GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Fraunhofer
ISI

# Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität (EMOTOR)

**Länderbericht**

Förderkennzeichen: 03X4616A

Projektleitung in EMOTOR: Dr. Thomas Reiß

Autoren:
Dr. Cheng Fan
Dr. Nele Friedrichsen
Till Gnann
Philipp Hüttemann
Andreas Sauer
Dr. Axel Thielmann
Prof. Dr. Martin Wietschel

Karlsruhe, Juni 2013

## IMPRESSUM

**Herausgeber**

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48

76139 Karlsruhe

info@isi.fraunhofer.de

www.isi.fraunhofer.de

**Förderung**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Referat 511, Neue Werkstoffe, Nanotechnologie

53170 Bonn

www.bmbf.de

# Inhaltsverzeichnis

**Kurzfassung** ..... **1**

**1 Aufbau des Länderberichts** ..... **5**

**2 Marktanalyse** ..... **7**

2.1 Methodik und Vorgehen ..... 7

2.2 Komponentenhersteller im LIB-Gesamtmarkt ..... 9

2.2.1 Kathodenhersteller ..... 9

2.2.2 Anodenhersteller ..... 14

2.2.3 Hersteller von Elektrolytlösungen ..... 17

2.2.4 Separatorenhersteller ..... 20

2.3 Zell-, Modul- und Packhersteller LIB-Gesamtmarkt ..... 23

2.4 Zell-, Modul- und Packhersteller im LIB-Markt für Elektrofahrzeuge ..... 25

2.5 Wertschöpfungstiefe ..... 34

2.6 Nationale und internationale Kooperation ..... 37

2.6.1 Formen der Kooperation im LIB-Markt ..... 37

2.6.2 Internationalität der Kooperation im LIB-Markt ..... 41

2.7 Zusammenfassung ..... 43

**3 Länderanalyse und Förderprogramme** ..... **47**

3.1 Japan ..... 53

3.2 Südkorea ..... 58

3.3 China ..... 62

3.4 USA ..... 68

3.5 Deutschland ..... 74

3.6 Frankreich ..... 77

3.7 Europa im Allgemeinen ..... 78

3.8 Weitere Länder und Regionen ..... 79
3.8.1 Taiwan ..... 79
3.8.2 Kanada ..... 82
3.8.3 Australien ..... 84
3.8.4 Indien ..... 85
3.8.5 Russland ..... 86

**4 Literaturverzeichnis ..... 89**

**5 Abkürzungsverzeichnis ..... 99**

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Wertschöpfungskette für Lithium-Ionen Automotive Batterien ....7

Abbildung 2-2: Marktanteile der LIB-Kathodenmaterialhersteller 2010 [% des Umsatzes] ....10

Abbildung 2-3: Mengen verwendeter Kathodenmaterialien 2008-2012 [t] ....13

Abbildung 2-4: Marktanteile der LIB-Anodenmaterialhersteller 2010 [% des Umsatzes] ....15

Abbildung 2-5: Marktanteile der LIB-Elektrolythersteller 2010 [% des Umsatzes] ....18

Abbildung 2-6: Marktanteile der LIB-Separatorenhersteller 2010 [% des Umsatzes] ....20

Abbildung 2-7: Marktanteile der Batteriehersteller im LIB-Gesamtmarkt [% des Umsatzes] ....23

Abbildung 2-8: Batteriehersteller im LIB-Gesamtmarkt und ihre verwendeten Technologien 2011 [t] (Jahr 2011) ....24

Abbildung 2-9: Marktanteile der Zell- und Packhersteller im LIB-Markt für Elektromobilität [% des geschätzten Umsatzes] ....26

Abbildung 2-10: Unternehmen nach Ländern und ihre Präsenz in der Wertschöpfungskette (1/2) ....35

Abbildung 2-11: Unternehmen nach Ländern und ihre Präsenz in der Wertschöpfungskette (2/2) ....36

Abbildung 2-12: Formen der Unternehmensverbindung ....37

Abbildung 2-13: Lieferung von Kathodenmaterial von Kathoden- zu Zellherstellern (Ordinate) nach Ländern Jan+Feb 2011[t] ....42

Abbildung 2-14: Lieferung von Anodenmaterial von Anoden- zu Zellherstellern (Ordinate) nach Ländern Jan+Feb 2011[t] ....42

Abbildung 3-1: Publikationsanteile zu LIB-Komponenten 2011 ....48

Abbildung 3-2: Publikationsanteile zu LIB-Komponenten 2005 - 2009 ....48

Abbildung 3-3: Patentanteile zu LIB-Komponenten 2009 ....50

Abbildung 3-4: Patentanteile zu LIB-Komponenten 2005 - 2009 ....50

Abbildung 3-5: Marktanteile der Länder verschiedener LIB-Wertschöpfungsstufen [% des Umsatzes in den jeweiligen Teilmärkten] ..... 51

Abbildung 3-6: Umsätze der Unternehmen auf verschiedenen Wertschöpfungsstufen gegliedert nach Ländern [Mio. USD] und Marktanteile in den jeweiligen Teilmärkten der Wertschöpfungsstufen (Kreisdiagramm) ..... 51

Abbildung 3-7: Umsätze der Unternehmen verschiedener Länder untergliedert nach LIB-Wertschöpfungsstufen [Mio. USD] und Marktanteile in den jeweiligen Teilmärkten (Kreisdiagramm) ..... 52

Abbildung 3-8: Länderanteile an Publikationen, Patenten und Produktion/Märkten von LIB 2009 ..... 53

Abbildung 3-9: Projektstruktur des RISING Projektes ..... 55

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Hauptsitz, Umsatz [Mio. Euro] und Kapazität [t/Jahr] wichtiger LIB-Kathodenmaterialhersteller ....12

Tabelle 2-2: Sitz, Umsatz [Mio. Euro] und Produktionskapazität [t/Jahr] wichtiger LIB-Anodenmaterialhersteller ....15

Tabelle 2-3: Umsatz [Mio. Euro] und Kapazität [t/Jahr] der Hersteller von LIB-Elektrolytlösungen ....19

Tabelle 2-4: Umsatz [Mio. Euro] und Kapazität [Mio. m²/Jahr] der Hersteller von LIB-Separatoren ....21

Tabelle 2-5: Hauptsitz, Umsatz [Mio. Euro], Investitionen [Mio. Euro] und Produktionskapazitäten [EV-äquivalente Packs/Jahr] der Zell- /Packhersteller ....33

Tabelle 2-6: Übersicht wichtiger LIB-Joint Ventures mit Partnerunternehmen und Wertschöpfungsbereichen ....39

Tabelle 3-1: Fördermaßnahmen im Rahmen von BEEST ....70

Tabelle 3-2: Hochenergie- und Hochleistungs FuE-Projekte unter VTP....71

Tabelle 3-3: Wichtigste Empfänger von ARRA-Fördermittel....72

Tabelle 3-4: Entwicklungsplan des MOEA für EV in Taiwan ....80

Tabelle 3-5: Förderprogramme für Elektro- und Hybrid-Fahrzeuge in Kanada ....83

# Kurzfassung

In den letzten Jahren haben zahlreiche Regierungen weltweit ihre nationalen Zielwerte für die Markteinführung und -diffusion von Elektrofahrzeugen angekündigt. Sollten diese Ziele erreicht werden, so würden in 2015 rd. 1,5 Mio. und 2020 etwa sieben Mio. Elektrofahrzeuge - bezogen auf Plug-in Hybride (PHEV) und rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge (BEV) - weltweit neu zugelassen werden. Diese Ziele decken sich i. A. gut mit für die nächsten Jahre errechneten Szenarien unterschiedlicher Quellen (wie z.B. OECD/IEA 2009 und 2011). Um diese Ziele zu erreichen, haben die Regierungen in den vergangenen Jahren (etwa seit 2007 – 2009) damit begonnen, staatliche FuE-Förderprogramme, Maßnahmen der Industrieförderung und des Infrastrukturausbaus in die Wege zu leiten sowie Rahmenbedingungen für die Verbreitung der Elektromobilität vorzubereiten. Die meisten Staaten setzen dabei Anreize durch finanzielle Zuschüsse beim Kauf eines Elektrofahrzeugs, versprechen Steuererleichterungen z.B. auf Basis von $CO_2$-Emissionen, oder wollen Infrastrukturen durch private und öffentliche Ladesäulen für Elektrofahrzeuge ausbauen. Nur wenige Länder setzen zudem auf eine Förderung der Forschung, Entwicklung und Produktion der Schlüsselkomponenten für die Elektromobilität, insbesondere der Batterien.

Eine Betrachtung des Status quo der Batterieforschung, -entwicklung und -produktion für den elektromobilen Einsatz zeigt, dass weltweit ebensowenige Länder über die Ausgangsbasis sowie die Potenziale verfügen, einen Leitmarkt für die Elektromobilität im Hinblick auf die Batterieproduktion aufzubauen. Hierzu zählen Japan, Südkorea, China sowie die USA und innerhalb Europas insbesondere Deutschland und Frankreich.

Die Förder- bzw. Investitionssummen für Elektromobilität scheinen über die wesentlichen weltweiten Länder und Regionen ähnlich groß zu sein. Unterschiede bestehen dabei zum einen, ob die Industrie (z.B. Südkorea) oder die Regierung (z.B. China aber auch USA) die maßgeblichen Investitionen tätigt und wofür diese schwerpunktmäßig eingesetzt werden: für die Batterieproduktion (z.B. Südkorea, USA) oder den Infrastrukturaufbau und Marktanreizprogramme (z.B. Frankreich) oder in einem eher ausgewogenen Mix (z.B. Japan, Deutschland). Die Förderung für die Batterieforschung liegt in allen diesen Ländern i.d.R. im zweistelligen Millionen (Euro) Bereich.

In der Batterieproduktion übernimmt **Japan** bereits heute eine dominierende Rolle, vor allem im Bereich der Lithium-Ionen-Batterien. Japans Unternehmen unterhalten Marktanteile von über 50 % in den Wertschöpfungsstufen Komponenten- und Zellherstellung (bis hin zur Packmontage). Japan ist auch Marktführer in allen Teilmärkten dieser Wertschöpfungsstufen. In Bezug auf die Elektromobilität hat Japan seine FuE-

Aktivitäten durch regionalen Infrastrukturausbau und Kaufanreizmaßnahmen der lokalen Regierungen flankiert. Somit fördert und vermarktet Japan seit Jahrzehnten die Batterie- und Brennstoffzellentechnologie (seit den 1990er Jahren auch mit wachsendem Fokus auf die Elektromobilität) in einer ausgewogenen Beteiligung von Wissenschaft, Industrie und Politik. Allein für die Batterieforschung gibt die halbstaatliche Organisation NEDO jährlich Fördersummen im zweistelligen Mio. (Euro) Bereich aus (74 Mio. Euro im Jahr 2011, die Zahl für 2012 steht noch aus). Die Investitionssummen für die Elektromobilität als Ganzes durch Politik und Wirtschaft (inkl. Brennstoffzellen, Infrastrukturen, Marktanreize) dürften sich auf mehrere 100 Mio. Euro jährlich summieren. Durch die traditionell gewachsene Bedeutung Japans in der Batterieindustrie sehen aber selbst die japanischen Unternehmen die große Gefahr des mentalen Verharrens in der Vergangenheit. Besonders Südkorea wird als innovierender, schnell aufsteigender Wettbewerber empfunden. Die zu große Anzahl japanischer Batteriehersteller (z.B. im Vergleich zu Südkorea) wird ebenso als Problem der Japaner empfunden. Denn weltweit zeigt sich die vorherrschende Meinung, dass in Zukunft eine Konsolidierungsphase stattfinden wird, aus der nur noch wenige globale Batteriehersteller für Elektrofahrzeuge hervorgehen werden. Auf Basis der Unternehmensanalysen muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die japanische, vor allem aber die asiatische Dominanz in den kommenden fünf Jahren nicht aufgebrochen werden kann.

**Südkorea** unterhält heute den zweitgrößten Anteil am Gesamtmarkt für Batterien mit rund 20 % und kann bereits auf etablierte Zellhersteller wie *Samsung SDI*, *LG Chem* oder *SK Energy* zurückgreifen, welche schon lange im Bereich der Konsumelektronik und kleinformatigen Batterietechnologien aktiv sind. Die wesentliche Strategie der südkoreanischen Unternehmen besteht darin, zusätzlich Know-how und Kapazitäten in der Material-/Komponentenherstellung aufzubauen. Während die südkoreanischen Unternehmen als Zellhersteller bereits den Markt mit dominieren, sind sie heute noch stark auf Importe von Kathoden- und Anodenmaterialien angewiesen. Südkorea plant insbesondere durch Investitionen der Batterieindustrie gestützte Programme zum Aufbau der Batterieproduktion für die Elektromobilität mit rd. einer Mrd. Euro pro Jahr (Battery Project 2020) in den kommenden zehn Jahren. Diese Investitionssummen unterstreichen die Bedeutung und Dominanz der südkoreanischen Industrie. Dabei bestehen enge Kooperationen zwischen den Batterieunternehmen und der südkoreanischen Automobilindustrie (Hyundai-Kia). Die Förderung der Batterieforschung durch das Wirtschaftsministerium MKE betrug 37 Mio. Euro im Jahr 2011 (für 2012 waren 51 Mio. Euro geplant). Durch die starke Position der Batterieindustrie ist zudem auch in der Forschung ein stärkerer Fokus auf die anwendungsnahen Themen zu beobachten. Südkoreas Unternehmen sehen daher eine gute Chance sich kurz- bis mittelfristig ge-

gen die japanische Konkurrenz zu behaupten und möglicherweise eine Führungsposition einzunehmen.

In **China** summieren sich 10 % Marktanteil in den genannten fünf Teilmärkten durch zumeist kleinere Unternehmen. Wichtige Unternehmen sind das private Unternehmen *BYD*, welches eine weltweite Sonderrolle einnimmt, da das Unternehmen alle Wertschöpfungsstufen von der Komponenten- und Zellherstellung bis hin zur Fahrzeugintegration und eigenen Fahrzeugherstellung abdeckt. Typisch für chinesische Unternehmen wie *BYD* ist neben einer erstaunlichen Fertigungstiefe oftmals auch die fehlende Fähigkeit der Systemintegration. Zu weiteren Unternehmen mit Weltmarktanteilen zählen z.B. *Lishen* und *BAK*. Wichtig ist, dass auch durch die Regierung gestützte Unternehmen wie *Mengguli* (*MGL*) Batterien für den chinesischen Binnenmarkt fabrizieren. Durch die zentrale Bedeutung der Regierung ist eine Abschätzung der Marktentwicklung kaum möglich bzw. vorhersehbar. Während japanische und südkoreanische Unternehmen die inländischen Märkte durch starke Beziehungen der Batterie- und Fahrzeughersteller bedienen können, ist die chinesische Regierung in der Lage, durch entsprechende Regulierungen den Binnenmarkt zu kontrollieren und ggf. auch gegenüber ausländischen Unternehmen abzuschotten. Ebenso ist die Förderpolitik Chinas ganz wesentlich durch die Regierung gesteuert. Hier stehen Fördersummen der Regierung für die Elektromobilität in der Größenordnung einer Mrd. Euro pro Jahr für die nächsten zehn Jahre im Raum. Förderschwerpunkte sind die schnelle Industrialisierung von Zellen und Batterien bei hohen Stückzahlen für einen massiven Ausbau der BEV und PHEV (500.000 Elektrofahrzeuge bis 2015 und fünf Millionen bis 2020). Die Batterieforschung selbst wurde bislang mit rd. 26 Mio. Euro jährlich durch das Forschungsministerium MOST gefördert (Zeitraum 2006 – 2010).

Die **USA** haben bislang eine untergeordnete Rolle in der Batterieproduktion gespielt. Aktuell setzt die Regierung auf eine massive Subventionierung der amerikanischen Batteriehersteller, um schnell wieder Anschluss an die asiatischen Führungsländer zu finden. Daneben ist die Idee, radikal neue Forschungsansätze mit hohem Risiko zu fördern, welche im Erfolgsfall zu Sprunginnovationen führen können, eine charakteristische Strategie für die USA. Auch die USA tätigen langfristig (zehn Jahre) über zwei Mrd. Euro Investitionen jährlich, inklusive aller Kaufanreizprogramme und Kredite. Für die reine Batterieforschung wie Post-LIB stellte das DOE 2011 beispielsweise 36 Mio. Euro zur Verfügung.

**Deutschland** fokussiert ähnlich wie Japan eher auf eine für die nächsten Jahre geplante kurzfristige Bereitstellung von 300 Mio. Euro pro Jahr (das heißt einer Summe von 1,5 Mrd. Euro über die Jahre 2009 bis 2013) für die Elektromobilität. Außerdem setzt man auf intensive FuE-Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie.

Auch die Batterieforschung durch das BMBF wird derzeit im zweistelligen Mio. (Euro-) Bereich jährlich gefördert. Die Batterieproduktion zählt heute nicht zu den spezifischen Stärken Deutschlands, während die Materialforschung, Systemintegration und Automobilindustrie als besonders stark von der internationalen Konkurrenz bzw. potenziellen Kooperationspartnern wahrgenommen wird.

**Europa** und den USA wird von Seiten mehrerer Experten ein wachsender Marktanteil zugesprochen. Für die Zukunft scheinen vor allem internationale Joint Ventures und Kooperationen mit der Chemieindustrie als Material- und Komponentenzulieferer, mit Automobilzulieferern als Systemintegratoren und mit Automobilherstellern als Partner von großen asiatischen Batterieherstellern aussichtsreich zu sein. Für eine führende Position in der Batteriefertigung könnte sich auch für Deutschland in einem längerfristigen Zeitraum die Chance bieten, mit den asiatischen Herstellern wieder aufzuschließen. Die neu intensivierte Forschung an der nächsten Generation von Lithium-Ionen-Batterien sowie Post-LIB (Generationen 3 und 4) zeigt sich daher als gute Strategie.

Dieser Länderbericht stellt den Status 2012 ergänzt um aktuelle Entwicklungen bis zum Frühjahr 2013 dar. Dabei wurden Informationen aus Unternehmensbefragungen[1] aufbereitet und integriert.

---

1 Im Februar und März 2012 wurden im Rahmen einer Asien-Reise von Mitarbeitern des Fraunhofer ISI über zwanzig Vertiefungsinterviews geführt (u.a. mit Unternehme wie Panasonic/Sanyo, Mitsubishi Chemicals, BYD, BAK, Lishen, LG Chem, SK Energy sowie weiteren Universitäten, Forschungseinrichtungen und Ministerien in Japan, China und Südkorea). Darüber hinaus sind weitere (telefonische) Interviews mit Akteuren aus der Europäischen Union (vor allem Frankreich) sowie den USA im Frühjahr 2013 geführt worden.

# 1 Aufbau des Länderberichts

Für den vorliegenden Länderbericht ergibt sich die Herausforderung, dass während Forschungs- und Förderaktivitäten sowie Maßnahmen auf Regierungsebene klar den jeweiligen Ländern zugeordnet werden können, die Märkte für Energiespeicher für die Elektromobilität global sind und durch die produzierenden Unternehmen charakterisiert werden. Der Bericht ist daher zweiteilig aufgebaut und besteht einerseits aus einer Unternehmensanalyse bzgl. der Märkte, wobei eine Zuordnung der Hauptsitze nach Ländern möglich ist, sowie einer Länderbetrachtung bzgl. der Politikaktivitäten, wobei die Bedeutung der Marktentwicklungen hierin eingeordnet werden kann.

Das nachfolgende Kapitel 2 beschäftigt sich demnach mit der Analyse von Unternehmen im globalen Lithium-Ionen-Batteriemarkt. Sämtliche Ergebnisse in diesem Abschnitt basieren auf einer Meta-Analyse verschiedener Marktstudien. Hierbei gilt es nach Wertschöpfungsstufen zu unterscheiden, die gemäß der im Nachhaltigkeitsbericht definierten Wertschöpfungskette betrachtet werden, wobei in diesem Bericht nur die Wertschöpfungsstufen von der Komponentenherstellung bis inklusive der Packherstellung von Belang sind (vgl. Abbildung 2-1). Dabei werden zuerst die vordersten Wertschöpfungsstufen analysiert, bei denen noch keine Differenzierung nach Nutzungszweck der Batterien erkenntlich ist. Im Anschluss stehen ab der Zellfertigung die automobilen Anwendungen für Batterien im Vordergrund. Nach einer Detailbetrachtung verschiedener Kooperationsformen, schließt das Kapitel mit Schlussfolgerungen aus der Unternehmensanalyse ab.

In Kapitel 3 werden länderweise die Bereiche Förderung und Politikmaßnahmen mit Bezug zu Wissenschaft und Technologie sowie Märkten und Unternehmen betrachtet und dabei zusätzlich auf Ergebnisse aus den vorangegangenen Teilberichten sowie aus Kapitel 2 zurückgegriffen. Hierbei wird gesondert auf Japan, Südkorea, China, die USA, Deutschland und Frankreich eingegangen. In einem weiteren Abschnitt werden schließlich noch Aktivitäten auf europäischer Gesamtebene sowie weiterer weltweiter Länder zusammengefasst.

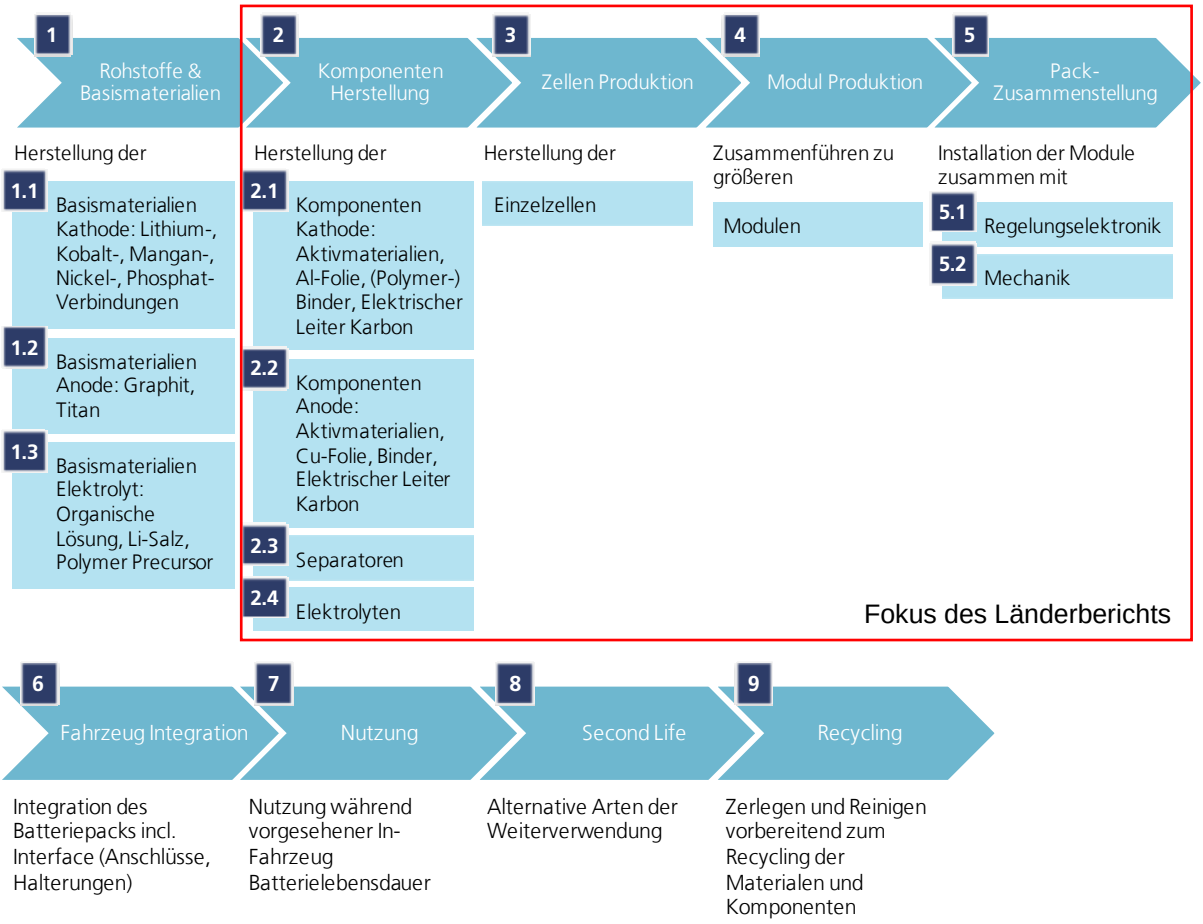
# 2 Marktanalyse

## 2.1 Methodik und Vorgehen

***Betrachtete Abschnitte der Wertschöpfungskette***

In der nachfolgenden Abbildung 2-1 ist die Wertschöpfungskette für Lithium-Ionen-Batterien für automobile Anwendungen dargestellt.

Abbildung 2-1: Wertschöpfungskette für Lithium-Ionen Automotive Batterien




Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Dinger u. a. 2010, 2).

Im Rahmen dieses Berichtes liegt der Fokus auf den Wertschöpfungsstufen 2 bis 5, also der Komponentenherstellung, der Zellenproduktion, der Modulproduktion und der Pack-Herstellung. Während die Komponenten häufig noch von verschiedenen Herstellern gefertigt werden, findet die Zell-, Modul- und Packproduktion in allen Unternehmen mit hinreichend großen Marktanteilen i.d.R. in einem Unternehmen statt. Im Folgenden

wird deshalb nur zwischen der Stufe der Komponentenherstellung sowie der Zell-, Modul- und Packfertigung als Ganzes unterschieden.

Für die Marktbetrachtung wird eine Reihe von verschiedenen Studien in einer „Meta-Analyse“ untersucht und ihre Ergebnisse einander gegenübergestellt. Dabei lässt sich sehr schnell feststellen, dass eine Vielzahl der Studien die relevanten Firmen mit Marktanteilen gegenüberstellt, welche jedoch auf unterschiedlichen Grundlagen beruhen, sofern sie angegeben sind. So unterteilen einige nach Marktanteilen basierend auf Umsätzen, andere wiederum nach den Produktionskapazitäten oder produzierten Mengen. Für die Marktbetrachtung werden deshalb neben den Ergebnissen der Marktstudien zusätzliche Untersuchungen durchgeführt, um die bestehenden Marktstudien zu ergänzen und zukünftige Entwicklungen abzuschätzen. Hierfür wird in den Geschäftsberichten der Jahre 2010 sowie externen Berichten und Firmenwebseiten umfassend recherchiert.

***Ergänzende Kriterien zur Unternehmensbewertung***

Im entstehenden Markt für Lithium-Ionen-Traktionsbatterien erscheint es sinnvoll, sowohl qualitative als auch quantitative Kriterien zu definieren, aus denen sich eine mögliche führende Position der Unternehmen oder größere Chancen am Markt ableiten lassen. Einer weit verbreiteten Meinung unter Analysten der Branche zufolge, bestehen große Chancen für diejenigen Unternehmen erhebliche Teile des Marktes zu gewinnen, die als erste in der Lage sind, die Kosten der Batterien signifikant zu senken. Die ununterbrochene Verfügbarkeit hoher Stückzahlen zur raschen Befriedigung der Marktnachfrage stellt ein weiteres Kriterium dar (vgl. z.B. Dudenhöffer 2010). Hier sind solche Unternehmen im Vorteil, die bereits jetzt im Markt vertreten sind oder schon Produktionskapazitäten und Erfahrung in anderen Bereichen der Batteriefertigung besitzen und zudem über eine kritische Masse an Kapital verfügen. Die große Reduktion der Batteriepreise in den kommenden Jahren impliziert Kosteneinsparungen auf allen Wertschöpfungsstufen für die fertigenden Unternehmen. Zellfertigende Unternehmen, die im Komponentenbereich über eigene Kompetenzen verfügen, sind diesbezüglich im Vorteil, da Transaktionskosten entfallen und eine größere Kontrolle über die Technologie möglich ist (Warrier und Osborne 2009, 10; Frost & Sullivan 2010, 98). Im Kontext dieser Arbeit werden daher die Größen Umsatz und Produktionskapazität als quantitative Kriterien verwendet. Darüber hinaus wird die Wertschöpfungstiefe der Un-

ternehmung als qualitatives Merkmal einbezogen, welche hier die Anzahl der Wertschöpfungsstufen beschreibt, die ein Unternehmen integriert.[2]

Da viele in den Markt eintretende Startups noch keine Umsätze vorzuweisen haben oder keine entsprechenden Daten veröffentlicht sind, wird bei diesen soweit verfügbar der Umsatz, ansonsten wenn möglich die Kapitalausstattung des Unternehmens betrachtet. Zusätzlich kann das Investitionsvolumen gebauter oder geplanter Anlagen Auskunft über die Größe und Tragweite ihrer Projekte geben. Das Kriterium der Wertschöpfungstiefe bleibt erhalten.

***Weitere Gliederung des Kapitels***

Da sich die Komponentenherstellung nicht gemäß dem Verwendungszweck der Zellen trennen lässt, kann auf dieser Stufe keine Differenzierung nach LIB für Elektrofahrzeuge stattfinden. Im nachfolgenden Abschnitt 2.2 wird deshalb der Gesamtmarkt der Kathoden, Anoden-, Separatoren und Elektrolythersteller analysiert. Daran anschließend wird der Gesamtmarkt für LIB auf Zell-, Modul- und Packebene betrachtet (Abschnitt 2.3), bevor eine Detailanalyse des LIB-Marktes für Automotive-Anwendungen anschließt (Abschnitt 2.4). Hierbei werden die Ergebnisse der Meta-Studienanalyse des Status quo den Ergebnissen der nach eigenen Kriterien durchgeführten Bewertung des zukünftigen Entwicklungspotenzials gegenübergestellt. In Abschnitt 2.5 wird die Wertschöpfungstiefe der relevanten Unternehmen betrachtet, in Abschnitt 2.6 die Kooperationsformen und ihre Internationalität. Abschnitt 2.7 fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen.

## 2.2 Komponentenhersteller im LIB-Gesamtmarkt

### 2.2.1 Kathodenhersteller

***Status quo anhand externer Studien***

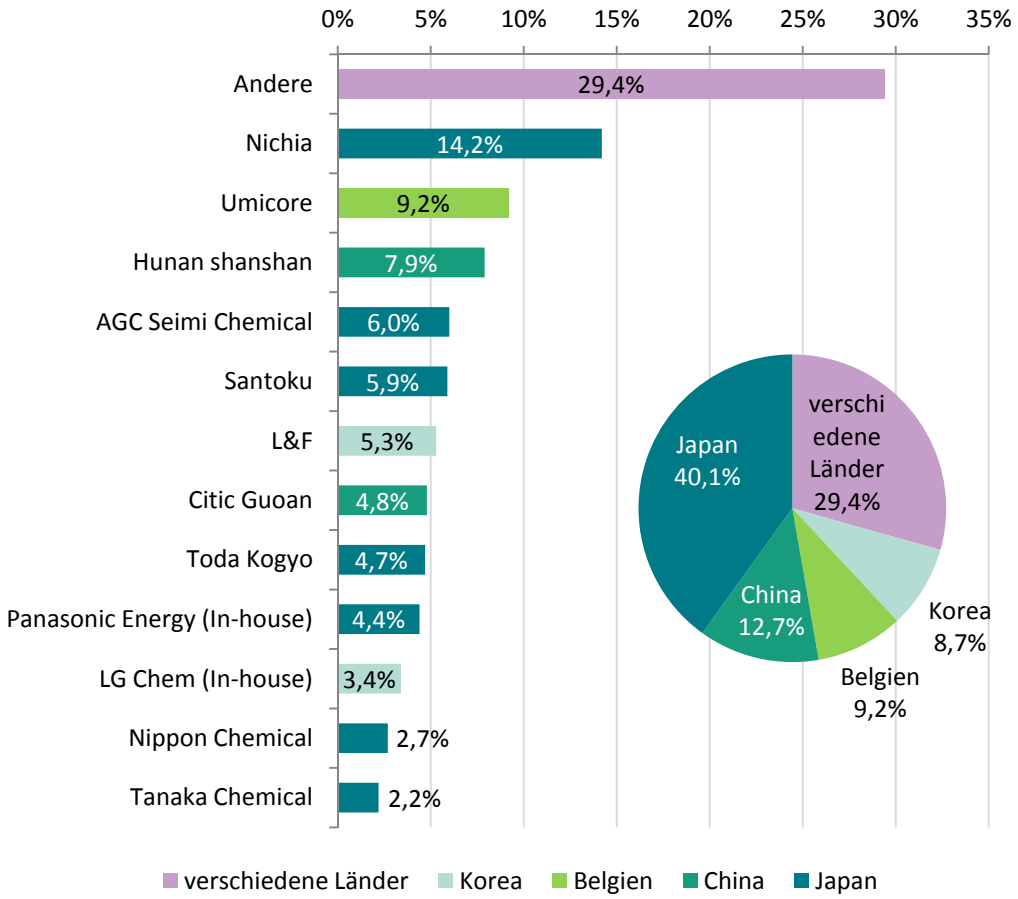
Bei den verschiedenen Kathodenmaterialherstellern sieht (Yano Research 2011) im Jahr 2010 *Nichia Chemical* und *Umicore* mit 14,2 %, respektive 9,2 % Anteil an den

---

2 Weitere mögliche Kriterien zur Unternehmensbewertung werden aus verschiedenen Gründen nicht ausgewertet: Die Mitarbeiterzahl erscheint in diesem Zusammenhang als wenig aussagekräftig, der Unternehmenswert aus dem Aktienwert ist nur bei börsennotierten Unternehmen möglich zu ermitteln. Der Gewinn eines Unternehmens ist ebenfalls ein häufig verwendeter Faktor, er ist jedoch schwer zu bestimmen und insbesondere bei neuen Unternehmen und solchen, die in neue Technologien investieren, wenig aussagekräftig.

weltweit erwirtschafteten Erlösen als die stärksten Anbieter auf dem Weltmarkt für LIB-Kathodenmaterialien, wie Abbildung 2-2 illustriert.

Abbildung 2-2: Marktanteile der LIB-Kathodenmaterialhersteller 2010 [% des Umsatzes]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Yano Research 2011, 37).

Weitere Anbieter wie *Hunan Shanshan*, *AGC Seimi Chemical* oder *Santoku* weisen Anteile von 7,9 %, 6,0 % und 5,9 % am Gesamtmarkt auf. Damit decken die fünf größten Anbieter über 43 % des Marktes ab. Die weiteren Anteile umfassen einige kleinere Anbieter. Dazu zählen unter anderem die In-House Sparten von *Panasonic Energy* mit 4,4 %, sowie *LG Chem* mit 3,4 % Marktanteil (Yano Research 2011, 37).

Bezüglich der übrigen Kathodenelemente nennen (Lowe u. a. 2010) *Gelon China* als Hersteller für Aluminium-Folien. Das koreanische Unternehmen *LG Chem* und *Arkema* in den USA stehen stellvertretend für Hersteller von Polymer-Bindern (Yano Research 2011, 34).

Insgesamt sieht (Yano Research 2011) im Jahr 2010 die japanischen Hersteller mit 52,3 % weltweitem Marktanteil der Kathodenmaterialhersteller klar führend positioniert, vor China und Korea mit 23,5 % bzw. 18 %. Europa und die USA kommen zusammen lediglich auf 6,2 % (Yano Research 2011, 41). Bei den Unternehmen aus den USA sind *3M*, *BASF Catalysts* und *Dow Kokam* als aussichtsreiche Unternehmen zu nennen (Lowe u. a. 2010, 34). *A 123 Systems*, das auch zu den aussichtsreichen Unternehmen gezählt wurde, hat im Oktober 2012 Insolvenz angemeldet. Die zivilen Aktivitäten werden von *Wanxiang America* übernommen. *Wanxiang* erhielt im Januar 2013 die Genehmigung des US-amerikanischen Ausschusses für Auslandsinvestitionen (Committee on Foreign Investment) für den Kauf. *Wanxiang* erwab den Bereich automobile Batterien und verwandte Aktivitäten für 256,6 Mio. USD. *A123*s staatliche Aktivitäten gehen für 2,25 Mio. USD an *Navitas Systems* (US). Als Grund dafür gelten Bedenken hinsichtlich der Übernahme von Militärverträgen und steuerlich geförderter Technologie durch ausländische Firmen.[3]

***Zukünftige Entwicklung anhand ergänzender Kriterien***

Unter den führenden Kathodenmaterialherstellern zählen laut (Yano Research 2011) und (Watabe und Mori 2011) die Unternehmen *Nichia*, *Umicore*, *Hunan Shanshan*, *Tanaka Chemical*, *AGC Seimi Chemical* und *Toda Kogyo* zu den etablierten Akteuren (siehe Tabelle 2-1).

