015 ausreichend, um gerade ein-



Bild 13: 2008 wurden weltweit mehr als 1,2 Milliarden Mobiltelefone und 80 Millionen Laptops hergestellt.

Tabelle 2: Lithiumproduktion und Reserven vs. Verbraucher

Deposit	Resource (Li metal)	Reserve (Li metal)	Current Li ₂ CO ₃ Production 2007	Probable Li ₂ CO ₃ Production 2010	Optimum Li ₂ CO ₃ Production 2015	Optimum Li ₂ CO ₃ Production 2020
Lithium Brines						
Salar de Atacama	3.0 MT	1.0 MT	42.000	60.000	80.000	100.000
Hombre Muerto	0.8 MT	0.4 MT	15.000	15.000	20.000	25.000
Clayton Lake	0.3 MT	0.118 MT	9.000	9.000	8.000	8.000
Salar del Rincon	0.5 MT	0.25 MT	–	10.000	20.000	25.000
Salar de Uyuni	5.5 MT	0.6 MT	–	–	15.000	30.000
Zhabuye	1.25 MT	0.75 MT	5.000	10.000	20.000	25.000
Qinghai	1.0 MT	0.5 MT	10.000	20.000	40.000	50.000
DXC	0.16 MT	0.08 MT	–	5.000	5.000	5.000
Salar Olaroz	0.32 MT	0.16 MT	–	–	5.000	5.000
Salton Sea	1.0 MT	–	–	–	5.000	10.000
Smackover	1.0 MT	–	–	–	10.000	25.000
Bonneville	–	–	–	–	–	–
Searles Lake	0.02 MT	–	–	–	–	–
Great Salt Lake	0.53 MT	–	–	–	–	–
Dead Sea	2.0 MT	–	–	–	–	–
Minerals						
Greenbushes			–	–	–	–
Bernic Lake			–	–	–	–
Osterbotten			–	1.000	6.000	–
Bikita			–	–	–	–
Hectorite Clay			–	–	–	–
Jiajika			–	–	–	–
Brazil			–	–	–	–
Total		4.0 MT	81.000	130.000	234.000	308.000
Non-Automotive Demand (High)			85.000	109.000	203.000	263.000
Available for Automotive			–	21.000	31.000	45.000

mal 1,3 Millionen PHEVs der GM „Volt“ Klasse mit Batterien zu versorgen, und in 2020 1,9 Millionen – ein verschwindend geringer Bruchteil der globalen Automobilproduktion.

Die Studie untersucht auch Variationen der Einflussparameter wie Umweltschutz und Nachfrageeinbrüche im nicht-automobilen Bereich. Im besten Fall kommt die Studie für das Jahr 2020 auf eine Obermenge von 160.000 Tonnen Lithiumkarbonat, die für die Produktion von Fahrzeugbatterien zur Verfügung stehen könnte. Dies wäre ausreichend für 7,5 Millionen PHEVs der GM „Volt“ Klasse – immer noch ein verschwindend geringer Teil der voraussichtlichen globalen PKW-Produktion. Mit diesen Zahlen ist das drohende Dammoklesschwert von „Peak Lithium“ auf der Hersteller- und Verbraucherseite definiert.

Peak Lithium – Der Albtraum der Elektrofahrzeugindustrie

Die Studie kommt weiterhin zu dem Schluss, dass aufgrund der sich schon jetzt deutlich am Markt abzeichnenden Verknappung die Ressource Lithium verstärkt als strategisches Metall eingestuft werden dürfte. Aufgrund der politischen Situation in den Hauptförderländern, welche alle über sozialistische oder kommunistische Gesellschaftsformen verfügen, ist eine weitgehende Verstaatlichung und Kontrolle bzw. Restriktion der Ressourcen und Materialströme wahrscheinlich, zumal Lithium auch in der Nukleartechnologie eine Rolle spielt. Dies betrifft nicht nur den Bau von Wasserstoffbomben, sondern auch den Einsatz in zukünftigen Fusionsreaktoren zur elektrischen Energiegewinnung. Würden die südamerikanischen Staaten sowie China ihre Lithiumvorkommen nicht dem weltweiten Export

zur Verfügung stellen, sondern in Eigenregie veredeln und verwenden, könnten diese Länder damit auf lange Sicht wesentliche Mobilitätsbereiche absichern. Wozu also dieses strategisch wertvolle Metall erst aus der Hand geben, um es gegen Dollar einzutauschen, die immer mehr an Wert verlieren, wenn damit gleichzeitig zukünftige Probleme der eigenen Energieversorgung eingekauft werden?

Die eindeutige Empfehlung der Studie ist daher, Li-Ion-Batterien nicht für Mobilitätsanwendungen zu entwickeln und sich nicht durch die Nutzung eines strategischen Mangelmateriale in die politische und wirtschaftliche Abhängigkeit einer Hand voll Staaten zu begeben.

Die Studie mahnt eindringlich, unverzüglich Batterietechnologien zur Marktreife zu entwickeln, die auf faktisch nicht limitierten Rohstoffen basiert und verweist abschließend kurz auf zwei weitere Studien aus dem eigenen Haus zu dem Thema Zink-Luft Batterie und „Zebra“-Natrium-Nickel-Chlorid bzw. Natrium-Eisen-Chlorid Batterie. Beide Studien und die darin vorgestellten Batterietechnologien und alternativen Energieversorgungsansätze weisen stichhaltige Argumente auf und werden in einer der folgenden Ausgabe der Sonnenergie im Detail vorgestellt.

ZUM AUTOR:

► Dr.-Ing. Jens Berkan

ist Automobilingenieur und hat bei BMW und General Motors an der Hybridentwicklung mitgewirkt. Zuletzt hat er im Projektteam des Chevy Volt an der Integration von Photovoltaik gearbeitet, bevor er sich mit Innovatt Energy im Bereich der Technologieentwicklung für Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen selbstständig gemacht hat.

jens.berkan@innovatt-energy.com