In Bezug auf die Produktionskapazitäten von Kathodenmaterialien liegen *Umicore*, *Hunan Shanshan* und *Tanaka Chemical* mit ca. 10.000 t/Jahr nahezu gleichauf. Da *Nichia* allgemein als Marktführer gilt, können ihre Kapazitäten als mindestens ebenso hoch geschätzt werden. Lediglich *AGC Seimi* fällt mit 3.600 t/Jahr hinter die übrigen etablierten Hersteller zurück. Neue Akteure in diesem Feld sind die Unternehmen *Mitsubishi Chemical*, *Sumitomo Osaka Cement* und *BASF* aus Deutschland. *BASF* stärkte in 2012 seine Aktivitäten im Bereich Batterien mit der Akquisition von *Ovonic Battery Company*, *Merck Elektrolyte* und von *Novolyte.* Der Konzern nahm zudem im November 2012 eine 39,4 Millionen Euro teure neue Anlage zur Herstellung von Kathodenmaterialien im US-amerikanischen Elyria in Betrieb.[4] Mit der Unterzeichnung einer Ver-

---

3 The Wall Street Journal/Europe Edition/Business, 29.01.2013: „U.S. Clears Wanxiang to Buy A123 Assets“, Online-Ressource, verfügbar via: http://online.wsj.com/article/SB10001424127887323829504578271724184629726.html?mod=googlenews_wsj#, 10.06.2013.

4 Die Welt/Meldung, 13.11.2012: „BASF produziert in USA künftig Batteriematerialien für Elektroautos“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.welt.de/newsticker/news3/article111019890/BASF-produziert-in-USA-kuenftig-Batteriematerialien-fuer-Elektroautos.html, 10.06.2013.

einbarung zur Nutzung der LFP Technologie von *LiFePO4+C* und einer Beteiligung von 50 Mio. USD an *Sion Power* (Li-S Technologie) erweiterte *BASF* die Aufstellung im Bereich der Batteriematerialien für LIB.[5] *Dow Chemicals* startete mit *Dow Energy Materials* 2010 einen Geschäftszweig in der Produktion von Batteriekomponenten (Kathode, Anode, Elektrolyt).[6]

Tabelle 2-1: Hauptsitz, Umsatz [Mio. Euro] und Kapazität [t/Jahr] wichtiger LIB-Kathodenmaterialhersteller

| | Kathodenhersteller | Hauptsitz | Umsatz 2010 [Mio. EUR] | Produktions-kapazität [t/Jahr] | Jahr |
|---|---|---|---|---|---|
| Etablierte Hersteller | Nichia | JP | k. A. | k. A. | k. A. |
| | Umicore | BE | 347,6 | 10.500 | 2011 |
| | Hunan Shanshan | CN | k. A. | 10.000 | 2011 |
| | AGC Seimi Chemical | JP | 109,2 | 3.360 | 2012 |
| | Tanaka Chemical | JP | 137,2 | 11.000 | 2011 |
| | | | | 14.000 | 2012 |
| | Toda Kogyo | JP | 116,1 | 2.500 | 2011 |
| | | | | 5.000 | 2012 |
| | | | | 9.000 | 2013 |
| Neue Akteure | Mitsubishi Chemical | JP | 21.630 | 2.000 | 2011 |
| | | | | 15.000 | 2015 |
| | Sumitomo Osaka Cement | JP | 1.678 | 2.000 | 2011 |
| | BASF | D | 63.873 | 2.500 | 2012 |

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Watabe und Mori 2011, 41; Yano Research 2011, 37; Umicore 2011; Shanshan Tech 2011; AGC Seimi Chemical 2011; TODA Amerika 2011; Pillot, C. 2011, 12).

*Mitsubishi Chemical* zeigt mit einer geplanten Produktionskapazität von 15.000 t im Jahr 2015 zusammen mit *Tanaka Chemical* (14.000 t im Jahr 2012) die ambitioniertesten Wachstumspläne. Die Zahlen lassen erkennen, dass ein rascher Ausbau der Ka-

5 Es besteht zudem eine Vereinbarung mit Argonne National Laboratories (NMC-Technologie): BASF Corporation/Pressemitteilung, 14.03.2012: „BASF signs licensing agreement to acquire Lithium Iron Phosphate (LFP) technology from LiFePO4+C“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.basf.com/group/pressrelease/P-12-181, 10.06.2013. BASF Corporation/Pressemiteilung, 12.01.2012: „BASF invests $50 million to acquire equity ownership position in Sion Power“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.basf.com/group/pressrelease/P-12-105, 10.06.2013.

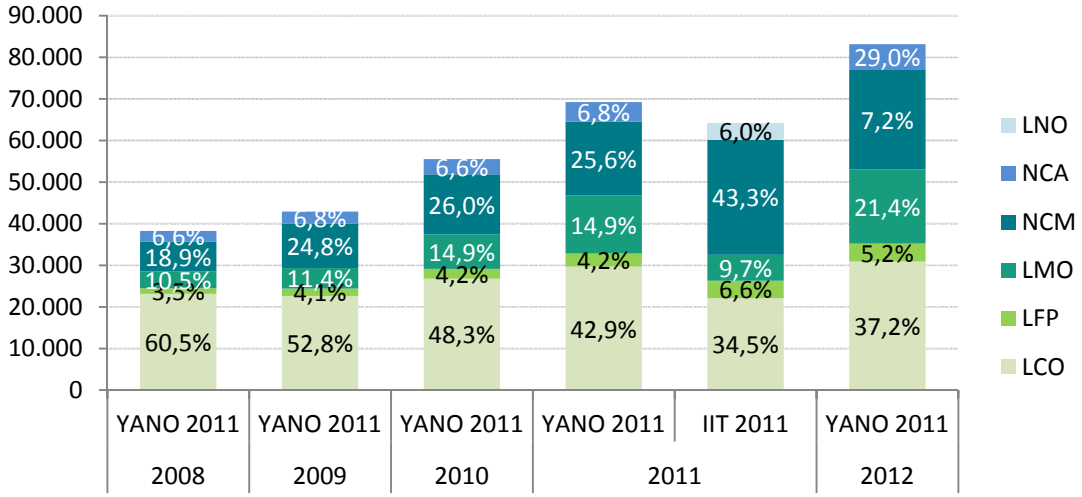
6 *DEM* ist unabhängig vom Joint Venture *Dow Kokam*. Green Car Congress, 21.11.2012: „Dow Energy Materials launches new manganese iron phosphate material for improved battery performance; 10-15% higher energy density“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.greencarcongress.com/2012/11/dem-20121122.html, 10.06.2013.

pazitäten nötig ist, um sich der Konkurrenz auf dem Markt der Kathodenmaterialhersteller erfolgreich zu stellen. Bisher haben sich in diesem Bereich der Wertschöpfung noch keine Joint Ventures etabliert (Watabe und Mori 2011, 41ff; Yano Research 2011, 37ff). Die im Bereich der Kathodenmaterial-Entwicklung beteiligten Startups werden im Abschnitt der Batteriehersteller behandelt, da keine Angaben über die produzierten Mengen von Kathodenmaterialien bekannt sind. Es ist demnach mit einer leichten (zumindest fiskalischen) Verschiebung der Kathodenfertigung von Asien nach Europa zu rechnen. Trotzdem wird die Marktführerschaft in diesem Teilmarkt in den kommenden Jahren vermutlich in Japan bleiben.

***Verwendete Kathodenmaterialien***

Für die Verwendung in Lithium-Ionen-Batterien kommen verschiedene Kathodenmaterialien zum Einsatz, welche großen Einfluss auf die Eigenschaften haben. Dazu zählen die Leistungs- und Energiedichte, Sicherheit, Lebensdauer, Temperaturverhalten und vor allem die Herstellungskosten. Die Marktanteile der produzierten Mengen (in Tonnen) der verschiedenen Kathodenmaterialien sind in Abbildung 2-3 dargestellt.

Abbildung 2-3: Mengen verwendeter Kathodenmaterialien 2008-2012 [t]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Takeshita 2011) und (Yano 2011)[7]

Laut (Yano Research 2011) dominieren im Gesamtmarkt der LIB die Lithium-Kobalt-Oxid-Kathoden (LCO) mit 37 % geschätztem Marktanteil der 2012 weltweit hergestellten Kathodenmaterialien. Dahinter folgen die Lithium-Nickel-Kobalt-Mangan-Oxid-

7 Die Untersuchungen des IIT in (Takeshita 2011) enthalten keine Angaben zu NCA. Stattdessen wird LNO berücksichtigt, das häufig äquivalent verwendet wird (Yano 2011).

Kathoden (NMC) mit 29 %, Lithium-Mangan-Oxid (LMO) mit 21 %, Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (NCA) mit 7 % und Lithium-Eisen-Phosphat (LFP) mit 5 % Mengenanteil. Für LMO ist eine stetige Zunahme der Anteile seit 2008 zu verzeichnen (Vervierfachung zwischen 2008 und 2012). Ähnliche Tendenzen sind mit einer Verdreifachung der Mengen bei NMC und LFP zu beobachten. Einer der Gründe dafür liegt sicherlich in der Bedeutung dieser Materialien in automobilen Anwendungen (Amadee+Company 2009; Axsen, Burke, und Kurani 2008). Die vor allem im Consumer-Markt stark vertretene LCO-Technologie gilt als für den automobilen Einsatz ungeeignet und liegt vor allem in Einschränkungen bezüglich der Sicherheit begründet. Der Trend geht dahin, dass mit Lithium-Ionen-Batterien der sogenannten zweiten Batteriegeneration gegenüber der ersten Batteriegeneration LCO-Kathodenmaterial nach und nach im Zuge größerer Sicherheit ausgeschlossen werden soll. Technologien dieser zweiten Batteriegeneration werden heute bereits in kommerziell verfügbaren Elektrofahrzeugen eingesetzt, sie bringen hinsichtlich des Kathodenmaterials neue Schichtstrukturen bzw. Schichtoxide (wie z.B. NMC oder NCA) oder Olivinstrukturen (wie z.B. LFP), Spinell-Strukturen (wie z.B. LMO) etc. mit sich.

### 2.2.2 Anodenhersteller

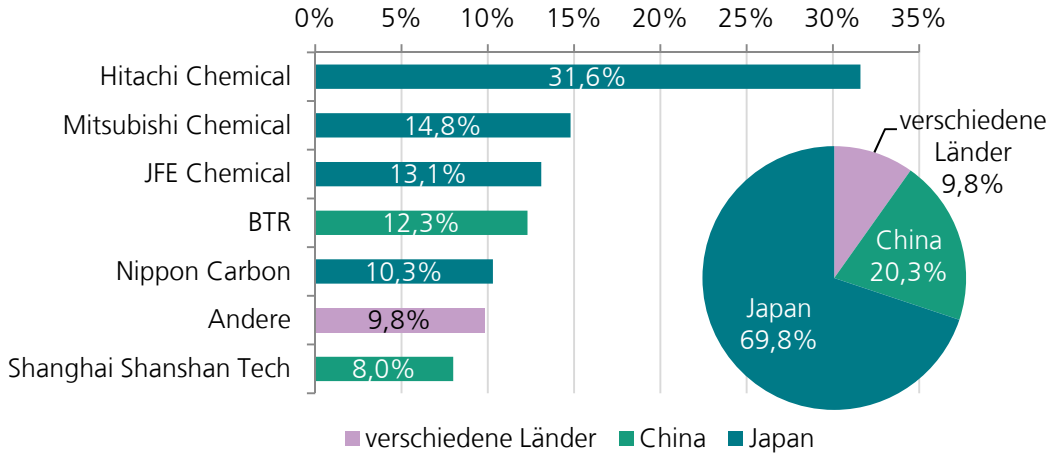
***Status quo anhand externer Studien***

Abbildung 2-4 zeigt die größten Anodenmaterialhersteller in 2010. Die Marktanteile werden anhand der Umsätze im Jahr 2010 angegeben (Yano Research 2011).

Hier ist *Hitachi Chemical* mit 31,6 % Umsatzanteil im Jahr 2010 der größte Anbieter auf dem Weltmarkt für Lithium-Ionen Anodenmaterialien. Weitere Anbieter mit hohem Marktanteil sind *Mitsubishi Chemical* (14,8 %), *JFE Chemical* (13,1 %), *BTR* (12,3 %) sowie *Nippon Carbon* (10,3 %). Noch stärker ausgeprägt als bei den Kathodenmaterialien erwirtschafteten die fünf größten Anbieter über 80 % aller Erträge, was auf eine hohe Marktkonzentration hindeutet.

Japanische Hersteller sind mit rund 70 % Marktanteil weltweit führend, China nimmt weitere 20 % des Marktes ein, während nur einige kleine Unternehmen aus anderen Ländern im Weltmarkt vertreten sind.

Abbildung 2-4: Marktanteile der LIB-Anodenmaterialhersteller 2010 [% des Umsatzes]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Yano Research 2011).

Tabelle 2-2: Sitz, Umsatz [Mio. Euro] und Produktionskapazität [t/Jahr] wichtiger LIB-Anodenmaterialhersteller

| | Hersteller Anodenmaterial | Hauptsitz | Umsatz 2010 [Mio. EUR] | Produktionskapazität [t/Jahr] | Jahr |
|---|---|---|---|---|---|
| Etablierte Hersteller | Hitachi Chemical | JP | 4.285,4 | 10.840 | 2010 |
| | | | | 120.000 | 2011 |
| | Mitsubishi Chemical | JP | 21.629,9 | 13.500 | 2011 |
| | | | | 41.500 | 2015 |
| | JFE Chemical | JP | 636,4 | 5.200 | 2010 |
| | Nippon Carbon | JP | 326,8 | 3.600 | 2010 |
| | BTR | CN | 66,8 | >6.000 | k. A. |
| Neue Akteure | Showa Denko | JP | 6.855,9 | 1.000 | 2010 |
| | | | | 3.000 | 2012 |
| | Kureha | JP | 54,6 | 600 | 2010 |
| | | | | 2.200 | 2012 |

Eigene Darstellung mit Daten aus (Watabe und Mori 2011, 24,41,48–50; Yano Research 2011, 66–78; Bloomberg Businessweek 2011; Hitachi Chemical 2011, 3; JFE Chemical 2011; Reuters 2011; Business Wire 2011; Pillot, C. 2011, 13).

***Zukünftige Entwicklung anhand ergänzender Kriterien***

Zu den wichtigsten Herstellern von Anodenmaterialien gehören *Hitachi Chemical, Mitsubishi Chemical, JFE Chemical, BTR* und *Nippon Carbon*. Zusammen mit den ver-

hältnismäßig neuen Akteuren in diesem Bereich, *Showa Denko* und *Kureha*, werden sie in Tabelle 2-2 bezüglich Umsatz und Produktionskapazität verglichen. Startups und Joint Ventures sind in diesem Teil der Wertschöpfung nicht vertreten.

Bereits in den Jahren 2010 und 2011 übersteigen die Produktionskapazitäten von *Hitachi Chemical* (10.840 t/Jahr) und *Mitsubishi Chemical* (13.500 t/Jahr) die ihrer Konkurrenten deutlich. Engagiertere Ausbaupläne verfolgt *Hitachi Chemical* (120.000 t im Jahr 2011) gegenüber *Mitsubishi Chemical* mit 41.500 t im Jahr 2015. Die Zahlen machen deutlich, dass sich insbesondere diese beiden Hersteller auf die steigende Nachfrage nach natürlichen und künstlichen Graphitmaterialien für im Automobil eingesetzte Lithium-Ionen-Batterien vorbereiten. Dies würde die japanische Dominanz weiter verstärken.

***Verwendete Anodenmaterialien***

Der Anoden-Markt für Lithium-Ionen-Batterien wird im Jahr 2010 noch annähernd vollständig von Graphit-Aktivmaterialien dominiert. Nicht-Graphit Materialien wie Titanate oder Silizium basierte Anoden haben lediglich einstellige Anteile, befinden sich allerdings in der Aufschwungphase. Generell erlebt der Markt für Anodenmaterialien seit 2010 durch das Wachstum der Batterieanwendungen in der Automobilwirtschaft eine deutlich spürbare Dynamik, welche den bei Traktionsbatterien benötigten größeren Mengen geschuldet ist (Yano Research 2011, 65,73).

Die Hersteller wägen den Reinheitsvorteil und die damit verbundene höhere Leitfähigkeit der teuer künstlich hergestellten Graphit-Materialien gegen den Kostenvorteil der natürlichen Graphite ab. In 2010 (51,1 % zu 44 % Marktanteil) und 2011 (47,9 % zu 46,4 %) sieht (Yano Research 2011) noch eine Dominanz der künstlichen Graphit-Basismaterialien, geht aber davon aus, dass sich das Verhältnis mittelfristig umkehren könnte (Yano Research 2011, 64). Eine Begründung liegt dabei in den über die vergangenen Jahre verbesserten Verarbeitungsverfahren und in der gewonnenen Expertise im Umgang mit den Anodenmaterialien. Der Trend liegt aktuell in der Modifizierung natürlicher Graphite durch künstliche, um hierdurch die Anodeneigenschaften zu verbessern. Langfristig dürfte der Anteil künstlicher Graphite (z.B. nanobasierte Kohlenstoffe) jedoch wieder wichtiger werden und entsprechend ansteigen. Aus dem aktuellen Trend ist auch der Dominanzverlust der japanischen Hersteller zu erklären, die historisch gesehen bei künstlichen Graphiten führend waren, im Vergleich zu chinesischen Herstellern, welche sich hauptsächlich auf natürliche Materialien spezialisiert haben. Die geringeren Preise und eine hohe chinesische Inlandsnachfrage verstärken dies zusätzlich (Yano Research 2011, 69).

*Hitachi Chemical* fertigt dabei sowohl künstliche als auch natürliche Graphit-Basismaterialien, wobei ausschließlich die natürliche Variante zur Verwendung kommt, um der Nachfrage für elektromobile Anwendungen nachzukommen. Zusätzlich wurde eine neue amorphe Graphit-Struktur eingeführt, welche bei geringen Kosten besonders gute Eigenschaften, z. B. hohen Laderaten, vorweist, wie sie bei Hybridfahrzeugen gefordert sind (Hitachi Chemical Co., Ltd. 2011).

Das japanische Unternehmen *Kurea* hat mit dem Produkt „Carbotron P“ ein laut eigenen Angaben „extrem belastbares und haltbares“ Hart-Graphit in seinem Produktportfolio, welches bisher hauptsächlich bei Industrieanwendungen zur Verwendung kam und zunehmend das Interesse der Batteriehersteller für Traktionsbatterien weckt (ITOCHU Corporation 2011).

*Showa Denko* hat im Juli 2011 angekündigt, innerhalb eines Jahres seine Produktionskapazitäten für künstliche Graphite von 1.000 t/Jahr auf 3.000 t/Jahr zu steigern (SHOWA DENKO K.K. 2011). Dies verdeutlicht noch einmal die steigende Nachfrage, aber auch den starken Kosten- und Konkurrenzdruck in dieser Branche.

Lithium-Titan-Oxide (LTO) als Anodenbasismaterial werden derzeit produziert durch *Titan Kogyo* und *Ishihara Sangyo* in Japan, *BTR New Material* in China und *Altair Nanotechnologies* in den USA. Batteriehersteller, die diese Techniken einsetzen oder eingesetzt haben, sind *Toshiba* und *EnerDel* 2007 in den USA.

### 2.2.3 Hersteller von Elektrolytlösungen

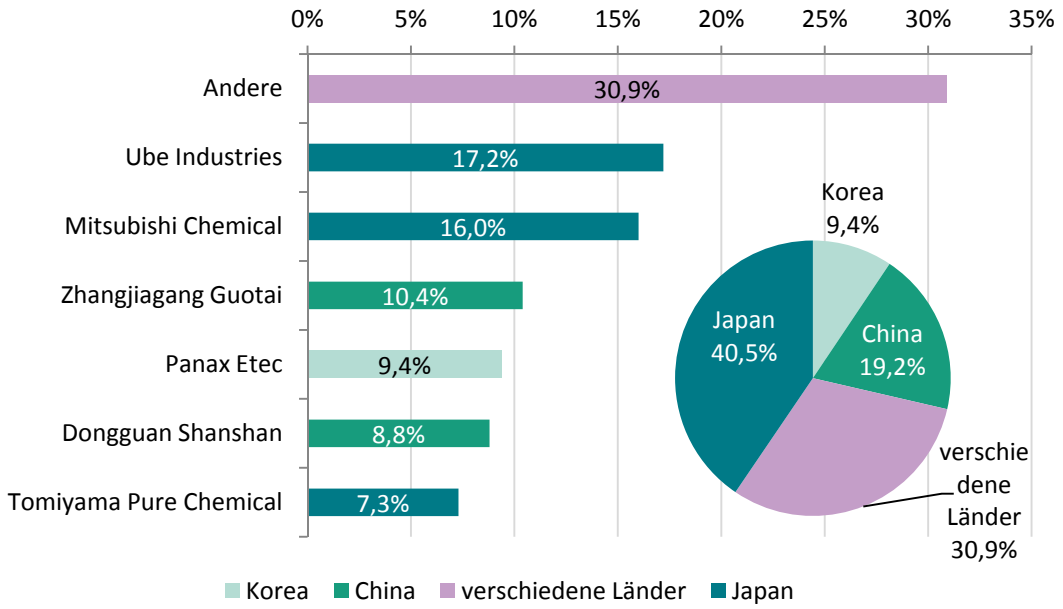
***Status quo anhand externer Studien***

Auf dem Weltmarkt für Lithium-Ionen Elektrolyte waren 2010 laut (Yano Research 2011) *UBE Industries* und *Mitsubishi Chemical* mit Ertragsanteilen in Höhe von 17,2 % bzw. 16,0 % die größten Anbieter. Darauf folgen *Zhangiiagan Guotai* (10,4 %), *Panax Etec* (9,4 %) sowie *Dongguan Shanshan* (8,8 %), wie in Abbildung 2-5 dargestellt. Die fünf größten Anbieter erwirtschafteten demnach über 60 % aller Erträge am Markt (Yano Research 2011, 88). In der Vergangenheit wurden *Ube Industries, Mitsubishi Chemical* und *Tomiyama Pure Chemical Industries* durchgehend als die oberste Klasse der Elektrolythersteller bezeichnet, was – insbesondere in Bezug auf die Qualität der Produkte – im Fall von *UBE Industries* auf die langjährigen Kooperationen mit *Sanyo*, und bei *Mitsubishi Chemical* auf die mit anderen japanischen Batterieherstellern, zurückzuführen ist. Mit dem zunehmenden Wachstum der Lithium-Ionen-Batteriehersteller in anderen Ländern befindet sich diese japanische Vorherrschaft allerdings im Umbruch (Yano Research 2011, 89). Derzeit liegt der Marktanteil japani-

scher Hersteller bei etwa 40 %, China und Südkorea liegen bei 19 %, bzw. 9,5 %. Die restlichen Hersteller sind kleinere Unternehmen aus verschiedenen Ländern.

Neben den fünf größten Herstellern gibt es mit *Tianjin Jinniu Power Sources Material* und *Shenzhen Capchem Technology* zwei nicht zu vernachlässigende chinesische Hersteller. In Korea gibt es *Cheil Industries* und *Techno Semichem* mit einer Tochtergesellschaft in Michigan, USA. In den USA beschäftigt sich *Novolyte Technologies* mit Elektrolyten, betreibt sein Produktionswerk allerdings in China. Laut Aussagen von Novolyte CTO Ralph Wise weitet sich der Markt für Lithium-Ionen-Technologie durch die Globalisierung außerhalb Japans. Die Reinheit des chinesischen Lithium-Hexafluorophosphat ($LiPF_6$; Elektrolytmaterial) ist dabei laut seiner Aussage geringer, als die der japanischen Hersteller, was die Lebenszeit herabsetzt. Koreanische Hersteller erreichen die gleiche Reinheit wie die japanische Produktion (Wise 2012).

Abbildung 2-5: Marktanteile der LIB-Elektrolythersteller 2010 [% des Umsatzes]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Yano Research 2011).

*UBE Industries* und *The DOW Chemical Company* aus den USA haben sich im Juli 2011 auf die Gründung eines in Michigan, USA ansässigen Joint Ventures (JV) namens *Advanced Electrolyte Technologies LLC* zur Herstellung und Vermarktung von Elektrolyten geeinigt. Zwischen 2012 und 2015 sollen Produktionsanlagen in den USA, China und Europa entstehen. *UBE Industries* lizensiert dabei die Elektrolyt-Technik an das Joint Venture und *The DOW Chemical Company* steuert zusätzliches Wissen im

Bereich der Errichtung und dem Betrieb der Fabriken sowie der Lösemittel und Leitsalze bei (Ube Industries, Ltd. 2011).

***Zukünftige Entwicklung anhand ergänzender Kriterien***

Tabelle 2-3: Umsatz [Mio. Euro] und Kapazität [t/Jahr] der Hersteller von LIB-Elektrolytlösungen

| | Hersteller Elektrolyt | Hauptsitz | Umsatz in 2010 [Mio. EUR] | Gesamtkapazität [t/Jahr] | Jahr |
|---|---|---|---|---|---|
| Etablierte Hersteller | UBE Industries | JP | 4.726,2 | k. A. | |
| | Mitsubishi Chemical | JP | 21.629,9 | 8.500 | 2011 |
| | | | | 33.500 | 2012 |
| | | | | 50.000 | 2015 |
| | Panax Etec | KOR | k. A. | 5.000 | 2010 |
| | Zhangjiagang Guotai | CN | k. A. | 5.000 | 2010 |
| | | | | 10.000 | 2011 |
| | Tomiyama Pure Chemical Industries | JP | k. A. | >750 | 2011 |
| Neue Akteure | Central Glass | JP | 1.329,8 | 5.000 | 2011 |
| | | | | 10.000 | 2012 |
| | Showa Denko | JP | 6.855,9 | 1.000 | 2012 |
| Joint Ventures | Advanced Electrolyte Technologies (UBE+DOW) | USA | k. A. | k. A. | k. A. |
| | Toagosei+Mitsui Chemicals | JP | k. A. | 5.000 | 2011 |

Eigene Darstellung mit Daten aus (Takeshita 2011, IX–17; Watabe und Mori 2011, 34,41,48–50; Yano Research 2011, 84–90; Ube Industries 2011, 3; Central Glass 2011, 1; Pillot, C. 2011, 15).

Unter den nach Produktionsmenge und Umsatz wichtigsten Herstellern von Elektrolytlösungen finden sich *UBE Industries*, *Mitsubishi Chemical*, *Panax Etec*, *Zhangjiagang Guotai* und *Tomiyama Pure Chemical* (siehe Tabelle 2-3). Als neue Akteure sind *Central Glass* und *Showa Denko* zu nennen. Bisher gibt es mit *Advanced Electrolyte Technologies (UBE Industries* und *Dow Chemical)* und einer Kooperation zwischen *Taogosei* und *Mitsui Chemicals* zwei nennenswerte Joint Ventures, die sich im Markt für Elektrolytlösungen etablieren wollen. Während bei erstgenannten Unternehmen der Starttermin und die Quantität der Produktionsanlagen ungewiss sind, strebten Letztere einen Beginn der Produktion mit einer Kapazität von 5.000 t/Jahr noch im Jahr 2011 an. Damit erreichen sie noch nicht die Produktionskapazitäten der bisher marktdomi-

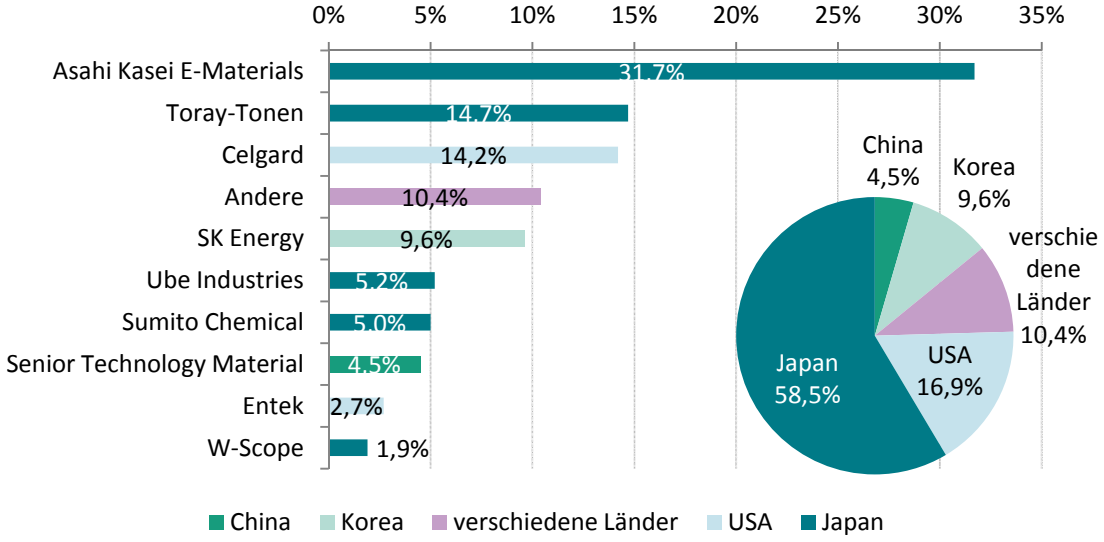
nierenden Unternehmen *UBE Industries* (gilt trotz nicht genau bekannter Produktionsmengen als weltweit führender Hersteller) und auch nicht die Kapazitäten von *Mitsubishi Chemical*, haben aber aufgrund ihrer hohen Anfangskapazitäten gute Chancen, einen Teil des Marktes zu erobern (Yano Research 2011, 87).

In Zukunft könnten also neben der Vielzahl der japanischen, sowie den vereinzelten koreanischen und chinesischen Herstellern auch amerikanische Unternehmen in Erscheinung treten, was die asiatische Vormachtstellung beeinflussen kann.

### 2.2.4 Separatorenhersteller

***Status quo anhand externer Studien***

Abbildung 2-6: Marktanteile der LIB-Separatorenhersteller 2010 [% des Umsatzes]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Yano Research 2011).

Die wichtigsten Separatorenhersteller sowie ihre nationale Aufteilung stellt Abbildung 2-6 dar. Gemäß (Yano Research 2011) hatte im Jahr 2010 das japanische Unternehmen *Asahi Kasei* mit 31,7 % den größten Anteil am Weltmarkt für Lithium-Ionen Separatoren. Weitere ertragsstarke Unternehmen sind *Torray Tonen* in Japan (14,7 %), das US-Unternehmen *Celgard* (14,2 %), *SK Energy* in Korea (9,6 %) sowie *UBE Industries* (5,2 %). Auf die fünf genannten größten Anbieter entfallen mehr als 75 % der Marktanteile, wobei allein die drei größten Anbieter mehr als 60 % beisteuerten. Damit kann auch auf dem Markt für Separatoren von einer hohen Marktkonzentration gesprochen werden (Yano Research 2011, 107).

Dabei liegen die größten Unternehmen im asiatischen Raum: hier ist Japan mit 40 %, China mit 19 % und Südkorea mit 9,4 % vertreten. In den Bereichen der Hochenergie- und Hochleistungsbatterien für Traktionszwecke treten weitere Akteure mit neuartigen Produkten in den Vordergrund. So zum Beispiel *Evonik Industries* in Deutschland und *DuPont* in den USA.

***Zukünftige Entwicklung anhand ergänzender Kriterien***

Tabelle 2-4: Umsatz [Mio. Euro] und Kapazität [Mio. m²/Jahr] der Hersteller von LIB-Separatoren

| | Hersteller Separatoren | Hauptsitz | Umsatz in 2010 [Mio. EUR] | Gesamtkapazität [Mio. $m^2$/Jahr] | Jahr |
|---|---|---|---|---|---|
| Etablierte Hersteller | Asahi Kasai | JP | 13.746,1 | 250 | 2010 |
| | Polypore/Celgard | USA | k. A. | >103 *) | 2011 |
| | SK Energy | KOR | 6.726,8 | 106 | 2011 |
| | | | | 178 | 2012 |
| | UBE Industries | JP | 4.726,2 | k. A. | |
| Neue Akteure | Mitsubishi Chemical | JP | 21.629,9 | 12 | 2011 |
| | | | | 72 | 2015 |
| | Evonik | D | 13.300,0 | k. A. | |
| | Sumitomo Chemical | JP | 17.045,2 | 30 | 2010 |
| | | | | 50 | 2011 |
| Joint Ventures | Toray-Tonen | JP | k. A. | >93*) | 2011 |
| | Chisso+Porous Power Technologies | JP | k. A. | k. A. | k. A. |
| | Toagosei+Mitsui Chemicals | JP | k. A. | k. A. | k. A. |

*) Die Zahlen beruhen auf Verkäufen, die verfügbaren Kapazitäten können unter Umständen größer ausfallen. Celgard macht hierzu keine Angaben.

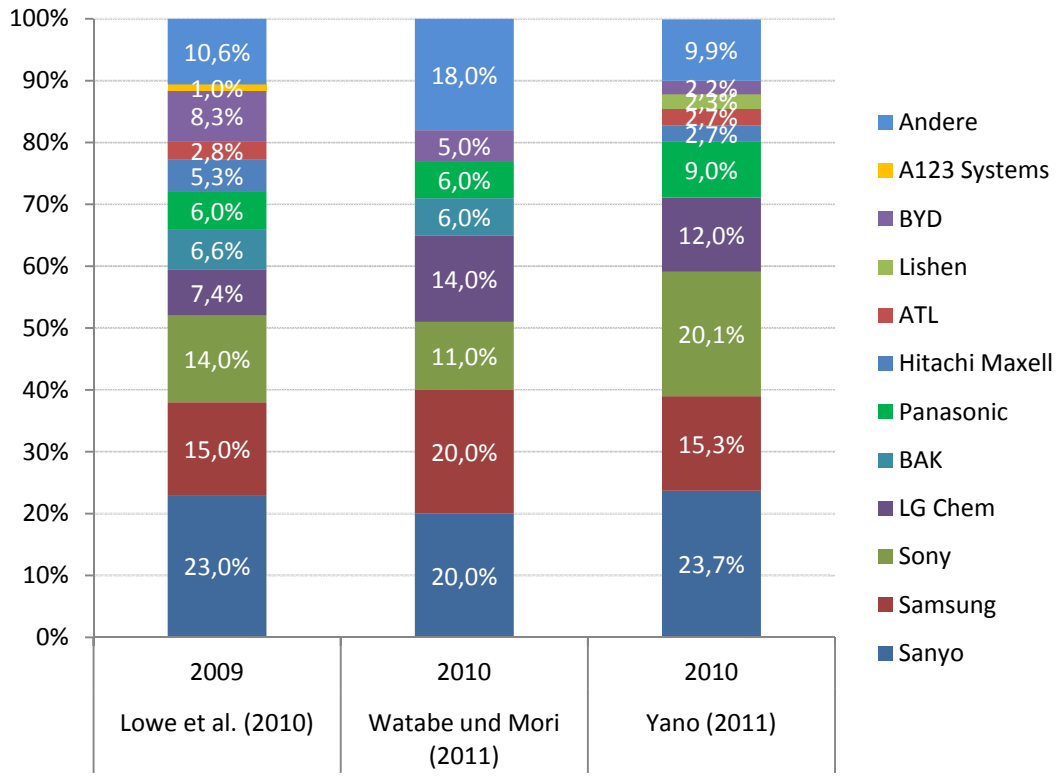
Eigene Darstellung mit Daten aus (Takeshita 2011, XI–16; Watabe und Mori 2011, 29,41,48–50; Yano Research 2011, 102–109; Asahi Kasai 2011; Polypore 2010, 27; SK Energy 2010; Pillot, C. 2011, 14).

Als Marktführer der Separatorenhersteller gelten zurzeit die Unternehmen *Asahi Kasai* (mit einer Produktionskapazität von 250 Mio. $m^2$/Jahr), *Polypore/Celgard* (mehr als 103 Mio. $m^2$/Jahr), *SK Energy* (106 Mio. $m^2$/Jahr) und *UBE Industries* (genaue Angaben fehlen). Seit kurzem sind auch neue Akteure wie *Mitsubishi Chemical* in den Markt eingetreten und reagieren auf die hohe Konkurrenz mit Kapazitätssteigerungen. Allerdings bleiben sie in ihren Kapazitäten (12 Mio. $m^2$ im Jahr 2011 und 72 Mio. $m^2$ im Jahr 2015) trotz guter Finanzierungsmöglichkeiten hinter den Marktführern zurück.

Das gilt auch für *Evonik*, die ihre Separion® Technologie nur an wenige, ausgewählte Zellhersteller verkauft. Die Marktdominanz der größten drei Akteure in den vergangenen Jahren wird durch den Zugang neuer Unternehmen aber nur geringfügig geschwächt. Wollen sie jedoch signifikante Anteile am Markt erringen, für den im Fall flächendeckender Elektromobilität ein Zuwachs von ein bis zwei Mrd. $m^2$ vorausgesagt wird, müssen sie schneller zur Spitze aufschließen (Yano Research 2011, 105). Bei den etablierten Herstellern versucht *SK Energy* aus Südkorea mehr Marktanteil zu erreichen, was auch dadurch begünstigt wird, dass sich immer mehr südkoreanische Batteriehersteller für die Belieferung durch Hersteller des eigenen Landes entschließen (Yano Research 2011, 108). Im Vergleich zu den anderen, im Abschnitt der Aktivmaterialien betrachteten Teilmärkte, ist im Markt der Separatorenhersteller die japanische Dominanz am geringsten ausgeprägt. Hier werden aus heutiger Sicht küftig amerikanische, koreanische, chinesische und mit Evonik eventuell auch deutsche Unternehmen vertreten sein.

## 2.3 Zell-, Modul- und Packhersteller LIB-Gesamtmarkt

Abbildung 2-7: Marktanteile der Batteriehersteller im LIB-Gesamtmarkt [% des Umsatzes]




Quellen: Eigene Darstellung mit Daten von (Lowe u. a. 2010; Watabe und Mori 2011; Yano Research 2011).

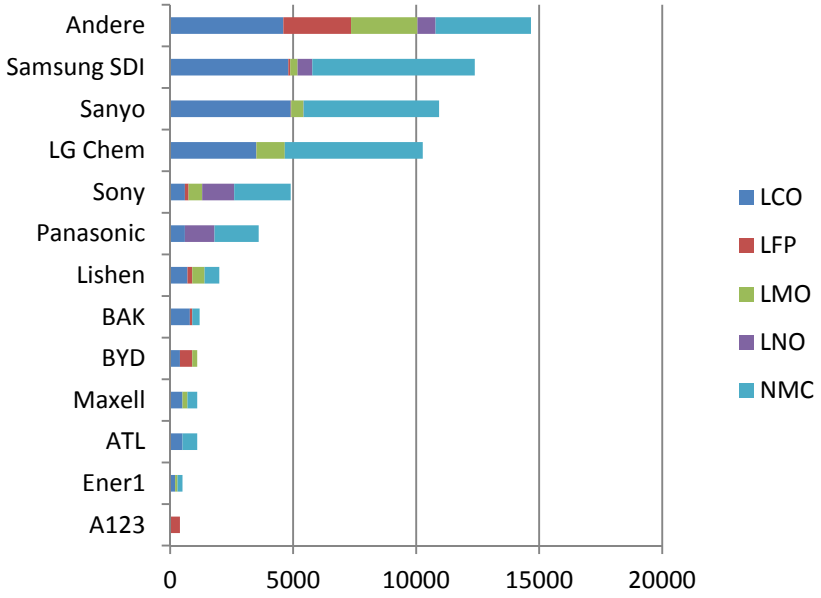
***Status quo anhand externer Studien***

Im gesamten LIB-Markt sieht eine Vielzahl von Studien eine ähnliche Verteilung der Top-5-Unternehmen unter den weltweit agierenden Zell- und Packherstellern, wie sie in Abbildung 2-7 dargestellt ist. Mit über 20 % Marktanteil liegt *Sanyo* an der Spitze dieser Gruppe, ebenso wie *Samsung SDI* (ca.15 bis 20 %) und *Sony* (ca. 11 bis 20 %). Weitere Akteure sind *LG Chem* (ca. 7 bis 14 %) und *Panasonic* mit 6 bis 9 % Anteil.

Dabei dominiert Japan heute auch noch auf der Zell-, Modul- und Packebene den Weltmarkt mit zwischen 47 % (Watabe und Mori 2011) und 58 % (Yano Research 2011) Marktanteil. Die beiden koreanischen Unternehmen *Samsung* und *LG Chem* beanspruchen gemeinsam zwischen 22 % (Lowe u. a. 2010) und 34 % (Watabe und Mori 2011) des Marktes, die chinesischen Hersteller zwischen 4,5 % (Yano Research 2011) und 15 %(Lowe u. a. 2010). Alle anderen Unternehmen in den restlichen Län-

dern liegen bei 10 % (Yano Research 2011; Lowe u. a. 2010) oder 18 % (Watabe und Mori 2011).

Abbildung 2-8: Batteriehersteller im LIB-Gesamtmarkt und ihre verwendeten Technologien 2011 [t] (Jahr 2011)




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten von (Takeshita 2011).

***Verwendete Kathodenmaterialien***

Abbildung 2-8 zeigt die Batteriehersteller und die von ihnen verwendeten Kathodenmaterialien. Dabei wird deutlich, dass fast alle Unternehmen vornehmlich LCO und NMC verwenden. Vereinzelt kommt LNO zum Einsatz, vor allem bei *Sony* und *Panasonic*. Außerdem nutzt *BYD* das Kathodenmaterial LFP neben anderen Materialien, *A123Systems*[8] hingegen war ausschließlich auf LFP spezialisiert. LMO ist in einigen Firmen vertreten. Es lässt sich hierbei kein länderspezifischer Trend feststellen.

8 *A123 Systems* wurde von *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

## 2.4 Zell-, Modul- und Packhersteller im LIB-Markt für Elektrofahrzeuge

***Status quo anhand externer Studien***

In den Bereichen der Wertschöpfungskette Rohstoffgewinnung und Herstellung von Komponenten sind bei der Herstellung von LIB für die Elektromobilität momentan überwiegend dieselben Unternehmen beteiligt, die bereits bei der Betrachtung des gesamten LIB-Marktes beschrieben wurden.

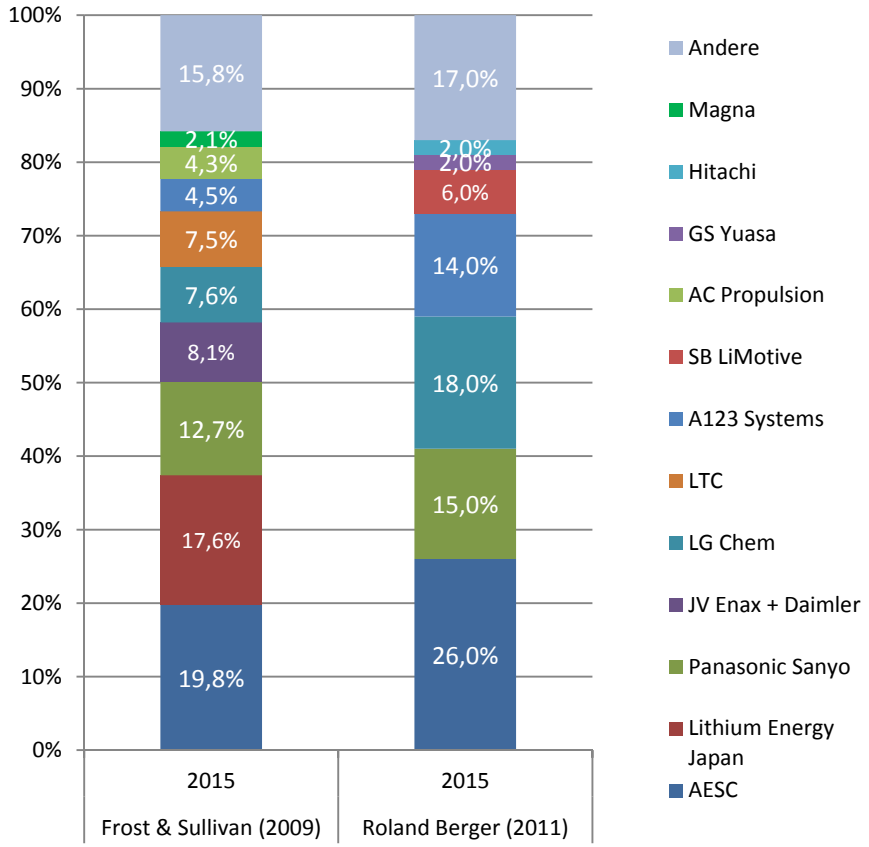
Das Beratungsunternehmen Frost & Sullivan geht davon aus, dass im Jahr 2015 der Großteil des Marktes mit 65 % unter fünf Batterieherstellern aufgeteilt wird (Frost & Sullivan 2009). Dazu zählen laut Frost & Sullivan *AESC* (JP, Joint Venture zwischen NEC und Nissan), *Lithium Energy Japan* (JP, Joint Venture zwischen GS Yuasa und Mitsubishi), *Panasonic Sanyo* (JP, hat JV mit Toyota), *JV Enax + Daimler* (USA, DE) und *LG Chem* (KR). Ebenfalls für das Jahr 2015 zählt die Strategieberatung Roland Berger in einer 2011 veröffentlichten Studie die Unternehmen *AESC* (JP), *Panasonic Sanyo* (JP), *LG Chem* (KOR), *A123 Systems* (US) und *SB LiMotive* (KOR, DE; Joint Venture zwischen Samsung SDI und Bosch) zu den Top-5-Herstellern im globalen elektromobilen LIB-Markt (Roland Berger 2011). Diese fünf Unternehmen würden damit ca. 80 % des Marktes abdecken. Im Oktober 2012 meldete allerdings mit *A123 Systems* eines der genannten Unternehmen Insolvenz an. Die (zivilen) Aktivitäten von *A123* wurden von *Wanxiang America* aufgekauft (siehe Abschnitt 2.2.1). Das Joint Venture *SB LiMotive* wurde im Herbst 2012 aufgelöst. *Samsung* zahlte rund 45 Mio. Euro an *Bosch* und übernahm die Zellfertigung. *Bosch* führte das Batteriesystemgeschäft fort, will jedoch auch zukünftig in die Zellfertigung investieren.[9] Im Januar 2013 nahm zudem mit *SK Continental E-motion* ein Joint Venture zwischen dem koreanischen Separatoren- und Zellenhersteller *SK Innovation* und *Continental*, einem deutschen Zulieferer der Autombilindustrie, seinen Betrieb im Bereich auf. Das JV fokussiert auf LIB-Systeme für den automobilen Bereich.[10]

---

9 *Bosch* gliedert das Tochterunternehmen *Cobasys* ein, das für den US-amerikanischen Markt wichtig ist. Automobil-Produktion, 5.09.2012: „Bosch und Samsung trennen Batteriegeschäft“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.automobil-produktion.de/2012/09/bosch-und-samsung-trennen-batteriegeschaeft/, 10.06.2013.

10 Continental AG/Pressemitteilung, 21.01.2013: „Grundstein für weltweites Batteriegeschäft von SK Continental E-motion ist gelegt“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.continental-corporati-on.com/www/presseportal_com_de/themen/pressemitteilungen/3_automotive_group/powertrain/press_releases/pr_2013_01_21_ski_closing_de.html, 10.06.2013

Abbildung 2-9: Marktanteile der Zell- und Packhersteller im LIB-Markt für Elektromobilität [% des geschätzten Umsatzes]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Frost & Sullivan 2009; Roland Berger 2011).

Es gilt als sehr wahrscheinlich, dass die Firmen *AESC*, *Sanyo/Panasonic* und *LG Chem* in Zukunft bedeutende Anteile des Marktes für automobil eingesetzte LIB halten werden. Dennoch zeigen die wenigen heute vorliegenden Marktprognosen, dass die Entwicklungen in den nächsten Jahren noch völlig offen sind. Gerade im Bereich der Batteriehersteller, wird die große Marktmacht der japanischen Unternehmen deutlich. Im Jahr 2009 entfielen auf sie laut Yano Research zwei Drittel des Gesamtmarktes für Automobil-Batterien. Bis 2015 werden allerdings deutliche Verschiebungen zugunsten der chinesischen, amerikanischen und europäischen Märkte erwartet, mit einer damit einhergehenden Steigerung der Umsatzanteile.

**Japans** dominierende Rolle im Lithium-Ionen Automotive-Batteriemarkt begründet sich durch die rund 20-jährige Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Lithium Ionen Batterien für Konsumentengüter (Dudenhöffer 2010, 24). Die frühzeitig für andere Zwecke aufgebaute Industriestruktur und damit einhergehenden Kapazitäten und Erfahrungen in der Batterieproduktion können nun für Automobil-Batterien genutzt

werden. Die großen und etablierten japanischen Batteriehersteller kooperieren in Joint Ventures zur Entwicklung und Produktion von Batteriesystemen für elektrische Antriebe mit Unternehmen aus der Automobilindustrie (Yano Research 2011). So bilden bspw. die *NEC Group* gemeinsam mit der Nissan Motor Co. Ltd. die *Automotive Energy Supply Corporation* (*AESC*), welche Lithium-Ionen-Batterien für *Nissan*, *Subaru* und *Renault* liefert. Derzeit befinden sich Produktionskapazitäten in Japan, USA, England, Frankreich und Portugal, wobei bis 2015 eine jährliche Produktion von 385.000 Lithium-Ionen-Batteriepacks möglich sein soll. Das zwischen *Toyota* und *Panasonic* gegründete Joint Venture *Primearth EV Energy* (PEVE) hat bereits über drei Mio. NiMH-Hochleistungs-Batteriepacks produziert und ist dabei seine Kapazitäten auch für Lithium-Ionen Batteriepacks auszuweiten. Der Anteil von *PEVE* am HEV Batteriemarkt auf Basis von NiMH wird auf über 75% geschätzt (Pillot 2012; Anderman 2012). *Toyota* kündigte an, den Bau einer Batteriefabrik in Europa zu erwägen, um die langen Lieferfristen für europäische Kunden aufgrund begrenzter Produktionskapazität in Asien zu reduzieren.[11] Der Batteriehersteller *GS Yuasa* betreibt gemeinsam mit *Mitsubishi Motors* das Joint Venture *Lithium Energy Japan*. Bei einer jährlichen Kapazität von 55.000 BEV-Batterien produziert es für *Mitsubishi*, *Honda* sowie den *PSA-Konzern* (Peugeot Société Anonyme). Zudem hat sich *GS Yuasa* mit *Sanyo* und *Honda* im Joint Venture *Blue Energy Co. Ltd*. verbunden. Es verfügt über eine Kapazität von 30.000 BEV-Batterien. Im Dezember 2012 erhielt *Blue Energy Co. Ltd*. Die Zusage über eine Förderung des Wirtschaftsministeriums (METI) in Höhe von 318,7 Milliarden Yen und kündigte an mit den Geldern die jährliche Produktionsmenge auf 15 Millionen Zellen erhöhen zu wollen.[12] Neben der Kooperation in Joint Ventures arbeiten viele japanische Batteriehersteller in Form von strategischen Allianzen und Lieferantenbeziehungen mit diversen Automobilherstellern zusammen. So beliefert bspw. *Sanyo* auch die *VW Group*, *Ford* sowie *GM*.

Wenn auch nicht im selben Umfang wie Japan, profitieren die Batteriehersteller in **Südkorea** von jahrelanger Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Lithium-Ionen-Batterien für Konsumgüter. So erwirtschafteten koreanische Unternehmen in 2009 mit 22 % den zweitgrößten Ertragsanteil am Markt (Yano Research 2011). Allerdings ist Korea bei einer Reihe von Schüsselkomponenten und Technologien stark von

---

11 Spiegel Online/Wirtschaft, 8.10.2012: „Elektroautos: Toyota plant Batterieherstellung in Europa“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/elektroautos-toyota-plant-batterieherstellung-in-europa-a-860160.html, 10.06.2013.

12 GS Yuasa Corporation/Pressemitteilung: „Blue Energy Receives METI Subsidy ~ Lithium-ion Battery Production Capacity to Be Steadily Expanded ~“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.blue-energy.co.jp/en/newsrelease/pdf/20130110e.pdf, 10.06.2013.

Importen aus Japan abhängig. Um die lokale Wertschöpfung zu erhöhen, treibt seit 2008 die Allianz zwischen der *Hyundai Kia Automotive Group* und den Batterieproduzenten *LG Chem*, *SK Energy* sowie *SB LiMotive*[13] die gemeinsame Entwicklung von Batteriepacks für Fahrzeuganwendungen voran (The Korea Times 2008).

Ein besonders aufstrebender Markt ist **China**. So wurden im Jahr 2009 immerhin 10 % aller Erträge im Bereich der automobilen Batterieherstellung von chinesischen Unternehmen erwirtschaftet. Neben der Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien für Hybrid- und Elektrofahrzeuge durch zahlreiche Firmen innerhalb Chinas, werden verstärkt Kooperationen mit ausländischen Firmen eingegangen. Stellvertretend ist hier die strategische Allianz von China *BAK Battery* mit dem US-amerikanischen Unternehmen *A123 Systems*[14] zu nennen, in der vor allem bei Entwicklung und Entwurf von Produktionsanlagen kooperiert wird. Eine Ausnahme von dem Trend zu Kooperationen zwischen Automobilherstellern und reinen Batterieherstellern stellt der chinesische Batterieherstellen *BYD* dar. Als relativ neuer Akteur auf dem Markt für Batterien, wie auch im Markt für Fahrzeugbau, hat dieser sein Geschäftsfeld mittlerweile um eine Fahrzeugproduktion ergänzt und stellt Hybride sowie reine Elektrofahrzeuge her.

Aufgrund der nicht sehr stark ausgeprägten historischen Erfahrung mit Lithium-Ionen-Batterien in den **USA** lag der Anteil der amerikanischen Unternehmen am Lithium-Ionen-Automotive-Batteriemarkt im Jahr 2009 bei lediglich rund 1 % (Lowe u. a. 2010). Deshalb haben sich in den USA vorrangig Startup Batterieunternehmen gebildet, um in der Lithium-Ionen-Batterieproduktion nationale Kompetenz aufzubauen. Sie profitieren dabei von Investitionen aus der US-Automobilindustrie sowie aus staatlichen Entwicklungsprojekten und können so ein beachtliches Wachstum aufweisen. So flossen seit dem 2009 durch die Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika beschlossenen „American Recovery and Reinvestment Act“ (ARRA) mehrere Milliarden US-Dollar in Projekte und Unternehmen, die im dem Zukunftsfeld der Batterieforschung und Entwicklung tätig sind. Der weltweite Anteil amerikanischer Unternehmen soll laut (Yano Research 2011) bis 2015 bereits 21 % erreichen. Unternehmen wie *A123 Systems*[15] oder *Altair Nanotechnologies* sind vor allem in der Erforschung vielversprechender nanotechnologiebasierter Batterien aktiv, wobei das nötige Know-how z.B. als Auslizensierungen oder Ausgründungen von Universitäten und Forschungseinrichtungen in die Unternehmen getragen wird. Die eigentlichen Zellen werden größtenteils in Koope-

---

13 Das Joint Venture SB LiMotive wurde im Herbst 2012 aufgelöst, siehe Abschnitt 2.4.

14 *A123 Systems* meldete im Herbst 2012 Insolvenz an und wurde von *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

15 Siehe vorhergehende Fußnote.

ration mit chinesischen und koreanischen Produzenten hergestellt. So ist *EnerDel* einer der wenigen US-Batteriehersteller, welcher eine lokale Zellproduktion unterhält. Auch um dem Abwandern zunehmender Produktionserfahrung und technologischen Wissens in den asiatischen Raum entgegenzuwirken, versucht bspw. *A123 Systems*[16] seinen Anteil an der Wertschöpfungskette zu erweitern, indem das Unternehmen zugleich als Lieferant von Kathodenmaterialien fungiert (Lowe u. a. 2010, 37).

Ende 2012 übernahm *Johnson Matthey* mit der *Axeon Group* einen europäischen Hersteller von LIB-Systemen. Der Fokus von *Axeon* liegt auf Batteriesystemen für die Automobilindustrie, kabellosen Elektrowerkzeugen und Elektrofahrrädern. Während in den letztgenannten Bereich in 2012 etwa 3 Mio. Packs produziert werden sollten, befindet sich der automobile Bereich noch in der Entwicklungsphase.[17]

**Europa** nahm 2009 mit ca. 1 % Marktanteil eine Nischenposition ein. Langjährige Erfahrung gab es nur bei der französischen Firma *Saft* als dem einzigen größeren Hersteller von Lithium-Ionen-Batterien. In einem Mitte 2011 aufgelösten Joint Venture wurden gemeinsam mit *Johnson Controls* (USA) Lithium-Ionen-Batteriesysteme für Hybrid-, Plug-in Hybrid und Elektroantriebe produziert (Johnson Controls Inc. 2011). Neben der Kooperation mit bedeutenden Automobilherstellern wie *Ford Motors*, *BMW* oder *Daimler* hat das Joint Venture ebenfalls von großen, staatlichen Förderungen in den USA profitiert. Das Batterie-Know-how und die Produktion wurden von da an gegen eine Auslösesumme an *Johnson Controls* von *Saft* weiterbetrieben. Als einer der wenigen deutschen Batteriehersteller sei an dieser Stelle *Evonik* genannt, welcher in der Herstellung von Lithium-Ionen Batteriepacks in dem Joint Venture *Deutsche Accumotive* mit *Daimler* zusammenarbeitet. Dabei befindet sich der Produktionsstandort Kamenz, Sachsen in unmittelbarer Nachbarschaft zu der *Li-Tec Battery GmbH*, einem weiteren Gemeinschaftsunternehmen zwischen *Evonik* und *Daimler*, das die Zellen für die Batterieproduktion liefert.

Ein weiteres Beispiel eines Joint Ventures mit deutscher Beteiligung stellte *SB LiMotive* dar, in dem der deutsche Automobilzulieferer *Bosch* mit dem südkoreanischen Batteriehersteller *Samsung* kooperierte. Nach vier Jahren der Zusammenarbeit gaben die

---

16 *A123* meldete Insolvenz an. Wanxiang erhielt die Genehmigung für den Kauf (Abschnitt 2.2.1).

17 Green Car Congress, 21.11.2012: „Battery systems maker Axeon Group acquired by Johnson Matthey“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.greencarcongress.com/2012/11/axeon-20121122.html, 10.06.2013

Unternehmen im September 2012 die Auflösung bekannt.[18] Kunde dieses Joint Ventures ist unter anderem *BMW*, die ihr erstes Elektroauto mit Lithium-Ionen-Batterien dieses Herstellers ausrüsten wollen. (Yano Research 2011) geht davon aus, dass sich Europas Anteil am Lithium-Ionen Automotive-Batteriemarkt bis 2015 auf 11 % erhöhen wird.

***Zukünftige Entwicklung anhand ergänzender Kriterien***

Eine Analyse der Bereiche der Zell- und Packfertigung nach den Kriterien Produktionskapazität und Umsatz wird im Folgenen betrachtet. Zu den im Jahr 2010 umsatzstärksten hier etablierten Unternehmen zählen u.a. *Hitachi*, *Sony*, *Toshiba*, *LG Chem* und *Sanyo/Panasonic*. Die vorhandenen Produktionskapazitäten der Hersteller für Traktionsbatteriepacks sind im selben Jahr sehr unterschiedlich. So betreiben *Hitachi* und *GS Yuasa* mit jeweils 10.000 Batteriepacks jährlich, *Sanyo/Panasonic* mit 2.000 und *LG Chem* mit einer nicht bekannten Anzahl an Packs eigene Serienfertigungen. Die von den Unternehmen angestrebte Marktposition spiegelt sich in den bis 2015 geplanten Kapazitätsinvestitionen wieder. Demnach würden sich die *Saft Group* mit 140.000 Batteriepacks pro Jahr, *LG Chem* und *Sanyo/Panasonic* mit jeweils 110.000 Packs pro Jahr und dahinter *Hitachi* und *Toshiba* mit 70.000 bzw. 60.000 Packs pro Jahr im vorderen Bereich positionieren. Der japanische Hersteller *Sony*, der bisher wenig Präsenz im Markt der Traktionsbatterien gezeigt hat, plant mit Investitionen bis 2015 in Höhe von insgesamt 769 Mio. Euro eine Produktionskapazität von 200.000 Batteriepacks zu erreichen. Er würde damit an der Spitze stehen.

Die neueren Akteure haben in der Regel mit ihrem Einstieg in den Markt bereits Produktionskapazitäten aufgebaut. So planen die US-amerikanischen Unternehmen *A123 Systems*[19] und *EnerDel* ihre Kapazitäten von 15.000 bzw. 45.000 im Jahr 2010 auf jeweils 135.000 Batteriepacks im Jahr 2015 auszubauen. Die geplanten Investitionen fallen mit 807 Mio. Euro bzw. 713 Mio. Euro ähnlich hoch aus wie bei den etablierten Herstellern, die in 2010 teilweise noch keine Kapazitäten vorzuweisen hatten.

Bei den Joint Ventures im Bereich der Pack-Hersteller heben sich in Bezug auf Produktionskapazitäten im Jahr 2010 *AESC*, *Lithium Energy Japan* und *Blue Energy* von den anderen Akteuren ab. Diese drei japanischen Joint Ventures geben für das betreffende Jahr 50.000, 21.000 bzw. 20.000 Batteriepacks als Produktionskapazität an. Die Joint

---

18 Automobil-Produktion, 5.09.2012: „Bosch und Samsung trennen Batteriegeschäft“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.automobil-produktion.de/2012/09/bosch-und-samsung-trennen-batteriegeschaeft/, 10.06.2013.

19 *A123* wurde von *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

Ventures verfolgen unterschiedliche Strategien in Bezug auf den Ausbau ihrer Produktionskapazitäten. *SB LiMotive*[20] strebte mit Investitionen in Höhe von 385 Mio. Euro eine Produktionskapazität von 180.000 Batteriepacks 2015 an. Mit 385.000 Batteriepacks im Jahr 2015 und einem Investitionsvolumen von fast 1,5 Mrd. Euro, ist die stärkste Erhöhung bei dem zwischen *Nissan* und *NEC* geschlossenen Joint Venture *AESC* zu erwarten. Das Unternehmen selbst gab seine Produktionskapazität im Jahr 2012 mit 18,2 Mio. Zellen an und kündigte vier zusätzliche Fabriken für die „globale Massenproduktion" an (Matsumoto 2012). Neben koreanischen und chinesischen Unternehmen sind vor allem die zahlreichen Joint Ventures zu beachten, über die nicht-asiatische Länder häufig in den Markt eintreten. Eine klare Marktführerschaft eines Unternehmens oder Landes zeichnet sich zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht ab. Der Batterieexperte Menahem Anderman sieht 2015 im LIB-Geschäft für den Automative-Bereich (EV- und PHEV-Zellen sowie HEV-Pack-Herstellung) *Sanyo* noch vor *AESC* und *LG Chem* an der Spitze (Anderman 2012).

Bisher wuchs der Absatzmarkt für die Batterien nicht entsprechend der Batterie-Herstellungskapazitäten. Laut Bosch-Sprecher Udo Rügheimer reiche die globale Produktionskapazität aus, um jährlich 250.000 Elektroautos ausrüsten, der weltweite Absatz habe in 2012 bis Ende November allerdings weniger als 70.000 Elektroautos zuzüglich einiger Plug-in-Hybride erreicht. Es gibt Überkapazität in der Batterieproduktion, die auf den Preis drückt. Für die Unternehmen ist diese Situation problematisch.[21] Auch Roland Berger Strategy Consultants warnen vor massiver Überkapazität. Für 2015 könne die Produktion mehr als doppelt so hoch, wie die Nachfrage sein und der Preis dadurch auf 200 Euro pro kWh fallen.[22] Frost & Sullivan erwarten bis 2019 einen massiven Schub im Absatz von Lithium-Ionen-Batterien von 2,13 Mrd. USD (2012) auf

---

20 Das Joint Venture wurde mittlerweile gelöst. Samsung führt die Zellfertigung fort, auch Bosch will seine Aktivitäten im Batterigeschäft fortsetzen und in die Zellfertigung investieren (vgl. weiter oben in Abschnitt 2.4).

21 VDI Nachrichten.com/Aktuell, 15.02.2013: „Batterieproduktion für Elektromobile sucht Abnehmer", Online-Ressource, verfügbar via: http://www.vdi-nachrichten.com/artikel/Batterieproduktion-fuer-Elektromobile-sucht-Abnehmer/62782/2, 10.06.2013

22 Autobloggreen/Green Car News/Study, 7.05.2012: „Lithium ion battery ‚overcapacity' could arrive by 2015, would push prices way down", Online-Ressource, verfügbar via: http://green.autoblog.com/2012/05/07/lithium-ion-battery-overcapacity-could-arrive-by-2015-would-p/, 10.06.2013

12,84 Mrd. USD in 2019. Fallende Preise ebenso wie staatliche Anreize werden dabei als treibende Faktoren angegeben.[23]

[23] Autobloggreen/Green Car News/Study, 21.02.2013: „Global lithium-ion battery sales will jump sixfold by 2019“, Online-Ressource, verfügbar via: http://green.autoblog.com/2013/02/21/global-lithium-ion-battery-sales-will-jump-sixfold-by-2019/, 10.06.2013

Tabelle 2-5: Hauptsitz, Umsatz [Mio. Euro], Investitionen [Mio. Euro] und Produktionskapazitäten [EV-äquivalente Packs/Jahr] der Zell-/Packhersteller

| | Unternehmen | Hauptsitz | Produktion | Umsatz in 2010 [Mio. EUR] | Investment [Mio. EUR] | Produktionskapazität 2010 [EV-äquivalente Batterie-Packs/Jahr] | Produktionskapazität 2015 [EV-äquivalente Batterie-Packs/Jahr] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| etablierte Hersteller | LG Chem | KOR | KOR | 12.266,00 | 846 | k.A. | 111.000 |
| | Sanyo/Panasonic | JP | JP | 12.809,70 | 242 | 2.000 | 110.000 |
| | Hitachi | JP | JP | 80.115,90 | 351 | 10.000 | 70.000 |
| | SK Energy | KOR | KOR | 6.726,80 | 87 | 0 | 25.000 |
| | Toshiba | JP | JP | 55.027,10 | 214 | 0 | 60.000 |
| | Johnson Controls - Saft Advanced Power Solutions (jetzt: Saft Group) | F,USA | F,USA | 591,1*) | 462 | 0 | 140.000 |
| | GS Yuasa | JP | JP | 2.008,60 | k.A. | 10.000 | 20.000 |
| | Sony | JP | JP | 61.759,20 | 769 | 0 | 200.000 |
| | China BAK | CN | CN | 162,2 | k.A. | 0 | 360.000**) |
| neue Akteure | BYD | CN | CN | 5.200,70 | k.A. | k.A. | |
| | A123Systems Inc. | USA | USA,CN,KOR | 73,5 | 807 | 15.000 | 135.000 |
| | EnerDel | USA | USA,KOR | 58,4 | 713 | 45.000 | 135.000 |
| Joint Ventures | Automotive Energy Supply Corporation (AESC) | JP | JP,USA,GB, ESP | k.A. | 1.494 | 50.000 | 385.000 |
| | SB LiMotive | D,KOR | KOR | k.A. | 385 | 0 | 180.000 |
| | Lithium Energy Japan | JP | JP | k.A. | 144 | 21.000 | 55.000 |
| | Blue Energy | JP | JP | k.A. | 202 | 20.000 | 30.000 |
| | Dow/Kokam | USA | USA | k.A. | 269 | 0 | 70.300 |
| | Li-Tec | D | D | 6,1 | 77 | 0 | 40.000 |
| | Primearth EV Energy Company (PEVE) | JP | JP | k.A. | 85 | 9.400 | 9.400 |

*) Hier stellvertretend der Umsatz der SAFT Group für 2010
**) Schätzung; Zahlen sind nur für Gesamtheit der chinesische Hersteller bekannt (inkl. hier nicht gelisteten Lishen/Lio Energy Systems, siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

Eigene Darstellung mit Daten aus (Lache u. a. 2009, 63; Roland Berger 2010, 8; Bain and Company 2010, 19,20; Frost & Sullivan 2011; Warrier und Osbor-

ne 2009, 65; A123 Systems 2011, 60; BYD 2011; China BAK Battery 2011, 41; Dow Kokam 2011; Toshiba 2011, 2)[24, 25, 26]

## 2.5 Wertschöpfungstiefe

Abbildung 2-10 und Abbildung 2-11 stellen einige der weltweit wichtigsten Unternehmen in Bezug auf die von ihnen abgedeckten Wertschöpfungsstufen dar.

Die Breite des Balkens des jeweiligen Unternehmens stellt dabei die Abdeckung der Wertschöpfungsschritte durch dieses Unternehmen dar. Dargestellt sind diejenigen Unternehmen, denen in den vorangegangenen Abschnitten ein hohes zukünftiges Potenzial zugesprochen wurde. Dabei sind die Zell- und Modulproduktion wie in den vorangegangenen Kapiteln zusammengefasst, da diese beiden Wertschöpfungsschritte von allen dort tätigen und genannten Unternehmen durchgeführt werden. Weiter sind etablierte Unternehmen, Joint Ventures und neue Akteure farblich voneinander abgehoben.

Es ist zu erkennen, dass *BYD* als einziges Unternehmen sämtliche Wertschöpfungsschritte von der Komponentenherstellung bis hin zur Fahrzeugintegration abdeckt. Koreanische Unternehmen wie *LG Chem* und *SK Energy*, sowie das japanische Konsortium *Hitachi* integrieren alle Stufen von der Komponentenherstellung bis zur Packherstellung. Wie in den vorigen Abschnitten erwähnt, gibt es wenige Unternehmen, die ausschließlich die Packherstellung durchführen (wie bspw. *A123 Systems*[27]), die meisten integrieren die Wertschöpfungsschritte der Zell- und Modul-Herstellung. Eine Besonderheit stellt die gemeinsame Abwicklung von Pack-Herstellung und Fahrzeug-Integration dar, die *Tesla* betreibt. Dargestellt sind auch die zahlreichen in der Mitte des Wertschöpfungsschritts Pack-Herstellung endenden Joint Ventures zwischen Automobilherstellern und vorgelagerten Unternehmen. Damit soll deutlich gemacht werden, dass der Wertschöpfungsschritt der Fahrzeugintegration zwar nicht Teil der Wertschöpfungskette des Joint Ventures ist, dieses jedoch primär für den beteiligten Fahrzeughersteller Batteriepacks produziert.

---

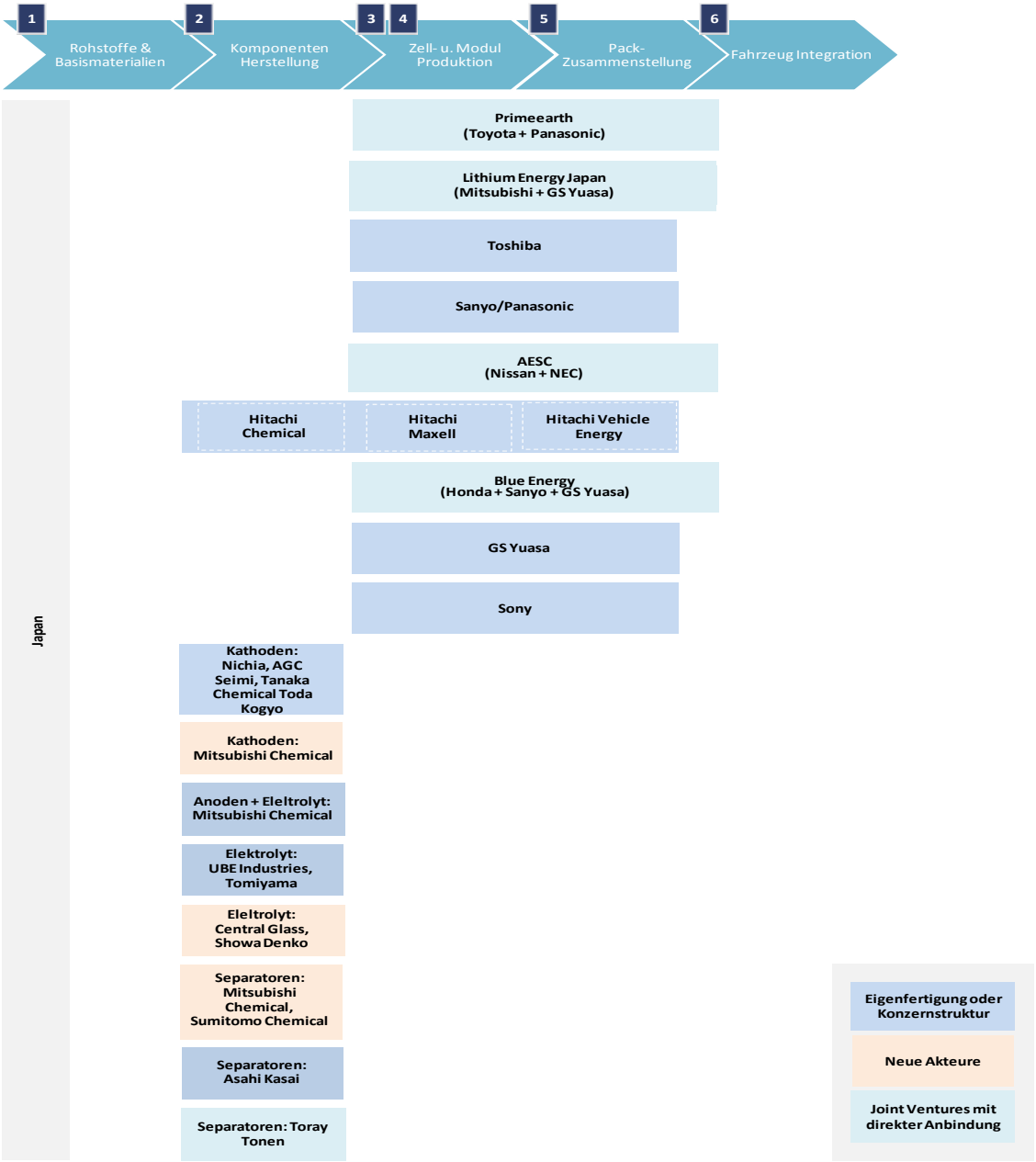
24 *A123 Systems* wurde von *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

25 Das Joint Venture SB LiMotive wurde im Herbst 2012 aufgelöst (Abschnitt 2.4).

26 Das Joint Venture zwischen *Saft* und *Johnson Controls* wurde von den Amerikanern aufgekauft (Abschnitt 2.4).

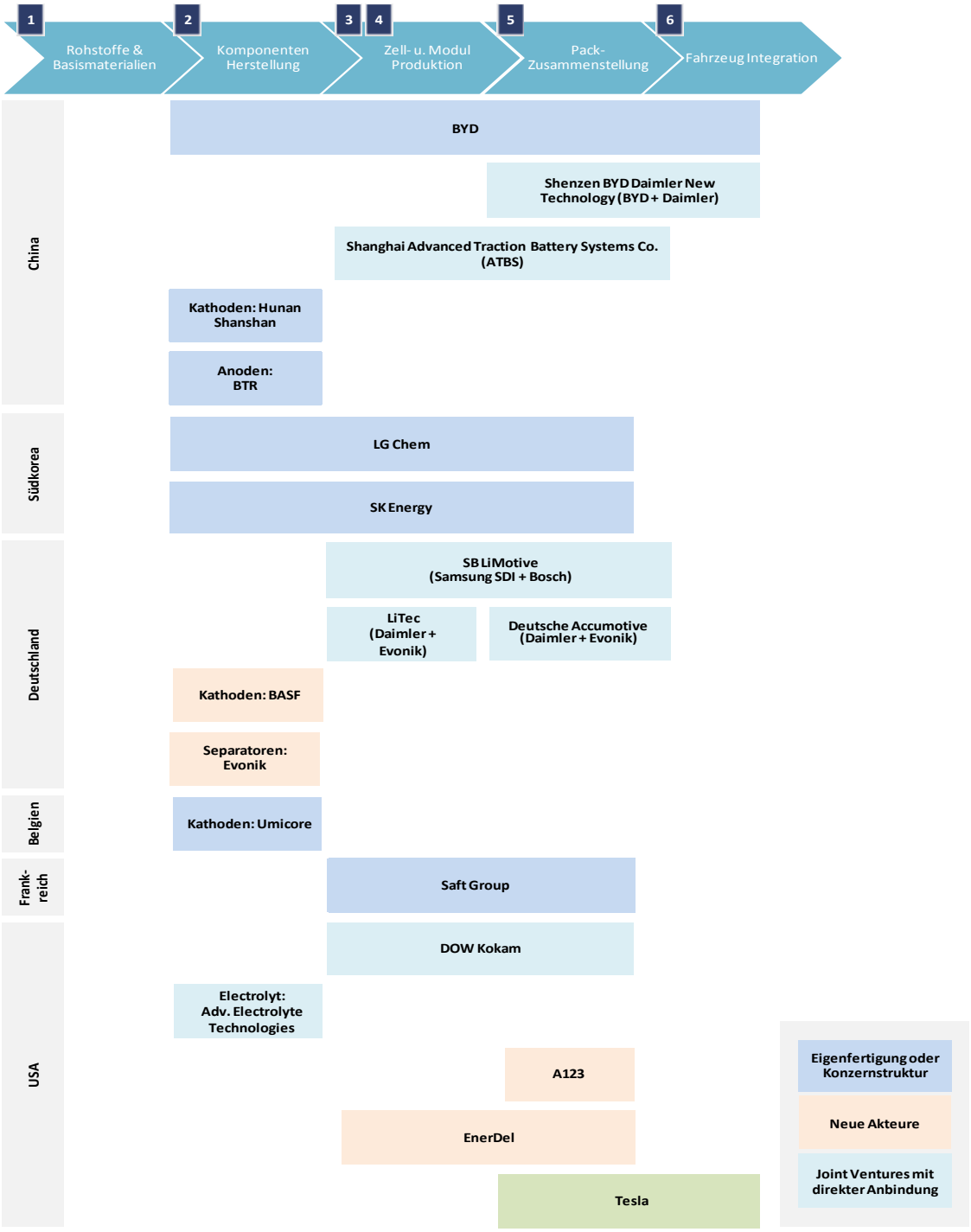
27 *A123 Systems* wurde von *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

Abbildung 2-10: Unternehmen nach Ländern und ihre Präsenz in der Wertschöpfungskette (1/2)




Eigene Darstellung in Anlehnung an (Stahlberger 2011, 149–151) mit Daten aus eigener Recherche (siehe Ausführungen und Quellen der vorangegangenen Abschnitte).

Abbildung 2-11: Unternehmen nach Ländern und ihre Präsenz in der Wertschöpfungskette (2/2)




Eigene Darstellung in Anlehnung an (Stahlberger 2011, 149–151) mit Daten aus eigener Recherche (siehe Ausführungen und Quellen der vorangegangenen Abschnitte.)

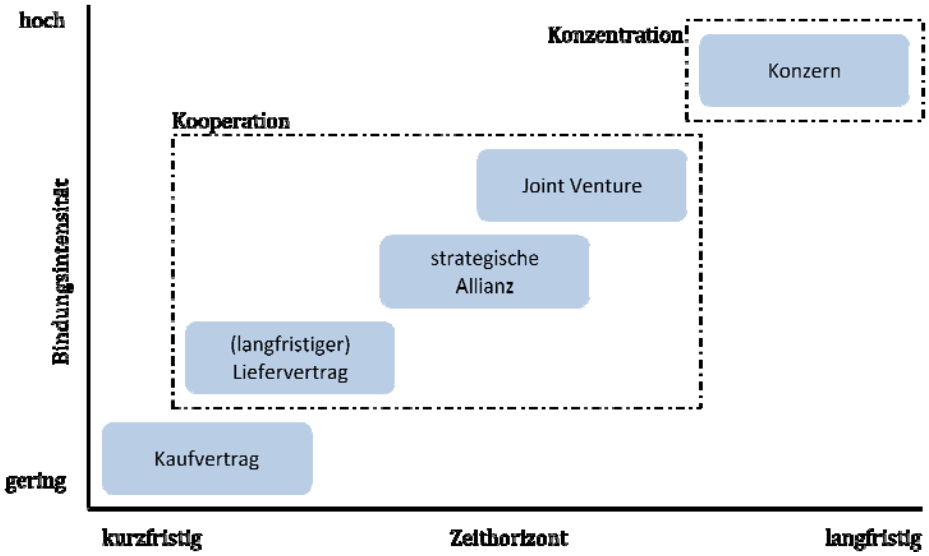
## 2.6 Nationale und internationale Kooperation

### 2.6.1 Formen der Kooperation im LIB-Markt

Im Folgenden wird eine allgemeine Art der Einteilung gewählt: Die Zuordnung der Akteure zu verschiedenen Kategorien der Zusammenarbeit erfolgt nach den Verbindungsformen „Verbindung durch Lieferverträge“, „Strategische Allianzen“, „Joint Venture“ sowie „Konzerninterne Verbindung oder Eigenfertigung“.

Diese Unterteilung folgt einer Betrachtung der Kriterien Zeithorizont, also der geplanten Dauer der Kooperation, der Stärke der Kooperation und der Bindungsintensität, die hier zur Unterscheidung von Formen der Unternehmensverbindung verwendet werden (siehe Abbildung 2-12).

Abbildung 2-12: Formen der Unternehmensverbindung




Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Richter 2004, 22; Thommen 2009, 92–103; Paprottka 1996, 8–9).

Es liegt in der Natur des Marktes, dass die Unternehmen dabei in vielfältiger Weise und oft in mehrerer Hinsicht in Verbindung stehen, was sich auch in Doppelnennungen in den nachfolgenden Kategorien niederschlägt. Die verschiedenen Kooperationsformen werden im nachfolgenden Abschnitt für den elektromobilen LIB-Markt analysiert.

***Lieferverträge***

Da für ein funktionierendes Zusammenspiel des Marktes für Li-Ionen-Traktionsbatterien Lieferverträge zwischen vielen Stufen der Wertschöpfung bestehen

müssen, ist ihre Anzahl entsprechend hoch. Diese einfachste, aber nicht bindende Form der Kooperation wird zwischen einer Vielzahl von Unternehmen in der LIB-Wertschöpfungskette geschlossen.

***Strategische Allianzen***

Der Begriff strategische Allianzen bezeichnet förmliche, langfristige Allianzen zwischen Unternehmen, die bestimmte Aspekte ihrer Geschäftstätigkeit aneinander binden, ohne eine Fusion vorzunehmen (Paprottka 1996, 8). Sie können sich durch eine Vielzahl von Verträgen und Vereinbarungen äußern und ihre Vertiefung auch in den im folgenden Abschnitt aufgeführten Joint Ventures finden. Der Ausdruck „strategisch“ bedeutet hierbei, dass die Unternehmensverbindung sowohl für die langfristige Existenz als auch für den langfristigen Erfolg der gemeinsamen Unternehmung von großer Bedeutung ist (Thommen 2009, 100).

Darunter fällt die langfristig ausgelegte Zusammenarbeit von *Daimler* und *Li-Tec*, in der *Daimler* mit 49,9 % beteiligt ist. *BMW* ist eine Allianz mit *SB LiMotive*[28] zur gemeinsamen Batterieentwicklung eingegangen. Als besonders gewichtige Allianz haben sich der Batterie- und Elektronikkonzern *Toshiba* und der Fahrzeugbauer *VW* langfristig auf die gemeinsamen Entwicklung von Elektrofahrzeugen und der dazugehörigen Batterien geeinigt (Financial Times 2009). In China haben sich der US-Batteriehersteller *A123 Systems*[29] und einer der größten chinesischen Automobilhersteller *SAIC* auf eine Zusammenarbeit im Bereich der gemeinsamen Batterieentwicklung und Integration geeinigt. Auf den vorgelagerten Wertschöpfungsstufen gibt es derzeit kaum strategische Allianzen.

***Joint Ventures***

Joint Ventures sind eine Kooperationsform, bei denen die Partnerunternehmen sowohl kapitalgebunden sind und damit das finanzielle Risiko gemeinsam tragen, als auch Führungsfunktionen teilen. Sie werden, wie auch in den hier vorliegenden Fällen, häufig auf internationaler Ebene geschlossen, um die spezifischen Vorteile und Kenntnisse der betreffenden Unternehmen zu verbinden.

---

28 Das Joint Venture wurde 2012 aufgelöst, siehe Abschnitt 2.4.

29 *A123 Systems* wurde durch *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

Tabelle 2-6: Übersicht wichtiger LIB-Joint Ventures mit Partnerunternehmen und Wertschöpfungsbereichen

| Partner A | | Joint Venture | | Partner B | Wertschöpfungs-bereich B |
|---|---|---|---|---|---|
| Daimler | 90 % → | Deutsche Accumotive GmbH & Co. | ← 10 % | Evonik | Batteriepack |
| Daimler | 49,9 % → | Li-Tec Battery GmbH | ← 50,1 % | Evonik | |
| Daimler | 50 % → | Shenzhen BYD Daimler New Technology & Co. Ltd. | ← 50 % | BYD | |
| Honda | 49 % → | Blue Energy Co. Ltd. | ← 51 % | GS Yuasa | |
| Mitsubishi (Corporation + Motors) | 49 % → | Lithium Energy Japan | ← 51 % | GS Yuasa | |
| Nissan | 51 % → | Automotive Energy Supply Corp. (AESC) | ← 49 % | NEC | |
| Toyota | 80,5 % → | Primearth EV Energy (PEVE) | ← 19,5 % | Panasonic | |
| Bosch | 50 % → | SB LiMotive Co. Ltd.[30] | ← 50 % | Samsung | |
| Shanghai Automotive Industry Corporation (SAIC) | 51 % → | Shanghai Advanced Traction Battery Systems (ATBS) | ← 49 % | A123 Systems[31] | |
| Coda | k. A. → | LIO Energy Systems | ← k. A. | Lishen | |
| DOW Chemicals | k. A. → | DOW Kokam | ← k. A. | Kokam | |
| GAIA Akkumulatorenwerke (Tochter von LTC) | k. A. → | EAS Germany GmbH | ← k. A. | Enersys | Zellproduktion |
| Evonik | 50 % → | Degussa Enax (Anqiu) Power Lion Technologies Co., Ltd | ← 50 % | Degussa | Elektroden |
| Nissan | k. A. → | 4R Energy | ← k. A. | Sumitomo | Second Life |
| DOW Chemicals | 50 % → | Advanced Electrolyte Technologies LLC | ← 50 % | UBE Industries | Elektrolyte |
| Itochu | 30 % → | Kureha Battery Materials Japan Co., Ltd. | ← 70 % | Kureha | Anodenmaterial + Binder |

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Lache u. a. 2009, 110; Frost & Sullivan 2009, 56,57)

Dabei kann es eine Rolle spielen, dass Unternehmen, die in China Fuß fassen wollen, zu Joint Ventures mit den lokalen Betrieben (oftmals ehemalige Staatsbetriebe) gezwungen werden, da andere Formen des privatwirtschaftlichen Engagements dort (noch) nicht akzeptiert sind (Thommen 2009, 98). In Tabelle 2-6 ist aus verschiedenen

30 Das Joint Venture wurde im Herbst 2012 aufgelöst, siehe Abschnitt 2.4.

31 *A123 Systems* wurde von *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

Quellen eine Auswahl der wichtigsten Joint Ventures und der beteiligten Anteilhaber aufgelistet.[32]

Während die Mehrzahl der Joint Ventures als Endprodukt ein fertiges Batteriepack liefert, profitiert die *Advanced Electrolyte Technologies LLC*, die sich mit dem Potential der Elektrolyte befasst, von der Technologie eines weltweit führenden Herstellers funktionaler Elektrolyte und Separatoren *UBE* und dem Know-how des US Chemiekonzerns *DOW Chemicals* (Ube Industries, Ltd. 2011).

*Kureha Battery Materials Japan Co., Ltd.* hat sich auf den Verkauf von Anodenmaterialien und Bindern spezialisiert (ITOCHU Corporation 2011). *4R Energy*, als Joint Venture zwischen *Nissan* und *Sumitomo* entwickelt Konzepte für die weitere Nutzung ausgedienter Traktionsbatterien (Green Car Congress 2010).

Hier wird jedoch deutlich, dass Joint Ventures vor allem zwischen Automobil- und Batteriepackherstellern geschlossen werden, auf den vorgelagerten Wertschöpfungsstufen finden sich kaum derartige Zusammenschlüsse.

***Konzerne oder Eigenfertigung***

In der Gruppe der Unternehmen, die mit Eigenfertigung oder durch ihre Konzernstruktur große Teile der Wertschöpfung abdecken, sind derzeit wenige Unternehmen vertreten, wie in Abbildung 2-10 und Abbildung 2-11 dargestellt. Eine Ausnahme bildet das chinesische Unternehmen *BYD*, das seinen Geschäftsbereich der reinen Batteriefertigung inzwischen um eine Produktion von Elektrofahrzeugen ergänzt hat, und damit die Wertschöpfungsstufen von der Zellfertigung bis zur Fahrzeugimplementierung vollständig abdecken kann. Ein ähnliches Konzept verfolgt *Tesla*. Allerdings kauft dieses Startup die Zellen für seine Module und Packs bei Fremdherstellern wie *Panasonic/Sanyo*. In anderen Bereichen der Wertschöpfung werden die Vorteile von „in-house“ verfügbaren Leistungen noch deutlicher. So verfügt die *Hitachi Ltd*. über eine Vielzahl von Tochterunternehmen und ist in einem schwer überschaubaren System gegenseitiger Beteiligungen mit den Sparten *Hitachi Chemical Co., Ltd*, *Hitachi Vehicle Energy, Ltd*. und *Hitachi-Maxell* verbunden. Damit kann *Hitachi* die Wertschöpfung von den Basismaterialien (*Hitachi Chemical*) über die Zellen (*Hitachi Maxell*) bis zum Pack (*Hitachi Vehicle Energy*) sicherstellen und profitiert von langjähriger Expertise in den jeweiligen Bereichen.

32 Die Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

***Schlussfolgerungen zur Kooperationsform***

Von langfristigen Lieferverträgen bis hin zu Konzernen oder eigenfertigenden Unternehmen sind nahezu alle Kooperationsformen über sämtliche Wertschöpfungsstufen hinweg vertreten. Kooperationen mit geringer Bindungsintensität, wie (langfristige) Lieferverträge, sind auf allen Wertschöpfungsstufen vertreten und stellen die einfachste und loseste Form der Kooperation dar. Mit zunehmender Bindungsintensität und Langfristigkeit ist jedoch zu erkennen, dass Joint Ventures zumeist zwischen Batteriepack- und Fahrzeugherstellern geschlossen werden. Auf den vorderen Wertschöpfungsstufen bestehen hingegen eher Konzerne oder eigenfertigende Unternehmen. Es ist zu vermuten, dass dies mit der Etablierung der Unternehmen in den vorderen Stufen zusammenhängt, wo frühere Joint Ventures in konzentrierte Unternehmen übergegangen sind. Ob es sich bei einem Joint Venture eventuell nur um eine strategische Allianz handelt, ist nicht immer eindeutig festzustellen, die Aussagen der Unternehmen sind diesbezüglich häufig nicht klar genug.

### 2.6.2 Internationalität der Kooperation im LIB-Markt

***Lieferbeziehungen zwischen den Kathoden- und Zellherstellern***

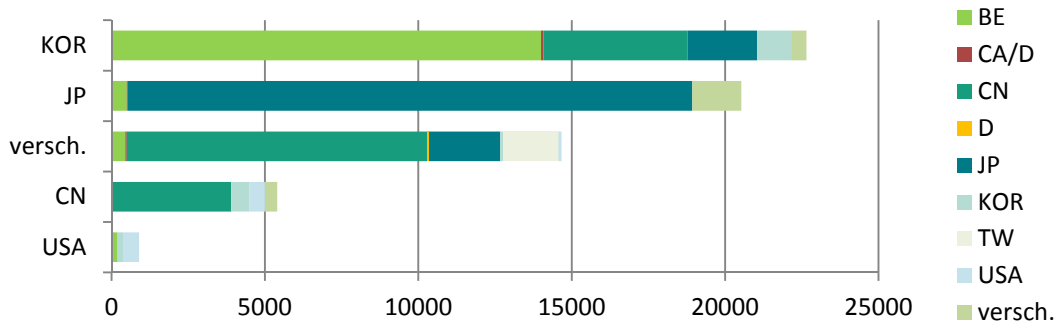
In der nachfolgenden Grafik sind die Mengen der gelieferten Kathodenmaterialien in Tonnen der ersten beiden Monate des Jahres 2011 in die in der Ordinate dargestellten Länder dargestellt.[33] Die Länder aus denen geliefert wurde sind in der Legende aufgetragen.

Hier ist zu erkennen, dass japanische und chinesische Zellhersteller vor allem von Kathodenherstellern aus dem eigenen Land beliefert werden. Auch amerikanische Zellhersteller werden vornehmlich von Firmen gleicher Nationalität versorgt. Außerdem werden die koreanischen Unternehmen (*LG Chem* und *Samsung SDI*) zu über 50 % mit Kathodenmaterial aus Belgien von *Umicore* beliefert. Auffallend ist auch, dass nur wenig Material von japanischen an nicht-japanische Unternehmen geliefert wird, während chinesische Kathodenhersteller in fast alle Länder liefern.

---

33 Hierbei sei angemerkt, dass die absoluten Zahlen nicht als ausschlaggebend betrachtet werden sollten, da sie nur die ersten beiden Monate des Jahres 2011 darstellen. Zudem sei hier angemerkt, dass aufgrund des Erdbebens im Osten Japans mit anschließenden massiven Problemen im AKW Fukushima, die Produktion in zahlreichen japanischen Firmen beeinträchtigt war (Takeshita 2011).

Abbildung 2-13: Lieferung von Kathodenmaterial von Kathoden- zu Zellherstellern (Ordinate) nach Ländern Jan+Feb 2011[t]

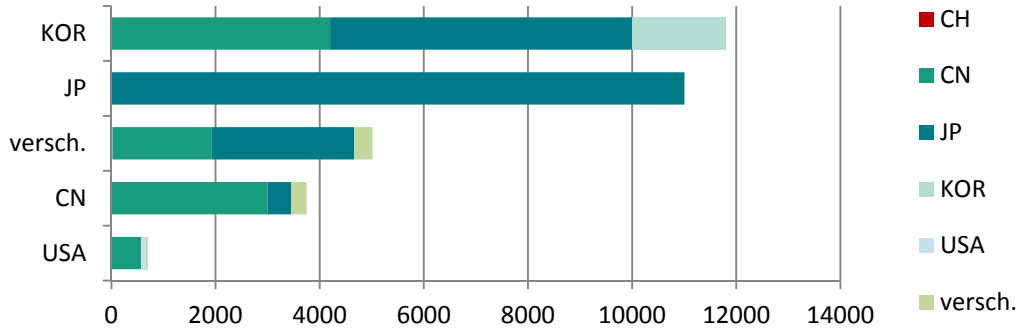



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Takeshita 2011).

***Lieferbeziehungen zwischen Anoden- und Zellherstellern***

Abbildung 2-14 zeigt die Lieferungen von Anodenmaterial an die Herkunftsländer der Zellhersteller in der Ordinate in den ersten beiden Monaten des Jahres 2011.

Abbildung 2-14: Lieferung von Anodenmaterial von Anoden- zu Zellherstellern (Ordinate) nach Ländern Jan+Feb 2011[t]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (Takeshita 2011).

Bei den Anodenherstellern ist das rein japanische Sourcing sehr viel deutlicher als bei den Kathodenherstellern. In Japan wird ausschließlich Material zur Zellherstellung verwendet, das im eigenen Land gefertigt wurde. Da der Abnehmermarkt in Japan vermutlich nicht groß genug für die Anodenmaterialproduzenten ist, wird hier auch in andere Länder geliefert. Koreanische Zellhersteller nutzen dabei auch die Nähe zu heimischen Herstellern. Da diese jedoch nicht ausreichend Material für die Zellproduktion zur Verfügung stellen können, profitieren auch chinesische und japanische Unternehmen zu etwa gleichen Anteilen von einem Zulieferverhältnis. Chinesische Zellhersteller nutzen

nicht ausschließlich Anodenmaterial, das in China gefertigt wurde, sondern auch zu etwa 20 % Material aus anderen Ländern.

***Schlussfolgerungen zur internationalen Kooperation***

Die Zulieferbeziehungen konnten aufgrund kaum verfügbarer Datenlage nur basierend auf (Takeshita 2011) analysiert werden, worin nur Informationen für die ersten beiden Monate im Jahr 2011 enthalten sind. Hieraus lassen sich nur bedingt allgemeine Schlussfolgerungen für die internationale Kooperation ziehen. Jedoch lässt sich festhalten, dass japanische Zellhersteller vornehmlich Komponenten von heimischen Herstellern verwenden, wohingegen chinesische Zellhersteller, sowohl im Anoden- als auch im Kathodenbereich zu mindestens 20 % nicht-chinesisches Material verwenden. Gleichzeitig sind chinesische, aber auch japanische, Unternehmen als Zulieferer in allen Ländern vertreten. Eine Besonderheit stellt die fast ausschließliche Lieferung des belgischen Kathodenherstellers *Umicore* an die koreanischen Zellhersteller *Samsung SDI* und *LG Chem* dar.

## 2.7 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die LIB-Teilmärkte auf den Wertschöpfungsstufen der Komponenten-, Zell-, Modul- und Packhersteller analysiert, deren wichtigste Ergebnisse hier hinsichtlich der Hersteller, ihrer Herkunft und ggf. verwendeter Materialien zusammenfassend dargestellt werden.

Heute sind im Bereich der **Kathodenhersteller** die fünf wichtigsten Unternehmen *Nichia* (JP), *Umicore* (BE), *Hunan Shanshan* (CN), *AGC Seimi Chemical* (JP) und *Santoku* (JP) mit einem gemeinsamen Marktanteil von rund 40 %. Als neue Akteure gelten *Mitsubishi Chemical* (JP), *Sumitomo Osaka Cement* (JP) und *BASF* (DE). Derzeit verteilt sich der Markt über die Länder mit 40 % auf japanische, mit 13 % auf chinesische, mit 9 % auf belgische, mit 9 % auf koreanische und mit etwa 29 % auf sonstige Unternehmen aus anderen Ländern. In den kommenden Jahren werden nach Ansicht von Analysten vermehrt europäische Unternehmen in diesen Teilmarkt eintreten, zum Beispiel der deutsche Chemiekonzern BASF. Hinsichtlich der verwendeten Materialien ist eine Zunahme von Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (NCA), Lithium-Mangan-Oxid (LMO) und Lithium-Eisen-Phosphat (LFP) zu beobachten.

Derzeit sind die wichtigsten fünf **Anodenhersteller** *Hitachi Chemical* (JP), *Mitsubishi Chemical* (JP), *JFE Chemical* (JP), *Nippon Carbon* (JP) und *BTR* (CN) mit einem Marktanteil von mehr als 80 %. Aussichtsreiche neue Unternehmen sind *Showa Denko* (JP) und *Kureha* (JP). Der heutige Markt wird bestimmt von japanischen Herstellern mit einem Marktanteil von etwa 70 %, gefolgt von China mit 20 %, während sich Unter-

nehmen aus anderen Ländern zusammen rund 10 % des Marktes teilen. Mit den beiden neuen Herstellern wird die japanische Dominanz hier vermutlich noch zunehmen. Materialseitig setzen die Hersteller vornehmlich auf Graphite, die Verwendung von Lithium-Titanat und Si-basierten Anoden nimmt jedoch zu.

Aktuell stellen bei der Herstellung von **Elektrolyten** *Ube Industries* (JP), *Mitsubishi Chemical* (JP), *Zhangjiagang Guotai* (CN), *Panax Etec* (KR) und *Dongguan Shanshan* (CN) die fünf wichtigsten Unternehmen dar. Als potenzielle Marktanteilsgewinner gelten *Central Glass* (JP), *Showa Denko* (JP), *Advanced Electrolyte Technologies* (USA/JP) und *Toagosei+Mitsui Chemicals* (JP). Der Markt der Elektrolytlösungen ist aus Länderperspektive deutlich differenzierter als andere Teilmärkte. Unternehmen aus Japan teilen sich heute 41 %, aus China 19 %, aus Korea 9 %, und anderen Ländern 31 % den Markt. Für die Zukunft ist eine Zunahme japanischer und amerikanischer Unternehmen in diesem Teilmarkt zu erwarten.

Die heute wichtigsten **Separatorenhersteller** sind *Asahi Kasei E-Materials* (JP) mit 32 % Marktanteil, *Toray-Tonen* (JP), *Celgard* (US), *SK Energy* (KR) und *Ube Industries* (JP). Hier ist eine große internationale Differenzierung zu erwarten, da die Unternehmen *Mitsubishi Chemical* (JP), *Evonik* (D), *Sumitomo Chemical* (JP), *Toray-Tonen* (JP), *Chisso+Porous Power Technologies* (JP) und *Toagosei+Mitsui Chemicals* (JP) in den Markt drängen. Die nationale Aufteilung ist heute wie folgt: Japan 59 %, USA 17 %, Südkorea 10 %, China 5 % und ander Länder 9 %. In Zukunft könnte der japanische Marktanteil, durch weitere japanische Unternehmen, die in den Markt drängen, wachsen, aber auch amerikanische und europäische Unternehmen haben Chancen.

Der Markt der **Zell-, Modul- und Packhersteller** lässt sich heute noch nicht nach Unternehmen unterteilen, die ausschließlich LIB für Elektrofahrzeuge fertigen. Im gesamten Markt für LIB zählen zu den wichtigsten Unternehmen heute u.a. *Panasonic Sanyo* (JP), *Sony* (JP), *Samsung* (KR), *LG Chem* (KR). Unternehmen, die in Zukunft insbesondere für die Elektromobilität von Bedeutung sind, sind nach Meinung verschiedener Experten u.a. *AESC* (JP). *Lithium Energy Japan* (JP), *Panasonic Sanyo* (JP), *Enax+Daimler* (USA, DE), *LG Chem* (KR) sowie *SB LiMotive*[34] (KR, DE). Auch im Zellbereich liegt Japan mit einem Marktanteil von 56 % vor Korea mit 27 %, China mit 10 %, Taiwan mit 2 %, den USA mit 1 % und den anderen Ländern mit 4 %. Für die kommenden Jahre wird laut verschiedenen Quellen mit einem Zuwachs der europäischen und amerikanischen Anteile gerechnet, die Marktführerschaft wird jedoch zumindest die kommenden fünf Jahre gemäß der Prognosen in Japan bleiben.

---

34 Das Joint Venture wurde im Herbst 2012 aufgelöst, siehe Abschnitt 2.4.

Hinsichtlich der **Wertschöpfungstiefe** sind Unternehmen wie *BYD* und *Hitachi* für ihre Versorgung gut aufgestellt. Joint Ventures sind eine gängige **Kooperation**sform zwischen Herstellern der Wertschöpfungsstufen Packherstellung und Fahrzeugintegration. Konzerne hingegen finden sich hauptsächlich auf den vorderen Stufen der Wertschöpfungskette. Zur **Internationalität** der Kooperation lässt sich festhalten, dass Zellhersteller aus Japan vornehmlich von heimischen Komponentenherstellern beliefert werden. Japanische Unternehmen beherrschen insgesamt fast alle Teilmärkte von der Komponentenherstellung bis hin zur Packfertigung mit Marktanteilen von mindestens 40 %.

# 3 Länderanalyse und Förderprogramme

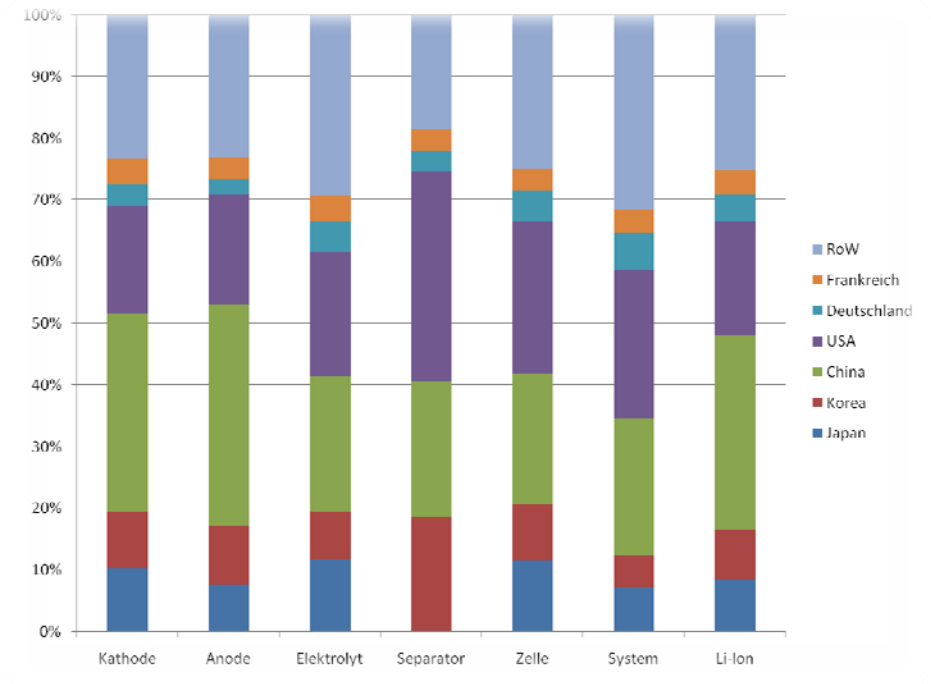
Die weltweiten Akteure im Bereich der Energiespeicher für die Elektromobilität lassen sich anhand mehrerer Indikatoren relativ zueinander einordnen. Publikationen weisen dabei auf die wissenschaftlichen Aktivitäten, Patente auf die Technologieentwicklung und Marktdaten zur Batterie-/Zell-Produktion auf die wirtschaftliche Position der Batterieunternehmen hin (vgl. auch Trendbericht im EMOTOR-Projekt). Dabei zeigt sich, dass obwohl weltweit die Regierungen zahlreicher Länder nationale Ziele bezüglich der Realisierung von Elektromobilität angekündigt haben, aber nur wenige Länder im Bereich der Schlüsseltechnologie Batterie von zentraler Bedeutung sind.

Die aktuell fünf aktivsten Länder in der Lithium-Ionen-Batterieforschung (gemessen an den Publikationsaktivitäten im „Web of Science“) decken rund 70 % der Publikationsanteile ab. Dabei liegt Deutschland aufgrund der im Zeitraum 2007 bis 2009 verstärkten FuE-Förderungen der Batterietechnologie mittlerweile auf Platz fünf nach China, den USA, Japan und Südkorea. Weitere Länder wie Indien, Kanada, Australien, Taiwan sowie weitere EU Mitgliedsländer publizieren ebenfalls zu Lithium-Ionen-Batterien, spielen aber weder bei Patentaktivitäten noch der Batterieproduktion eine signifikante Rolle.

Neben der Forschung an Lithium-Ionen-Batterien der nächsten (dritten) Generation in Richtung von Hochvolt-/Hochenergie-Systemen gelten die Lithium-Schwefel- und Lithium-Luft-Systeme als interessanteste Kandidaten für den langfristig zu sehenden Einsatz (jenseits von 2020 bzw. 2030) in der Elektromobilität. Grundsätzlich forschen die zentralen genannten Länder an der vollen Breite möglicher Elektrochemien, wobei auf der Kathodenseite ein weltweit stärkerer Trend zu Ni-reichen und Co-reduzierten NMC- und NCA-Schichtstrukturen sowie LMO zu erkennen ist. Auf der Anodenseite zeichnen sich Si-C Komposite als besonders favorisierte Materialentwicklung ab, wobei ein hoher Anteil an Si zur Erhöhung der Kapazität erreicht werden soll.

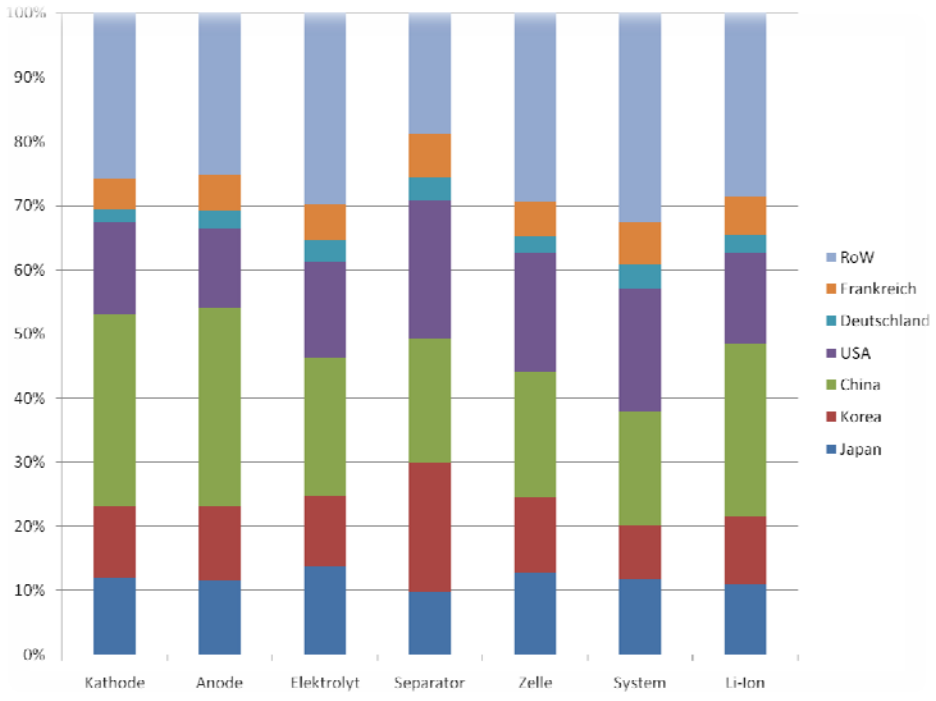
Auf der Ebene einzelner LIB-Komponenten sowie Publikationen zu Li-S und Li-Luft zeigen sich dennoch unterschiedliche Schwerpunkte einiger Länder. China und z.T. die USA fokussieren stark auf die Eisenphosphat Technologie (LFP). China publiziert auch auffällig stark zu Li-S, während die USA und Japan einen stärkeren Fokus auf die Li-Luft Forschung haben. Besonders die USA versuchen mit radikal neuen sowie hoch risikoreichen Forschungsprojekten Defizite in der Batterieforschung und -entwicklung gegenüber den dominierenden asiatischen Ländern aufzuholen. Südkorea hingegen setzt besonders stark auf die industrienahe Forschung, weshalb der Publikationsanteil zu Li-Luft Batterien deutlich geringer ausfällt.

Abbildung 3-1: Publikationsanteile zu LIB-Komponenten 2011




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus eigener Recherche.

Abbildung 3-2: Publikationsanteile zu LIB-Komponenten 2005 - 2009




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus eigener Recherche.

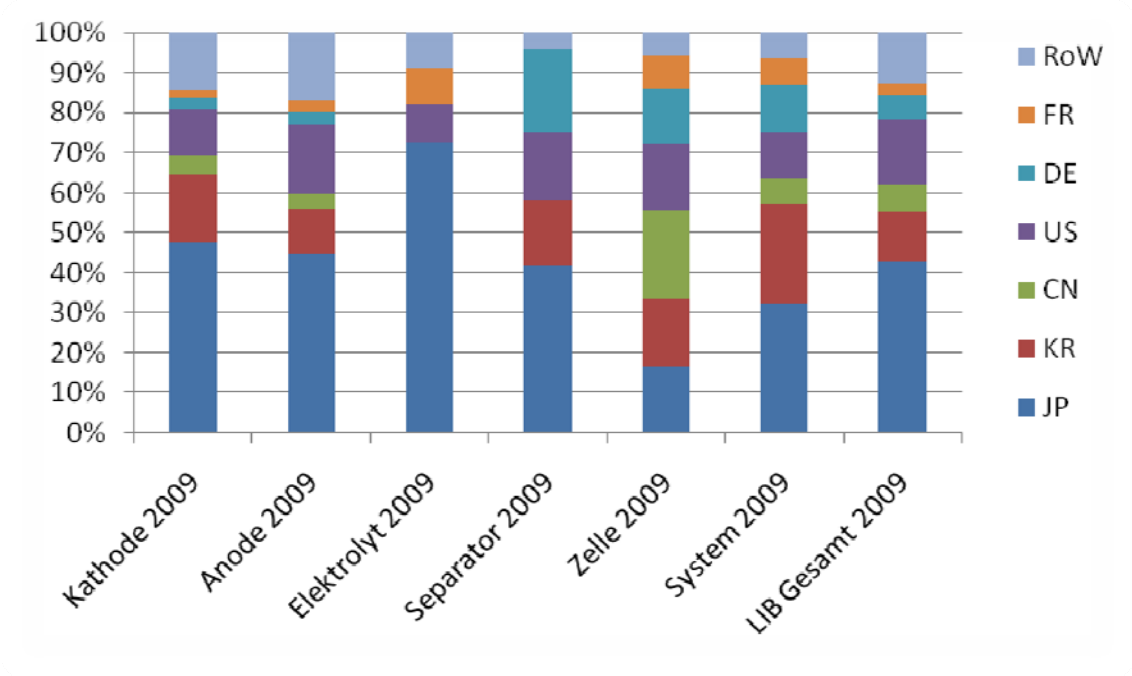
Vergleicht man die Publikationsaktivitäten der zentralen Länder im Bereich einzelner LIB Komponenten im Jahr 2011 sowie im Fünf-Jahres-Zeitraum 2005 bis 2009 (Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2), so zeigen sich geringfügig stärkere Aktivitäten Chinas bspw. bei der Forschung an Anodenmaterialien oder den USA bpsw. im Bereich der Separatoren (dies deckt sich z.B. mit Marktaktivitäten der USA im Bereich der Separatoren). Insgesamt sind diese Länder aber über alle Teilfelder hinweg ähnlich stark aktiv. Auch auf der Ebene einzelner Komponenten zeigt sich, dass wenige Länder weltweit über 70 % der Publikationsaktivitäten ausmachen.

Bei den transnationalen Patentaktivitäten (EP und PCT-Anmeldungen), bei welchen Deutschland ebenfalls unter die fünf aktivsten Länder fällt, dominiert Japan traditionell, gefolgt, wenn auch auf kleinerem Niveau, von Südkorea. Die Patentaktivitäten stellen daher durchaus einen Indikator für die Produktion und Kommerzialisierung der Batterietechnologie dar. Die USA tragen insbesondere mit vielen kleinen Unternehmen und Start-ups zu den Patentanmeldungen bei. In Südkorea sind dies beispielsweise wenige Großunternehmen. China liegt durch steigende Aktivitäten ebenso wie die USA mit schindenden Anteilen mittlerweile gleich auf mit Deutschland. Für China und Deutschland zeigt der Trend, dass beide Länder in den kommenden Jahren ihre internationalen Patentaktivitäten vermutlich weiter ausbauen werden (vgl. Trendbericht im EMOTOR-Projekt).

Bei der Betrachtung der Patentaktivitäten der führenden Länder nach LIB Komponenten in 2009 sowie dem Fünf-Jahres-Zeitraum 2005 bis 2009 ist die Dominanz Japans im Bereich der einzelnen Materialentwicklungen für die Komponenten mit 40 % und mehr Patentanteil ganz deutlich. Andererseits weisen Südkorea und China zum Teil höhere Patentaktivitäten im Bereich der Zelltechnologie auf (Abbildung 3-3 und Abbildung 3-4). Weiterhin zeigt sich an den Patentaktivitäten im Vergleich zu den Publikationsaktivitäten eine zunehmende Bedeutung der drei zentralen asiatischen Länder mit gemeinsamen Patentaktivitäten von rd. 60 % (rd. 50 % bei Publikationsaktivitäten).

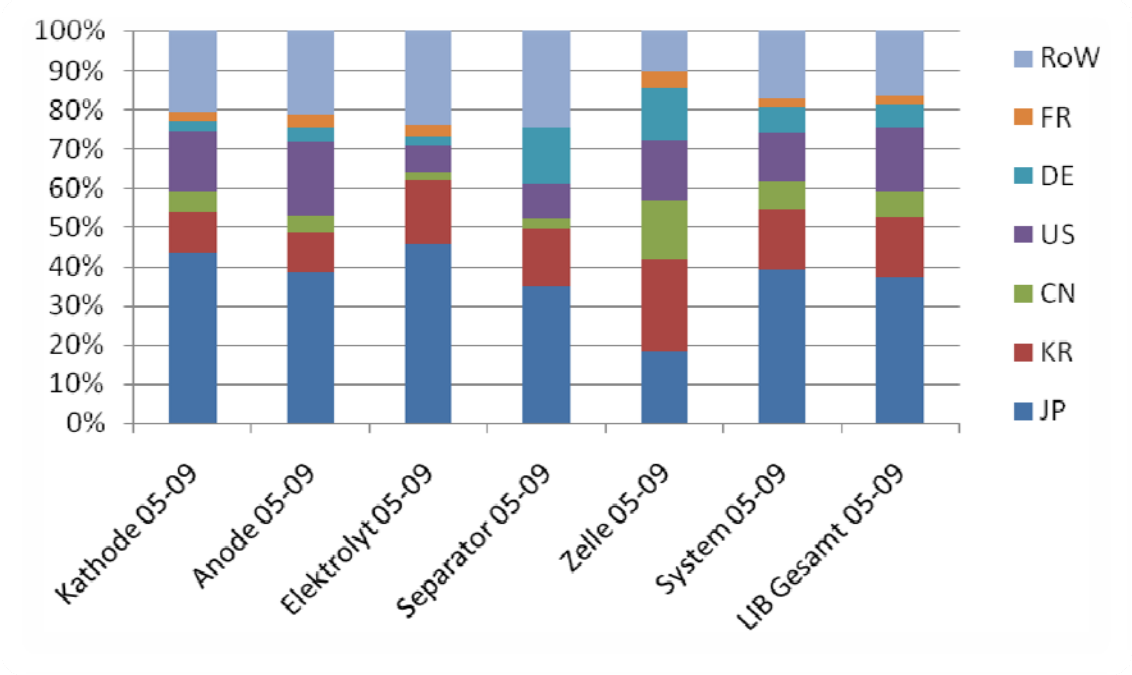
Spätestens bei der Batteriefertigung zeigt sich die absolute Dominanz der drei asiatischen Länder mit deutlich über 90 % weltweitem Marktanteil. Dennoch decken asiatische Unternehmen aus Japan, China und Südkorea in den Teilmärkten von Lithium-Ionen-Batteriekomponenten z.T. auch nur 60-70 % des Marktes ab (z.B. Kathoden, Elektrolyte und Separatoren, siehe Abbildung 3-5).

Abbildung 3-3: Patentanteile zu LIB-Komponenten 2009



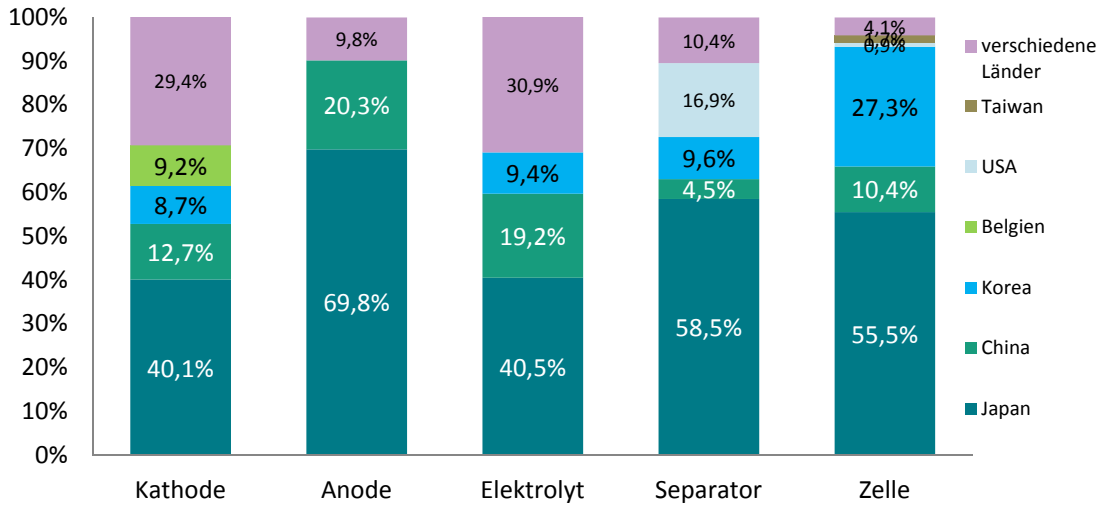

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus eigener Recherche.

Abbildung 3-4: Patentanteile zu LIB-Komponenten 2005 - 2009



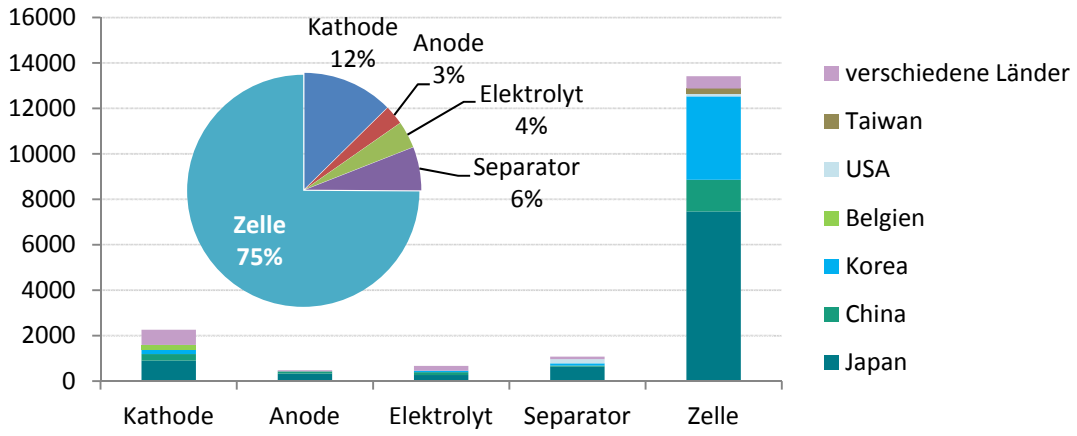

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus eigener Recherche.

Abbildung 3-5: Marktanteile der Länder verschiedener LIB-Wertschöpfungsstufen [% des Umsatzes in den jeweiligen Teilmärkten]




Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Yano Research 2011

Abbildung 3-6: Umsätze der Unternehmen auf verschiedenen Wertschöpfungsstufen gegliedert nach Ländern [Mio. USD] und Marktanteile in den jeweiligen Teilmärkten der Wertschöpfungsstufen (Kreisdiagramm)

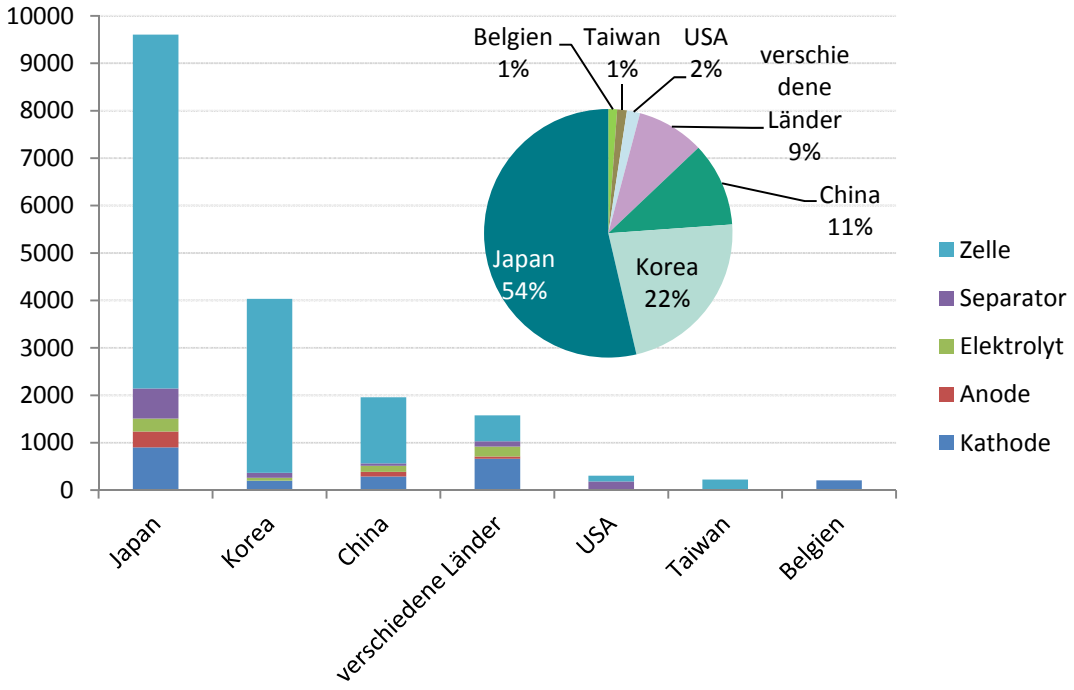



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Yano Research 2011

Zieht man aber in Betracht, dass gemäß der Umsätze (aus Yano Research 2011) für das Jahr 2010 die Zelle etwa 75 % des Gesamtumsatzes von Komponenten- und Zellherstellern beträgt, so ergibt sich eindeutig, dass die Märkte und ein Großteil der Wertschöpfung in Asien liegen (vgl. Abbildung 3-6). Die Kathode trägt nur noch 12 % und Anode, Elektrolyt und Separator tragen mit zusammen 13 % bei.

Damit lässt sich auch mit Hilfe einer Sortierung nach Ländern ein eindeutiges Bild für die japanische Dominanz des LIB-Marktes (inklusive der Zellkomponenten) erkennen (siehe Abbildung 3-7). Mit einem Marktanteil von 54 % (gemessen am Umsatz) beherrschen japanische Unternehmen den Markt für LIB. Südkoreanische und chinesische Unternehmen folgen mit 22 % bzw. 11 %. Einen kleinen Teil machen derzeit die USA (2 %) und Belgien, sowie Taiwan mit jeweils mindestens 1 % aus. Die restlichen Unternehmen verteilen sich auf verschiedene Länder (9 %), wodurch auch eine Erhöhung der jeweiligen Marktanteile möglich wäre.[35]

Abbildung 3-7: Umsätze der Unternehmen verschiedener Länder untergliedert nach LIB-Wertschöpfungsstufen [Mio. USD] und Marktanteile in den jeweiligen Teilmärkten (Kreisdiagramm)

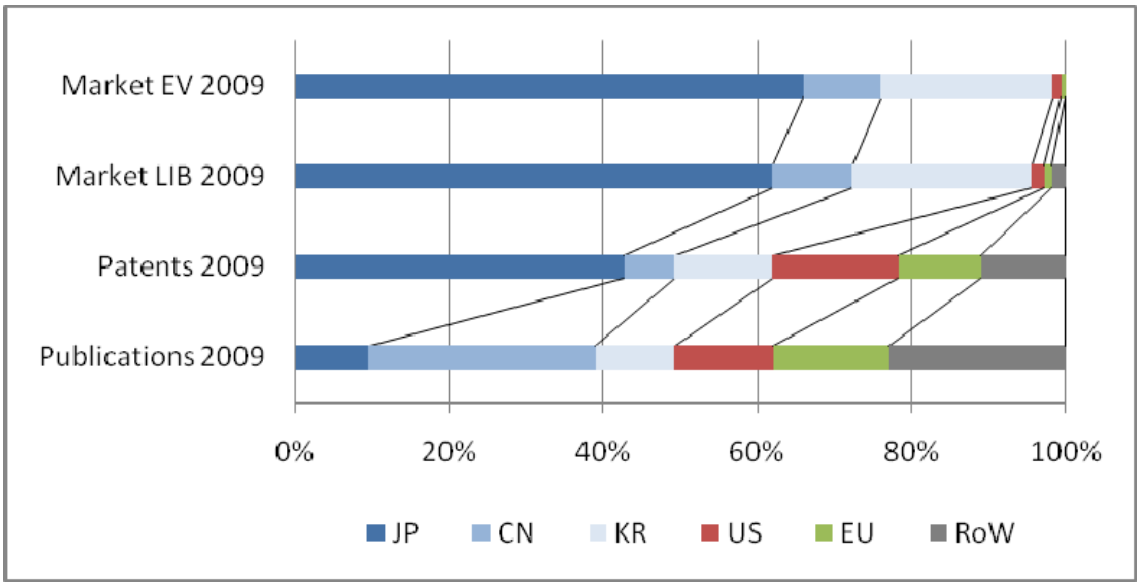



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Yano Research 2011

Für das Vergleichsjahr 2009 sind in Abbildung 3-8 schließlich LIB Publikations-, Patent- und Marktanteile anhand der Zellproduktion von LIB allgemein sowie für großformatige LIB für die Elektromobilität dargestellt. Nochmals wird die zunehmende Dominanz der drei asiatischen Länder zu diesem Zeitpunkt deutlich.

35 Hierbei sei nochmals angemerkt, dass es sich nur um die betrachteten Teilmärkte handelt.

Abbildung 3-8: Länderanteile an Publikationen, Patenten und Produktion/Märkten von LIB 2009




Quelle: Eigene Darstellung mit eigenen Berechnungen (Publikationen auf Basis „Web of Science“, Patente auf Basis „PATSTAT“) sowie Marktdaten aus Yano Research 2011

Gleichzeitig wird aber auch klar, dass für einen Ländervergleich der Fokus auf Japan, Südkorea, China, den USA sowie Deutschland und Frankreich innerhalb Europas für das Monitoring der Batterieentwicklung für die Elektromobilität zentral ist und weitere Länder nur am Rande betrachtet werden sollten. Politikmaßnahmen und Regierungsziele für die Batterieforschung und –förderung im Kontext der Elektromobilität sind für diese zentralen Länder dafür umso wichtiger im Auge zu behalten. Im Folgenden werden daher für die genannten Länder historische und aktuelle Förder- und Politikmaßnahmen der Regierungen mit Bezug zu Wissenschafts- und Technologieaktivitäten sowie Markt- und Unternehmensstrukturen im Bereich der Batterieentwicklung und -forschung für die Elektromobilität zusammenfassend dargestellt.

## 3.1 Japan

Die japanische Regierung betrachtet seit den 1970er Jahren die Energiespeicher-Technologie als eine der Schlüsseltechnologien im Energie- und Transportbereich. Die ursprüngliche Motivation hierfür war es, die Abhängigkeit vom Erdöl zu verringern. Seit 1974 initiierte die japanische Regierung unterschiedliche FuE-Programme, um neue Energiegewinnungsmethoden und Energiespeicher zu erforschen.

Bis heute sind das Verkehrsministerium „Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism“ (MLIT), das Wirtschaftsministerium „Ministry of Economy, Trade and Industry“ (METI) und das „Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology“

(MEXT) die wichtigsten Förderer der Elektromobilität, Batterie- und Brennstoffzellentechnologien, welche sich die Förderung von kleinen bis großen Fahrzeugen mit verschiedener Antriebstechnik (BEV, (P)HEV, FCEV, Busse) bis hin zum Infrastrukturaufbau teilen.

Programme des METI sind anwendungsorientiert, während MEXT-Programme auf die Grundlageforschung fokussieren. Im Jahr 1980 wurde die halbstaatliche „New Energy Development Organisation“ (NEDO) vom METI ins Leben gerufen und ist seitdem Japans größte öffentliche FuE-Management Organisation geworden. 1988 wurde die FuE-Förderung industrieller Technologien hinzugefügt, weshalb NEDO in „New Energy and Industrial Technology Development Organisation“ umbenannt wurde. NEDO bereitet FuE-Planungen vor, kündigt neue Projekte an, wählt die Projektteilnehmer aus, formt die benötigten Konsortien für die Zusammenarbeit und führt die Projekte durch. NEDO managt also die FuE-Tätigkeiten und koordiniert die Zusammenarbeit zwischen Industrien, Universitäten und öffentlichen Forschungsinstitutionen (Sato 2011).

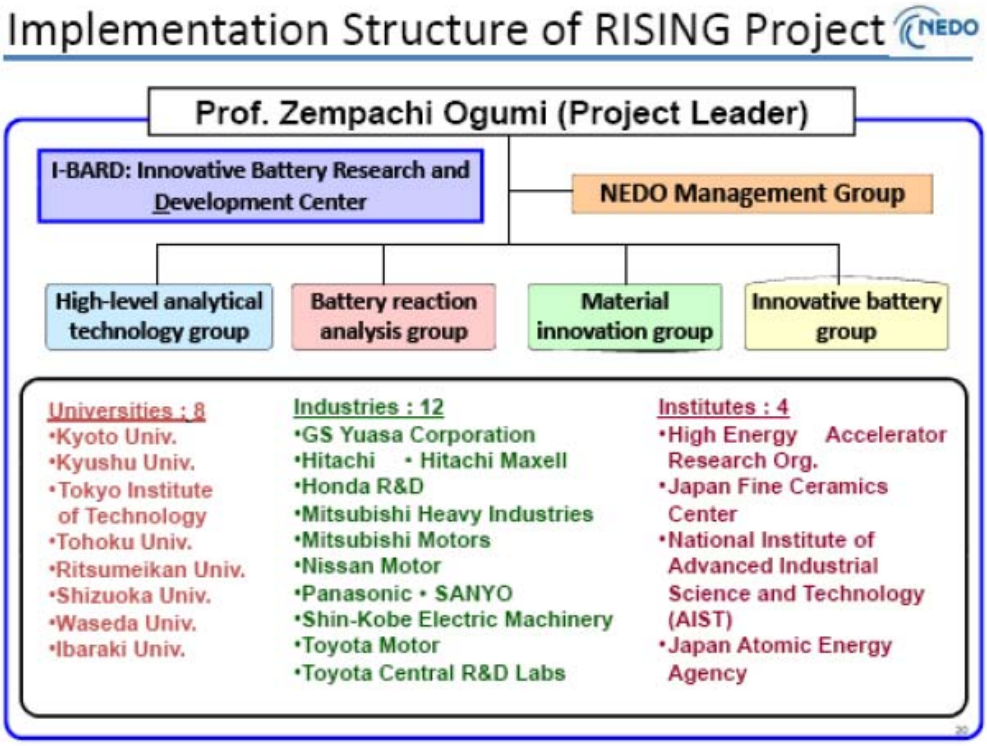
NEDO fördert seitdem die angewandte Forschung der Energietechnologien, wie Brennstoffzellen- und Batterieforschung und erstellt für alle diese Technologien bereits seit langem Roadmaps. FuE-Ziele für die Batterieentwicklung sollen durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Industrie, Regierung und Universitäten umgesetzt werden und werden seit 2006 in einer Batterieroadmap beschrieben, welche 2008 und 2010 aktualisiert wurde. Im Jahr 2012 ist eine weitere Aktualisierung der Roadmap geplant.

NEDO hatte im Jahr 2011 ein Budget von ca. 1,4 Mrd. Euro (151,2 Mrd. Yen), wobei für die reine Batterieforschung FuE-Mittel von 74 Mio. Euro (7,7 Mrd. Yen.) zur Verfügung standen. Im Rahmen der Batterieförderung für die Elektromobilität („Battery R&D for Next-Generation Vehicles“) sind zwei Projekte besonders zu nennen: das Projekt zur Förderung der Hochleistungsbatterie „Lithium-Ion and Excellent Advanced Battery Development“ (Li-EAD, 22,4 Mio. Euro bzw. 2,48 Mrd. Yen Fördervolumen pro Jahr zwischen 2007 – 2011) sowie das Projekt „R&D Initiative for Scientific Innovation on Next-Generation Batteries“ (RISING, 27 Mio. Euro bzw. drei Mrd. Yen pro Jahr, zwischen 2009 – 2015) (Sato 2011).

Die Ziele des Li-EAD Projektes sind wie folgt: die Energiedichte sollte nicht weniger als 100 Wh/kg betragen, hingegen sollte eine Leistungsdichte von mehr als 2000 W/kg erreicht werden. Das RISING Projekt fokussiert auf die Entwicklung der Post-LIB. Hierin sind Schwerpunkte wie die Entwicklung der analytischen Methodik, Untersuchung der Reaktionen in LIB, Entwicklung neuer Materialen für LIB und Entwicklung der Post-LIB festgelegt. Die Post-LIB sollte Energiedichten bis 500 Wh/kg erreichen. Die involvierten Teilnehmer bestehen aus acht Universitäten, geleitet von der Kyoto Universität,

zwölf Unternehmen und vier Instituten (Sato 2011). Abbildung 3-9 zeigt die Struktur des RISING Projektes. Hierin sind alle bedeutenden japanischen Batteriehersteller sowie Autohersteller aus der Industrie beteiligt.

Abbildung 3-9: Projektstruktur des RISING Projektes




Quelle: Sato (2011)

Nach NEDO's „Vehicle Battery Roadmap 2008" sind die Ziele wie folgt festgelegt:

a. Bei Batterien mit hoher Energiedichte: Bis 2015 sollte eine Energiedichte von 150 Wh/kg und eine Leistungsdichte von 1200 W/kg erreicht werden. Die Kosten sollten auf ca. 30.000 Yen/kWh (unter 300 Euro/kWh) fallen. Bis 2030 sollte eine Energiedichte von 500 Wh/kg und eine Leistungsdichte von 1000 W/kg erreicht werden. Die Kosten sollten auf ca. 10.000 Yen/kWh (unter 100 Euro/kWh) fallen.
b. Bei Batterien mit hoher Leistungsdichte: Bis 2015 sollte eine Energiedichte von 100 Wh/kg bei einer Leistungsdichte von 2000 W/kg erreicht werden. Die Kosten sollten auf ca. 30.000 Yen/kWh (unter 300 Euro/kWh) fallen. Bis 2020 sollte eine Energiedichte von 200 Wh/kg bei einer Leistungsdichte von 2500 W/kg er-

reicht werden. Die Kosten sollten auf ca. 20.000 Yen/kWh (unter 200 Euro/kWh) fallen.

Generell zielt die japanische Batterie-FuE auf Energiedichten bis 700 Wh/kg und Leistungsdichten über 1000 W/kg bei Kosten von 5.000 Yen/kWh (unter 50 Euro/kWh) nach 2030 ab (Aki 2011; Sato 2011).

In der Zukunft wird NEDO die folgenden industriepolitischen Pläne verfolgen: 1. Erweiterung der Leistungsgrenzen der Lithium-Ionen-Batterien, 2. Entwicklung der Post-LIB, 3. Beschleunigung der Anwendung von Batteriesystemen, 4. Unterstützung der Standardisierung durch internationale Kooperationen, 5. Schaffung einer neuen Batterie Community durch nationale Projekte. Die Ziele der NEDO FuE-Tätigkeiten zielen neben dem Hintergrund des Klimawandels auf die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und den Aufbau einer neuen Batterieindustrie in Japan ab (Sato 2011).

Neben den kontinuierlichen und lang anhaltenden sowie gut abgestimmten Fördermaßnahmen im Bereich der Energieforschung und -entwicklung wird die schrittweise Kommerzialisierung von Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen durch die “Next Generation Auto Strategy 2010“, die im April 2010 vom METI angekündigt wurde, vorangetrieben. Die „Next Generation Auto Strategy 2010“ besteht aus sechs Teilstrategien: 1. Gesamtstrategie, 2. Batterie Strategie, 3. Ressourcen Strategie, 4. Strategie für die Verbesserung der Infrastruktur, 5. Gesamtsystem-Strategie und 6. Strategie zur internationalen Standardisierung. Im Rahmen dieser “Next Generation Auto Strategy 2010“ wurden vier Roadmaps erarbeitet: Eine Batterie R&D Roadmap, eine Roadmap für Ressourcen, eine Roadmap für Infrastrukturverbesserung und eine Roadmap für die internationale Standardisierung. Die japanische Regierung möchte eine umfassende Lösung für die Entwicklung der Elektromobilität, von der FuE-Phase, über die Produktionsphase bis auf die Verbreitungs- bzw. Vermarktungsphase erarbeiten (Tanaka 2010).[36]

Um die Marktnachfrage nach EV und PHEV anzukurbeln, investiert die japanische Regierung viel in die Verbesserung der Umgebung für EV/PHEV. Nennenswert ist das „EV/PHEV Towns“ Konzept, das das METI im März 2009 durchgeführt hat. Acht von 47 Präfekturen Japans wie Kanagawa, Aomori, Niigata, Aichi, Fukui, Kyoto, Nagasaki und Tokyo Metropolen wurden als EV/PHEV Towns ausgewählt. In diesen Präfekturen arbeiten die lokalen Regierungen, regionale Institutionen und private Unternehmen zu-

36 Das Budget für Subventionierung der „Next Generation Vehicles“ betrug 42,7 Mio. Euro im Jahr 2009 und 137 Mio. Euro im Jahr 2010 und beinhaltete Anreizprogramme bei der Anschaffung von Elektrofahrzeugen ebenso wie den Aufbau von Ladestationen.

sammen, um Demonstrationsprojekte für eine weitgehende Verbreitung von EV zu realisieren. Vier Schwerpunkte sind in den Projekten zu beobachten: 1. Ankurbelung der Marktnachfrage, 2. Verbesserung der Ladeinfrastruktur, 3. Bewerbung und Aufklärung des Nutzens der EV/PHEV, 4. Implementierung der Evaluation von EV/PHEV, um die Zufriedenheit der Kunden sicherzustellen. Mit finanziellen Anreizen und direkten politischen Unterstützungen wird die Marktnachfrage angekurbelt. Beispielsweise übernimmt die japanische Regierung 50 % der Zusatzkosten, die bei Anschaffung eines Elektroautos im Vergleich zu herkömmlichen PKW mit Verbrennungsmotor entstehen. Den Kauf eines *Tesla* Roadster unterstützt die Regierung mit umgerechnet ca. 30.000 Euro. Weitere für das Förderprogramm zugelassene Fahrzeuge sind der *Toyota* Prius Plug-In-Hybrid (12.000 Euro Zuschuss) und der *Mitsubishi* i-MiEV (10.500 Euro Zuschuss) (Randelhof 2011). Darüber hinaus wurden unterschiedliche Steuerbefreiungen bzw. Steuersenkungen für Kaufsteuer („automobile acquisition tax“), Fahrzeugsteuer und Motorsteuer implementiert. Mit Anschaffungen von EV/PHEV als öffentliche Dienstwagen demonstrieren die lokalen Regierungen den Willen zur Unterstützung der Elektroautos. Zudem fördern sie auch den Einsatz der Elektroautos z.B. als Mietwagen oder Taxis. Um eine große Kundenakzeptanz zu schaffen, veranstalten sie Ausstellungen und Events zum Bewerben der Vorteile von Elektroautos (Tanaka 2010).

Als Vorzeigebeispiel und besonders aktiv gilt die Präfektur Kanagawa mit Sitz in Yokohama, welche bis 2014 ca. 3.000 Elektroautos auf die Straße bringen will. Die Präfektur verfolgt u.a. das Ziel, FuE-Institute, Batterieproduktion bis hin zur Automobilindustrie vor Ort anzusiedeln, was mit dem Autohersteller *Nissan* bereits geglückt ist. Weiterhin soll die Bevölkerung durch Testautos zu Demonstrationszwecken an die Elektromobilität herangeführt werden. Durch Kaufanreize mit Subventionen von bis zu 50 % Steuererleichterung, reduzierten Parkgebühren, reduzierter Maut etc. sollen Mehrkosten gegenüber Verbrennungsmotoren auf ein Minimum reduziert werden. Gleichzeitig wird in Yokohama auf einen Ausbau von Schnellladestationen gesetzt.

Obgleich keine Zahlen für die Förderung der Elektromobilität insgesamt durch die japanische Regierung zu finden sind, dürfte sich eine Hochrechnung der regionalen Investitionen in Infrastrukturen, der regionalen und staatlichen Subventionen und Steuererleichterungen sowie der staatlichen FuE-Förderung auf einige 100 Mio. Euro pro Jahr aufsummieren.

Neben der historisch starken FuE im Bereich der Batterien ist Japan auch hinsichtlich der Batterieproduktion das weltweit dominierende Land, von der Komponentenherstellung und Zellfertigung bis auf die Stufen der Modul- und Packherstellung. Im Bereich der Kathode produzieren die japanischen Hersteller *Nichia*, *AGC Seimi Chemical*, *Santoku*, *Toda Kyogo*, *Panasonic Energy*, *Nippon Chemical* und *Tanaka Chemical* mit

insgesamt über 40 % Marktanteil. Die Anodenherstellung wird mit rund 70 % Marktanteil von den Unternehmen *Hitachi Chemical*, *Mitsubishi Chemical*, *JFE Chemical* und *Nippon Carbon* dominiert. Im Bereich der Elektrolytlösungen liegen *Ube Industries*, *Mitsubishi Chemical* und *Tomiyama Pure Chemical* unter den wichtigsten Unternehmen mit einem gemeinsamen Marktanteil von rund 40 %. Die Separatorenherstellung wird von *Asahi Kasai E-Materials* mit 32 % Marktanteil dominiert, weitere japanische Unternehmen (*Toray-Tonen*, *Ube Industries*, *Sumito Chemical* und *W-Scope*) tragen zusätzliche 26 % zur Marktführerschaft bei. Auch im Bereich der Zellfertigung liegen japanische Unternehmen an der Spitze des Marktes: *Panasonic*/*Sanyo*, *Sony* und *Hitachi* beanspruchen derzeit rund 50 % des Marktes für sich. Weiterhin haben sich zahlreiche Joint Ventures zwischen Batterieherstellern und Automobilzulieferern gebildet, z.B. *AESC* (*NEC* und *Nissan*), *Primeearth EV Energy Japan* (*Panasonic/Sanyo* und *Toyota*), *Lithium Energy Japan* (*GS Yuasa* und *Mitsubishi*). Insgesamt ist Japan in den Wertschöpfungsstufen Komponentenherstellung und Zellfertigung mit über 50 % Marktanteil das führende Land für Lithium-Ionen-Batterien. Nach Meinung zahlreicher Experten wird die japanische Dominanz jedoch in Zukunft abnehmen (Frost & Sullivan 2009; Dudenhöffer 2010; Lowe u. a. 2010; Roland Berger 2011; Watabe und Mori 2011; Yano Research 2011). Insbesondere fühlen sich japanische Batteriehersteller durch die zunehmende Konkurrenz aus Südkorea bedroht.

## 3.2 Südkorea

Im Januar 2009 startete die Regierung in Südkorea wegen der Finanzkrise den sog. „Green New Deal“ mit dem Ziel, Arbeitsplätze zu generieren und die Wirtschaft wieder anzukurbeln. Das „Ministry of Knowledge Economy“ (MKE) betrachtet die Batterien als Schlüsseltechnologie für die Entwicklung umweltfreundlicher Autos und will damit die eigene Automobilindustrie unterstützen (UNEP 2010).

Die politischen Fördermaßnahmen bzw. -programme werden von der Zentralregierung bestimmt, wobei sich die Industrien sehr stark am Entscheidungsprozess beteiligen bzw. diesen mit beeinflussen. Der koreanische Präsident ist die oberste Instanz, auch in Forschungsfragen. Er wird von Beratern unterstützt, die im Amt des Präsidenten angesiedelt sind. Dieser Rat hat die Aufgaben, FuE-Politik zu koordinieren, die Bildungs- und FuE-Politik durch Analyse zu unterstützen und die Regierungspolitik zu begleiten. Daneben gibt es den „National Science & Technology Council“ (NSTC), der als Kontrollinstanz der nationalen FuE-Politik fungiert und Aufgaben wie Haushalt, Personalentwicklung und Evaluierung etc. übernimmt. Mitglieder des Council sind: der Präsident (Vorsitz), elf Fachminister und 13 sonstige Vertreter (zehn Universitäts- bzw. Forschungseinrichtungsvertreter sowie drei Firmenvertreter). Auf der Ebene der Mini-

sterien spielt das MKE eine dominante Rolle. Im MKE, wo die eigentlich Vorarbeit geleistet wird, gibt es ein Knowledge Economy R&D Strategy Planning Team, dessen Mitglieder aus der Industrie und den Universitäten rekrutiert werden. Diese werden wiederum vom Korea Research Council for Industrial Science & Technology (ISTK) und seinen Forschungsorganisationen beraten. Hier wird deutlich, dass die Industrie in allen wichtigen Räten und Gremien vertreten ist. Dies prägt die Entwicklung der Elektromobilität in Südkorea aus: Südkorea ist sehr stark in der industrienahen Entwicklung von LIB, in der Produktion von Zellen und Batteriesystemen. Fördermittel bzw. Investitionen werden oft in sehr großem Stil getätigt, da die großen Konzerne (Konglomerate) die Investitionen mitfinanzieren (Schröder/ Park 2010).

Im o.g. „Green New Deal“ war ein Volumen von ca. 30 Mrd. USD (2009 – 2012) vorgesehen. Davon sollten 1,8 Mrd. USD in den Bereich „low carbon vehicles“ fließen: „green cars“ und „secondary batteries“. Im Mai 2010 bestätigte die Regierung ihr Ziel, bis 2015 der viertgrößte EV-Markt der Welt zu werden und ab Mitte/Ende 2011 Elektroautos auf die koreanischen Straßen zu bringen (Schröder/ Park 2010). Auch ist man bestrebt, bis 2020 20 % des Fahrzeugbestandes durch Elektrofahrzeuge zu ersetzen, entsprechend ca. einer Million Elektrofahrzeuge (Vitranen u. Lee 2010; Haberler 2011). Das MKE hat verschiedene Maßnahmen ergriffen, wie z.B.:

a. Unterstützung von FuE-Tätigkeiten: Zur Förderung der Batterieforschung stellt die Regierung für den Zeitraum von 2009 bis 2014 Fördermittel in Höhe von etwa 340 Mio. Euro bereit (NPE 2010; UN DESA 2011). In Hinsicht auf die FuE-Förderung von Energiespeichern stehen Lithium-Ionen-Batterien im Fokus (mit 76 % des gesamten Budgets von 38,53 Mio. Euro Batterieförderung im Jahr 2011), mit dem Schwerpunkt der Förderung bei der Materialforschung an optimierten Elektroden. Nach dem 2010 veröffentlichten Strategieplan des MKE will das „Rechargeable Battery Development Committee“, bestehend aus Regierung, Forschungsinstituten, Universitäten und Unternehmen, die Fördermittel nun gezielt für die Produktion von mittel- bis großformatigen Batterien und die Material- sowie Komponentenentwicklung einsetzen, um die Positionierung Südkoreas als größtem Batteriehersteller weltweit zu erreichen. Durch massive Investitionen der Industrien in Höhe von rd. zehn Mrd. Euro (15 Billionen Won) im Rahmen des „Battery 2020 Project“ soll bis 2020 ein Weltmarktanteil von 50 % in der Batterieproduktion erreicht werden. 11 Billionen Won werden dabei in Produktionsanlagen und vier Billionen Won in die Materialforschung investiert. Der Anteil der in Südkorea hergestellten Materialien und Komponenten für Batterien soll bis dahin auf 75 % ansteigen, wodurch heute noch unerschlossene Wertschöpfungsstufen in der Batteriefertigung weiter erschlossen werden sollen. Hierbei sollen mindestens zehn global wettbewerbsfähige Materialhersteller

aus Südkorea hervorgehen (MKE 2010). Darüber hinaus koordiniert das MKE die FuE für Batterietechnologien zwischen mehreren Universitäten und Forschungseinrichtungen. Dazu gehören die Seoul National University, die Hanyang University oder das „Korea Institute of Science and Technology“ (KIST). Am KIST werden bspw. im Advanced Battery Center Projekte von der Industrie, vor allem von *Samsung* und *SK*, und vom MKE unterstützt. Schwerpunkte sind die Entwicklung von Lithium-Batterien der nächsten Generation (rd. 90 %) und nur zu einem geringeren Anteil wird die Entwicklung der Batterien von Post-LIB (z.B. Lithium-Schwefel) vorangetrieben. Eine Forschungsgruppe um *LG Chem* arbeitet mit dem „Korea Electronics Technology Institute“ (KETI) und dem „Korea Electrotechnology Research Institute“ (KERI) zusammen. KETI arbeitet an der Weiterentwicklung einzelner Komponenten, wie Separatoren, Katalysatoren, neuen Kathoden- und Anodenmaterialien (Schröder/ Park 2010).

b. Flankierende Maßnahmen zur Batteriefertigungs- und Materialentwicklungsstrategie: Maßnahmen zum Fachkräfteaufbau, der Sicherstellung des Zugriffs auf Rohstoffe zur Batterieproduktion und zur internationalen Zusammenarbeit mit Japan und China bei der Festlegung von Normen und Standards werden ergriffen, um Schwächen Südkoreas wie den Fachkräftemangel, einen kleinen Binnenmarkt und geringe eigene Rohstoffvorkommen auszugleichen (MKE 2010). Daher sind das “Ministry of the Environment”, das “Ministry of Education, Science and Technology” und das “Ministry of Foreign Affairs and Trade” auch in die Durchführung des Strategieplans involviert.

c. Industrienahe Entwicklungsprojekte: Das MKE förderte bis 2013 zwei Projekte. In einem Vorhaben sollten Sekundärbatterien entwickelt werden, mit denen ein PHEV allein auf Batteriebasis 160 km weit fahren kann. Zunächst nahmen daran in Konkurrenz zueinander *LG Chem* und *SK Energy* drei Jahre lang teil. 2011 sollte ein Partner ausgewählt werden, das Ergebnis wurde allerdings nicht bekannt. Ab 2013 wird die Serienproduktion angestrebt. Ein weiteres Projekt, das ebenfalls bis 2013 läuft, zielt auf die Entwicklung von Sekundärbatterien ab, mit denen ein PHEV im reinen Batteriebetrieb 320 km weit fahren kann. Die Hauptakteure auf Unternehmensseite sind hier *Hyundai Motors*, *LG Chem* und *SB LiMotive*.[37] Daneben beteiligen sich unter der Leitung der „Battery R&D Association of Korea“ zahlreiche Akademien und Forschungsinstitute (Schröder/Park 2010).

---

37 *Samsung* und *Bosch* gaben im Herbst 2012 die Auflösung des Joint Ventures bekannt, siehe Abschnitt 2.4.

d. Infrastrukturaufbau: Elektromobilitätsförderung als Ganzes: In dem „Green Car Project 2011 – 2030“ wird die Investitionssumme in Höhe von 1.620 Mio. USD zur Unterstützung der Elektrofahrzeuge genannt. 500 Mio. USD sollen im Zeitraum 2011 – 2015, 470 Mio. USD im Zeitraum 2016 – 2020 und 650 Mio. USD im Zeitraum 2021 – 2030 investiert werden (Frost & Sullivan 2011). Neben der Batterietechnologie werden die weitere Entwicklung von Elektromotoren und von Schlüsselkomponenten sowie die Standardisierung der Technologien angestrebt. Ab 2011 will die Regierung auch Maßnahmen zum Ankurbeln der Marktnachfrage durchführen, wie z. B. die Beschaffung von Elektrofahrzeugen seitens des öffentlichen Sektors, die Subventionierung sowie die Steuerbefreiung von privat gekauften Elektrofahrzeugen (Frost & Sullivan 2011).

Die enormen Investitionen seitens des privaten Sektors bestätigen eine sehr enge Zusammenarbeit zwischen der Regierung und den Konglomeraten in Hinblick auf den gemeinsam entwickelten Strategieplan. Dadurch sind die Konglomerate bereit, Investitionen in außergewöhnlich großem Stil zu tätigen. Gegenwärtig sind sechs der zehn größten südkoreanischen Konglomerate wie *Samsung, LG Chem, POSCO, GS und Hanwha* im Batteriebereich involviert. Allein *Samsung SDI* beispielsweise investierte 2010 rd. 39 Mio. Euro (ca. 55 Mrd. Won, *Samsung SDI* 2011) in die Batterie-FuE sowie Produktionsanlagen (*SAMSUNG* insgesamt verzeichnete im Geschäftsjahr 2010 einen Umsatz von 136 Mrd. USD, ein Betrag, der ungefähr 14 % des BIP Südkoreas ausmacht). Sollten die involvierten Unternehmen dennoch finanzielle Unterstützung brauchen, würde die Regierung als Koordinator zwischen Bankengruppe und Unternehmen fungieren, damit die Unternehmen die benötigten Kredite erhalten (Lue 2012). Vor diesem Hintergrund lässt sich die Aussage des Automobilherstellers *Hyundai* besser verstehen, dass *Hyundai* die Erforschung von Post-LIB (insbesondere Li-S und Li-Luft) betreibt und unterstützt, um somit die Batteriehersteller zu unterstützen und auf den langfristigen Forschungsbedarf dieser Zukunftstechnologien aufmerksam zu machen.[38]

Südkorea ist mit einigen wenigen Unternehmen heute das zweitwichtigste Herstellerland von Lithium-Ionen-Batterien. In der Kathodenfertigung beanspruchen die Unternehmen *L&F* und *LG Chem* etwa 10 % des Marktes für sich. Als Elektrolythersteller fallen auf *Panax* rund 9 % dieses Marktes, *SK Energy* behauptet 10 % des Separatorenmarktes für sich. Die beiden wichtigsten LIB-Hersteller in Südkorea sind jedoch *Samsung* und *LG Chem*. Ihr Marktanteil liegt je nach Quelle bei 35 bis 40 % des Zellenmarktes. *Samsung* ist dabei ein Joint Venture mit *Bosch* zu *SB LiMotive* einge-

38 Interview des Fraunhofer ISI mit Hyundai am 16.03.2012, Seoul, Korea.

gangen[39]. Die *Hyundai Kia Automotive Group* kooperiert mit den südkoreanischen Batterieherstellern *Samsung SDI*, *LG Chem* und *SK Energy*. Heute hat Südkorea einen Gesamtmarktanteil über die Wertschöpfungsstufen der Komponenten und Zellfertigung von etwa 20 % bis 30 %, obwohl die koreanischen Unternehmen ihre Aktivitäten im Bereich der Batteriefertigung für die Elektromobilität ca. vor 10 bis 15 Jahren begonnen haben.

Mit der Verbesserung der Produkte, der Produktionsprozesse, der Schaffung von Skaleneffekten und der damit einhergehenden rasanten Entwicklung der südkoreanischen Batterie-Industrie zeigt Südkorea sich selbstbewusst in seiner Rolle als „second mover“ hinter Japan und rechnet damit, in den kommenden Jahren eine Führungsposition in der Batterieproduktion für Elektrofahrzeuge auf- und auszubauen.[40]

## 3.3 China

China unterstützt die Entwicklung der Energiespeicher und „Power Batterien“ bereits seit 1986. Zu diesem Zeitpunkt hatte das „Ministry of Science and Technology“ (MOST) in seinem „863-Program“ den Schwerpunkt jedoch lediglich auf Wasserstoff (hydrogen-storage materials) und NiMH-Batterien gelegt. Das „863-Programm“ betrifft dabei die High-Tech Forschung und Entwicklung und startete im März 1986 (0**3**/19**86**: daher die Bezeichnung 863). In dem 8. Fünfjahresplan (Five-Year-Plan, FYP) für den Zeitraum 1991 bis 1995 hatte die chinesische Regierung zum ersten Mal die Entwicklung der LIB ins Auge gefasst. Zwischen 1996 – 2000 im dem 9. FYP wurden NiMH-Batterien und LIB gleichzeitig als Schlüsselprojekte definiert. Neben dem „863-Programm“ wurde weiterhin im März 1997 das „973-Programm“ (National Basic Research Program) ins Leben gerufen und befasst sich mit der Grundlageforschung der „Green Batteries“ und der hierfür relevanten Materialien. Seit 2000 hat die Förderung für das Programm „Elektromobilität“ begonnen, da nach mehrjährigen Entwicklungen der chinesischen Automobilindustrie die chinesische Regierung die Entwicklung von EV als Chance sah, eine Aufholjagd gegenüber den führenden Autoherstellern zu starten. (Somit hat China zu einem ähnlichen Zeitpunkt seine Aktivitäten auf Batterien für die Elektromobilität intensiviert, wie einige der südkoreanischen Unternehmen z. B. *LG Chem*, jedoch rund 10 Jahre später als Japan). In diesem Zusammenhang hat das MOST seine FuE-Strategie festgelegt: “three vertical and three parallel aspects“. Gemeint ist, dass alle

39 Die Kooperation zwischen den beiden Unternehmen endete im Oktober 2012, siehe auch Abschnitt 2.4.

40 Interviews mit Samsung SDI, LG Chem, SK Energy (Dezember 2011, März 2012).

drei Arten von Fahrzeugen mit neuen Energiespeichern (NEV[41]) wie HEV, BEV und FCEV (three verticals) und die entsprechenden Schlüsseltechnologien wie Batterien, Elektromotoren und Leistungelektronik (three parallels) gezielt gefördert und entwickelt werden (Zhang 2010; UN DESA 2011). Darüber hinaus hat die chinesische Regierung auch vor, mit dem Programm „Elektromobilität“ die nachhaltigkeitbezogenen Probleme wie Klimawandel, Energieversorgungssicherheit und die (fossile) Ressourcenknappheit zu lösen. Erwähnenswert ist, dass die neuen Energiespeicher aber auch eine entscheidende Rolle in der Rüstungsbranche spielen (CIAPS 2011; Wu 2010; Zhang 2010).

Bezüglich der Fördersummen unterstützte das MOST während des 10. FYP (2001 – 2005) unter dem Programm “863” mit umgerechnet ca. 97 Mio. Euro (776 Mio. RMB) und 2006 – 2010 während des 11. FYP mit umgerechnet ca. 133 Mio. Euro (1,1 Mrd. RMB) die angewandte Forschung im Bereich der Brennstoffzellen-, Batterie- sowie Hybridtechnologien bis hin zu Elektromotoren und dem Antriebsstrang (UN 2011).

Unter dem 12. FYP (2011 – 2015) sind die folgenden FuE-Schwerpunkte mit Bezug auf LIB für den Einsatz in BEV und PHEV im „863-Programm“ festgelegt: Die Erhöhung der Produktionsfähigkeit und -menge unter einheimischen Produzenten und die Schaffung von Skaleneffekten in der LIB-Produktion sind zentral. Inhalte dieser Schwerpunkte sind die:

- Entwicklung von LIB-Modulen mit hoher Energiedichte und LIB-Systemen mit hoher Energiedichte sowie hoher Leistungsdichte, wobei die Schlüsselmaterialien auch in China hergestellt werden sollen,
- Entwicklung von Lösungen zur Massenproduktion und Kostenkontrolle von LIB, LIB-Modulen und LIB-Systemen,
- Entwicklung von Produktionsanlagen für die Massenproduktion von LIB,
- Erforschung bzgl. Batterie- und Systemtests,
- Entwicklung von Recyclingtechnologien.

Wichtige definierte Zielwerte für Hochenergie- und Hochleistungsbatterien sind:

1. LIB-Module mit hoher Energiedichte: Die Leistungsdichte sollte über 600 W/kg und die Energiedichte sollte über 120 Wh/kg liegen, die Betriebs-Lebensdauer (Zyklenbeständigkeit) sollte mindestens 1.600 Zyklen erreichen. Die Sicherheit sollte dem nationalen Standard entsprechen.

41 In praktisch allen offiziellen Dokumenten wurden unter dem Namen „new energy vehicles (NEV)“ alle BEV, HEV, PHEV und FCEV zusammengefasst. Ab April 2012 gelten allerdings HEV nicht mehr als NEV, sondern nur als energieeffiziente Fahrzeuge.

2. LIB-Systeme mit hoher Energiedichte sowie hoher Leistungsdichte: die Leistungsdichte sollte 800 W/kg erreichen, die Energiedichte sollte über 85 Wh/kg liegen, die Betriebs-Lebensdauer sollte mindestens bei 1.500 Zyklen liegen. Die Zuverlässigkeit sollte den Anforderungen einer Integration in Autos genügen; die Sicherheit dem nationalen Standard entsprechen.

Insgesamt sind heute mehrere Institutionen in der Förderung involviert. Ein zentrales Merkmal für China ist hierbei aber ein stattfindender Top-Down-Entscheidungsprozess der Regierung. Der State Council, die Exekutive, legt den Rahmen fest, in dem die „National Development and Reform Commission“ (NDRC) die Weichen für die als strategisch wichtig identifizierten Technologien und Industriebranchen stellt. In seinen „Richtlinien der mittelfristigen bis langfristigen Entwicklung für Wissenschaften und Technologien (2006 – 2020)“ und seiner im Jahr 2010 angekündigten „Entscheidung zum Bau und Entwickeln von strategischen neuen Industriebranchen“ wurden Batterietechnologien und Elektromobilität als zu fördernde Projekte ausgewählt. (The State Council of PRC 2005 und 2010).

Neben dem MOST, die zuständig für die FuE-Tätigkeiten entlang der Wertschöpfungskette der Elektromobilität ist, spielt das „Ministry of Industry and Information Technology“ (MIIT) auch eine ausschlaggebende Rolle beim Programm „Elektromobilität“. Das MIIT ist zuständig für die relevante Industriepolitik zur Vorbereitung der Marktrahmenbedingungen. Im Jahr 2009 wurde der „Auto industry Restructuring and Revitalization Plan“ eingeführt und der Entwurf des „Development Plan for Fuel-efficient and New Energy Vehicles 2011 – 2020 (Entwicklungsplan)“ vorgelegt, mit dem Ziel, die komplette Wertschöpfungskette der NEV in China aufzubauen. In dem Entwurf des Entwicklungsplans wurde in den nächsten zehn Jahren 100 Mrd. RMB, also ca. 12,5 Mrd. Euro Förderinvestitionen vorgesehen (PRTM 2011). Der Plan an sich zielt auf zwei Phasen ab, wobei chinesische Unternehmen in einer ersten Phase (2011 – 2015) geistiges Eigentum für eine der drei Schlüsselkomponenten eines Elektrofahrzeugs - Batterie, Elektromotor oder Leistungselektronik - aufbauen sollen. Das Marktvolumen der NEV sollte eine Million im Jahr 2015 übersteigen. Die chinesischen Unternehmen sollten in der Lage sein, die Schlüsseltechnologien bei der Produktion von Komponenten selber zu produzieren. In der zweiten Phase (2016 – 2020) soll der Schwerpunkt auf der weiteren Entwicklung von BEV und PHEV liegen. Dessen Gesamtvolumen sollte die Marke von zehn Mio. erreichen (Li 2010)[42].

---

42 Das MIIT hat die Zielwerte über das Absatzvolumen der EV in dem im April 2012 offiziell veröffentlichten Plan jedoch halbiert: die Zielvorgabe für 2015 liegt bei 500.000 und für 2020 fünf Millionen.

Das MIIT arbeitet auch eng mit den in der Branche aktiven Unternehmen zusammen, wie z.B. über die „China Industrial Association of Power Sources“. Weitere relevante Behörden sind das „Ministry of Finance“ (MOF), die „National Standardization Administration of China“ (SAC) und die lokalen Regierungen bzw. lokalen Finanzbehörden. Aufgrund der zahlreichen involvierten Institutionen zeigt sich oftmals eine mangelhafte Effizienz der politischen Koordination und z.T. sogar Uneinigkeit, wie die Elektromobilität im Einzelnen gefördert werden soll. Wie bei vielen Technologien betrachten die Behörden auch in der Elektromobilität bis April 2012, vor der offiziellen Veröffentlichung des oben genannten „Entwicklungsplans“, HEV, BEV und PHEV als gleichwichtig und versuchen alle zu fördern.

Die fehlende Koordination zwischen Behörden führte daher zu einer mehrmaligen Verschiebung der offiziellen Veröffentlichung des „Entwicklungsplans“. Geplant hätte der Plan bis Ende 2011 veröffentlicht werden sollen, wurde aber in der Tat erst im April 2012 veröffentlicht. Experten sehen den Hintergrund für die Verschiebung darin begründet, dass die Regierung nicht weiß, welche Technologie sie stärker fördern soll oder wie sie welche Technologie fördern soll. Während das MOST sehr stark auf BEV setzt, will das MIIT eher oder mindestens genauso stark auf Hybride setzen (Tagscherer 2012, Realli 2012). Dabei handelt es sich auch um den Machtkampf um die Führungsrolle im Programm „Elektromobilität“. Daher fehlten bis April 2012 die konkreten Ziele in Bezug auf NEV und Batterien auf der Ebene der Zentralregierung. Die Aussagen aus den beiden Ministerien stimmten nicht mit einander überein: Das MIIT wollte 500.000 PHEV und EV bis 2015 auf die Straße bringen, während das MOST sein Ziel bei eine Million festgelegt hat (Realli 2012). Dieses politische Hin und Her verzögert die wichtige Entscheidung für die Entwicklungsrichtung.[43]

In Bezug auf Pilotprojekte zum Demonstrationszweck wurde von den Ministerien MOST, MIIT, MOF, der NDRC und den lokalen Regierungen 2008 gemeinsam das „10 cities – 1000 vehicles“ Programm ins Leben gerufen. Dieses Programm zielt auf die Förderung der Technologie und die Unterstützung der Industrie ab, an welchem zu Beginn 13 und mit Stand Juli 2011 nunmehr 25 Städte teilnehmen (UN 2011). Dabei ist vorgesehen, dass zwischen 2009 und 2012 weitere 60.000 NEV im Bereich des öffentlichen Verkehrs, Leasings, öffentlichen Dienstes, der Post, etc. zum Einsatz gebracht werden. Bis 2010 wurden 5.000 NEV in China auf die Straßen gebracht (allein im

43 Im Rahmen der Veröffentlichung des Entwicklungsplans konnten sich das MOST und das MIIT endlich für die Ziele und die zukunftsfähigen Technologien einig sein. Die Ziele sind in Fußnote 39 zu finden und die zukunftsfähigen Technologien beziehen sich auf die Technologien für BEV und FCEV. HEV wird als Übergangstechnologie betrachtet und erhält somit weniger Fördermittel.

Rahmen der 2010 Shanghai EXPO 1.024 NEV). Der gefahrene Kilometerstand summiert sich auf 81,5 Mio. km (Zhang 2010).

In fünf der 25 Pilot-Städte (Shanghai, Changchun, Shenzhen, Hangzhou, Hefei) wird der private Erwerb (einschließlich Leasing des EV oder Leasing der Batterien) von PHEV und BEV zwischen 2010 und 2012 mit einem Zuschuss von bis zu 6.250 Euro (50.000 RMB) bzw. 7.500 Euro (60.000 RMB) von der Zentralregierung gefördert. Jede kWh der Batterie wird finanziell mit rd. 375 Euro (3.000 RMB) unterstützt (MOF 2010). Darüber hinaus gelten bei PHEV und BEV im öffentlichen Dienst die gleichen Subventionen wie für den privaten Gebrauch. Die Beschaffung von Hybridbussen wird in diesem Programm staatlich koordiniert (NPE 2010). Darüber hinaus können die lokalen Regierungen ihrerseits weitere Zuschüsse und Privilegien gewähren. Beispielsweise subventioniert die Regierung in Shenzhen 7.500 Euro (60.000 RMB) für den Kauf eines BYD e6, so dass Zentral- und Lokalregierung gemeinsam 15.000 Euro an Zuschüssen gewähren[44]. In Peking bekommt man automatisch ein Autokennzeichen für ein EV und dadurch wird vom Lotterieverfahren beim Erwerb eines Autokennzeichens entlastet[45].

Im Rahmen vom „Entwicklungsplan“ wird auf die Weiterentwicklung kleiner BEV einerseits sowie Elektrobusse als Großfahrzeuge anderseits fokussiert. Ferner wird der Aufbau der Ladeinfrastruktur in Pilot-Städten weiter vorangetrieben. Hierbei werden bis 2015 400.000 Ladesäule und 2000 Lade- bzw. Wechselstationen mit der Investitionssumme von rd. 17,5 Mrd. Euro (140 Mrd. RMB) eingeplant, um den breiten Markt für künftige mittelgroße EV vorzubereiten (MIIT 2012).

Die Erfolgschancen für die Entwicklung der EV werden ebenfalls als gut eingeschätzt, da bereits heute 140 Millionen elektrisch betriebene Zweiräder in China vorhanden sind. Neben dem positiven Skaleneffekt ist die Beschleunigung der technologischen Lernkurven erheblich. Dabei ist es für China unerheblich, dass die funktionalen Spezifikationen unterhalb der Zielvorgaben Deutschlands bleiben, denn die Elemente der positiven Skaleneffekte und die damit zwangsläufig forcierte Standardisierung liefern eine breite Grundlage für zukünftige Entwicklungen (NPE 2010; ZB AG1). Aus Sicht

---

44 Shenzhen Government Online/Local News, 27.10.2011: „China’s first pure electric car on sale“, Online-Ressource, verfügbar via: http://english.sz.gov.cn/In/201110/t20111027_1754904.htm, 10.06.2013.

45 Energy Trend, 14.06.2012: „北京9月起買電動車無需搖號 最高補貼12萬“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.energytrend.com.tw/EV_20120614_4, 10.06.2013. Industrial Technology Research Institute, 24.01.2013: „上海首輛新能源車 掛牌上路“, Online-Ressource, verfügbar via: http://iekweb2.iek.org.tw/ieknews/Client/newsContentHistory.aspx?industryno=8&nsl_id=c4091c379ea14f76abbed03f0d583038&pCurrentPageIndex=1, 10. Juni 2013

der Industriestrukturen in der Batterietechnologie ist China über die Wertschöpfungsstufen der Komponenten- und Zellfertigung das dritte asiatische Land an der Spitze des Marktes. Besonders durch den Consumer-Elektronik-Bereich hat China bereits einen Grundstein für die LIB Technologie gelegt. Neben Japan und Südkorea, ist China heute einer der Hauptanbieter von LIB für Mobiltelefone (Wu 2010). Im Bereich der Kathodenherstellung nehmen die beiden Unternehmen *Hunan Shanshan* und *Citic Guoan* etwa 13 % des Marktes ein. Im Anodenmarkt ist China das einzige Land, das für Japan eine ernstzunehmende Konkurrenz darstellt, hier sind die Hersteller *BTR* und *Shanghai Shanshan* mit etwa 20 % Marktanteil die relevanten Unternehmen. Bei der Elektrolytherstellung sind *Zhangjiagang Guotai* und *Dongguan Shanshan* mit gemeinsamen 19 % Marktanteil vertreten, *Senior Technology Material* (4 %) ist der einzige größere chinesische Separatorenhersteller. In der Zellfertigung gibt es zwei wichtige Vertreter: *BAK* und *Lishen* mit je nach Quelle 10-15 % Marktanteil. Insgesamt teilen sich chinesische Unternehmen etwa 11 % des Marktes für Komponenten und Zellen. Eine Sonderrolle nimmt der chinesische Hersteller *BYD* ein, der neben der Zellfertigung auch Fahrzeuge herstellen will, jüngste Probleme wie die Stagnation des Absatzes und der Rückgang des Gewinns machen deutlich, dass die Fähigkeit dieses Modells weiter auf den Prüfstand gestellt werden muss. (Handelsblatt 2011). Grundsätzlich wird China zumindest als optimaler Standort für die Produktion von LIB und NiMH-Batterien eingeschätzt, da China auch über reichliche Vorkommen an Lithium und seltenen Erden verfügt. China wird weltweit insbesondere durch sein Potenzial langfristig die kostengünstigsten Batterien herzustellen als Konkurrenz wahrgenommen. Kurz- bis mittelfristig konzentrieren sich die chinesischen Batteriehersteller aber wahrscheinlich noch stärker auf den großen Binnenmarkt. Auch ausländische Hersteller entdecken den chinesischen Markt. Der finnische Batteriehersteler *European Batteries Oy* kündigte an 318 Mio. USD in eine LIB-Fabrik für EVs und HEVs in Tianjin in China investieren zu wollen. Die Einführung neuer Produkte und Technologien soll dazu dienen den chinesischen Markt zu erkunden. Die Übereinkunft zwischen *European Batteries Oy* und der chinesischen Regierung ist bereits geschlossen. Die erste Projektphase soll bereits im Oktober 2013 abgeschlossen werden.[46] *Beijing National Battery Technology,* eine Tochterfirma von *National Electric Vehicle Sweden (NEVS)*, eröffnete 2012 eine neue

46 Automotive Business Review/News, 9.01.2013: „European Batteries Oy to invest $318m to build battery plant in China“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.automotive-business-review.com/news/european-batteries-oy-to-invest-318m-to-build-battery-plant-in-china-090113, 10.06.2013.

Batteriefabrik in China. Die Batterien sollen in den zukünftigen Saab[47] Elektroautos verbaut werden.

## 3.4 USA

Im Jahr 1976 hat der US-Kongress zum ersten Mal ein Gesetz für ein Demonstrationsprojekt verabschiedet, in dem die US-Regierung 7.500 EV einkaufte. Das Gesetz initiierte das FuE-Programm für HEV und EV des „Department of Energy“ (DOE). 1978 wurden 200 EV, 1979 600 EV und 1980 noch mehr EV zu Demonstrationszwecken von Ford, GM und American Motors hergestellt. Allerdings schaffte Präsident Reagan 1981 das Programm ab, da das „General Accounting Office“ (GAO) 1979 in seinem Bericht das Programm kritisierte. Das GAO war der Auffassung, eine Kommerzialisierung der EV bräuchte große Anstrengung zur Verbesserung der EV-Technologie, zur Stärkung der EV-Industrie und zum Aufbau eines neuen Marktes und letztendlich zur Einrichtung einer unterstützenden Infrastruktur. Der private Sektor sei bei weitem nicht reif genug, um das Demonstrationsprojekt weiter durchzuführen. Die politischen Fördermaßnahmen sollten auf die FuE-Tätigkeiten fokussieren. Seither spielt das DOE eine Hauptrolle in der FuE-Förderung im Bereich von Fahrzeug-Energiespeichern (Canis 2011).

Unter der Obama Administration gewann die „Clean Energy Economy“ in den USA erneut an Bedeutung. Präsident Obama legte das Ziel fest, bis 2015 eine Million Elektroautos auf die Straße in Amerika zu bringen. Im Feburar 2009 unterzeichnete Präsident Obama das Konjunkturpaket „American Recovery and Reinvestment Act of 2009 (ARRA)“, welches sich insgesamt auf 821 Mrd. USD bis 2019 belaufen soll. Das Budget des ARRA für Klima- und Energieprogramme verteilt sich zwar auf mehreren Ministerien wie das U.S. Department of Transportation, das DOE ist jedoch für den größten Teil der energiebezogenen Investitionen zuständig. Das DOE erhielt 41,7 Mrd. USD in ARRA-Fonds, davon werden 35,2 Mrd. USD als direkte Zuschüsse verwendet und 6,5 Mrd. USD als Kredite (Wurzelmann 2011; DOE 2011).

Das DOE unter der Obama Administration setzt die FuE-Tätigkeiten für die Fahrzeug Technologie, insbesondere für das Vorantreiben der Produktion von Batterien fort. Das

---

47 NEVS gehört National Modern Energy Holdings (NME) und wird von Hong-Kong aus geführt. NEVS übernahm 2012 die Vermögenswerte von Saab Automobiles. Das neue Unternehmen konzentriert sich auf Entwicklung und Produktion von Elektroautos. (Saab Automobile Parts AB/Aktuelles, 13.06.2012: „National Electric Vehicle Sweden AB übernimmt die Vermögenswerte von Saab Automobile“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.saab.com/de-de/germany/the-company/news/latest-news/news-column/2012-06/national-electric-vehicle-sweden-ab-ubernimmt-die-vermogenswerte-von-saab-automobile/, 10.06.2013).

Hauptziel ist es, eine Marktdurchdringung zu schaffen. Dies hängt wiederum stark von den Kosten und der Leistung der Batterien ab. Daher beinhalten die Forschungsschwerpunkte ganz klar die Reduzierung der Kosten und Verbesserung der Leistungsparameter der LIB als Primärziel.

Innerhalb des DOE sind drei Abteilungen für die Elektromobilität von Bedeutung. Die erste ist das „Office of Science/Basic Engery Sciences“ (BES), das für Grundlageforschung wie Nanotechnologie, Charakterisierungsmethoden, Chemie-/ Materialwissenschaften und Schnittstellentechnologien zuständig ist. Die zweite ist die 2007 gegründete „Advanced Research Projects Agency- Energy“ (ARPA-E). Die ARPA-E verfügt über 387 Mio. USD Budget (an den 35,2 Mrd. USD des DOE über zehn Jahre) und fördert neue und revolutionäre Forschungsansätze, die großes Potenzial und signifikante kommerzielle Effekte haben könnten, aber auch ein hohes Erfolgs-Risiko mit sich bringen. Hierin wird die Batterieforschung, insbesondere diverse Post-Lithium-Ionen-Batterieforschung, unter dem Programm „Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation“ (BEEST) gefördert. Die letzte ist das „Office of Electricity/Energy Efficiency&Renewable Energy“ (EERE), welches weiterhin mit 16,7 Mrd. USD Budget die FuE-Tätigkeiten zu Batterien fördert, um die Marktdurchdringung der EV zu ermöglichen. Von Bedeutung ist innerhalb von EERE das „Vehicle Technology Program“ (VTP). Das Programm zielt darauf ab, durch die Entwicklung der LIB der dritten Generation und die Verbesserung der Produktionsprozesse, die Kosten der Batterien weiter zu senken (DOE 2011).

Im Fiskaljahr 2010 (Oktober 2009 bis September 2010) förderte das ARPA-E BEEST Programm mit ca. 36 Mio. USD 10 Projekte, jedes Projekt dauert ein bis drei Jahre, um die bahnbrechende Speichertechnologie bei EV zu beschleunigen.[48] ARPA-E setzte ihre Ziele der Energiespeicher wie folgt fest: Die spezifische Leistungsdichte soll 400 W/kg (System), die volumetrische Leistungsdichte 600 W/l (System), die spezifische Energiedichte 200 – 400 Wh/kg (System), die volumetrische Engergiedichte 300 – 800 Wh/l (System) erreichen. Bezgl. der Lebensdauer sollen 1.000 Zyklen und eine kalendarische Lebensdauer von 10 Jahren erzielt werden (DOE 2011). Tabelle 3-1 zeigt die Informationen über die bedeutenden Projekte, Fördersumme und die Technologieschwerpunkte.

Im Jahr 2012 startete das ARPA-E Programm “Advanced Management and Protection of Energy Storage Devices” (AMPED) in dessen Rahmen 14 Projekte mit insgesamt

---

48 Advanced Research Projects Agency - Energy - U.S. Department of Energy, 2010: „BEEST – Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation“, Online-Ressource, verfügbar via: http://arpa-e.energy.gov/?q=arpa-e-programs/beest, 10.06.2013.

30.186.634 USD gefördert werden. Das Programm hat zum Ziel insbesondere Innovationen auf Systemebene zu fördern, die Performance, Sicherheit und Lebenszeit kommerzieller Batteriesysteme erhöhen.[49] Im Februar 2013 veröffentlichte ARPA-E eine neue Förderinitiative mit einem Umfang von bis zu 20 Mio. USD zur Förderung der Batterieforschung für Elektromobilität. Im Zentrum stehen dabei die Kostensenkung und die Erhöhung der Reichweite der Fahrzeuge (DOE 2013).

Tabelle 3-1: Fördermaßnahmen im Rahmen von BEEST

| Awardee | Amount (USD) | Technology |
|---|---|---|
| **Sion Power Corporation** | 5,000,000 | Lithium-Sulfur (Li-S) Battery |
| **ReVolt Technology LLC** | 5,000,335 | Zinc Flow Air Battery |
| **PolyPlus Battery Company** | 4,996,311 | Lithium-Air Battery |
| **Missouri University of Science & Technology** | 1,200,000 | Lithium-Air Battery |
| **Stanford University** | 1,501,742 | Novel All-Electron Battery |
| **Pellion Technoloies, Inc.** | 3,204,080 | Magnesium-Ion Battery |
| **Applied Materials, Inc.** | 4,373,990 | Advanced Lithium-Ion Battery Manufacturing (Processing) |
| **24M Technologies, Inc. / Massachusetts Institute of Technology** | 5,975,331 | Novel Semi-Solid Rechargeable Flow Battery |
| **Planar Energy Devices, Inc.** | 4,092,727,373 | Solid State Lithium Battery |
| **Recapping, Inc.** | 1,000,000 | Capacitive Storage (Ultracapacitors) |

Quelle: DOE (2011b)

Im Rahmen des VTP wurden allein im Jahr 2011 83 Mio. USD bereitgestellt, um den Markterfolg der EV zu ermöglichen. Ziel ist es, 2014 die Produktionskosten einer PHEV-Batterie auf 300 USD/kWh zu reduzieren (entspricht einer Kostensenkung um 70 % der Produktionskosten im Jahr 2008). Bis 2020 sollen die Produktionskosten einer PHEV-Batterie weiter auf 125 USD/kWh fallen (DOE 2011). In Bezug auf die Leistungsparamter der Batterien im Rahmen der „High Energy& High Power Cell R&D“ wurden die folgenden Ziele pro Zelle festgelegt: 250 – 300 Wh/kg oder 400 – 500 Wh/l, 5000 Zyklen (Lebensdauer), mehr als zehn Jahre kalendarische Lebensdauer bis

49 Advanced Research Projects Agency - Energy - U.S. Department of Energy, 2010: „AMPED – Advanced Management and Protection of Energy Storage Devices“, Online-Ressource, verfügbar via: http://arpa-e.energy.gov/?q=arpa-e-programs/amped, 10.06.2013.

2014. Bspw. wurden kürzlich sieben Unternehmen in diesem Zusammenhang jeweils mit zwei bis fünf Mio. USD gefördert, um die fortgeschrittenen Lithium-Ionen Zellen (nächste bzw. dritte Generation) und die Produktionsprozesse weiter zu entwickeln, damit die Kosten weiter gesenkt werden können (siehe Tabelle 3-2).

In Bezug auf neue Materialien wird angestrebt, dass für die Anode mehr als 500 mAh/g und die Kathode mehr als 300 mAh/g Kapazitäten erreicht werden, Hoch-Volt- Kathoden und Elektrolyte entwickelt werden und Solid-Polymer Elektrolyte mit mehr als $10^{-3}$ S/cm ionischer Leitfähigkeit entwickelt werden. Beteiligte Forschungseinrichtungen sind die national Labs LBNL, ORNL, ANL, BNL u.a. sowie Universitäten und die Industrie. Nur Projekte, die sich im Wettbewerb behaupten können, werden weiter ausgewählt und gefördert (DOE 2011).

Darüber hinaus unterstützt die EERE mit mehr als 7,5 Mio. USD elf Projekte für die Entwicklung der Zukunftstechnologien (Post-LIB) wie Li-Metall, Li-Polymer, Li-S und Li-Luft (DOE 2011).

Tabelle 3-2: Hochenergie- und Hochleistungs FuE-Projekte unter VTP

| Awardee | Partner | Technology Development |
|---|---|---|
| **Amprius, Inc.** | - | Silicon nanowire anodes /high capacity cathodes |
| **Dow Kokam** | Dow Chemical/ORNL | Silicon carbon anode, high voltage layered-layered cathode |
| **Nanosys, Inc.** | LG Chem | Silicon/carbon anode, high-voltage composite cathode |
| **3M Company** | - | Silicon tin anode/high-capacity layered cathode |
| **Applied Materials** | LBNL/ORNL | Manufacturing module for metal alloy anodes, high capacity cathodes |
| **Seeo, Inc.** | - | Lithium metal anode and a solid polymer electrolyte |
| **Penn. State University** | ANL/JCI | Lithium sulfur cells |

Quelle: DOE (2011)

Im Kontext der Elektromobilität stellte das DOE unter ARRA bislang insgesamt 2,4 Mrd. USD zur Unterstützung der Entwicklung von Elektrofahrzeugen bereit. Es werden 48 von der Industrie beantragte Projekte in 20 Bundesstaaten gefördert, um die Entwicklung dieser Branche in Fahrt zu bringen. Darunter werden 1,5 Mrd. USD für Forschung, Entwicklung, Produktion und Recycling von Batterien bereitgestellt. Die konkreten Ziele sind die Verdoppelung der Energiedichte und eine Kostensenkung um 70 % von Batterien für PHEV und BEV mit hoher Reichweite bis 2015. Bis dahin sollen eine Million PHEV und BEV auf Amerikas Straßen fahren. Die 1,5 Mrd. USD sind wie

folgt aufgeteilt: 28,4 Mio. USD. für den Abbau und die Aufbereitung von Lithium, 259 Mio. USD. für die Komponentenentwicklung, 735 Mio. USD. für die Zellentwicklung, 462 Mio. USD. für Packaging Anlagen, 9,5 Mio. USD für eine Lithium Recycling Anlage. Somit wird insbesondere die Batterieindustrie und der Auf- und Ausbau von Produktionsanlagen massiv gefördert. Mit weiteren 500 Mio. USD fördert das DOE die Entwicklung des Antriebsstrangs (Elektromotoren, Leistungselektronik und andere Komponenten) und 400 Mio. USD werden für die Entwicklung mehrerer tausend PHEV für Demonstrationszwecke, die Installation von Ladestationen, und die Ausbildung von Personal für die Elektromobilität bereitgestellt (Canis 2011; Wurzelmann 2011). Tabelle 3-3 illustriert die wichtigsten Fördermittelempfänger.

Tabelle 3-3: Wichtigste Empfänger von ARRA-Fördermittel

| Company | Amount (in Mio. USD) | Purpose |
|---|---|---|
| **Johnson Controls** | 299.2 | Produce nickel-cobalt-metal battery cells and packs and cell separators |
| **A123 Systems**[50] | 249.1 | Produce iron-phosphate cahtode power and electrode coatings; fabricate cells and battery packs |
| **Dow Kokam** | 161.0 | Produce manganese cathodes and lithium-ion batteries |
| **Compact Power** | 151.4 | Produce separators and lithium-ion polymer batteries cells |
| **EnerDel** | $118.5 | Produce lithium-ion cells and packs |

Quelle: Canis (2011)

Die USA setzen somit auf den Aufbau einer amerikanischen Wertschöpfungskette für LIB und versprechen sich über 7.000 direkte und indirekte neue Jobs durch eine Lithium-Ionen-Batterieindustrie für die Elektromobilität (CGGC 2010). Allerdings befindet sich die EV-Industrie immer noch in der Frühphase der Entwicklung und es zeigt sich eine große Kluft zwischen dem Regierungsziel eine Million Elektrofahrzeuge auf die US-Straßen zu bringen und der realen Marktnachfrage, obwohl im Rahmen des „Electric Drive Vehicle Deployment Act“ auch finanzielle Anreize für Konsumenten wie 7.500 USD Steuererleichterung für den Neukauf von PHEV/BEV und zusätzliche Kaufanreize bis zu 5.000 USD auf Ebene der Bundestaaten angeboten werden. Viele US-Bundesstaaten erlauben weiterhin bspw. die Nutzung ausgewiesener Fahrspuren für Elektrofahrzeuge (PRTM 2011).

50 *A123 Systems* wurde von *Wanxiang* gekauft (siehe Abschnitt 2.2.1).

Es ist für Autohersteller mit gegenwärtigen Technologien aber unmöglich mit Elektrofahrzeugen Gewinne zu erwirtschaften. Um das Ziel, die eigene Wertschöpfungskette in den USA aufzubauen zu erreichen, muss die US-Regierung nach eigenen Berichten weiter im FuE-Bereich stark investieren (Canis 2011). Inklusive aller Ausgaben für Kredite, Garantien und staatlicher Förderung der Elektromobilität sollen die USA Presseberichten zufolge 22 Mrd. USD bis 2015 bereitstellen.[51], [52]

Aus Sicht der Batterieindustrie spielen amerikanische Unternehmen derzeit im LIB-Markt eine untergeordnete Rolle. Über die Wertschöpfungsstufen Komponentenherstellung und Zellfertigung können nur 2 % am Gesamtmarkt durch Unternehmen aus den USA besetzt werden. Bei den Separatorenherstellern liegt *Polypore/Celgard* bei rund 14 % Marktanteil. Bei der Zellfertigung sind *A123 Systems*[53], *Johnson Controls* (LIB Technologie aus Joint Venture mit *Saft* begonnen) und *Altair Nanotechnologies* zu nennen, ihre Marktanteile sind derzeit gering. Viele dieser Unternehmen profitieren in den USA stark vom „ARRA“, der immer wieder aufgestockt wird. So entstehen neue Start-ups wie *Tesla*, *Fisker* oder *Think!* im Bereich der Elektrofahrzeugherstellung, die zuvor genannten Unternehmen haben bspw. die Technologie $LiFePO_4$ hervorgebracht. *Fisker* litt zuletzt unter der Insolvenzanmeldung von *A123 Systems*. Die ausfallenden Batterielieferungen führten zu einem Produktionsstillstand des Plug-in Hybride Karma sedan. Bereits im Februar 2012 musste das Unternehmen eine Kürzung von Fördermitteln verkraften nachdem Produktions- und Verkaufsziele für den Karma sedan verfehlt wurden. Das Projekt des Atlantic, eines zweiten günstigeren Autos, liegt seitdem auf Eis.[54] Schäden durch den Hurrikan Sandy im Oktober 2012 setzten dem Unternehmen weiter zu. Derzeit ist *Fisker* auf der Suche nach einem Investor oder Käufer. Im Gespräch sind *Geely Auto* (aus China) sowie *Wanxiang Group* (aus China). Eine Einigung könnte im März geschlossen werden.[55] Ein Angebot von *Dongfeng Motor*

---

51 Im März 2012 kündigte die Obama Aministration einen neuen „EV Everywhere“ Plan und damit eine erneute Bekenntis zur Förderung der Elektromobilität in den USA an. Die Regierung hält weiterhin an dem Ziel eine Million EV bis 2015 fest.

52 Ende Januar 2013 gab das DOE in seiner Pressemitteilung bekannt, dass das Ziel eine Million EV bis 2015 nicht erreichbar sei.

53 *A123 Systems* wurde von *Wanxiang* gekauft (Abschnitt 2.2.1).

54 Automotive News/Manufacturing/Green Car, 29.11.2012: „Fisker idles Karma production to await A123 battery plant sale“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.autonews.com/apps/pbcs.dll/article?AID=/20121129/OEM01/121129863/fisker-idles-karma-production-to-await-a123-battery-plant-sale#axzz2KlwtL0Ep, 10.06.2013.

55 Los Angeles Times/Cars, 18.02.2013: „Chinese car companies likely Fisker Automotive investment partners“, Online-Resource, verfügbar via: http://www.latimes.com/business/autos/la-fi-hy-fisker-funds-karma-20130218,0,4072513.story, 10.06.2013.

*Group* (aus China) soll *Fisker* abgelehnt haben. *Fisker* kündigte an, die Produktion in Kürze wieder aufzunehmen.[56]

Kooperationen mit asiatischen Unternehmen betreffen vor allem die Forschung, ein wichtiges Joint Venture im Bereich der Elektrolytherstellung könnte *Advanced Electrolyte Technologies LLC*, einer Kooperation aus *DOW Chemicals* mit *UBE Industries* (Japan) werden. Nach Meinung von Lowe (Lowe u. a. 2010) werden amerikanische Unternehmen in Zukunft an Bedeutung im Lithium-Ionen-Batteriemarkt gewinnen.

## 3.5 Deutschland

Als Ausgangspunkt für die politische Förderung der Elektromobilität (mit dem Fokus auf Lithium-Ionen-Batterien) in Deutschland gilt das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung (IEKP) von 2007, in dessen Rahmen der zukünftige Bedarf nach elektrischen Fahrzeugantrieben betont und begründet wurde (BMWi 2007). Der damalige Zeitplan für weitere Maßnahmen visierte als nächsten großen Meilenstein die Entwicklung eines Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität bis 2008 an (NEP 2009). Dieser wurde 2009 veröffentlicht und benennt u.a. das Ziel der Bundesregierung bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu bringen.

Im sogenannten Ressortkreis Elektromobilität, dessen Aufgabe die Fortschreibung und Begleitung der Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität ist, erfolgt eine übergreifende Kooperation und Koordination der im Wesentlichen vier Bundesministerien, welche die Verwirklichung der Elektromobilität fördern: das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU), das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) sowie das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Daneben gibt es die sogenannte Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO), welche von BMVBS und BMWi Anfang 2010 eingerichtet wurde, um die Aufgaben der Bundesregierung im Bereich Elektromobilität zu bündeln und zu koordinieren (BMWi 2010).

Um die Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität zwischen allen beteiligten Akteuren eng abzustimmen, wurde am 3. Mai 2010 die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) eingerichtet, welche aus Vertretern der Politik, Industrie, Wissenschaft, Kommunen sowie der Verbraucher zusammengesetzt ist. Am 30. November

---

56 Automobil-Produktion, 19.02.2013: „Dongfeng bietet 350 Millionen Dollar für Fisker“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.automobil-produktion.de/2013/02/dongfeng-bietet-350-millionen-dollar-fuer-fisker/, 10.06.2013.

2010 wurde ein erster Zwischenbericht (NPE 2010) und im Mai 2011 der zweite Bericht veröffentlicht, worin die NPE Budgets für FuE-Projekte in den Bereichen der Batterie, Antriebstechnologie, Leichtbau, IKT (Informations- und Kommunikationstechnologie) und Infrastruktur sowie Recycling in Höhe von vier Mrd. Euro fordert (NPE 2011). Für die akademische und berufliche Qualifizierung von Fachkräften für die Elektromobilität veranschlagte die NPE weitere 360 Mio. Euro. Insgesamt investiert die deutsche Industrie laut NPE in der Marktvorbereitungsphase bis Ende 2014 bis zu 17 Mrd. Euro.

Noch im Mai 2011 antwortete die Bundesregierung mit dem „Regierungsprogramm Elektromobilität“, in dem der aktuelle Stand deutsche Anstrengungen resümiert wurde, ein Überblick über die wichtigsten Akteure gegeben sowie künftige Maßnahmen der Bundesregierung erläutert werden (BMBF 2011). Hinsichtlich der finanziellen Unterstützung nannte die Bundesregierung den Betrag von eine Milliarde Euro, welcher bis zum Ende der aktuellen Legislaturperiode 2013 für FuE-Maßnahmen in der Elektromobilität zur Verfügung gestellt werden soll.

Insgesamt hat die deutsche Bundesregierung in den letzten Jahren ausgehend von den im Rahmen des Konjunkturpaketes II[57] in den Jahren 2009 und 2010 bereitgestellten Mitteln (rd. 500 Mio. Euro für Projekte in 15 Themengebieten von der Batterieforschung bis hin zur Netzintegration) schon eine Vielzahl politischer Fördermaßnahmen für die Entwicklung und Verwirklichung der Elektromobilität in Deutschland etabliert. Mit den weiteren Fördermitteln bis 2013 summieren sich die Förderinvestitionen Deutschlands in die Elektromobilität somit auf 1,5 Mrd. Euro (Stand Februar 2012).

Neben der Grundlagenforschung durch die DFG im Bereich der Batterien zählen die Förderung des BMBF im Rahmen der Innovationsallianz „LIB 2015“ und des Vorhabens Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität STROM zu den zentralen FuE-Fördermaßnahmen der Lithium-Ionen-Batterien der dritten Generation sowie Post-LIB für die Elektromobilität. Auf der Basis der Fördermaßnahmen und die neue Aufmerksamkeit für die Batterieforschung in den vergangenen Jahre konnten universitäre/akademische (Batterie Verbünde Nord und Süd) aber auch industrielle (z.B. KLIB, Kompetenznetz LIB) Verbünde und Netzwerke initiiert werden. Die Batterieindustrie versucht sich derzeit für die Elektromobilität neu zu formieren. Im Juli 2012 startete das BMBF geförderte Projekt SafeBatt. Der Schwerpunkt liegt darauf, die Sicherheit von LIB zu erforschen und Maßnahmen für den eigensicheren Betrieb zu entwickeln. Es

57 BMWi/BMVBS/BMU/BMBF/BMELV, 10.03.2009: „Auszug aus dem Bericht an den Haushaltausschuss Konjunkturpaket II, Ziffer 9 Fokus "Elektromobilität"“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.foerderinfo.bund.de/_media/elektromobilitaet_konjunkturpaket_ii.pdf, 10.06.2013.

läuft bis Ende Juni 2015 und wird mit 19 Mio. Euro durch das BMBF gefördert. Die Projektpartner tragen etwa 17 Mio. Euro bei.[58] Mit Alpha-Laion startete im Januar 2013 ein weiteres staatlich gefördertes Projekt. Der Forschungsschwerpunkt liegt hier darauf, neue, innovative Materialien für Kathoden, Anoden und Separatoren sowie hochvoltstabile Elektrolyte zu finden, um langzeitstabile Lithium-Ionen-Batterien mit hoher Energiedichte zu entwickeln. Alpha-Laion wird vom BMWi bis 2015 mit 13 Mio. Euro gefördert. Die Projektpartner *BASF*, *Wacker Chemie*, der *SGL Group*, *Daimler* und *BMW* unter der Leitung von *Bosch* tragen 19,5 Mio. Euro bei.[59] Beide Projekte, SafeBatt und Alpha-Laion sind Leuchtturmprojekte der Nationalen Plattform Elektromobilität. Heute sind deutsche Unternehmen nicht unter den wichtigsten Herstellern im LIB-Markt vertreten, der europäische Markt wird aber als wachsend eingestuft (Dudenhöffer 2010; Roland Berger 2011; Yano Research 2011), was nicht zuletzt an den deutschen Herstellern liegt. Derzeit sind vier Unternehmen mit einer Zellproduktion in Deutschland vertreten: *Li-Tec*, *Gaia*, *Varta Microbatteries*, *Lechlanché* (DE/CH) (Tillmetz 2010). Seit 2009 ist *Varta Microbattery* mit *VW* zusammen im Joint Venture *VOLKSWAGEN VARTA Microbattery Forschungsgesellschaft* aktiv. Zudem existieren die zukünftig relevanten Joint Ventures *Deutsche Accumotive*, ein Joint Venture von *Daimler* und *Evonik* sowie seit Januar 2013 *SK Continental Emotion*, ein Joint Venture zwischen *Continental* und *SK Innovation*. *SB LiMotive*, ein koreanisch-deutsches Joint Venture (*Samsung* und *Bosch*); dem große Marktpotenziale zugetraut wurden (Frost & Sullivan 2009; Roland Berger 2011), beendete die Kooperation Ende Oktober 2012. *Bosch* kündigte im Januar 2013 an, in den nächsten zwei Jahren an der Entwicklung kostengünstiger Batterien und Zellen zu forschen. Bei einer Entscheidung für den Einstieg ins Batteriegeschäft, wäre 2018 mit dem Bau einer Fabrik in Europa zu rechnen.[60]

Die Chemieindustrie in Deutschland wird allerdings international sehr positiv eingestuft, so werden bspw. der BASF als Kathodenhersteller gute Zukunftspotenziale als künftig weltweit wichtiger Akteur zugetraut.

---

58 elektroniknet.de/Automotive/Sonstiges, 11.09.2012: „Leuchtturmprojekt SafeBatt: Sichere Batterietechnik fürs Elektroauto“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.elektroniknet.de/automotive/sonstiges/artikel/91305/, 10.06.2013.

59 eMobilitätOnline.de/E-Journal/Forschungsprojekte, 23.01.2013: „Lithium-Ionen-Batterien: Verbundprojekt Alpha-Laion gestartet“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.emobilitaetonline.de/e-journal/nachrichten/198-lithium-ionen-batterien-verbundprojekt-alpha-laion-gestartet, 10.06.2013.

60 Automobilwoche/Nachrichten, 9.01.2013: „Bosch will eigene Li-Ion-Technologie bis 2018 entwickeln“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.automobilwoche.de/article/20130109/nachrichten/130109928#.UPglp6xn-gO, 10.06.2013.

## 3.6 Frankreich

Frankreich setzt sehr stark auf regierungsgestützte Marktanreizprogramme und einen massiv subventionierten Infrastrukturausbau für die Elektromobilität. Die französische Regierung hat am 09.02.2009 den »Pacte Automobile« veröffentlicht, welcher Ziele und konkrete Zahlen zu den geplanten Fördergeldern enthält. Aus einem »fonds démonstratuer« werden z. B. bis 2012 Kredite in Höhe von 250 Mio. Euro für die Entwicklung »grüner Produkte« und von 400 Mio. Euro für die Entwicklung von Elektrofahrzeug-Prototypen und -Vorführmodellen finanziert.

Das Ministerium für nachhaltige Entwicklung hat am 01.10.2009 einen nationalen Plan mit 14 konkreten Aktionspunkten erstellt, der die Entwicklung von BEV und PHEV vorantreiben soll (Ambafrance 2011). In Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Atomenergie (CEA) will bspw. *Renault* in Flins eine Batterieproduktionsstätte aufbauen. Die Unternehmen *Bolloré*, *Saft* und *Dassault* streben ebenfalls Projekte an. Weiterhin unterstützt die Regierung im Rahmen eines Bonus-Malus-Systems den Kauf von Elektrofahrzeugen mit einem Bonus von 5.000 Euro. Mit diesem Bonus wird die Anschaffung von Fahrzeugen mit einem $CO_2$-Ausstoß von weniger als 60 g $CO_2$/km subventioniert. Die Verkaufszahlen aus Frankreich für 2011 von 2.629 Elektrofahrzeugen, davon weniger als 500 an private Käufer, deuten aber darauf hin, dass für eine weitere Verbreitung von Elektrofahrzeugen zusätzliche bzw. intensivere Maßnahmen notwendig sind.

Konkrete Ziele Frankreichs sind die Einführung von 100.000 Elektrofahrzeugen bis 2015 und zwei Mio. Elektrofahrzeugen bis 2020. Das Programm zum Kauf von 10.000 Elektrofahrzeugen durch die französische Post bis 2012 und von weiteren 90.000 Elektrofahrzeugen durch Regierungsorganisationen bis 2015 stellt in diesem Zusammenhang einen erheblichen Marktimpuls dar (NPE 2010). Ein Schwerpunkt bei der Umsetzung der Ziele bis 2020 liegt bei der Entwicklung einer Norm für Ladesysteme (ein europaweit genormtes Steckersystem wurde durch eine französisch-deutsche Zusammenarbeit hergestellt: CCS – Combined Charging System) und dem Ausbau der Ladeinfrastruktur, z. B. sind vier Mio. private Ladestationen geplant (zu Hause oder in Betrieben) sowie ein Angebot von 400.000 Ladestationen im Bereich von öffentlichen Straßen oder Parkplätzen. Die unterstützende Rolle des Staates und der regionalen Gebietskörperschaften ist ausschlaggebend, damit dies gelingen kann. Die Gesamtveranschlagung zum Ausbau der gesamten nationalen Infrastruktur Frankreichs liegt bei 1,5 Mrd. Euro (Ambafrance 2011).

Auf der Seite der Batterieindustrie war der französische Zellhersteller *Saft* bis vor kurzem noch in einem Joint Venture mit *Johnson Controls* (*JC*) vertreten, das von den Amerikanern aufgekauft wurde. Mit dem Kauf erwarb *JC* das Recht bestimmte Techno-

logien von *Saft* weiter zu nutzen. *JC* übernahm Verantwortung für alle laufenden Verträge des Joint Ventures. Die Geschäftsbereich-Verteilung mit *JC* ist jedoch nicht ganz eindeutig. Ebenso ist die Zukunft von *Saft* ungewiss, trotz der Kooperationen mit den Fahrzeugherstellern *Ford*, *BMW*, und *Daimler*. Laut Aussagen von *Saft*[61] profitierte *JC* von der Lithium-Ionen Technologie des französischen Zellherstellers, da der amerikanische Konzern bislang auf die Bleibatterie fokussierte. Zudem behält *JC* die amerikanischen Maschinen aus dem Joint Venture. *Saft* behält die Produktionsstätte in Frankreich und hätte zudem die hohe Investitionssumme niemals alleine stemmen können. Beide Unternehmen können nun auf das Wissen aus dem Joint Venture zurückgreifen. Im Jahresbericht 2012 blickt *Saft* positiv in die Zukunft und beschreibt LIB als zentralen Wachstumsfaktor für das Unternehmen (Saft 2013).

## 3.7 Europa im Allgemeinen

Neben Deutschland und Frankreich sind weitere EU Länder zwar im Bereich der Batterieforschung aktiv, jedoch sind (bis auf den Deutsch-Schweizer Batteriehersteller *Leclanché* und dem Komponentenherstellern *Umicore* - Kathodenhersteller mit 9,2 % Marktanteil) derzeit keine weltweit bedeutenden Komponenten- und Zellhersteller in den weiteren EU Ländern zu finden. Wie bereits erwähnt, wird Europa dennoch von verschiedenen Experten großes Marktpotenzial in der Zukunft prognostiziert. Die weiteren Mitgliedsländer spielen zudem aus Sicht des Automobilmarktes und der jeweiligen Förderung und politischen Unterstützung für die Elektromobilität eine Rolle und verleihen dem Thema auf der gesamteuropäischen Ebene Sichtbarkeit.

Die Europäische Kommission fördert die Elektromobilität im Rahmen der Green-Cars-Initiative, einer von drei Public Private Partnerships (PPP) des European Economic Recovery Plan. Bis 2013 sollen im Rahmen des siebten Forschungsrahmenprogramms der EU (FP7) gemeinsam mit der Industrie eine Milliarde Euro für Forschung und Entwicklung bereitgestellt werden. Ein Ad-hoc-Beratungsgremium mit Vertretern der beteiligten Generaldirektionen der Europäische Kommission und der europäischen Technologieplattformen, bestehend aus „European Road Transport Research Advisory Council“ (ERTRAC), „European Technology Platform on Smart Systems Integration“ (EPoSS) und „SmartGrids“, erarbeitete hierbei mit Interessensverbänden der Automobilhersteller und -zulieferern (EUCAR) und der „European Association of Automotive

61 Interview des Fraunhofer ISI mit Saft im März 2012 auf der Konferenz „Battery Japan 2012“ in Tokyo.

Suppliers“ (CLEPA) Vorschläge für die Ausgestaltung der Green-Cars-Initiative. Dabei wird eine Verzahnung der Förderaktivitäten in Europa angestrebt.[62]

Als wichtiger Treiber für die Aktivitäten der Autmobilindustrie im Bereich Elektromobilität wird auch die Praxis der Europäischen Kommission gesehen, elektrische Antriebe bei der Berechnung des Flottenverbrauchs als $CO_2$-frei zu werten (Anderman 2012).

## 3.8 Weitere Länder und Regionen

Neben den führenden asiatischen Ländern (Japan, Südkorea und China), den USA und Europa sind als weitere Akteure noch Taiwan, Kanada, Australien, Indien und Russland zu nennen. In Taiwan existieren mehrere kleine Hersteller für Kathodenaktivmaterialien (deren Namen in Takeshita 2011 nicht genannt sind). Aufgrund der Kompetenzen in der Halbleiter- und Optoelektronik-Branche und gewisser Erfahrungen in der Batterietechnologie könnte Taiwan künftig auch in der Batterieproduktion für die Elektromobilität wichtiger werden.

Kanada und Australien aber insbesondere Indien sind hingegen vielmehr aus Sicht des Automobilmarktes von Interesse. Russland soll an dieser Stelle mit beobachtet werden, da in der Vergangenheit Investitionen in Batterietechnologien und andere Technologien getätigt wurden.

### 3.8.1 Taiwan

Taiwans Aktivitäten zur Förderung der Elektrofahrzeugindustrie haben 2011 neuen Schwung erhalten (Höflinger 2010; Maurer 2011). Dabei sieht Taiwan gute Chancen in der elektromobilen Zukunft. Ein wichtiger Standortvorteil ist dabei die existierende komplette Zulieferkette. Die taiwanesischen Autozulieferer sind schon länger im Export für den Aftermarket erfolgreich. Taiwan ist darüber hinaus weltweit mitführend bei Erzeugnissen der Unterhaltungselektronik und Elektronik für die Automobilindustrie. Ferner verfügt die taiwanesische Industrie über umfangreiches Fachwissen in der Produktion und Entwicklung von Halbleitern sowie (Opto-)Elektronikerzeugnissen. Auch bei Batterien und elektronischen Steuerungen liegt eine gute Basis vor. Der Einstieg in die Entwicklung von Elektrofahrzeugen stellt somit eine konsequente Fortsetzung der einschlägigen Strategie dar. Für die Einführung auf der Insel selbst sprechen geringe Distanzen, das gut ausgebaute Stromnetz und nicht zuletzt die geplante Unterstützung durch die Regierung.

---

62 European Green Cars Initiative, 2008: „About“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.green-cars-initiative.eu/public/, 10.06.2013

Der Entwicklungsplan für die Elektromobilität "Smart Electric Vehicle Development Strategy and Action Plan" des „Ministry of Economic Affairs“ (MOEA) wurde Mitte 2010 von der Legislative Yuan verabschiedet. Während einer etwa dreijährigen Demonstrationsphase bis 2013 sollen die für Elektrofahrzeuge erforderlichen Geschäftsmodelle entwickelt und die Infrastruktur - darunter die Ladestationen - aufgebaut werden. Des Weiteren ist vorgesehen, dass in zehn Gebieten jeweils etwa 300 Elektrofahrzeuge zum Einsatz kommen. Priorität haben dabei der öffentliche Personentransport, Taxis, Autovermietungen sowie die Fuhrparks von Behörden. Beim Kauf eines Elektrofahrzeugs soll die „Commodity Tax“ nicht erhoben werden.

Tabelle 3-4: Entwicklungsplan des MOEA für EV in Taiwan

| Jahr | Angestrebter Absatz von EV (Einheiten, Angaben kumuliert) | Produktionswert (Mrd. NTD) | Wert Dienstleistungen (Mrd. NTD) | Produktionswert insgesamt (Mrd. NTD) |
|---|---|---|---|---|
| **2010/11** | 500 | 1,0 | 0,4 | 1,4 |
| **2012** | 1.000 | 2,0 | 0,7 | 2,7 |
| **2013** | 1.500 | 3,0 | 1,1 | 4,1 |
| **2014** | 12.000 (davon Export: 5.000) | 24,0 | 3,5 | 27,5 |
| **2015** | 25.000 (davon Export:10.000) | 50,0 | 10,3 | 60,3 |
| **2016** | 60.000 (davon Export: 15.000) | 120,0 | 31,2 | 151,2 |
| **2030** | 1,2 Mio. (davon Export: 1,0 Mio.) | 2.400,0 | 756,0 | 3.156,0 |

Quelle: MOEA (2010)

Für die Demonstrationsphase stehen Mittel in Höhe von rund sieben Milliarden Neue Taiwan-Dollar (NTD) (rd. 170 Mio. Euro, 1 Euro = 41 NTD) bereit. Danach soll der individuelle Kauf eines Elektrofahrzeugs staatlich bezuschusst werden, die Höhe steht noch nicht fest. Die Regierung will sich hier an der Praxis anderer Länder orientieren. Ob oder wie viel „Commodity Tax“ dann erhoben wird, muss ebenfalls noch entschieden werden.

Der Plan gibt vor, dass im Zeitraum bis Ende 2016 ein Absatz von insgesamt etwa 60.000 Elektrofahrzeugen erreicht wird; 15.000 davon sollen in den Export gehen. Der gesamte Produktionswert soll sich dann auf kumuliert mehr als 151 Mrd. NTD (3,68 Mrd. Euro) belaufen.

Darüber hinaus stellt die Regierung zwischen 2010 und 2015 ein Investitionsbudget von 230 Mio. USD zur Verfügung, um die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für Elektrofahrzeuge zu unterstützen. Vor allem die Energiesysteme, wie Elektromotoren, Batterien, Ladesysteme, Energieübertragung und -versorgungskontrolle sind Segmente, an deren kommerzieller Umsetzung gearbeitet wird.

Bereits längere Zeit ist das „Industrial Technology Research Institute“ (ITRI), das bedeutendste taiwanische Institut in der angewandten Forschung, im Bereich Elektrofahrzeuge und entsprechender Komponenten aktiv. Das Hauptziel der Projekte bilden Erzeugnisse, die als Plattform zur Weiterentwicklung für die taiwanesischen Fahrzeughersteller dienen können.

Auf Firmenebene ist die *Yulon*-Gruppe (*Yulon* hat eine langjährige Partnerschaftsbeziehung mit *Nissan*), zu der auch *China Motor Corp*. gehört, bei der Entwicklung eines kommerziellen Elektroautos der Pionier in Taiwan. Das Unternehmen profitiert dabei vom *Hua-chuang Automobile Information Technical Center (Haitec)*.[63] Anfang 2010 gab *Yulon* bekannt, in Miaoli County ein Werk für die Produktion von Elektrofahrzeugen zu errichten. Darüber hinaus wurde ein Tochterunternehmen gegründet, welches im Bereich der EV-Batterie (Ladung, Austausch, Pflege) tätig wird. Um den Batterienachschub zu sichern, hat *Yulon* in den Hersteller *E-One Moli Energy* investiert. Die taiwanische *E-One Moli Energy* liefert Batterien für den *BMW* Mini E. Ursprünglich sollte *Taipower* in der anlaufenden Demonstrationsphase Ladestationen errichten, dieses Vorhaben wurde jedoch zurückgestellt und *Yulon* wird nun selbst aktiv. Das unter *Yulons* Eigenmarke Luxgen entwickelte Elektroauto EV+, das auf einem Multi-Purpose Vehicle aufbaut, hat die Kollisions- und Sicherheitsprüfungen des lokalen „Automotive Research & Testing Center“ bestanden und soll im Rahmen der allgemeinen Demonstrationsphase in den Markt eingeführt werden.

63 Basierend auf der FuE-Abteilung von Yulon wurde Haitec mit Unterstützung des MOEA gegründet. Die Firma ist auf FuE und hochwertige Bauteile der EV-Technologie spezialisiert (http://www.haitec.com.tw).

Im Dezember 2012 wurde bekannt, dass *Sanyo* und *Sony* gemeinsame Investitionen in Höhe von 410 Mio USD in LIB-Fabriken in Taiwan planen. Als lokale Partner für das Joint Venture werden *Yulon Motor* oder *Simplo Technology* genannt.[64]

Die maßgeblichen taiwanesischen Fahrzeug- und Kfz-Teile-Hersteller sind im konventionellen Bereich bereits seit längerem in der VR China tätig. Speziell im Hinblick auf Fahrzeugeigenentwicklungen ist dies zusätzlich attraktiv, da der taiwanesische Markt die dafür erforderlichen Stückzahlen nicht aufnehmen kann. Auch die Elektrofahrzeugbranche setzt deshalb von vorneherein stark auf diese Option. Der Abschluss des Wirtschaftsabkommens (Economic Cooperation Framework Agreement, ECFA) mit der VR China Ende Juni 2010 wird dem Auf- bzw. Ausbau von Kooperationen über die Taiwan-Straße hinweg generell einen Schub versetzen - sowohl was den reinen Absatz, als auch was Kooperationen mit chinesischen Fahrzeugherstellern anbelangt.

### 3.8.2 Kanada

Wie bei erneuerbaren Energien sind auch bei der Elektromobilität die kanadischen Provinzen die wichtigsten Fördergeber. Die Zentralregierung zeigt in ihrem 32 Mrd. USD schweren Konjunkturpaket (2008 – 2010) kein Interesse, die NEV zu fördern, obwohl ein Budget von ca. 3,3 Mrd. USD für die Automobilindustrie bereitgestellt wurde (Deloitte & Touche 2010). Vorreiter bei der Förderung von Elektro- und Hybridfahrzeugen sind die großen Provinzen Ontario, Britisch Columbia und Québec. Kleinere Provinzen und das ölreiche Alberta folgen mit bescheidenen Programmen. Tabelle 3-5 fasst die unterschiedlichen Fördermaßnahmen zusammen.

Ein Engpass in Kanada ist die fehlende Infrastruktur, die erst ansatzweise aufgebaut wird. So hat Vancouver als erste nordamerikanische Stadt damit begonnen, die Installation einer Auflade-Infrastruktur für Elektroauto an neuen Wohnhäusern vorzuschreiben. In Toronto will das US-Unternehmen „*Better Place*“ ein Demonstrationszentrum für E-Mobilität errichten. Allerdings sind all diese Ansätze noch in einem sehr frühen Stadium (Jaensch 2009).

---

64 Automotive Business Review/News, 26.12.2012: „Sanyo, Sony plan to build battery manufacturing plants in Taiwan“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.automotive-business-review.com/news/sanyo-sony-plan-to-build-battery-manufacturing-plants-in-taiwan-261212, 10.06.2013.

Tabelle 3-5: Förderprogramme für Elektro- und Hybrid-Fahrzeuge in Kanada[65]

| Ebene | Program | Stand |
|---|---|---|
| **Zentralstaat** | ecoFREIGHT Technology Incentives Program | Runde 1 und 2 abgeschlossen und Runde 3 ungewiss |
| **Alberta** | Green Trip Incentives Program:<br>2 Mrd. Kanadischer Dollar (CAD) Fonds zur Förderung von energieeffizientem öffentlichen Transport | Seit Juli 2008 |
| **British Columbia** | ✓ LiveSmart BC: Ein 60 Mio. CAD Program, das Preisnachlässe und Steuerersparnisse anbietet, u.a. Erlass der Provinzumsatzsteuer bis 2.000 CAD beim Kauf eines Elektro- oder Hybrid-Elektro-Kfz<br>✓ BC Scrap-It Program: Anreize von 750 bis 2.250 CAD beim Kauf eines Niedrigemmissions-Kfz | Seit Februar 2005 |
| **Manitoba** | Manitoba Hybrid Electric Vehicle Rebate: Nachlass von 2.000 CAD beim Leasing oder Kauf eines Hybrid-Elektro-Kfz | Seit 2006 |
| **Ontario** | ✓ A Plan for Ontario: Zuschüsse von 4.000 bis 10.000 CAD beim Kauf von Elektro- oder Hybrid-Elektro-Kfz in Abhängigkeit von der Batteriekapazität<br>✓ Green Commercial Vehicle Project: Vierjähriges 15-Mio.-CAD-Program, das beim Kauf eines Hybrid-Elektro-Kfz bis zu einem Drittel des Preises erstattet.<br>✓ RST rebate for vehicles powered by alternative fuels: Nachlass von 8 % der Umsatzsteuer (RST) bei Leasing oder Kauf von Hybrid-Elektro-Kfz oder einer Umwandlung auf Hybrid bis maximal 2.000 CAD | Ab 1.7.2010<br>Seit August 2007<br>Von März 2006 bis März 2012 |
| **Prince Ed-** | Provincial Hybrid Tax Incentive: Steueranreiz bis | Seit April 2004 |

65 Die Tabelle enthält die wichtigsten, aber nicht alle Fördermaßnahmen. Eine vollständige Zusammenstellung ist bei „Electric Mobility Canada“ erhältlich.

| | | |
|---|---|---|
| **ward Island** | zu 3.000 CAD bei Leasing oder Kauf eines Hybrid-Elektro-Kfz, zusätzlich 2.000 CAD für Taxis | |
| **Québec** | ✓ Maximaler Einkommensteuernachlass von 2.000 CAD beim Kauf eines Hybrid-Elektro-Kfz und 4.000 CAD bei reinem Elektro-Kfz mit Niedriggeschwindigkeit | Seit Anfang Januar 2009 |
| | ✓ Government aid program to improve the energy efficiency of the transportation of persons by road: Nachlass der Provinzumsatzsteuer bis zu 2.000 CAD bei Leasing oder Kauf eines Elektro- oder Hybrid-Elektro-Kfz durch Taxifahrer oder ähnliche Dienste. Bis zu 50 % Nachlass der Provinzumsatzsteuer auf Basis der Differenz zwischen dem Preis eines normalen und eines Hybrid- oder Elektrobusses. | Seit Anfang Januar 2007 |
| **Saskatchewan** | Green Rebate Program: Nachlass von 20 % der jährlichen Versicherungsprämie und der Registrierungsgebühr bei Hybrid-Kfz der Modelljahre ab 2006 | Sei Anfang Januar 2008 |

### 3.8.3 Australien

Da Australien eine relativ kleine Volkswirtschaft ist, übernimmt die australische Regierung in Hinsicht auf die Energiepolitik bzw. die Entwicklung der EV eher eine Rolle als „policy taker“. Langfristig sieht die australische Regierung aufgrund der globalen Tendenz ein, dass ein EV-Markt in Australien zu entwickeln ist. Daher wurden die „alternativen Fahrzeuge“ in ihrem Konjunkturpaket auch mit 1,17 Mrd. USD gefördert. Allerdings fehlen bei der zentralen Regierung konkrete Konzepte und Gesetzgebungen zur Förderung der EV[66], obwohl einige Forschungsinstitute bereits Politikanalysen und Empfehlungen für politische Maßnahmen erarbeitet haben (Järvinen et al. 2011; CSIRO 2011).

Dennoch hat die Einführung des *Mitsubishi* iMiEV in Australien einige Initiativen auf der Seite australischer Territorien angestoßen. Victoria übernimmt bspw. bislang eine füh-

66 Die zentrale Regierung fokussiert bislang auf das Anspornen der FuE in der Automobilbranche (Green Car Innovation Fund) und Investitionen in breitere Strategien mit Implikationen für die EV Technologie wie die „Solar Cities“ und „Smart Grid, Smart City“ Programme.

rende Rolle in Bezug auf die Fördermaßnahmen. Die State Regierung leitet eine Studie zur Entwicklung eines australischen Standards für die EV-Technologie und Infrastruktur. Ferner stellt die State Regierung Mittel in Höhe von 5 Mio. USD bereit, um die Probephase von EV zu unterstützen. Für HEV-Busse hat diese bereits begonnen. Die Chancen für die Integration einer EV-Politik in der bereits vorhandenen australischen Politik inklusive der FuE sind mittlerweile erkannt worden (CSIRO 2011).

Queensland ist dabei ebenso engagiert wie Victoria. Die Queensland EV-Roadmap gibt der Industrie und der Kommune dabei ein klares Signal, dass die lokale Regierung die EV unterstützt. Gleichzeitig dient die Roadmap als Richtlinie für weitere relevante Politikmaßnahmen. Nennenswert ist, dass Queensland und das „Australian Capital Territory“ die zwei einzigen Bezirke sind, in denen Verbraucher Zuschüsse beim Kauf von Fahrzeugen mit niedriger Emission bekommen können.

### 3.8.4 Indien

Im Jahr 2009 wurden ca. 1,7 Mio. Kfz in Indien verkauft.[67] Schätzungsweise sollte das Verkaufsvolumen im Jahr 2010 auf 1,9 Mio. ansteigen (Deloitte & Touche 2010) und die Tendenz weiter anhalten.[68] Indien wird daher ein bedeutender Wachstumsmotor für die internationale Automobilindustrie werden. Zwar präsentierte sich Indiens Automobilsektor während der Delhi Auto Expo (vom 5. bis 11. Januar 2012) als Vorreiter bei „grüner Mobilität“, jedoch gibt es keine Fördermaßnahmen für FuE in Bezug auf die EV Technologie und ebenso keine Technologie Roadmap seitens der Regierung. Allerdings bietet die Regierung in ihrem Haushaltsplan 2011-12 die folgenden Steuervorteile für EV bzw. NEV an:

1. Komplette Befreiung vom Importzoll und niedrigerer Verbrauchssteuersatz für Batterien, die von EV-Herstellern importiert werden.

2. Senkung des Verbrauchssteuersatzes auf 10 % für Fahrzeuge mit Brennstoffzellen-Technologie

3. Komplette Befreiung vom Importzoll und speziellem CVD (Countervailing Duty, Zusätzlicher Importzoll) für Schlüssel-Bauteile und -Komponenten von HEV.

---

67 Zum Vergleich: In China 10,3 Mio, in Deutschland 3,8 Mio., in Südkorea 1 Mio. und in Australien 542.000.

68 Nach dem Chef der Auto Expo Rajive Kaul in Neu Delhi (Januar 2012): „Indien ist einer der wenigen Märkte weltweit, auf dem auch in den kommenden Jahren hohe Steigerungsraten zu erwarten sind“. Automobil-Produktion, 4.01.2012: „Industrie will Hybridautos in Indien populär machen“, Online-Ressource, verfügbar via: http://www.automobil-produktion.de/2012/01/industrie-will-hybridautos-in-indien-populaer-machen/, 10.06.2013.

4. Senkung der Verbrauchssteuer für Einrichtungen, die in der Konversion von konventionellen Fahrzeugen in HEV benötigt werden.[69]

Es liegt nahe, dass die indische Regierung als ersten Schritt beim Unterstützung der „grünen Mobilität“ auf die Importstrategie von Schlüsselbauteilen und -komponenten der EV fokussiert. Offensichtlich reicht der gegenwärtige technologische Stand in Indien noch nicht aus, um eigene FuE-Tätigkeiten zu unternehmen.

### 3.8.5 Russland

Im Gegensatz zu allen anderen großen Ländern und Regionen der Welt, welche über Jahre hinweg ganze Netzwerke von Institutionen für die Forschung im Bereich Nanotechnologie und Materialwissenschaften u. a. für die Batterieforschung und -entwicklung aufgebaut haben, fehlt in Russland diese Grundlage für den Aufbau einer breiten Batterieforschung und -produktion. Erst seit dem Jahr 2008 werden hier ernsthaft Fördergelder in diesen Bereich investiert, und der ambitionierte Plan sieht vor, schon bis 2015 zu den anderen Ländern aufzuschließen.

Allerdings wird in diesem Zuge nicht mehr auf „Vernetzung“ gesetzt, sondern punktuell und dann sehr umfangreich gefördert. Schon in der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass Russland sehr oft staatliche Monopole in Wirtschaft und Wissenschaft für die Erschließung verschiedener Märkte oder Technologien einrichtete, und dieser Weg scheint auch hier die einzig realistische Methode zu sein, die bis 2015 gesetzten Ziele zu erreichen. Zentral ist dabei eine große Investmentgesellschaft, die vom russischen Staat finanziert wird: Die „*Russian Corporation of Nanotechnologies*“ (*Rusnano*). *Rusnano* ist allerdings gleich für die Förderung der gesamten Bandbreite von Nanotechnologie zuständig, was auch, aber bei weitem nicht nur die Energiespeicherung umfasst.[70]

*Rusnano* sitzt in Moskau und hat über 400 Mitarbeiter. Das Ziel besteht darin, neue auf Nanotechnologie basierende Produkte zu entwickeln und diese erfolgreich auf den russischen Markt zu bringen und sicherzustellen, dass Russland bis 2015 eines der führenden Länder auf dem Gebiet der Nanotechnologie und in der daraus entstehenden Nanoindustrie sein wird. *Rusnano* unterstützt insgesamt 109 Projekte in 24 Regionen in ganz Russland mit einem Budget von rund 9 Mrd. Euro, unter anderen in den

---

69 Government of India/Ministry of Finance, 2011: “India Budget 2011-12: Highlights of Union Budget 2011-2012”. Online-Ressource, zuletzt abgerufen via: http://www.india.gov.in/events/budget2011.php?pg=5, 27.03.2012.

70 Rusnano, 2012: „Fostering a new industry“, Online-Ressource, verfügbar via: http://en.rusnano.com/upload/images/ROSNANO_Booklet_2012_ENG.pdf, 10.06.2013.

Bereichen Bio- und Medizintechnologie, Metallbearbeitung und Solarenergie. Hinsichtlich der LIB-Technologie investiert *Rusnano* in insgesamt nur zwei Projekte. Während das eine der Entwicklung neuer Materialien für LIB-Kathoden dient, hat das andere im Jahr 2011 weltweit für Aufsehen gesorgt: In Zusammenarbeit mit der chinesischen *Thunder Sky Energy Group Limited*, einem chinesischen Batterieproduzenten bzw. über das Joint Venture mit dem Namen „*Liotech*“ (kurz für „*Lithium-Ion Technology*“) bringt *Rusnano* eine riesige Fertigungswerkstatt für LIB nach Russland und möchte dadurch mit Hilfe ausländischer Technologie die eigene fördern. Der weltgrößte Komplex für die Produktion von LIB wurde 2011 in Novosibirsk eröffnet, und bereits kurz nach dem Beginn der Produktion am 12. Dezember 2011 sind dort bereits über 500 Mitarbeiter beschäftigt.[71]

Die Anteile an *Liotech* verteilen sich zu 50,0001 % auf *Thunder Sky* und zu 49,9999 % auf *Rusnano*. Prognostiziert wird von den beteiligten Parteien, dass sich der Gewinn beginnend mit 2012 jedes Jahr verdoppelt und sein Maximum im Jahr 2015 mit 880 Mio. bis eine Milliarde Euro erreichen soll. [72]

Ein öffentlichkeitswirksames Joint Venture wie *Liotech* kann das zwar nicht von Grund auf alle Versäumnisse der vergangenen Jahre in Russland vergessen machen, der äußere Einfluss aus China kann der russischen Industrie aber über entstandene Lücken ein Stück weit hinweghelfen und so auch *Rusnanos* Bestrebungen, Russland für die Investitionen ausländischer Firmen attraktiv zu machen, mit Erfolg krönen.

---

71 Rusnano, 2011: „Rusnano booklet“, Online-Ressource, verfügbar via: http://en.rusnano.com/upload/oldnews/Document/31815_1.pdf, 10.06.2013.

72 NovosibirskGuide.com, 12.12.2011: „World’s largest plant producing high capacity lithium-ion batteries has been launched“, Online-Ressource, verfügbar via: http://novosibirskguide.com/news/liotech-opening-2120, 10.06.2013.

# 4 Literaturverzeichnis

A123 Systems. 2011. *Annual Report 2010 - Form 10-K*. http://files.shareholder.com/downloads/ABEA-3DGNI7/1417124976x0x492428/4CAEC6AA-6BDF-4417-A285-DA6D6C4472F6/AONE_2010_10-K.pdf.

AGC Seimi Chemical. 2011. *Corporate Profile | AGC SEIMI CHEMICAL*. http://www.seimichemical.co.jp/eng/company/outline.html.

Aki, H. 2011. *Energy Storage Research and Development Activities in Japan*, IEEE.

Amadee+Company. 2009. *Lithium-Ion And Nickel-Metal Hydride Batteries, Lithium, Rare Earth Lanthanum And the Future Of Hybrid Electric Vehicles, Plug-In Hybrid Electric Vehicles And Electric Vehicles*.

Ambafrance. 2011. *Service de presse de l'Ambassade de France à Vienne* – (Juillet 2011). www.ambafrance-at.org/IMG/pdf/Elektomobilitat_II-1.pdf; abgerufen am 31.07.12.

Anderman, M. Advanced vehicles and Advanced Automative Batter Market Trends, Vortrag auf der AABC 2012, 6. – 10. Februar 2012, Orlando, Florida, USA.

Asahi Kasai. 2011. *Consolidated Results for Fiscal Year 2010: April 1, 2010 – March 31, 2011*. http://www.asahi-kasei.co.jp/asahi/en/ir/summary/mar2011.pdf.

Axsen, John, Andrew Burke, und Ken Kurani. 2008. *Batteries for Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV): Goals and the State of Technology circa 2008*.

Bain and Company. 2010. *Study: Li-Ion Battery Market for Automotive Applications 2010*. München.

Beise, Marian. 2006. *Die Lead-Markt-Strategie: Das Geheimnis weltweit erfolgreicher Innovationen*. 1. Aufl. Springer Berlin Heidelberg.

Bloomberg Businessweek. 2011. *BTR New Energy Materials Inc.: Private Company Information - BusinessWeek*. http://investing.businessweek.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=50241936.

BMBF. 2011. *Regierungsprogramm Elektromobilität*, Bericht der Bundesregierung, 2011. http://www.bmbf.de/pubRD/programm_elektromobilitaet.pdf.

BMWi. 2007. *Das Integrierte Energie und Klimaprogramm der Bundesregierung*, Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm, 5. Dezember 2007. http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/gesamtbericht-iekp,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf/.

BMWi. 2010. *Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) nimmt Fahrt auf*. Gemeinsame Pressemitteilung der beiden Bundesministerien BMVBS und BMWi, 1. Februar 2010. http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Presse/pressemitteilungen,did=329290.html/.

Business Wire. 2011. *Research and Markets: Global and China Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) Materials and Battery Industry Report, 2010-2011 - Rapid Expansion of Market Spurs Demand for Materials*. http://www.businesswire.com/news/home/20110819005240/en/Research-Markets-Global-China-Lithium-Iron-Phosphate.

BYD. 2011. *Basic Information*. http://bydit.com/doce/investor/BasicInformation/.

Canis, B. 2011. *Battery Manufacturing for Hybrid and Electric Vehicles: Policy Issues*. Congressional Research Service.

Central Glass. 2011. *Annual Report 2011*. Centrals Glass Co., Ltd. http://www.cgc-jp.com/ir/materials/pdf/ar2011.pdf.

CGGC. 2010. *Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles: The U.S. Value Chain*. Center on Globalization, Governance & Competitiveness, Duke University.

China BAK Battery. 2011. *Financial Report 2011 - Form 10-K*. http://www.bak.com.cn/Upload/AnnualReport/form10k_asfiled-08233782878.pdf.

CIAPS. 2011. *Entwicklungsplanung der chinesischen Batteriebranche im 12. FYP.* (in Chinesisch)

CSIRO Electric Driveway Project. 2011. *Supporting Electric Vehicle Adoption in Australia: Barriers and Policy Solutions*, Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney.

Deloitte & Touche GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. 2010. *Förderung von e-Mobility: Konjunkturpakete und andere konjunkturelle Anreize fördern die Entwicklung alternativer Fahrzeuge*.

Dinger, A., M. Ripley, X. Mosquet, und M. Rabl. 2010. *Batteries for Electric Cars - Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020*. The Boston Consulting Group.

DOE 2013. Robust Affordable Next generation EV_Storage (Range). Financial Assistance Funding Opportunity Announcement – Advanced Research Projects Agency – Energy (ARPA-E) U.S. Department of Energy. Announcement Type: Initial Announcement, Funding Opportunity No. DE-FOA-0000869, CFDA Number 81.135. https://arpa-e-foa.energy.gov/FileContent.aspx?FileID=3dd0d852-1a44-41cf-b0a5-72321df305a6.

DOE. 2011a. *US Department of Energy Vehicle Battery R&D: Current Scope and Future Directions.*

DOE. 2011b. *ARPA-E FY 2010 Annual Report. ARPA-E's annual report for Fiscal Year 2010.* http://arpa-e.energy.gov/sites/default/files/ARPA-E%20FY%202010%20Annual%20Report_1.pdf

Dow Kokam. 2011. *Dow Kokam: About Us: Location*. http://www.dowkokam.com/about-location.htm.

Dudenhöffer, F. 2010. *Batteriespitzentechnologie für automobile Anwendungen und ihr Wertschöpfungspotential für Europa*. ifo Schnelldienst 63. Jahrgang (11/2010). S. 19–27.

Financial Times. 2009. *Allianz für Elektroautos: VW und Toshiba entwickeln gemeinsam*. http://www.ftd.de/unternehmen/industrie/autoindustrie/:allianz-fuer-elektroautos-vw-und-toshiba-entwickeln-gemeinsam/473809.html.

Frost & Sullivan. 2009. *World Hybrid Electric and Electric Vehicle Lithium-ion Battery Market*.

Frost & Sullivan. 2010. *Global Opportunity Analysis for Chemical and Material Suppliers in the Electric Vehicle Batteries Market*.

Frost & Sullivan. 2011. *Strategic Analysis of Battery Technologies for Electric and Hybrid Vehicles in South Korea*. Frost & Sullivan.

Green Car Congress. 2010. *Green Car Congress: Nissan and Sumitomo Establish JV To Research Second-Life Use of Automotive Li-ion Batteries*. http://www.greencarcongress.com/2010/09/4r-20100915.html.

Haberler, K. 2011. *South Korea joint stand at eCarTech Paris Conference & Exhibition*. http://www.foundry-planet.com.

Hammerschmidt, Ch. 2010. *US leads funding for e-mobility research, study says*. http://www.automotive-eetimes.com/en/us-leads-e-mobility-research-study-says.html?cmp_id=7&news_id=222901123.

Handelsblatt. 2011. *Probleme bei BYD: Warnschuss für die Elektro-Pioniere*. http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/probleme-bei-byd-warnschuss-fuer-die-elektro-pioniere/4555968.html.

Hitachi Chemical Co., Ltd. 2011. *News Release: Hitachi Chemical Decides on Doubling Production Capacity for Lithium ion Automobile Batteries Using Carbon Anode Materials*. http://www.hitachi-chem.co.jp/cgi-bin/english/release_show.cgi?ID=177.

Hitachi Chemical. 2011. *Annual Report 2011*. http://www.hitachi-chem.co.jp/english/ir/annual/2011/ar_2011.pdf.

Höflinger, O. 2010. *Taiwan Elektrofahrzeuge: Auf dem Weg zur Weltspitze?* Germany Trade & Invest in Taiwan, in Asien Kurier.

ITOCHU Corporation. 2011. *ITOCHU Announces Establishment of Joint Venture for Manufacture and Sale of Materials for Lithium-Ion Battery and Scheduled Start of Operations*. http://www.itochu.co.jp/en/news/2011/110610.html.

Jaensch R. 2009. *Kanadas Provinzen machen Mobil für E-Mobilität*, Germany Trade und Invest. http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=62206.html, Zugriff März 2012

Järvinen J. et al. 2011. *Electric Vehicles in the NEM: energy market and policy implications*, AGL Applied Economic and Policy Research, Working Paper No. 27 - Electric Vehicles.

JFE Chemical. 2011. *JFE Chemical Corporation*. http://www.jfe-chem.com/en/corp/outline.html.

Johnson Controls Inc. 2011. *Johnson Controls Inc. | News & Press - Johnson Controls and Saft Reach an Agreement to End Li-ion Automotive Battery Joint Venture*. http://www.johnsoncontrols.de/publish/de/de/news.html?newsitem=http%3A%2F%2Fjohnsoncontrols.mediaroom.com%2Findex.php%3Fs%3D113%26item%3D2642.

Lache, R., D. Galves, P. Nolan, K. Sanger, T. Kitaura, J. Gehrke, G. Toulemande, u. a. 2009. *Deutsche Bank - Global Market Research - Electric Cars: Plugged in 2*.

Li, Genghui. 2010. *Outlook of the planning for new energy vehicles – the goal to be number one in 2020*, http://auto.sina.com.cn/news/2010-08-07/0917635965.shtml, Zugriff am 10. Januar 2012.

Lowe, M., S. Tokuoka, T. Trigg, und G. Gereffi. 2010. *Batteries for Electric Vehicles: The U.S. Value Chain*.

Lue, X. 2012. *Die Fördermaßnahmen zur Entwicklung LIB in Südkorea*, IEK, ITRI, Taipei. (in Chinesisch)

Matsumoto, S. 2012. Developing the EV Battery Market: Technology and Cost Challenges, Vortrag auf der AABC Europe 2012, 18.-22. Juni 2012, Mainz, Deutschland.

Maurer, J. 2011. *Taiwan sieht gute Chancen in elektromobiler Zukunft*, Germany Trade & Invest in Taiwan.

MIIT. 2012. *Entwicklungsplan für energieeffiziente und auf neuen Energieträgern basierende Fahrzeuge (2012-2020)* (节能与新能源汽车产业发展规划 （2012-2020年）

MKE. 2010. *Plans to strengthen Competitiveness on Rechargeable Battery*, Seoul.

MOF. 2010. *Ankündigung über Durchführung der Subvention des privaten Erwerbs von NEV in Pilotstädten* (关于开展私人购买新能源汽车补贴试点的通知).

MOST. 2010. *Richtlinien für Antrag auf bedeutende Projekte im Rahmen vom 863 Programm*. (in Chinesisch)

NEP .2009. *Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung*. Vorhaben der Deutschen Bundesregierung über die vier Bundesministerien BMBF, BMU, BMVBS und BMWi, August 2009. http://www.bmbf.de/pubRD/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf/.

NPE. 2010. *Zwischenbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität*, Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, 2010. http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/60020/publicationFile/31717/elektromobilitaet-zwischenbericht.pdf.

OECD/IEA. 2009. *Technology Roadmap Electric and plug-in hybrid electric vehicles*. International Energy Agency.

OECD/IEA. 2011. *Technology Roadmap Electric and plug-in hybrid electric vehicles*. International Energy Agency (update).

Paprottka, Stephan. 1996. *Unternehmenszusammenschlüsse: Synergiepotentiale und ihre Umsetzungsmöglichkeiten durch Integration*. Wiesbaden: Gabler.

Pillot, C. 2011. *The rechargeable battery market past and future, Avicenne Energy* gehalten auf der Batteries 2011, September 28, Cannes, Frankreich.

Pillot, C. 2012. Battery and Material Market Outlook 2012-2020. Vortrag auf der AABC Europe 2012, 18.-22. Juni 2012, Mainz, Deutschland.

Polypore. 2010. *2010 Annual Report*. http://files.shareholder.com/downloads/PPO/1575331024x0x456974/329F0E8D-84B1-4177-90AE-D114E652F58B/PPO_AR10_4.6.11.pdf.

PRTM Management Consultants. 2011. *the China New Energy Vehicles Program*, *Challenges and Opportunities*.

Randelhof, M. 2011. *Förderung von Elektroautos – eine weltweite Übersicht*. http://www.zukunft-mobilitaet.net/6760.

Realli, Green Energy Consultant. 2012. *The Trend Analysis of Li-B Info., Li-B Industry Research Monthly Reports*.

Reuters. 2011. *Nippon Carbon Co Ltd (5302.T) Key Developments*. http://www.reuters.com/finance/stocks/5302.T/key-developments/article/2369309.

Richter, Ch. 2004. *BWL Online Lehrbuch Uni Erlangen - Kapitel 5: Steuerungsprozesse - Kooperation und Konzentration: Formen von Unternehmensverbindungen*.

Roland Berger. 2010. *Powertrain 2020: Li-Ion batteries – the next bubble ahead?* Munich/Shanghai/Detroit: Roland Berger Strategy Consultants.

Roland Berger. 2011. *Global Vehicle LIB Market Study*. Detroit/Munich: Roland Berger Strategy Consultants.

Saft. 2013. *Saft Groupe SA Full year results 2012* Paris, February 18th, 2013. http://www.saftbatteries.com/saft/UploadedFiles/investor_docs/PR/Fullyear-results-2012_en.pdf

Samsung SDI. 2011. *Consolidated Financial Statements*.

Sato, Takeshi 2011. *R&D of High-performance Batteries for Next-generation Vehicles in NEDO*, Smart Community Department, NEDO, in 7th International Energy-Efficiency and New Energy Vehicles Innovation Development Forum and Exhibition.

Schröder/Park. 2010. *Sachbericht – E-Mobility in Korea*, Wissenschaftsreferat, Botschaft Seoul.

Shanshan Tech. 2011. *Shanshan Tech Co.,Ltd - Our History*. http://www.shanshantech.com/WebAppShow/EN/companytype.aspx?id=2&cssMain=2.

SHOWA DENKO K.K. 2011. *SDK to Expand Production Capacities for LIB Materials*. http://www.sdk.co.jp/english/news/2011/12600.html.

SK Energy. 2010. *SK Energy Reports 3rd Quarter 2010 Earnings Results*. http://eng.skenergy.com/.

Stahlberger, M. 2011. *Abschätzung der Entwicklung zukünftiger Wertschöpfungsketten-strukturen im Lithium-Ionen-Batteriemarkt unter Berücksichtigung der zunehmenden Diffusion von Elektromobilität*. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

Tagscherer, U. 2012. *Electric Mobility in China – A policy Review*, Fraunhofer ISI, Karlsruhe.

Takeshita. 2011. *IIT LIB-related Study Programm 10-11*. Institute of Information Technology, Ltd.

Tanaka, Shigeaki. 2010. *Japanese Atuomobile Industry and Automobile Industry Policy*. Director, Automobile Division, Manufacturing Industries Bureau, METI.

The Korea Times. 2008. *S. Korean Firms Align for Plug-in Hybrid Car Batteries*, August 25. http://www.koreatimes.co.kr/www/news/nation/2008/08/123_29917.html.

The State Council of PRC 2005. Richtlinien der mittelfristigen bis langfristigen Entwicklung für Wissenschaften und Technologien (2006-2020) (国家中长期科学和技术发展规划纲要 (2006-2020年)).

The State Council of PRC 2010. *Entscheidung zum Bau und Entwickeln von strategischen neuen Industriebranchen* (国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定).

Thommen, Jean-Paul. 2009. *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht*. 6., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler.

Tillmetz, W. 2010. *Ausbau der LIB-Forschung in Deutschland, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) Baden-Württemberg* gehalten auf der FVEE Workshop, Januar 19, Ulm.

TODA Amerika. 2011. *TODA America, Inc.: Battle Creek, MI*. http://www.todaamerica.com/.

Toshiba. 2011. *Annual Report 2011 - Financial Review*. http://www.toshiba.co.jp/about/ir/en/finance/ar/ar2011/tar2011e_fr.pdf.

Ube Industries, Ltd. 2011. *Ube and Dow Agree on Joint Venture in Electrolytes for Lithium-Ion Batteries*. http://www.ube-ind.co.jp/english/news/2011/2011_08.htm.

Ube Industries. 2011. *Annual Report 2011*. UBE Industries, Ltd. http://www.ube-ind.co.jp/english/ir/documents/annual/annual_2011.pdf.

Umicore. 2011. *Investor Relations: Key Figures Energy Materials*. http://www.umicore.com/investorrelations/en/financials/keyFigures/energyMat/.

UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2011. *Electric Vehicles in the Context of Sustainable Development in China. Background Paper No. 9.* Commission on Sustainable Development Nineteenth Session. New York, 2-13 May 2011. CSD 19/2011/BP9. Robert Earley et.al. The Innovation Center for Energy and Transportation (iCET)

UNEP. 2010. *Overview of the Republic of Korea's National Strategy for Green Growth*.

Virtanen, A., Lee, Y.-M. 2010. *Electric Vehicles South Korea*. http://www.finpro.fi; abgerufen am 31.07.12.

Warrier, und Osborne. 2009. *The Race for the Electric Car: A Comprehensive Guide To Battery Technologies And Market Development*. Thomas Weisel Partners LLC.

Watabe, T., und M. Mori. 2011. *Deutsche Bank - Global Market Research: LIB materials industry - Automotive LIB materials get set for growth phase in 2011*. Deutsche Bank FITT Research.

Wise, R. 2012. Cost/Performance Trade-offs for Li-Ion Electrolytes. Vortrag auf der Advanced Automotive Battery Conference Europe 2012, 18.-22. Juni 2012, Mainz, Deutschland.

Wu, Feng. 2010. *Secondary batteries and key materials for electric vehicle technology*, Institute of Beijing Technology, in US-China Electric Vehicle and Battery Technology Workshop.

Wurzelmann, S. 2011. *U.S. Department of Energy's Recovery Act Investments*, Pew Center on Global Climate Change.

Yano Research. 2011. *Lithium-ion Battery Market: Cell & Components 2011*. Yano Research.

Zhang, Zhihong 2010. *The Status and Future of Electric Vehicles in China*, Ministry of Science and Technology.

# 5 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| ANL | Argonne National Laboratory |
| ARPA-E | Advanced Research Projects Agency- Energy (bei DOE, USA) |
| ARRA | American Recovery and Reinvestment Act |
| BAK | China BAK Battery, Inc. |
| BEEST | batteries for electrical energy storage in transportation |
| BEV | battery electric vehicle |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung und Forschung |
| BMU | Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit |
| BMVBS | Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie |
| BNL | Brookhaven National Laboratory |
| BYD | Build Your Dreams Co. |
| CLEPA | Comité de liaison européen des fabricants d'équipements et de pièces automobiles; European Association of Automotive Suppliers |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft |
| DOE | Department of Energy (USA) |
| EERE | Office of Electricity/Energy Efficiency&Renewable Energy (bei DOE, USA) |
| EMOTOR | Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität |
| EPO | European Patent Office |
| EPoSS | European Technology Platform on Smart Systems Integration |
| ERTRAC | European Road Transport Research Advisory Council |
| EUCAR | European Council for Automotive R&D |
| EV | electric vehicle |
| FCEV | fuel cell electric vehicle |
| FuE | Forschung und Entwicklung |
| GAO | General Accounting Office (USA) |
| GGEMO | Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung |
| HEV | hybrid electric vehicle |
| IEA | International Energy Agency |
| ISTK | Korea Research Council for Industrial Science & Technology |

| | |
|---|---|
| | (Südkorea) |
| ITRI | Industrial Technology Research Institute (Taiwan) |
| JV | Joint Venture |
| KATECH | Korea Automobile Technology Institute (Südkorea) |
| KERI | Korea Electrotechnology Research Institute (Südkorea) |
| KETI | Korea Electronics Technology Institute (Südkorea) |
| KIST | Korea Institute of Science and Technology (Südkorea) |
| LBNL | Lawrence Berkeley National Laboratory |
| LCO | Lithium-Kobald-Oxid |
| LFP | Lithium-Eisen-Phosphat |
| LIB | Lithium-Ionen-Batterie |
| Li-Luft | Lithium-Luft |
| Li-S | Lithium-Schwefel |
| LMO | Lithium-Mangan-Oxid |
| LTO | Lithium-Titan-Oxid |
| METI | Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan) |
| MEXT | Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (Japan) |
| MGL | CITIC Guoan Mengguli Power Science & Technology Co. |
| MIIT | Ministry of Industry and Information Technology (China) |
| MKE | Ministry of Knowledge Economy (Südkorea) |
| MLIT | Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (Japan) |
| MOEA | Ministry of Economic Affairs (Taiwan) |
| MOF | Ministry of Finance (China) |
| MOST | Ministry of Science and Technology (China) |
| NCA | Lithium-Nickel-Kobald-Aluminimum-Oxid |
| NMC | Lithium-Nickel-Kobald-Mangan-Oxid |
| NDRC | National Development and Reform Commission (China) |
| NEDO | New Energy and Industrial Technology Development Organisation (Japan) |
| NEV | new energy vehicle |
| NSTC | National Science & Technology Council (Südkorea) |

| | |
|---|---|
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| OEM | original equipment manufacturer |
| ORNL | Oak Ridge National Laboratorium |
| PCT | Patent Cooperation Treaty |
| PHEV | Plug-in hybrid electric vehicle |
| SAC | National Standardization Administration of China (China) |
| STROM | Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität |
| USD | Amerikanische Dollar |
| VTP | Vehicle Technology Program |